



**“Evaluación del uso de SILA-MAX en la calidad fermentativa del ensilado de fréjol mungo (*Vigna radiata* L. Wilczek), sometido a dos tiempos de conservación”**

Luna Chávez, Andrea Carolina

Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario

Mgs. Gómez Mendoza, Gelacio Antonio

Santo Domingo – Ecuador

06 de julio del 2021



*Recibido por Vinicio Uday*

## Urkund Analysis Result

**Analysed Document:** Luna Andrea\_Tesis\_.docx (D107695231)  
**Submitted:** 6/3/2021 4:18:00 PM  
**Submitted By:** acluna2@espe.edu.ec  
**Significance:** 1 %

### Sources included in the report:

ART. CIENTÍFICO ENSILAJE (1) - BALAREZO.docx (D15011858)  
[https://microbioblogueando.files.wordpress.com/2015/05/fermentacion\\_ensilaje-micro-agronomia-2013.docx](https://microbioblogueando.files.wordpress.com/2015/05/fermentacion_ensilaje-micro-agronomia-2013.docx)  
<http://www.repositorio.usac.edu.gt/4252/1/19%20%20TG-2340-1762.pdf>

### Instances where selected sources appear:

4



GELACIO  
ANTONIO  
GOMEZ  
MENDOZA

Formado digitalmente por  
GELACIO ANTONIO GOMEZ  
MENDOZA  
Número de identificación: 0201  
= A.C. = BANCO CENTRAL DEL  
ECUADOR = 00000000000000  
IDENTIFICACION DE  
INFORMACION ELECTRÓNICA  
= INFORMACION IDENTIFICACION  
= GELACIO ANTONIO GOMEZ  
MENDOZA  
Fecha: 2021.07.07 07:56:47 -0500

**Dr. Gelacio Antonio, Gómez Mendoza Mgs.**

**DIRECTOR**





DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERIA AGROPECUARIA

**RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA**

Yo, **Luna Chávez, Andrea Carolina**, con cedula de identidad N° 1724906084, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“Evaluación del uso de SILA-MAX en la calidad fermentativa del ensilado de fréjol mungo (*Vigna radiata* L. Wilczek), sometido a dos tiempos de conservación”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Santo Domingo, 06 de Julio del 2021

.....  
**Luna Chávez, Andrea Carolina**

**C.C.: 1724906084**



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA  
CARRERA DE INGENIERIA AGROPECUARIA

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo **Luna Chávez, Andrea Carolina**, con cédula de ciudadanía N° 1724906084, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **"Evaluación del uso de SILA-MAX en la calidad fermentativa del ensilado de fréjol mungo (*Vigna radiata* L. Wilczek), sometido a dos tiempos de conservación"** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Santo Domingo, 06 de Julio del 2021

Luna Chávez, Andrea Carolina

C.C.: 1724906084

## **DEDICATORIA**

A Dios, por brindarme salud y sabiduría para alcanzar mis objetivos académicos y personales.

A mis padres Henoc Luna y Narcisa Chávez, por ser los mejores padres y brindarme siempre su amor, apoyo incondicional y su buen consejo.

A mis hermanos, Jonathan Luna y Cristhian Luna por las experiencias compartidas y su apoyo en cada proyecto que me he propuesto.

A mi abuelita Cristina Holguin por su apoyo incondicional en mi formación profesional.

A mis maestros por transmitirme su sabiduría y conocimiento en mi formación académica y personal.

A mi familia y amigos por presentar siempre una mano amiga que me ayudó a seguir adelante cuando los momentos eran difíciles.

**Andrea Carolina Luna Chávez.**

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres y hermanos por ser el pilar fundamental de mi vida, permitiéndome alcanzar cada meta propuesta.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Santo Domingo, a la carrera de Ingeniería Agropecuaria y todo el personal militar, docente y administrativo.

Al Dr. Gelacio Gómez director del proyecto por brindarme su amistad y conocimiento durante mi formación académica y el desarrollo de esta investigación.

A los Ingenieros Jorge Lucero, Xavier Desiderio y Vinicio Uday por su tutoría y aporte en el desarrollo de esta investigación.

**Andrea Carolina Luna Chávez.**

## INDICE DE CONTENIDOS

Caratula .....	1
Análisis Urkund.....	2
Certificado del director .....	3
Responsabilidad de autoría .....	4
Autorización de publicación .....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento.....	7
Indice de contenidos.....	8
Indice de tablas.....	11
Indice de figuras .....	12
Resumen .....	13
Abstract .....	14
Capítulo I .....	15
Introduccion .....	15
Objetivos.....	16
Objetivo general.....	16
Objetivos específicos .....	16
Hipótesis.....	17
Hipótesis nula .....	17
Hipótesis alternativa.....	17
Capítulo II .....	18
Marco teórico .....	18
Cultivo de fréjol mungo ( <i>Vigna radiata</i> L. Wilczek) .....	18
Fenología del cultivo .....	19
Ensilaje .....	19
Etapas del ensilaje.....	20
Tipos de silos.....	20
La microflora del ensilaje .....	21
Microorganismos benéficos que producen ácido láctico (BAC) .....	21
Clasificación de los microorganismos que producen ácido láctico .....	22
Proceso de ensilaje.....	23
Cosecha .....	23
Intensidad de picado.....	24

Transporte y llenado del silo .....	24
Compactación de la masa a ensilar .....	24
Sellado del silo.....	25
Inoculantes para ensilaje .....	25
Sila-Max.....	25
Función de las bacterias presentes en el inoculante Sila-Max .....	26
Capítulo III .....	27
Metodología .....	27
Ubicación del lugar de investigación .....	27
Ubicación política.....	27
Ubicación geográfica .....	28
Ubicación ecológica .....	28
Materiales de campo.....	28
Equipos de campo .....	29
Métodos.....	29
Diseño experimental .....	29
Tratamientos a comparar .....	30
Análisis estadístico .....	33
Análisis funcional .....	34
Determinación económica.....	34
Variables a medir .....	35
Métodos específicos de manejo del experimento.....	35
Campo.....	35
Laboratorio.....	37
Capítulo IV .....	38
Resultados y discusión .....	38
Resultados de Variables Fisiológicas.....	38
Margen de producción de forraje por hectárea.....	38
Resultado de variables bromatológicas.....	40
Análisis de varianza para la variable Humedad.....	41
Análisis de varianza para la variable proteína .....	43
Análisis de varianza de la variable Extracto Etéreo.....	46
Análisis de varianza de la variable ceniza .....	48
Análisis de varianza de la variable Fibra .....	51
Análisis de varianza de la variable Elementos libres de nitrógeno (E.L.N.N).....	54
Análisis de varianza para la variable pH .....	57

Análisis económico .....	59
Capítulo V .....	61
Conclusiones .....	61
Recomendaciones .....	63
Bibliografía.....	64

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1	Descripción general del cultivo de fréjol mungo ( <i>Vigna radiata</i> L. Wilczek).....	18
Tabla 2	Etapas fenológicas del cultivo de fréjol mungo ( <i>Vigna radiata</i> L. Wilczek) por días.....	19
Tabla 3	Factores y niveles a probar.....	29
Tabla 4	Tratamientos a comparar.....	30
Tabla 5	Esquema de análisis de varianza .....	33
Tabla 6	Métodos utilizados en análisis de laboratorio.....	37
Tabla 7	Peso de las plantas tomadas como referencia para determinar la producción forrajera por hectárea del fréjol mungo ( <i>Vigna radiata</i> L. Wilczek).....	38
Tabla 8	Resultado de variables bromatológicas del ensilaje de fréjol mungo ( <i>Vigna radiata</i> L. Wilczek).....	40
Tabla 9	Análisis de varianza sobre el contenido de humedad del ensilado de fréjol mungo ( <i>Vigna radiata</i> L. Wilczek).....	41
Tabla 10	Análisis de varianza sobre el contenido de proteína del ensilado de fréjol mungo ( <i>Vigna radiata</i> L. Wilczek).....	43
Tabla 11	Análisis de varianza sobre el Extracto etéreo del ensilaje de fréjol mungo ( <i>Vigna radiata</i> L. Wilczek).....	46
Tabla 12	Análisis de varianza sobre el contenido de ceniza del ensilado de fréjol mungo ( <i>Vigna radiata</i> L. Wilczek).....	48
Tabla 13	Análisis de varianza sobre el contenido de fibra del ensilado de fréjol mungo ( <i>Vigna radiata</i> L. Wilczek).....	51
Tabla 14	Análisis de varianza sobre el contenido de E.L.N.N del ensilado de fréjol mungo ( <i>Vigna radiata</i> L. Wilczek).....	54
Tabla 15	Análisis de varianza sobre el pH del ensilado de fréjol mungo ( <i>Vigna radiata</i> L. Wilczek).....	57
Tabla 16	Análisis económico de los tratamientos evaluados para obtener 24 ensilajes de 45 kg.....	59

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Ubicación geográfica donde se desarrolló la investigación.....	27
Figura 2	Croquis de diseño en campo.....	31
Figura 3	Croquis de la distribución de los tratamientos y repeticiones ubicados en tanques de almacenamiento de ensilaje.....	32
Figura 4	Prueba de tukey para el contenido de humedad en el factor B (Sila-Max).....	42
Figura 5	Prueba de tukey para el contenido de proteína en el factor B (Sila-Max) y las repeticiones.....	44
Figura 6	Prueba de Tukey para el contenido de extracto etéreo del factor C (Conservación) y la interacción A*B (Presecado*Sila-Max)....	47
Figura 7	Prueba de Tukey del factor A (Presecado), Factor B (Sila-Max), Factor C (Conservación) y la interacción B*C (Sila-Max*Conservación), sobre el contenido de Ceniza del ensilado.....	49
Figura 8	Prueba de Tukey del factor A (Presecado), B (Sila-Max) y C (Conservación), sobre el contenido de Fibra del ensilad.....	52
Figura 9	Prueba de Tukey del Factor A (Presecado), B (Sila-Max), C (Conservación) y la interacción A*B (Presecado*Sila-Max), sobre el contenido de E.L.N.N del ensilado.....	55
Figura 10	Costos totales, ingresos totales y utilidad neta para 24 ensilajes de 45 kg.....	60

## RESUMEN

Evaluación del uso de Sila-Max en la calidad fermentativa del ensilado de fréjol mungo (*Vigna radiata* L. Wilczek), sometido a dos tiempos de conservación, se tituló la investigación realizada en la Parroquia Monterrey, en las coordenadas: x: 002834, y: 792020 y z: 270 msnm. Temperatura: 25 °C y HR: 88%. Los objetivos fueron conocer la influencia del uso de Sila-Max en la en la calidad fermentativa del ensilado de frejol mungo, evaluar el efecto del pre secado del frejol mungo, en la calidad fermentativa del ensilado, determinar el mejor tiempo de fermentación del ensilado del de fréjol mungo y determinar el tratamiento más económico para el productor. El diseño experimental fue un esquema trifactorial, considerando para cada uno dos niveles: A (Pre secado), B (Sila-Max) y C (conservación), conducido en un DBCA con ocho tratamientos y tres repeticiones. Se usó la prueba de Tukey ( $p>0,05$ ), dando como resultado una producción forrajera de 8500 kg/ha. Ninguno de los tratamientos evaluados mostró varianza en el pH. Al realizar el presecado por 24 horas se logró obtener un 16,89 % de ceniza y disminuyó el contenido de fibra a un 30,59 %. Cuando se aplicó el inoculante Sila-Max se representó los mejores resultados en el contenido de humedad, ya que logró encontrarse muy cercano al rango aceptable. Bajó el contenido de proteína en un 2,26 %. Se duplicó el contenido de ceniza y permitió obtener un 30,82 % de fibra. Con un tiempo de conservación de 30 días se logró obtener un 2,51% de extracto etéreo y un 16,96 % de ceniza. El mejor momento para administrar el ensilaje en la alimentación de los animales es a los 30 días de conservación. En la interacción A\*B (Sila-Max \* Presecado 24 horas) se obtuvo el mejor valor de extracto etéreo, con un 2,35%. En la interacción B\*C (Sila-Max \* 30 días de Conservación), se obtuvo el más bajo porcentaje de ceniza, siendo 20,9 %. En el análisis económico, los tratamientos más rentables son T3, T4, T7 y T8, ya que permiten obtener \$2,31 dólares, por cada dólar invertido.

Palabra clave:

- **SILA-MAX**
- **ENSILADO**
- **FRÉJOL MUNGO**

## ABSTRACT

Evaluation of the use of Sila-Max in the fermentative quality of mungo bean silage (*Vigna radiata* L. Wilczek), subjected to two conservation times, the research carried out in the Monterrey Parish was titled, at the coordinates: x: 002834, and : 792020 yz: 270 masl. Temperature: 25 ° C and RH: 88%. The objectives were to know the influence of the use of Sila-Max on the fermentation quality of the mungo bean silage, to evaluate the effect of the pre-drying of the mungo bean on the fermentative quality of the silage, to determine the best fermentation time of the silage of the of mungo beans and determine the most economical treatment for the producer. The experimental design was a trifactorial scheme, considering for each one two levels: A (Pre-drying), B (Sila-Max) and C (conservation), conducted in a DBCA with eight treatments and three repetitions. The Tukey test ( $p > 0.05$ ) was used, resulting in a forage production of 8500 kg / ha. None of the evaluated treatments showed variance in pH. When pre-drying for 24 hours, it was possible to obtain 16,89% of ash and the fiber content decreased to 30.59%. When the Sila-Max inoculant was applied, the best results were represented in the moisture content, since it was very close to the acceptable range. It lowered the protein content by 2,26%. The ash content was doubled and allowed to obtain 30,82% of fiber. With a conservation time of 30 days, it was possible to obtain 2,51% of ether extract and 16.96% of ash. The best time to administer the silage in the feeding of the animals is after 30 days of conservation. In the interaction A \* B (Sila-Max \* Presecado 24 hours) the best value of ether extract was obtained, with 2,35%. In the B \* C interaction (Sila-Max \* 30 days of Conservation), the lowest percentage of ash was obtained, being 20,9%. In the economic analysis, the most profitable treatments are T3, T4, T7 and T8, since they allow obtaining \$ 2,31 dollars, for every dollar invested.

Keywords:

- **SILA-MAX**
- **SILAGE**
- **MUNGO BEANS**

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCION

El sector ganadero ocupa un papel importante en la economía del Ecuador, aportando con el 7,71 % del PIB real (SIPA, 2019). Los cambios climáticos (época lluviosa y época seca) han afectado a las explotaciones ganaderas provocando una producción deficiente de forraje durante todo el año, en la época seca se obtiene un bajo rendimiento de producción y calidad forrajera provocando que surja la necesidad de nuevos sistemas de alimentación que respondan a las demandas productivas.

En el Ecuador existen una superficie de 2 379 042 hectáreas de pastos cultivados que están destinados a la alimentación de 4 056 796 cabezas de ganado vacuno. En el país no existe información sobre la producción de ensilaje de frejol mungo (*Vigna radiata* L. Wilczek) con el uso de inoculantes, existiendo únicamente investigaciones de ensilaje de maíz (*Zea mays* L.) (SIPA, 2019). El uso del ensilaje de frejol mungo (*Vigna radiata* L. Wilczek) con la adición de inoculantes es una alternativa que permite contar con forraje durante todo el año permitiendo optimizar los procesos productivos haciéndolos más eficientes y estables, siendo una leguminosa que responde positivamente a las condiciones edafoclimáticas de la región Costa, constituyendo una fuente de proteína del 13% en follaje, 21% en el grano y una digestibilidad del 75% para la alimentación animal.

Al realizar este proyecto de investigación, se pretende proveer al sector ganadero de información valiosa que permita contrarrestar el impacto que provoca el cambio climático en los sistemas de producción de ganado bovino; logrando así contar con forraje durante todo el año, cubrir la necesidad alimentaria de los procesos productivos y permitir la introducción de nuevos sistemas de alimentación que respondan a las demandas productivas.

## OBJETIVOS

### Objetivo general

Evaluar el uso de Sila-Max en la calidad fermentativa del ensilado de fréjol mungo (*Vigna radiata* L. Wilczek), sometido a dos tiempos de conservación.

### Objetivos específicos

- Conocer la influencia del uso de Sila-Max en la en la calidad fermentativa del ensilado de frejol mungo (*Vigna radiata* L. Wilczek).
- Evaluar el efecto del pre secado del frejol mungo (*Vigna radiata* L. Wilczek), en la calidad fermentativa del ensilado.
- Determinar el mejor tiempo de fermentación del ensilado del de fréjol mungo (*Vigna radiata* L. Wilczek).
- Determinar el tratamiento más económico para el productor

## HIPÓTESIS

### Hipótesis nula

Ho1: No existe diferencia estadística significativa en la influencia del uso de Sila-Max en la calidad fermentativa del ensilado de frejol mungo (*Vigna radiata* L. Wilczek), al nivel de 5% de significancia.

Ho2: No existe diferencia estadística significativa en el efecto del pre secado del frejol mungo (*Vigna radiata* L. Wilczek) en la calidad fermentativa del ensilado, al nivel de 5% de significancia.

Ho3: No existe diferencia estadística significativa en el tiempo de conservación del ensilado de fréjol mungo (*Vigna radiata* L. Wilczek), al nivel de 5% de significancia.

### Hipótesis alternativa

H11: Existe diferencia estadística significativa en la influencia del uso de Sila-Max en la en la calidad fermentativa del ensilado de frejol mungo (*Vigna radiata* L. Wilczek), al nivel de 5% de significancia.

H12: Existe diferencia estadística significativa en el efecto del pre secado del frejol mungo (*Vigna radiata* L. Wilczek) en la calidad fermentativa del ensilado, al nivel de 5% de significancia.

H13: Existe diferencia estadística significativa en el tiempo de conservación del ensilado de fréjol mungo (*Vigna radiata* L. Wilczek), al nivel de 5% de significancia.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### Cultivo de fréjol mungo (*Vigna radiata* L. Wilczek)

El fréjol mungo es una leguminosa originaria del continente Asiático, ya que es donde se encuentra el 90% de su producción mundial. Al ser una planta anual, erecta y voluble logra alcanzar una altura de 15 cm a 1 m, crece de forma muy rápida y se le dan varios usos como abono verde, cultivo de cobertura, ensilaje y alimentación humana. Su productividad alcanza de 3-7 toneladas de MS/ha y 0,5 t/ha de grano (CIAT, 2015).

**Tabla 1**

*Descripción general del cultivo de fréjol mungo (Vigna radiata L. Wilczek).*

<i>(Vigna radiata</i> L. Wilczek)	Descripción
Familia	Leguminosa
Ciclo vegetativo	Anual
Adaptación pH	5 a 7
Drenaje	No tolera inundación
m.s.n.m.	0-1850
Precipitación	600-1800 mm
Temperatura	8-40 °C
Densidad de siembra	40 – 80 cm entre surcos (20 – 40 cm entre sitios)
Profundidad de siembra	2-4 cm
Valor nutritivo	Proteína en el follaje 13%, en el grano 21%, digestibilidad de follaje 70 – 75%
Cosecha destinada a ensilado	A los 50 días después de la siembra

*Nota:* Tomado de (CIAT, 2015).

## Fenología del cultivo

**Tabla 2**

*Etapas fenológicas del cultivo de fréjol mungo (Vigna radiata L. Wilczek) por días*

Etapa	Días después de la siembra
V0. Germinación	3
V1. Emergencia	5
V2. Hojas primarias	7
V3. Primera hoja trifoliada	10
V4. Tercera hoja trifoliada	12
R5. Pre floración	32
R6. Floración	36
R7. Formación de vainas	40
R8. Llenado de las vainas	56
R9. Maduración	68

*Nota:* Esta tabla muestra las etapas fenológicas del cultivo de fréjol mungo (*Vigna radiata* L. Wilczek) por días de crecimiento y desarrollo. Tomado de (Sandoval, 2018).

## Ensilaje

El ensilaje es una técnica que permite preservar el forraje por largos periodos de tiempo y se logra a partir de la fermentación láctica que ocurre en condiciones anaeróbicas. El forraje es almacenado, compactado y cubierto mientras que los carbohidratos hidrosolubles que contiene son fermentados por las bacterias específicas de ácido láctico, lo que conlleva a la producción de ácido láctico y ácido acético (en menor cantidad). Una vez generados estos ácidos, el pH del forraje baja de tal forma que se inhibe la presencia de microorganismos que pueden inducir a la putrefacción (Elferink & J, 2014).

## **Etapas del ensilaje**

El proceso del ensilaje se puede dividir en las cuatro etapas citadas a continuación:

- Fase 1 – Fase aeróbica: Esta fase dura pocas horas ya que el oxígeno que contiene el material vegetal disminuye rápidamente debido a la respiración de los materiales vegetales utilizados, de las levaduras y enterobacterias. El pH se mantendrá entre 6 y 6,5.
- Fase 2 – Conocida como la fase de fermentación ya que en ella se produce un ambiente anaeróbico que puede durar varios días o incluso semanas dependiendo del material forrajero a ensilar y de las condiciones a las que sea sometido. Si la fermentación es exitosa el pH se mantendrá entre 3,8 a 5.
- Fase 3 – Fase estable: Se sigue manteniendo el ambiente anaeróbico y ocurren pocos cambios y gran parte de los microorganismos de la fase 2 reducen su presencia.
- Fase 4 – Fase de deterioro aeróbico: Al ser la última fase toma lugar al momento en el que el silo es abierto y expuesto al aire (Elferink & J, 2014).

## **Tipos de silos**

Según (Ordoñez, 2015), los tipos de silos son:

- Aéreos o de torre: Se fabrican de ladrillo, bloques de cemento y lámina metálica y son muy poco utilizados debido a sus elevados costos de construcción. Presentan importantes características como una excelente compactación y menor pérdida de forraje, al igual que tienen la desventaja de presentar altas pérdidas por jugos exprimidos.
- Subterráneos o de trinchera: Son más fáciles de utilizar y más económicos de construir que los silos de torre. El llenado y la distribución del aire va a depender de la experiencia del operario, de la buena distribución del forraje, de la

compactación y del tapado. Tiene la ventaja de que presenta la menos pérdida de jugos exprimidos y la desventaja de que al estar muy expuesto a la superficie y a las condiciones ambientales se pueden aumentar las pérdidas del forraje ensilado.

- Horizontal (Tipo Bunker): Son fabricados con paredes y piso de concreto que permite minimizar las pérdidas durante el proceso de fermentación, debido a su fácil fabricación y control que se logra durante el llenado y tapado del forraje son los más utilizados.
- Horizontal de montón: Son bastante económicos y rudimentarios ya que el piso y las paredes es de tierra que están cubiertas por un plástico, el forraje se acumula de forma circular y se compacta con pisoteos. Finalmente se cubre por completo con el plástico y se colocan objetos pesados encima para favorecer la compactación.
- De vacío (de bolsa): Se utilizan bolsas de plástico de calibre 4-6 con capacidad para almacenar 40 kg de forraje, una vez llenadas las bolsas se extrae la mayor cantidad posible de aire y se sellan herméticamente.

### **La microflora del ensilaje**

La microflora del ensilaje será la dependiente del resultado que se obtenga durante el proceso de fermentación, en ella se puede encontrar microorganismos benéficos como las bacterias ácido lácticas (BAC) y microorganismos indeseables como clostridios y enterobacterias, levaduras y bacilos (Elferink & J, 2014).

### **Microorganismos benéficos que producen ácido láctico (BAC)**

La microflora que produce ácido láctico se encuentra presente desde que están las plantas en el campo y crece significativamente en la cosecha y fermentación del ensilaje. Las características de las plantas como contenido y composición de azúcares,

así como el contenido de materia seca, al combinarse con las características de los microorganismos que producen ácido láctico y su tolerancia a ambientes ácidos tiene influencia sobre la capacidad de competencia de los microorganismos benéficos que producen ácido láctico durante el proceso de fermentación (Elferink & J, 2014).

Los microorganismos benéficos que producen ácido láctico en el proceso de fermentación del ensilaje son: *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Enterococcus*, *Lactococcus* y *Streptococcus*. Pueden soportar temperaturas que van desde 5 a 50 °C, pueden bajar el pH del ensilaje a valores de 4 y 5 (Elferink & J, 2014).

### **Clasificación de los microorganismos que producen ácido láctico**

Según (Elferink & J, 2014), tomando en cuenta su metabolismo de los azúcares, los miembros BAC pueden ser clasificados de la siguiente manera:

- Homofermentadores obligatorios: Estos microorganismos pueden producir hasta el 85% del ácido láctico a partir de hexosas como la glucosa, pero no pueden degradar las pentosas como la xilosa. Entre ellos se encuentra: *Pediococcus damnosus* y *Lactobacillus ruminis*.
- Heterofermentadores facultativo: Producen ácido láctico a partir de hexosas. Entre ellas se encuentran: *Lactobacillus plantarum*, *L. pentosus*, *Pediococcus acidilactici*, *P. pentosaceus* y *Enterococcus faecium*.
- Heterofermentadores obligatorios: Degradan las hexosas y las pentosas, entre ellos se incluyen los géneros *Leuconostoc* y algunos *Lactobacillus* como *L. brevis* y *L. buchneri*.

## **Proceso de ensilaje**

El proceso de ensilaje es el factor que va a permitir una adecuada fermentación, por lo cual es importante tomar en cuenta los siguientes aspectos fundamentales para obtener un buen resultado:

- El forraje y el corte
- El llenado y el apisonado o compactación
- La fermentación
- El uso de inoculantes
- La cobertura y el sellado
- Las pérdidas

Los forrajes para elaborar ensilaje deben ser cosechados al menos 5 días antes de alcanzar el estado óptimo de forraje o de máxima producción de materia seca para así obtener una mayor cantidad de materia seca digestible y un buen ensilaje.

La humedad del forraje juega un papel importante en el ensilaje, siendo la humedad óptima para ensilar del 70 al 73%. Si el forraje a ensilar se encuentra muy húmedo se pueden presentar pérdidas por jugos exprimidos, por fermentación, por pérdidas superficiales y de materia seca, menos palatabilidad y por ende menos consumo por parte de los animales (Cedeño, 2012).

## **Cosecha**

El forraje a ensilar es cortado rápidamente en el campo luego de determinar el punto óptimo de cosecha deseado, luego es recogido y llevado al área donde se realizará el picado y llenado del silo.

### **Intensidad de picado**

El diámetro adecuado de picado es de 10 mm, dicho diámetro permitirá conseguir una adecuada compactación del material forrajero. Si las partículas tienen un diámetro menor al mencionado se presentarían trastornos digestivos en los animales que lo consumirán, ya que le provocará falta de reflejo ruminal y una inadecuada valoración del alimento en el tracto digestivo (Ordoñez, 2015).

### **Transporte y llenado del silo**

Es una etapa muy delicada y que demanda mucha eficiencia ya que el tiempo que transcurrirá en el que la planta es tomada del campo hasta que es ensilada debe ser lo mínimo posible. Para ello es importante tener a la mano la maquinaria adecuada y el personal operativo que permitirá que la picadora o cosechadora esté asistida permanentemente. El llenado del silo debe hacerse en tongas finas y cubriendo toda la longitud del silo, de manera que se pueda facilitar la compactación y evitar que queden espacios vacíos con aire (Ordoñez, 2015).

### **Compactación de la masa a ensilar**

La compactación de la masa a ensilar tiene como objetivo general eliminar todo el aire que contiene. El forraje que contiene un 30 % de materia seca encierra 1 L/kg de materia seca. Por tal motivo el apisonado del forraje debe ser más minucioso cuando tiene altos contenidos de materia seca.

## **Sellado del silo**

Es la última fase de la elaboración del ensilaje y tiene por objetivo aislar el forraje del aire, agua y microorganismos que se encuentran en el exterior. Al no realizar dicha fase de forma adecuada se presentarían resultados negativos como la pérdida de la calidad y cantidad de masa a ensilar (Ordoñez, 2015).

## **Inoculantes para ensilaje**

Son sustancias que contienen microorganismos específicos, principalmente aquellos que producen ácido láctico y se unen a la población preexistente en el forraje para continuar con el proceso de fermentación e incluso hacerlo más rápido y eficiente (Solís, 2017). Se encuentran divididos en dos grupos siendo Homofermentadores y Heterofermentadores.

## **Sila-Max**

Sila-Max es un producto comercial que actúa como inoculante en el forraje a ensilar, contiene microorganismos benéficos que estimulan a una fermentación más rápida del ensilaje permitiendo tener menos pérdidas de materia seca, mejorar el contenido nutricional y mejor palatabilidad. Estimula a las bacterias productoras de ácido láctico que contiene el forraje de forma natural para que se produzca una elevada actividad microbiana que tendrá como consecuencia la reducción del pH y se elevará la calidad forrajera.

Las bacterias que contiene actúan en dos etapas, en la primera un grupo de bacterias reducen el pH a un valor inicial de 5,5, luego los *Lactobacillus* lo reducen a 4 evitando que las levaduras y hongos nocivos puedan crecer (Uruguay Patente nº 10025, 2015).

## **Función de las bacterias presentes en el inoculante Sila-Max**

### ***Pediococcus acidilactici***

Actúa al inicio de la fermentación trabajando con el pH actual del forraje. Su función es producir calor y ácido láctico en bajas temperaturas, preparando así el medio adecuado para los *Lactobacillus*.

### ***Enterococcus faecium***

Bacterias iniciadoras que se desarrollan cuando el pH se encuentra en valores altos.

### ***Lactobacillus plantarum***

Actúan cuando el pH ya se encuentra en valores de 5,5, completan la fermentación y producen ácido láctico antes de que se agote la fuente de azúcar.

### ***Bacillus subtilis***

Producen enzimas que elevan en un 25% la producción de los *Lactobacillus*.

### ***Propionibacterium***

En esta etapa el pH ya se encuentra en valores de 4, se reducen los nitratos y se produce ácido propiónico inhibiendo el desarrollo de levaduras y hongos (Uruguay Patente nº 10025, 2015).

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA

#### Ubicación del lugar de investigación

##### *Ubicación política*

- País: Ecuador
- Provincia: Santo Domingo de los Tsáchilas
- Cantón: La Concordia
- Parroquia: Monterrey
- Sector: Vía La concordia-Puerto Nuevo

#### Figura 1

*Ubicación geográfica donde se desarrolló la investigación*



*Nota:* La figura muestra la ubicación geográfica donde se desarrolló la investigación

### **Ubicación geográfica**

- Latitud: 00° 28' 34"
- Longitud: 79° 20' 20"
- Altitud: 270 msnm

### **Ubicación ecológica**

- Zona de vida: Bosque húmedo Tropical
- Altitud: 217 msnm
- Temperatura media: 25 ° C
- Precipitación: 2000-3000 mm año-1
- Humedad relativa: 88%
- Heliofanía: 680 horas luz año-1
- Suelos: Francos Arenoso

(INAMHI, 2020).

### **Materiales de campo**

- Semilla de fréjol mungo (*Vigna radiata* L. Wilczek)
- Tanques de almacenamiento
- Inoculantes (Sila-Max)
- Semevin
- Vitavax
- Balanza de 1000 kg
- Sacos
- Estacas
- Rótulos

## Equipos de campo

- Motoguadaña
- Picadora de pasto mecánica
- Balanza analítica

## Métodos

### *Diseño experimental*

### Tabla 3

#### *Factores y niveles a probar*

Factores	Descripción
Pre secado (A)	A1= 24 horas A2= 48 horas
Sila-Max (B)	B1=Con Sila-Max B2=Sin Sila-Max
Conservación (C)	C1=30 días C2=60 días

Nota: Esta tabla muestra los factores y niveles a probar en la evaluación del uso de Sila-Max en la calidad fermentativa del ensilado de fréjol mungo (*Vigna radiata* L. Wilczek), sometido a dos tiempos de conservación.

### **Tratamientos a comparar**

**Tabla 4**

#### *Tratamientos a comparar*

Tratamiento	Código	Descripción
T1	a1b1c1	Pre secado (24 horas) + Sila-Max + Conservación (30 días)
T2	a1b1c2	Pre secado (24 horas) + Sila-Max + Conservación (60 días)
T3	a1b2c1	Pre secado (24 horas) + Sin Sila-Max + Conservación (30 días)
T4	a1b2c2	Pre secado (24 horas) + Sin Sila-Max + Conservación (60 días)
T5	a2b1c1	Pre secado (48 horas) + Sila-Max + Conservación (30 días)
T6	a2b1c2	Pre secado (48 horas) + Sila-Max + Conservación (60 días)
T7	a2b2c1	Pre secado (48 horas) + Sin Sila-Max + Conservación (30 días)
T8	a2b2c2	Pre secado (48 horas) + Sin Sila-Max + Conservación (60 días)

Nota: Tratamientos a probar en la evaluación del uso de Sila-Max en la calidad fermentativa del ensilado de fréjol mungo (*Vigna radiata* L. Wilczek), sometido a dos tiempos de conservación.

**Tipo de diseño** Se aplicó un DBCA, con modelo trifactorial AxBxC, de los cuales se consideró: Dos niveles en A (Pre secado), Dos niveles en B (Sila-Max), y dos niveles en C (conservación), generando un total de ocho tratamientos.

**Repeticiones** Se realizaron tres repeticiones por tratamiento, que como resultado dan un total de 24 unidades experimentales (8 tratamientos x 3 repeticiones).

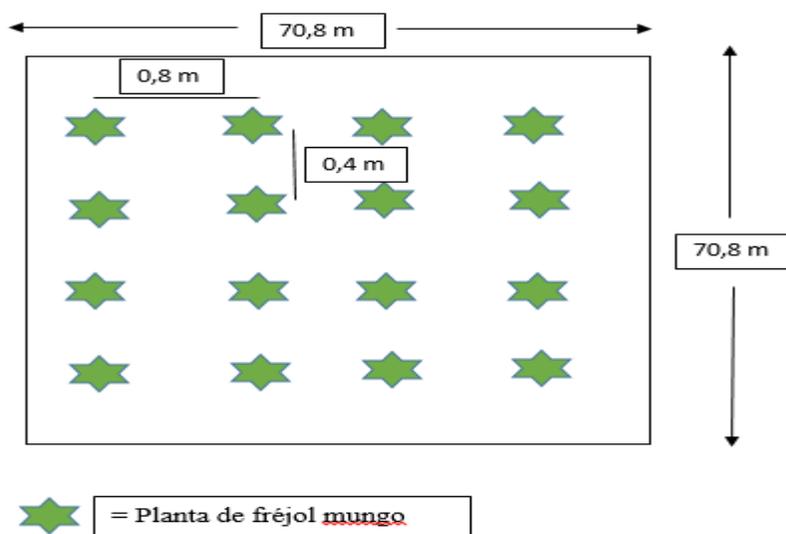
### Características de la unidad experimental

Número de unidades experimentales	1
Forma de unidad experimental	cuadrada
Área total del ensayo	5012 m <sup>2</sup>
Largo	70,8 m
Ancho	70,8 m
Forma de ensayo	cuadrada
Plantas por sitio	2

### Croquis de diseño

Figuran 2

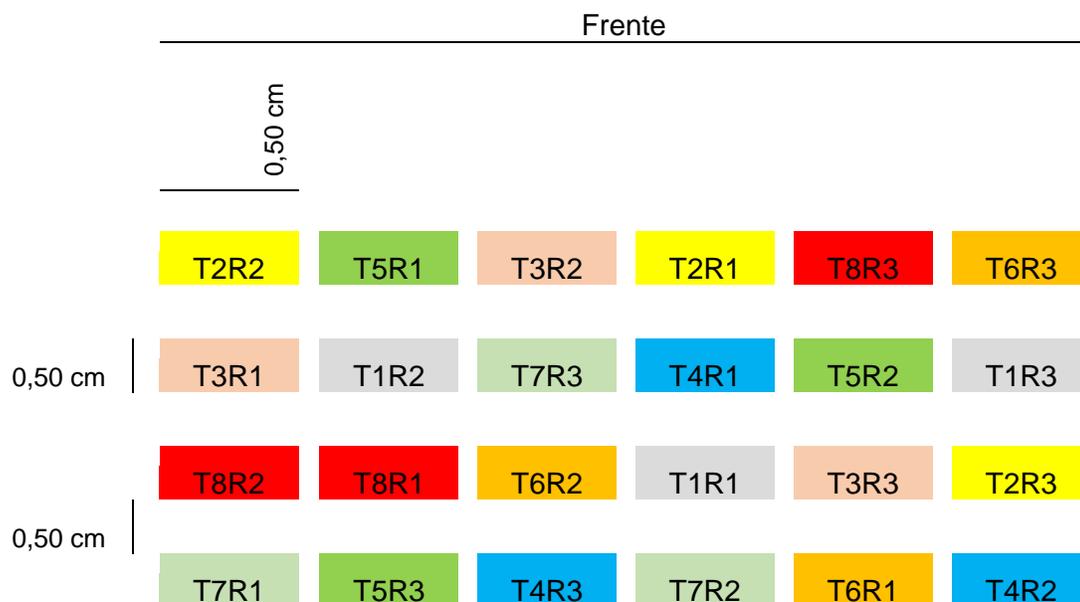
*Croquis de diseño en campo*



*Nota:* Croquis de la distribución del cultivo en campo

**Figura 3**

*Croquis de la distribución de los tratamientos y repeticiones ubicados en tanques de almacenamiento de ensilaje*



*Nota:* la figura muestra que se utilizaran 24 tanques de almacenamiento de 45 kg y como fueron distribuidos en campo.

**Análisis estadístico****Esquema de análisis de varianza****Tabla 5***Esquema de análisis de varianza*

Fuente de Variación		Grados de Libertad
Pre secado	A-1	1
Inoculante	B-1	1
Conservación	C-1	1
Pre secado x Inoculante	(A-1)(B-1)	1
Pre secado x Conservación	(A-1)(C-1)	1
Inoculante x Conservación	(B-1)(C-1)	1
Pre secado x Inoculante x Conservación	(A-1)(B-1)(C-1)	1
Replicas	R-1	2
Error Experimental		14
Total	(n-1)	23

*Nota:* La tabla muestra el esquema del análisis de varianza para la evaluación del uso de Sila-Max en la calidad fermentativa del ensilado de fréjol mungo (*Vigna radiata* L. Wilczek), sometido a dos tiempos de conservación.

### **Coeficiente de variación**

Para el cálculo del coeficiente de variación se utilizó la siguiente fórmula:

$$CV = \frac{\sqrt{CM_e}}{X} * 100$$

Dónde:

CV = Coeficiente de variación.

$CM_e$  = Cuadrado medio del error experimental.

X = Promedio de tratamientos

### ***Análisis funcional***

Se realizó la prueba de significancia de Tukey al 5 %.

### ***Determinación económica***

El análisis se realizó tomando en cuenta los resultados obtenidos de cada uno de los tratamientos a evaluar con la siguiente formula:

$$DE = B - C$$

Donde:

DE= Determinación económico

B= Beneficio

C= Costos

### ***Variables a medir***

**Margen de producción de forraje por hectárea** Esta variable se determinó tomando como referencia 10 plantas seleccionadas al azar dentro del cultivo, luego se procedió a tomar el peso de cada una y se determinó la media de los datos obtenidos.

Finalmente se aplicó la siguiente formula:

$$\text{MPFH} = \bar{X}P * \text{NPH}$$

Donde:

MPFH= Margen de producción de forraje por hectárea

$\bar{X}P$  = Media del peso de la planta (g)

NPH = Número de plantas por hectárea

### ***Métodos específicos de manejo del experimento***

El ensayo fue realizado en dos fases, la primera fase fue en campo con el desarrollo del cultivo y el llenado del ensilaje y la segunda fase en el laboratorio de análisis químico Agropecuario AGROLAB.

#### ***Campo***

**Preparación del terreno** Se realizó la preparación del terreno iniciando con un control de malezas usando el herbicida glifosato en dosis de 2 cc/L de agua y una recolección manual de residuos del cultivo anterior presentes en el suelo.

**Siembra** Se utilizó un distanciamiento de siembra de 0,8 m entre hilera y 0,4 m entre planta, con ayuda de un espeque se realizaron los agujeros de siembra y se

colocó 2 semillas por sitio, obteniendo así 62. 500 plantas por hectárea. Considerando que el distanciamiento de siembra mencionado es el adecuado para producción forrajera.

**Control de malezas** Una vez establecido el cultivo se realizó el control de malezas utilizando una motoguadaña con una frecuencia de quince días, realizando así 3 controles en el ciclo del cultivo.

**Manejo fitosanitario** Para el control de insectos se utilizó a los 30 días de emergencia del cultivo el insecticida Abamectina en dosis de 0,8 cc/L de agua. También se aplicó el fertilizante 10-30-10 en dosis de 30 gramos por planta.

**Determinación de época de corte** Se realizó el corte a los 50 días de emergencia del cultivo, tomando en cuenta que es la época adecuada para producción de forraje según (CIAT, 2015). Una vez realizado el corte de las plantas de fréjol mungo se dividió la cosecha por la mitad para deshidratar el 50% de las plantas por 24 horas y el otro 50% por 48 horas.

**Picado** Una vez transcurrido el tiempo específico de deshidratación de las plantas de frejol mungo se realizó el picado usando una picadora mecánica con capacidad de picado de 3000 kg/hora y con un corte de 2 cm de diámetro.

**Proceso de ensilaje** Una vez realizado el picado del forraje se realizó la aplicación del inoculante Sila-Max en dosis de 500 gramos/tonelada de forraje; dicha aplicación de inoculante fue únicamente para los tratamientos especificados. El almacenamiento y proceso de fermentación del forraje se realizó en tanques de almacenamiento con capacidad de 45 kg.

**Distribución de los tratamientos** Se utilizaron 24 tanques de almacenamiento con capacidad de 45 kg, los mismos que fueron distribuidos al azar para ser almacenados durante el periodo de fermentación.

### ***Laboratorio***

De cada una de las 24 unidades experimentales se tomó una muestra de 1 kg de ensilado de fréjol mungo y se almacenó en una funda zipper, posteriormente se colocó la muestra en un cooler para ser transportada a temperatura ambiente, después de ser abierto los silos en los días 30 y 60. Las muestras fueron llevadas al “Laboratorio de Análisis Químico Agropecuario AGROLAB” en la ciudad de Santo Domingo, para realizar los análisis de Humedad, Proteína, Extracto etéreo, Ceniza, Fibra, Extractos libres de nitrógeno y pH. De acuerdo a los métodos mencionados a continuación.

**Tabla 6**

*Métodos utilizados en análisis de laboratorio*

Parámetros	Método	Método de referencia
Humedad	MO-LSAIA-01.01	U, FLORIDA 1970
Proteína	MO-LSAIA-01.04	U, FLORIDA 1970
Extracto etéreo	MO-LSAIA-01.03	U, FLORIDA 1970
Ceniza	MO-LSAIA-01.02	U, FLORIDA 1970
Fibra	MO-LSAIA-01.05	U, FLORIDA 1970
Extracto libre de nitrógeno	MO-LSAIA-01.06	U, FLORIDA 1970
pH	INEN 381	INEN 381

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Resultados de Variables Fisiológicas

#### *Margen de producción de forraje por hectárea*

#### **Tabla 7**

*Peso de las plantas tomadas como referencia para determinar la producción forrajera por hectárea del frejol mungo (Vigna radiata L. Wilczek).*

Número de Planta	Peso (g)
1	131
2	129
3	115
4	114
5	136
6	79
7	286
8	125
9	113
10	132
Media	136

*Nota:* La tabla muestra el peso en gramos de las diez plantas tomadas al azar dentro de la plantación para determinar la media, que fue utilizada como valor referencial para señalar el peso de una planta de fréjol mungo.

El corte del fréjol mungo (*Vigna radiata* L. Wilczek) a los 50 días y tomando en cuenta que la densidad poblacional es de 62 500 plts/ha se determinó una producción forrajera de 8500 kg/hectárea. Dicho rendimiento supera el valor de 7000 kg/hectárea mencionado por (Peters, Franco, Schmidt, & Hincapié, 2012).

## Resultado de variables bromatológicas

**Tabla 8**

*Resultado de variables bromatológicas del ensilaje de fréjol mungo (Vigna radiata L. Wilczek).*

Tratamientos/ Repeticiones	Humedad (%)	Proteína (%)	Extracto etéreo (%)	Ceniza (%)	Fibra (%)	E.L.N.N (%)	pH
T1R1	78,04	20,19	2,10	18,26	28,98	30,47	4,99
T1R2	77,70	21,73	2,06	20,32	28,16	27,73	5,10
T1R3	80,50	19,42	2,41	20,62	30,00	27,55	5,12
T2R1	77,71	19,63	2,41	24,58	29,02	24,36	5,57
T2R2	79,91	19,75	2,42	20,92	31,02	25,89	5,52
T2R3	77,40	18,92	2,68	22,62	30,98	24,80	5,48
T3R1	81,34	22,07	2,83	13,03	30,22	31,85	4,87
T3R2	81,24	22,75	2,38	12,72	29,98	32,17	4,80
T3R3	81,63	21,32	2,97	12,36	30,70	32,65	5,08
T4R1	81,95	23,38	2,96	11,98	33,30	28,38	5,26
T4R2	82,69	23,31	2,59	12,56	32,10	29,44	5,22
T4R3	81,40	21,82	3,01	12,71	32,62	29,84	5,28
T5R1	75,67	19,13	2,42	23,61	30,90	23,94	5,32
T5R2	78,74	21,56	2,89	20,02	33,02	22,51	5,45
T5R3	78,38	19,38	2,59	22,59	29,86	25,58	5,48
T6R1	77,32	18,88	2,63	24,92	31,91	21,66	5,57
T6R2	80,25	20,69	2,99	22,59	34,26	19,47	5,55
T6R3	79,46	18,71	2,94	23,07	31,70	23,58	5,62
T7R1	82,47	21,92	2,25	14,07	31,50	30,26	5,33
T7R2	81,10	22,00	2,74	12,73	32,07	30,46	5,39
T7R3	83,04	22,09	2,42	13,13	32,17	30,19	5,31
T8R1	83,69	21,19	2,89	13,17	35,26	27,49	5,41
T8R2	82,65	21,16	2,82	12,66	35,72	27,64	5,35
T8R3	83,76	22,07	2,49	13,12	34,10	27,77	5,43

### **Análisis de varianza para la variable Humedad**

**Tabla 9**

*Análisis de varianza sobre el contenido de humedad del ensilado de fréjol mungo (Vigna radiata L. Wilczek).*

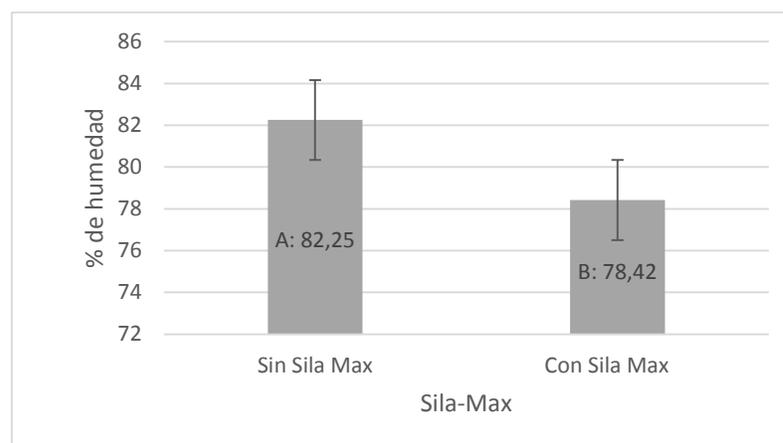
Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculado	p-valor
A: Presecado	1	1,05	1,05	0,8	0,387
B: Sila-Max	1	87,71	87,71	66,59	<0,0001 *
C: Conservación	1	2,9	2,9	2,2	0,1602
Repeticiones	2	3,88	1,94	1,47	0,2624
AB	1	2,6	2,6	1,97	0,1818
AC	1	2,11	2,11	1,6	0,2261
BC	1	0,22	0,22	0,17	0,6887
ABC	1	0,6	0,6	0,46	0,5101
Error	14	18,44	1,32		
Total	23	119,52			
CV		1,43			

*Nota. En esta tabla se muestra el análisis de varianza, realizado en el programa InfoStat para el contenido de Humedad del ensilado.*

Como se puede observar en la tabla 8, en el contenido de Humedad, se presentó una diferencia estadística significativa, con un p-valor de <0,0001 en el factor B (Sila-Max), sin embargo no existió diferencia en los restantes factores, repeticiones e interacciones. El coeficiente de variación se encuentra en el rango aceptable (1,43).

#### Figura 4

*Prueba de tukey para el contenido de humedad en el factor B (Sila-Max)*



*Nota. La figura muestra la prueba de Tukey, sobre el efecto del factor B (Sila-Max) en el contenido de Humedad del ensilado.*

En la figura 4, se puede observar el efecto existente, en la utilización del inoculante Sila-Max, en donde se presenta mayor porcentaje de humedad (82,25), cuando no se utiliza el inoculante Sila-Max, de forma contraria existe un menor contenido de humedad (78,42) al aplicar el inoculante Sila-Max en el ensilado, disminuyendo la humedad en un 3,83%, favoreciendo el proceso de fermentación y colocando el valor obtenido muy cercano a lo mencionado por (Garcia, 2019), donde determina que el contenido de humedad de un ensilaje se debe encontrar en un rango del 60-75 %.

Según (Herrera, 2010), el contenido de humedad del ensilaje es dependiente de los factores: tipo y edad de la planta, época del año, uso de inoculantes y fenología del cultivo, dando así severidad a los resultados mencionados anteriormente.

**Análisis de varianza para la variable proteína**

**Tabla 10**

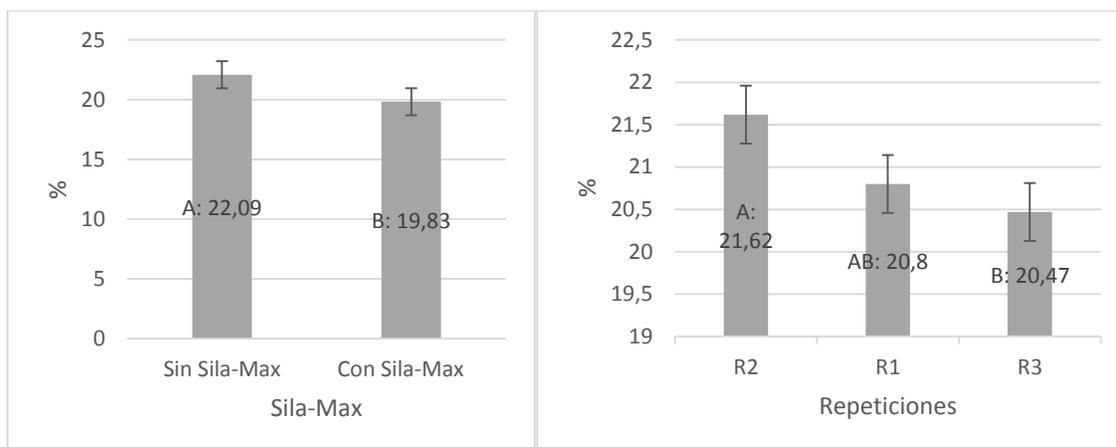
*Análisis de varianza sobre el contenido de proteína del ensilado de fréjol mungo (Vigna radiata L. Wilczek).*

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculado	p-valor	
A: Presecado	1	1,27	1,27	2,66	0,1249	
B: Sila-Max	1	30,58	30,58	64,41	<0,0001	*
C: Conservación	1	0,68	0,68	1,44	0,2501	
Repeticiones	2	5,63	2,81	5,93	0,0136	*
AB	1	0,36	0,36	0,75	0,4	
AC	1	0,31	0,31	0,64	0,4355	
BC	1	1,31	1,31	2,76	0,1187	
ABC	1	1,13	1,13	2,38	0,145	
Error	14	6,65	0,47			
Total	23	47,91				
CV		3,29				

Como se puede visualizar en la tabla 9, en el contenido de Proteína, se presentó una diferencia estadística significativa, tanto en las repeticiones, como en el factor B (Sila-Max), con un p-valor de 0,0136 y <0,0001 respectivamente, sin embargo no existió diferencia en las interacciones y en los factores restantes. El coeficiente de variación se encuentra en el rango aceptable (3,29).

**Figura 5**

*Prueba de tukey para el contenido de proteína en el factor B (Sila-Max) y las repeticiones*



*Nota. La figura muestra la prueba de Tukey, sobre el efecto del factor B (Sila-Max y las repeticiones), en el contenido de Proteína del ensilado.*

En la figura 5, se puede observar el efecto existente, en la utilización del inoculante Sila-Max, en donde se presenta mayor porcentaje de proteína (22,09), cuando no se utiliza el inoculante Sila-Max, de forma contraria existe una menor concentración de proteína (19,83) al aplicar el inoculante Sila-Max en el ensilado, bajando el contenido de proteína en un 2,26%.

Según (CIAT, 2015) el frejol mungo tiene un contenido de proteína del 13% en follaje y 21% en grano seco, el corte de las plantas fue realizado cuando se encontraban en estado de maduración (fructificación o llenado del grano), a lo que se atribuye los altos valores proteicos obtenidos en el ensilaje, superando así el valor de 18% de proteína en el ensilaje de avena (*Avena sativa*) + Sauco (*Sambucus nigra*), obtenidos por (Apréaz, 2012) y el valor de 13,26 de proteína obtenido por (Jimenez, 2005) en el ensilaje de Canavalia (*Canavalia ensiformis*) (leguminosa).

Según (Cubero, 2008) la respuesta del uso de inoculantes sobre el nivel de proteína de los ensilajes es determinante por la especie forrajera a ensilar, tipo de inoculante aplicado, edad de la planta y condiciones de almacenamiento, con y sin la adición de Sila-Max se logró obtener altos valores proteicos, no obstante sobresale sin la adición del inoculante Sila-Max.

Según los resultados obtenidos en las investigaciones de los autores (Sivanda, 1997) y (Umaña, 2012), la aplicación de inoculantes reduce el contenido de Nitrógeno amoniacal y por ende el contenido de proteína de los ensilajes, acción que se da para desarrollar un mejor proceso de fermentación, esta situación sustenta el porqué de la disminución de proteína del ensilaje (2,26%) con la adición del inoculante Sila-Max.

### **Análisis de varianza de la variable Extracto Etéreo**

**Tabla 11**

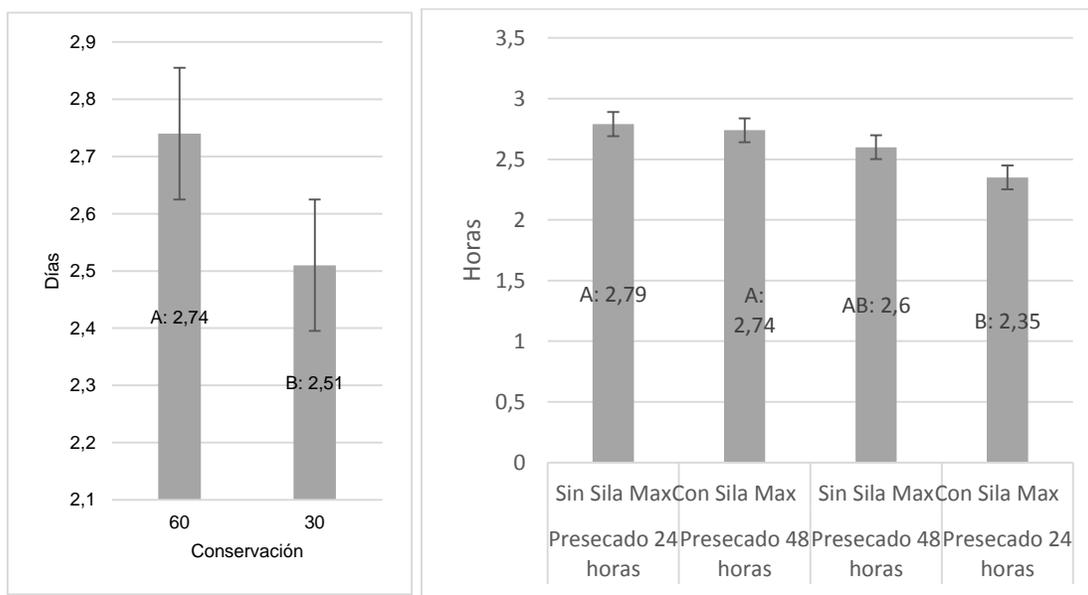
*Análisis de varianza sobre el Extracto etéreo del ensilaje de fréjol mungo (Vigna radiata L. Wilczek).*

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculado	p-valor	
A: Presecado	1	0,07	0,07	1,21	0,2901	
B: Sila-Max	1	0,14	0,14	2,53	0,1337	
C: Conservación	1	0,32	0,32	5,94	0,0288	*
Repetición	2	0,07	0,03	0,61	0,5556	
AB	1	0,51	0,51	9,53	0,008	*
AC	1	7,00E-04	7,00E-04	0,01	0,9106	
BC	1	0,01	0,01	0,14	0,7109	
ABC	1	0,02	0,02	0,37	0,5536	
Error	14	0,75	14	0,05		
Total	23	0,75	0,05			
CV		8,86				

Como se presenta en la tabla 10, en el Extracto Etéreo, se presentó una diferencia estadística significativa, en el factor C (Conservación) y en la interacción de A\*B (Presecado\*Sila-Max), con un p-valor de 0,0288 y 0,008 respectivamente, sin embargo no existió diferencia en las repeticiones, factores e interacciones restantes. El coeficiente de variación se encuentra en el rango aceptable (8,86).

**Figura 6**

*Prueba de Tukey para el contenido de extracto etéreo del factor C (Conservación) y la interacción A\*B (Presecado\*Sila-Max)*



*Nota. La figura muestra la prueba de Tukey, sobre el efecto del factor C (Conservación) y la interacción A\*B (Presecado\*Sila-Max), sobre el Extracto Etéreo del ensilado.*

En la figura 6, se presenta que en el factor C (Conservación), el tiempo de conservación de 60 días, presenta un mayor porcentaje de extracto etéreo (2,74) y en los 30 días presenta un valor inferior de (2,51), estos resultados coinciden con lo mencionado por (Ordoñez, 2015) en el ensilaje de Maíz (*Zea mays* L.), donde menciona que el extracto etéreo del ensilaje es variable a diferentes tiempos de conservación, obteniendo a los 80 días 2,5%, a los 40 días 2,1% y a los 100 días 2,1%.

En la interacción A\*B (Presecado\*Sila-Max) se presentó una diferencia significativa, con el Presecado de 24 horas y sin usar Sila-Max se obtuvo el contenido de extracto etéreo más alto (2,79), con el (Presecado de 48 horas y usando Sila-Max( el

contenido de extracto etéreo fue de (2,74), Con el (Presecado de 48 horas y sin usar Sila-Max) el contenido de extracto etéreo fue de (2,60) y con el (Presecado por 24 horas usando Sila-Max) se obtuvo el contenido de extracto etéreo más bajo (2,35).

El contenido de Extracto etéreo del ensilaje se encuentra en un rango aceptable para la alimentación de rumiantes, ya que según (Clariget, 2011) no debe superar el 6% de la dieta.

### ***Análisis de varianza de la variable ceniza***

**Tabla 12**

*Análisis de varianza sobre el contenido de ceniza del ensilado de frejol mungo (Vigna radiata L. Wilczek).*

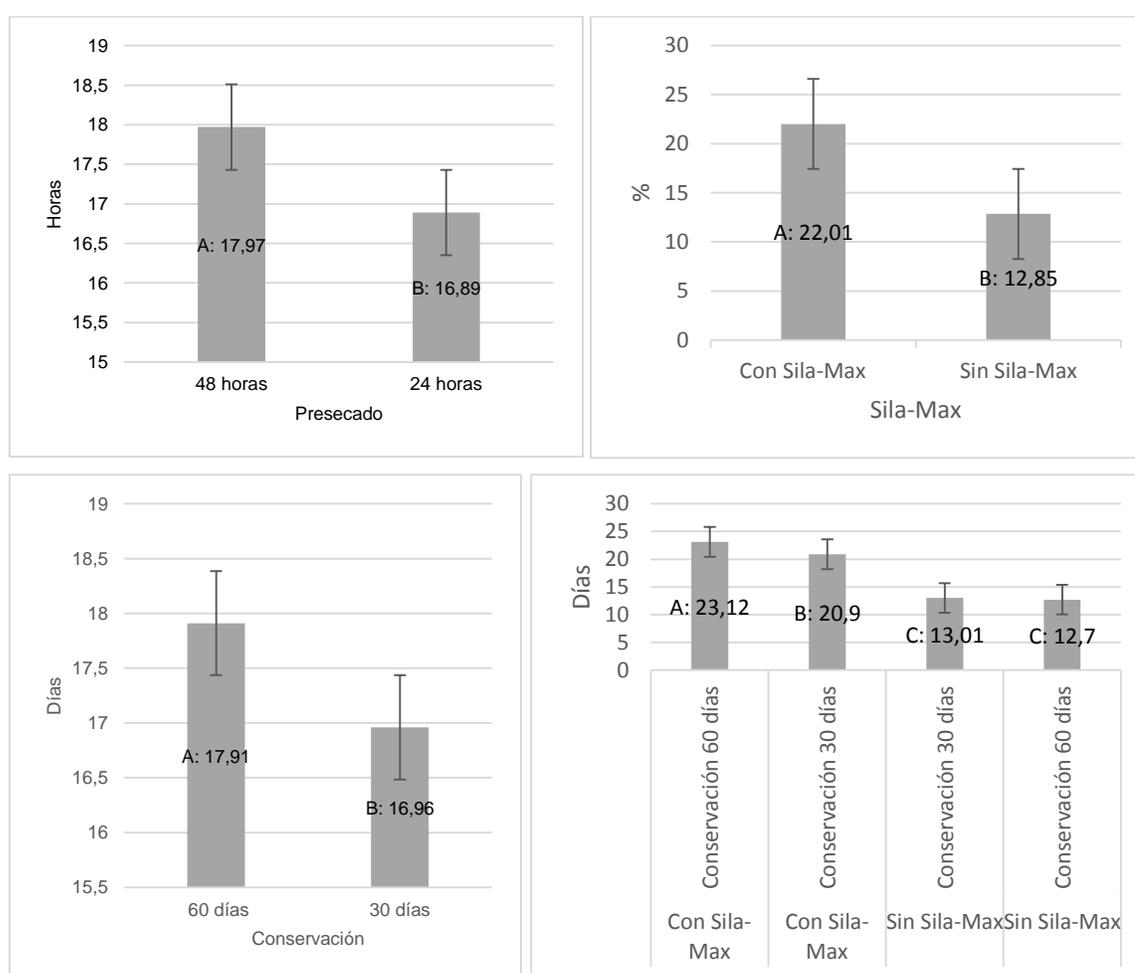
Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculado	p-valor	
A: Presecado	1	7,04	7,04	6,08	0,0272	*
B: Sila-Max	1	503,07	503,07	434,14	<0,0001	*
C: Conservación	1	5,45	5,45	4,71	0,0478	*
Repeticiones	2	5,29	2,64	2,28	0,1389	
AB	1	1,48	1,48	1,28	0,2774	
AC	1	0,91	0,91	0,79	0,3898	
BC	1	9,53	9,53	8,22	0,0124	*
ABC	1	0,82	0,82	0,71	0,414	
Error	14	16,22	1,16			
Total	23	549,81				
CV		6,18				

Como se puede observar en la tabla 11, en el contenido de Ceniza, se presentó una diferencia estadística significativa, en el factor A (Presecado), factor B (Sila-Max), Factor C (Conservación) y la interacción B\*C (Sila-Max\*Conservación), bajo un p-valor

de 0,0272; <0,0001; 0,0478 y 0,0124 respectivamente, sin embargo no existió diferencia en las repeticiones y en las restantes interacciones. El coeficiente de variación se encuentra en el rango aceptable (6,18).

**Figura 7**

*Prueba de Tukey del factor A (Presecado), Factor B (Sila-Max), Factor C (Conservación) y la interacción B\*C (Sila-Max\*Conservación), sobre el contenido de Ceniza del ensilado.*



En la figura 7, se puede observar que existen diferencias significativas en el porcentaje de ceniza, siendo mayor (17,97) cuando el factor A (Presecado) se deja actuar hasta las 48 horas y menor (16,89) cuando el factor A (Presecado) se deja actuar

por 24 horas. En el factor B (Sila-Max), se alcanza una diferencia significativa al usar Sila-Max (22,01), en comparación de cuando no se usa (12,85), reduciéndose significativamente en un 9,16%, de la misma manera, en el factor C(Conservación), cuando la conservación del ensilaje, se realiza por 60 días, existe una mayor concentración de ceniza (17,61) y en el día 30 una menor concentración de ceniza (16,96), por lo que se puede concluir, que existe mayor proporción de ceniza al usar Sila-Max y conservar el silo por 60 días, lo que confirma la interacción presentada en la figura 7.

Según (Chaverra & Bernal, 2000), Valores de ceniza mayores al 14% representan contaminación durante la cosecha o elaboración del ensilaje. En esta investigación el alto contenido de ceniza no se ve representado por dichos factores y se coincide con lo reportado por (Castillo, 2009), donde menciona que en el ensilaje de maíz (*Zea mays* L.) + frejol mungo (*Vigna radiata* L. Wilczek) (en diferentes proporciones), a medida que aumentaba el contenido de fréjol mungo también aumentaba el contenido de ceniza del ensilaje, debido al alto contenido de minerales de la especie, de igual forma la adición del inoculante Sila-Max también tiende a aumentar el contenido de ceniza por su presentación granulada que no se disolvió por completo durante el tiempo de conservación.

### **Análisis de varianza de la variable Fibra**

**Tabla 13**

*Análisis de varianza sobre el contenido de fibra del ensilado de frejol mungo (Vigna radiata L. Wilczek).*

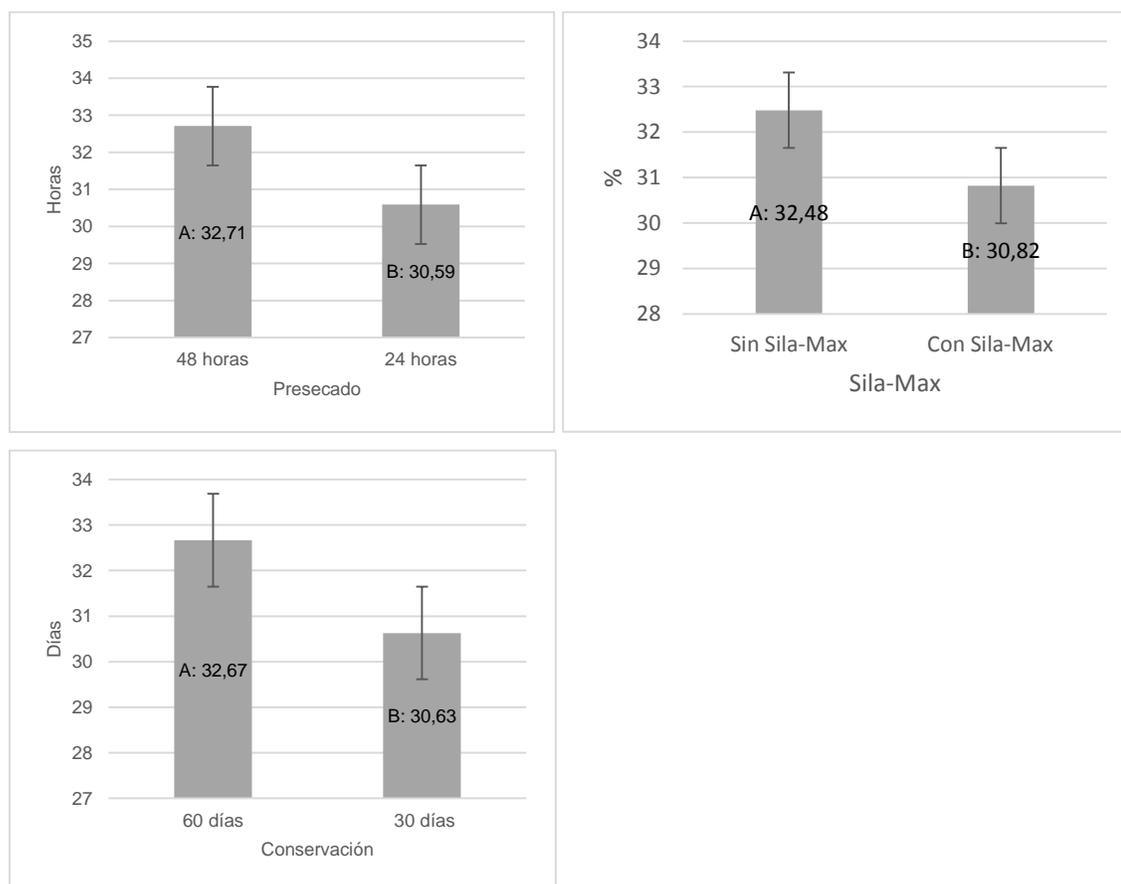
Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculado	p-valor	
A: Presecado	1	26,86	26,86	26,36	0,0002	*
B: Sila-Max	1	16,55	16,55	16,24	0,0012	*
C: Conservación	1	24,87	24,87	24,41	0,0002	*
Repeticiones	2	1,92	0,96	0,94	0,4124	
AB	1	0,11	0,11	0,1	0,7526	
AC	1	0,25	0,25	0,24	0,6308	
BC	1	3	3	2,95	0,108	
ABC	1	0,17	0,17	0,17	0,6906	
Error	14	14,27	1,02			
Total	23	87,99				
CV		3,19				

*Nota. En esta tabla se muestra el análisis de varianza, realizado en el programa InfoStat para el contenido de Fibra del ensilado.*

Como se visualiza en la tabla 12, en el contenido de Fibra, se presentó una diferencia estadística significativa, en el factor A (Presecado), factor B (Sila-Max) y factor C (conservación), con un p-valor de 0,0002; 0,0012 y 0,0002 respectivamente, sin embargo no existió diferencia en las repeticiones e interacciones. El coeficiente de variación se encuentra en el rango aceptable (3,19).

**Figura 8**

*Prueba de Tukey del factor A (Presecado), B (Sila-Max) y C (Conservación), sobre el contenido de Fibra del ensilado*



*Nota. La figura muestra la prueba de Tukey, sobre el efecto del factor A (Presecado), B (Sila-Max) y C (conservación), sobre el contenido de Fibra del ensilado.*

En la figura 8, se visualiza que existió diferencia significativa en el factor A (Presecado), donde la media mayor se alcanzó a las 48 horas (32,71) y fue menor a las 24 horas (30,59). Al aumentar el tiempo de deshidratación aumento el contenido de fibra del ensilaje debido a la pérdida de humedad y aumento de materia seca.

(Romero, 2004) Menciona que cuando aumenta el contenido de materia seca, aumenta el contenido de fibra.

En el factor B (Sila-Max), se conserva mayor porcentaje de fibra, al no utilizar Sila-Max (32,48), mientras que utilizando Sila-Max el contenido de fibra es menor (30,82), Según (Castillo, 2009), al realizar la aplicación de inoculantes al ensilaje de frejol mungo el contenido de fibra disminuye y sostiene rangos de 31,87, siendo muy cercanos a los obtenidos en esta investigación. Según (Betancourt, 2002) dicha disminución de fibra se da por el efecto aditivo de los componentes solubles del inoculante al contenido total del material y a la mejora del proceso de fermentación que se vuelve estable al disminuir los microorganismos indeseables, coincidiendo con esta investigación.

En el factor C (Conservación), se estableció como mayor proporción de fibra, al conservar el silo por 60 días (32,67) y menor al conservar el silo por 30 días (30,63), coincidiendo con lo mencionado por (Ordoñez, 2015), donde al conservar ensilaje de maíz por 60, 20 y 40 días el porcentaje de fibra descendía respectivamente.

Según (Palladino, 2006) Para ensilajes elaborados a partir de maíz o leguminosas el porcentaje de fibra se debe encontrar en rangos mínimo y máximo de 25% - 45% respectivamente.

**Análisis de varianza de la variable Elementos libres de nitrógeno (E.L.N.N)**

**Tabla 14**

*Análisis de varianza sobre el contenido de E.L.N.N del ensilado de fréjol mungo (Vigna radiata L. Wilczek).*

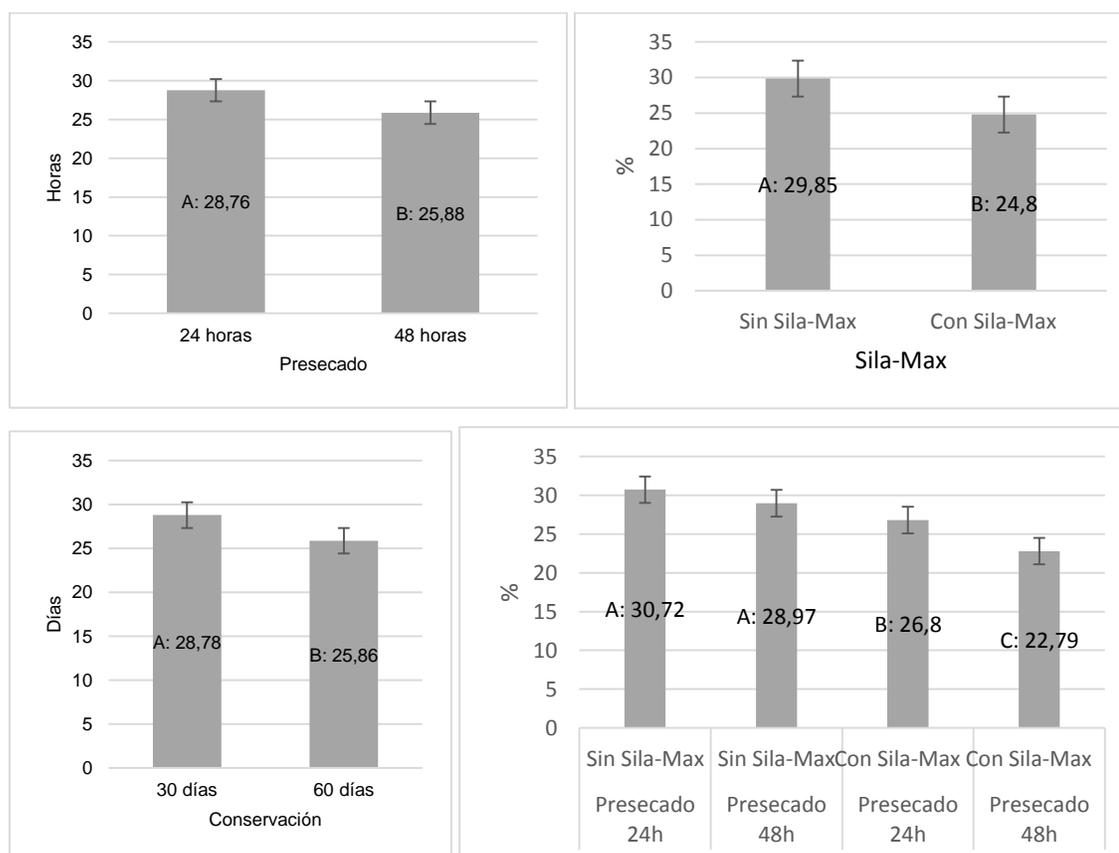
Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculado	p-valor	
A: Presecado	1	49,82	49,82	37,61	<0,0001	*
B: Sila-Max	1	153,02	153,02	115,5	<0,0001	*
C: Conservación	1	51,16	51,16	38,62	<0,0001	*
Repeticiones	2	2,77	1,38	1,04	0,3777	
AB	1	7,64	7,64	5,77	0,0308	*
AC	1	0,8	0,8	0,6	0,4502	
BC	1	0,04	0,04	0,03	0,8618	
ABC	1	0,24	0,24	0,18	0,6794	
Error	14	18,55	1,32			
Total	23	284,03				
CV		4,21				

*Nota. En esta tabla se muestra el análisis de varianza, realizado en el programa InfoStat para el contenido de E.L.N.N. del ensilado.*

Como se aprecia en la tabla 13, en el contenido de E.L.N.N., presentó una diferencia estadística significativa, con un p-valor de <0,0001 de manera similar en los factores A (Presecado), B (Sila-Max) y C (Conservación), también se presentó diferencia en la interacción A\*B (Presecado\*Sila-Max), bajo un p-valor de 0,0308, no obstante no se presentó diferencia en las repeticiones y en las interacciones restantes. El coeficiente de variación se encuentra en el rango aceptable (4,21).

**Figura 9**

*Prueba de Tukey del Factor A (Presecado), B (Sila-Max), C (Conservacion) y la interaccion A\*B (Presecado\*Sila-Max), sobre el contenido de E.L.N.N del ensilado.*



*Nota. La figura muestra la prueba de Tukey, sobre el efecto del factor A (Presecado), factor B (Sila-Max), factor C (Conservación) y la interaccion A\*B (Presecado\*Sila-Max), sobre el contenido de E.L.N.N. del ensilado.*

Según (Roblero, 2006) los elementos libres de nitrógeno se encuentra formados principalmente por carbohidratos, azúcares, almidones, hemicelulosa y lignina. (Churchs, 2000) Determinó un 54,75% de E.L.N.N en ensilaje de maíz, superando los valores obtenidos en esta investigación.

En la figura 9, se puede observar que existe diferencias significativas, en donde se observa que en el factor A (Presecado), existe mayor contenido de E.L.N.N, a las 24 horas (28,76) y menor contenido a las 48 horas (25,88), en el factor B (Sila-Max), también se presenta mayor proporción de E.L.N.N cuando no se utiliza el inoculante Sila-Max (29,85), no obstante cuando si se utiliza obtiene un valor menor (24,8).

En el factor C (Conservación), se presenta mayor cantidad de E.L.N.N a los 30 días (28,78) y menor cantidad a los 60 días (25,86), según (Gonzales, 2013) a medida que aumenta el tiempo de conservación del ensilaje disminuye el contenido de E.L.N.N, presentando valores de 26,93% de E.L.N.N en ensilaje de KING GRASS (*Pennisetum purpureum*) Y PASTO SABOYA (*Panicum maximum jacq*) con 35 días de conservación. Los mencionados aspectos se confirman mediante la gráfica de interacción A\*B (Presecado\*Sila-Max).

### **Análisis de varianza para la variable pH**

**Tabla 15**

*Análisis de varianza sobre el pH del ensilado de fréjol mungo (Vigna radiata L. Wilczek).*

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculado	p-valor
A: Presecado	1	2,70E-04	2,70E-04	6,80E-04	0,9796
B: Sila-Max	1	1,06	1,06	2,69	0,1231
C: Conservación	1	1,70E-05	1,70E-05	4,20E-05	0,9949
Repeticiones	2	0,86	0,43	1,09	0,3632
AB	1	0,26	0,26	0,66	0,4294
AC	1	0,93	0,93	2,36	0,1467
BC	1	0,56	0,56	1,43	0,2508
ABC	1	0,37	0,37	0,94	0,3485
Error	14	5,51	0,39		
Total	23	9,54			
CV		12,09			

Como se observa en la tabla 14, en la variable pH, no se presentó una diferencia estadística significativa, en ningunos de los factores, repeticiones e interacciones estudiadas. El coeficiente de variación se encuentra en el rango aceptable (12,09). Dicho resultado se atribuye a que las leguminosas poseen una alta capacidad tampón (gran resistencia a disminuir el pH).

El valor mínimo y máximo de pH obtenido fue de 4,80 y 5,62 respectivamente, siendo superiores al valor de 4,5 recomendados por (Fransen & Sturbi, 1998) en maíz. Sin embargo (Pineda, Chacon, & Boschini, 2016) reportaron en ensilaje de pasto estrella (*Cynodon dactylon*) valores mínimos y máximos de 4,62 – 5,52

respectivamente. De igual forma (Romero, 2004) reporta un pH de 4,80 en ensilaje de alfalfa (*Medicago sativa*), atribuyendo los valores de pH a las características de las especies.

## Análisis económico

**Tabla 16**

*Análisis económico de los tratamientos evaluados para obtener 24 ensilajes de 45 kg*

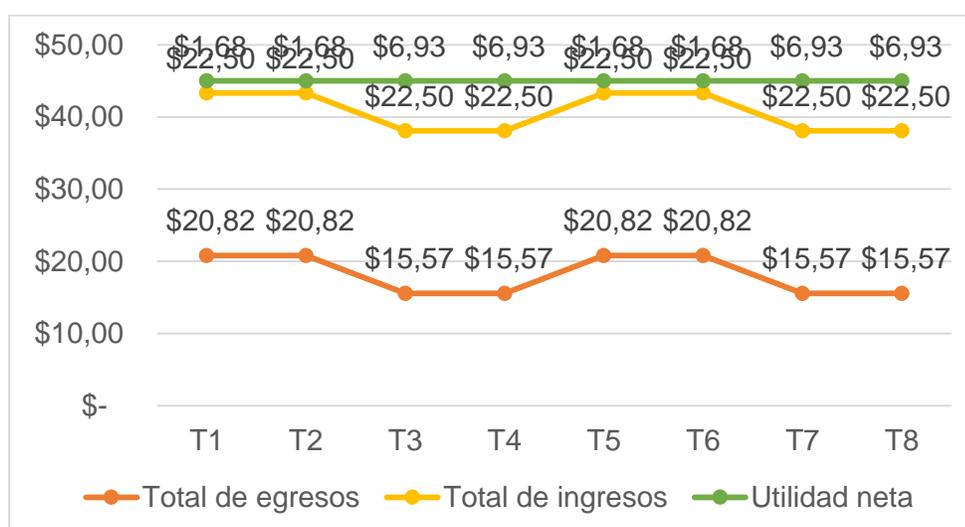
Descripción	Cantidad	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Sila-Max	7 kg	\$ 5,25	\$ 5,25			\$ 5,25	\$ 5,25		
Recursos físicos		\$ 11,30	\$ 11,30	\$ 11,30	\$ 11,30	\$ 11,30	\$ 11,30	\$ 11,30	\$ 11,30
Recursos humanos		\$ 4,27	\$ 4,27	\$ 4,27	\$ 4,27	\$ 4,27	\$ 4,27	\$ 4,27	\$ 4,27
<b>Total de egresos</b>		<b>\$ 20,82</b>	<b>\$ 20,82</b>	<b>\$ 15,57</b>	<b>\$ 15,57</b>	<b>\$ 20,82</b>	<b>\$ 20,82</b>	<b>\$ 15,57</b>	<b>\$ 15,57</b>
Cantidad de ensilaje en venta/45 kg		3	3	3	3	3	3	3	3
<b>Total de ingresos</b>		<b>\$ 22,50</b>							
<b>Utilidad neta</b>		<b>\$ 1,68</b>	<b>\$ 1,68</b>	<b>\$ 6,93</b>	<b>\$ 6,93</b>	<b>\$ 1,68</b>	<b>\$ 1,68</b>	<b>\$ 6,93</b>	<b>\$ 6,93</b>
<b>Relación costo/Beneficio</b>		<b>\$ 0,56</b>	<b>\$ 0,56</b>	<b>\$ 2,31</b>	<b>\$ 2,31</b>	<b>\$ 0,56</b>	<b>\$ 0,56</b>	<b>\$ 2,31</b>	<b>\$ 2,31</b>

*Nota:* Esta tabla muestra los, ingresos, egresos, utilidad neta y relación costo beneficio de los tratamientos evaluados

En la tabla 15 se muestra el análisis económico de los tratamientos evaluados, en donde se muestra que los egresos totales para T1, T2, T5 Y T6 (con inoculante Sila-Max) son de \$20,82 y para T3, T4, T7 y T8 (sin inoculante) fueron de \$15,57. En cuanto a los ingresos y costos totales se tomó en cuenta que 45 kg de ensilaje de frejol mungo tiene un costo a la venta de \$7,50 debido a su alto aporte nutricional.

**Figura 10**

Costos totales, ingresos totales y utilidad neta para 24 ensilajes de 45 kg



*Nota:* La figura muestra las diferencias económicas de los tratamientos aplicados

La figura 10 muestra que los tratamientos más rentables fueron T3, T4, T7 y T8, donde se obtuvo egresos de \$15,57 y una utilidad neta de \$6,93 para elaborar 3 ensilajes de 45 kg, y una relación costo beneficio de \$2,31, cada uno, esto se debe a que en dichos tratamientos no se usó el inoculante Sila-Max y por ende baja el costo de elaboración del ensilaje. Seguido por los tratamientos T1, T2, T5 y T6, con una utilidad neta de \$1,68 y una relación costo beneficio de \$0,56 ctvs.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES

Se determinó una producción forrajera de 8500 kg/hectárea, con los que se puede elaborar 188 ensilajes de 45 kg, con un PVP de \$7,50 USD/funda de ensilaje, por su contenido nutricional.

Ninguno de los tratamientos evaluados mostró varianza en el contenido de pH, mostrando un valor promedio de 5,31 y demostrando que todos los ensilajes estuvieron bien elaborados y no mostraron problemas en el proceso de fermentación.

En el ensilaje del fréjol mungo al realizar el presecado por 24 horas se logró obtener los mejores resultados en las variables ceniza y fibra, siendo así que se determinó el contenido más bajo de ceniza con un 16,89 % y disminuyó el contenido de fibra a un 30,59 %, permitiendo que el ensilaje sea adecuado para la alimentación animal ya que permitirá una adecuada digestibilidad ruminal.

Con base a los resultados se acepta la hipótesis alternativa: Existe diferencia estadística significativa en el efecto del pre secado del frejol mungo (*Vigna radiata* L. Wilczek) en la calidad del ensilado, al nivel de 5% de significancia.

En los ensilajes con la adición del inoculante Sila-Max se representó los mejores resultados en el contenido de humedad, ya que logra encontrarse muy cercano al rango aceptable en ensilajes, el cual es 78,42 %. Bajó el contenido de proteína en un 2,26 %, sosteniendo un valor de 19,83%, acción que se dio para mejorar los procesos fermentativos, permitiendo una adecuada nutrición que optimizará la producción animal y mantenimiento de los procesos productivos. Duplicó el contenido de ceniza, debido a su presentación granulada que no se disolvió completamente durante el tiempo de conservación y aumentó el porcentaje de ceniza al realizar el análisis bromatológico.

Permitió obtener un 30,82 % de fibra, valor aceptable para que el animal tenga una adecuada tasa de pasaje, consumo de alimento y una digestibilidad del 60 al 70%.

Con base a los resultados se acepta la hipótesis alternativa: Existe diferencia estadística significativa en la influencia del uso de Sila-Max en la en la calidad fermentativa del ensilado de frejol mungo (*Vigna radiata* L. Wilczek), al nivel de 5% de significancia.

En los ensilajes con un tiempo de conservación de 30 días se logró obtener un 2,51% de extracto etéreo, encontrándose dentro del rango adecuado para la proporción de energía al animal, de igual forma se logró obtener un aceptable porcentaje de ceniza.

El mejor momento para abrir el ensilaje y administrarlo en la alimentación de los animales es a los 30 días de conservación, ya que tiene un 30,63 % de fibra que permitirá una adecuada digestibilidad ruminal.

Con base a los resultados se acepta la hipótesis alternativa: Existe diferencia estadística significativa en el tiempo de conservación del ensilado de fréjol mungo (*Vigna radiata* L. Wilczek), al nivel de 5% de significancia.

En la interacción A\*B (Sila-Max \* Presecado 24 horas) se obtuvo el mejor valor de extracto etéreo, con un 2,35%, manteniéndolo dentro del rango adecuado para la proporción de energía al animal.

En la interacción B\*C (Sila-Max \* Conservación), al usar Sila-Max el mejor tiempo de conservación para obtener el más bajo porcentaje de ceniza en el ensilaje es de 30 días, teniendo un 20,9 %.

## RECOMENDACIONES

Utilizar el inoculante Sila-Max para mejorar los procesos fermentativos en la elaboración de ensilajes.

Evaluar otros inoculantes en el ensilaje de fréjol mungo (*Vigna radiata* L. Wilczek) para comparar las variables estudiadas en esta investigación.

Evaluar el uso del inoculante Sila-Max para elaborar ensilajes a tiempos menores de 30 días de conservación.

Realizar el presecado del fréjol mungo (*Vigna radiata* L. Wilczek) por 24 horas para realizar ensilajes.

Alimentar a los animales con ensilaje de fréjol mungo (*Vigna radiata* L. Wilczek) al cumplir los 30 días de conservación.

Seguir el protocolo del T3, T4, T7 y T8 para elaborar ensilaje de fréjol mungo (*Vigna radiata* L. Wilczek), ya que son los más económicos para los productores.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Apráez, J. (2012). *VETZOOTEC*. Obtenido de <http://vip.ucaldas.edu.co/vetzootec/downloads/v6n1a03.pdf>
- Betancourt, M. (2002). Obtenido de <https://produccioncientificaluz.org/index.php/cientifica/article/view/14912/14889>
- Castillo, M. (2009). *MAG*. Obtenido de [https://www.mag.go.cr/rev\\_agr/v33n01-133.pdf](https://www.mag.go.cr/rev_agr/v33n01-133.pdf)
- Cedeño, G. (2012). *RepositorioAGROSAVI*. Obtenido de [https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/21999/20848\\_47.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/21999/20848_47.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Chacon, E. (1981). *SIGPRO*. Obtenido de <https://vinv.ucr.ac.cr/sigpro/web/projects/79064>
- Chaverra, H., & Bernal, J. (2000). *IICA*. Obtenido de <http://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/11153/BVE20078296e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Churchs, J. (2000). *CDNSCIENCEPUB*. Obtenido de <https://cdnsiencepub.com/doi/abs/10.4141/cjps82-061>
- CIAT. (2015). *Tropicalforages*. Obtenido de <http://www.tropicalforages.info/Multiproposito/key/Multiproposito/Media/Html/Vigna%20radiata.htm>
- Clariget, J. (2011). *INIA*. Obtenido de <http://www.inia.uy/Documentos/Privados/UCTT/Sequ%C3%ADa/Consideraciones%20para%20no%20excederse%20de%20grasa%20en%20dieta%20de%20bovinos.pdf>
- Cubero, J. (2008). *ZOOTECNIA*. Obtenido de <http://www.zootecnia.ucr.ac.cr/images/tesis/pdfs/cubero-cubero-jose-francisco.pdf>

- Elferink, A., & J, D. (2014). *FAO*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/X8486S/x8486s04.htm>
- Fransen, S., & Sturbi, F. (1998). *SCIENCEDIRECT*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030298758217>
- Garcia, A. (16 de Agosto de 2019). *DAIREXNET*. Obtenido de <https://dairy-cattle.extension.org/interpretacion-del-analisis-del-ensilaje-de-maiz/>
- Gonzales, L. (2013). *UTC*. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/1633/1/T-UTC-1507.pdf>
- Herrera, J. (2010). *REDALYC*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/339/33914367007.pdf>
- INAMHI. (2020). Obtenido de <http://186.42.174.236/InamhiEmas/>
- Jimenez, P. (2005). *REDALDYC*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1699/169920332005.pdf>
- Ordoñez, E. (2015). Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/10222/T-ESPE-002772.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ordoñez, E. (2015). *RepositorioESPE*. Obtenido de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/10222/1/T-ESPE-002772.pdf>
- Palladino, A. (2006). Obtenido de [https://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/manejo\\_del\\_alimento/66-fibra.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/66-fibra.pdf)
- Peters, M., Franco, L., Schmidt, A., & Hincapié, B. (9 de Septiembre de 2012). *CIAT*. Obtenido de [http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Forrajes\\_Tropicales/pdf/Books/Especies%20Forrajer as%20MultipropositoTropico%20Americano.pdf](http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Forrajes_Tropicales/pdf/Books/Especies%20Forrajer as%20MultipropositoTropico%20Americano.pdf)
- Pineda, L., Chacon, P., & Boschini, C. (2016). *REDALYC*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/436/43646210001.pdf>
- RALCO. (2015). *Uruguay Patente nº 10025*.

- Roblero, J. (2006). *UAAAN*. Obtenido de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5950/T15369%20ROBLERO%20L%D3PEZ,%20JUAN%20JOSE%20%20TESIS.pdf?sequence=1>
- Romero, A. (2004). Obtenido de [https://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_reservas/reservas\\_silos/79-ensilaje\\_leguminosas.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_silos/79-ensilaje_leguminosas.pdf)
- Sandoval, C. (2018). *UNP*. Obtenido de <http://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1677/AGR-SAN-SAN-2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- SIPA. (2019). Obtenido de <http://sipa.agricultura.gob.ec/>
- Sivanda, S. (1997). *ScienceDirect*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377840197000497>
- Solis, R. (2017). *EFECTO DE LA ADICIÓN DE Bacillus spp. EN ENSILAJE DE MAÍZ (Zea mays) SOBRE LA CINÉTICA DE DEGRADACIÓN RUMINAL in situ Y FERMENTACIÓN RUMINAL in vitro*. Ambato.
- Umaña, R. (2012). *OXFORD*. Obtenido de <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/69/11/4588/4654409>