



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA ZOOTÉCNICA

**“EFECTO DE LA ADICIÓN DE DOS ADITIVOS EN ENSILAJE DE
MAÍZ (*Zea mays*) SOBRE LA CALIDAD NUTRITIVA DEL SILO”**

Trabajo de Titulación

Tipo: Trabajo Experimental

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO ZOOTECNISTA

AUTOR: ANDRES SEBASTIAN HEREDIA GUERRA

DIRECTOR: ING. FABIAN AUGUSTO ALMEIDA LOPEZ

Riobamba – Ecuador

2020

© 2020, **Andrés Sebastián Heredia Guerra**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, **Andrés Sebastián Heredia Guerra**, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 16 de noviembre del 2020

Andrés Sebastián Heredia Guerra

060423522-6

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA ZOOTÉCNICA

El tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de investigación Tipo Trabajo Experimental, “**EFFECTO DE LA ADICIÓN DE DOS ADITIVOS EN ENSILAJE DE MAÍZ (Zea mays) SOBRE CALIDAD NUTRITIVA DEL SILO**”, de responsabilidad del Señor **ANDRES SEBASTIAN HEREDIA GUERRA** ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, quedando autorizada su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Ms. C. Marco Mauricio Chávez _____	_____	16/11/2020 _____
PRESIDENTE DE TRIBUNAL		
Ing. Ms. C. Fabián Augusto Almeida López _____	_____	16/11/2020 _____
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN		
Ing. Ms. C. Pablo Rigoberto Andino Nájera _____	_____	16/11/2020 _____
MIEMBRO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN		

DEDICATORIA

Dedico todo mi trabajo a Nuestro Padre Creador por enseñarme que cuando uno le pone primero, el resto de las cosas vienen por añadidura, además por haberme permitido llegar hasta donde estoy; en todo este largo camino él ha sabido poner cada una de las herramientas necesarias para salir siempre victorioso frente a cualquier adversidad, asimismo de colocar las palabras adecuadas en la boca de mis padres, hermano, abuelitos, amigos, docentes y a esas personas que ahora ya no están conmigo; para poder atravesar cada obstáculo y pruebas puestas en mi vida y salir siempre vencedor y nunca tenerle miedo al éxito. En fin, dedico todo este trabajo absolutamente a toda mi familia (esto es para ustedes, gracias).

Sebas.

AGRADECIMIENTO

Primero quiero agradecer a Dios por haberme encaminado a cumplir este sueño y sobre todo por poner en mi camino a personas extraordinarias que han sido la clave para culminar este duro camino.

En especial quiero agradecer a mis padres Raúl y Sandra, a mi hermano Andrés y a mis Abuelitos Ricardo y Bertha por toda la confianza depositada en mí a lo largo de estos años, por todo el esfuerzo que han hecho para ayudarme a salir adelante y por tener siempre las palabras de aliento cuando yo sentía que ya no podía más.

A mi Familia absolutamente a todos porque siempre estuvieron presentes en cada uno de mis logros, pero también estuvieron en mis momentos difíciles, gracias por siempre poner ese granito de arena en mi vida.

A todos mis profesores que me guiaron en mi vida universitaria. A mis amigos/as que siempre estuvieron ahí apoyándome de forma directa o indirecta y también a aquellas personas que ya no están, pero son muy importantes.

Al Ing. Fabián Almeida y al Ing. Pablo Andino por haber sido parte de este proyecto y que hayan depositado toda su confianza en mí y darme todas las herramientas necesarias para poder terminar con el trabajo de titulación. ¡GRACIAS TOTALES!

Sebas.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
INDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1.	MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	3
1.1	Que es el ensilaje y para qué sirve	3
1.2	Origen del ensilaje	4
1.2.1	<i>Uso del ensilado.....</i>	5
1.2.2	<i>Características de un buen ensilaje.....</i>	5
1.3	Tipos de silo.....	6
1.3.1	<i>Silo tipo bolsa.....</i>	7
1.4	Proceso de ensilaje.....	8
1.4.1	<i>Fase enzimática</i>	9
1.4.2	<i>Fase aeróbica.....</i>	9
1.4.3	<i>Fase anaeróbica.....</i>	10
1.4.4	<i>Fase de fermentación</i>	11
1.4.5	<i>Fase estable.....</i>	11
1.4.6	<i>Fase de deterioro aerobio</i>	12
1.5	Beneficios de usar ensilado	13
1.6	Enzimas vegetales	14

1.7	El maíz.....	15
1.7.1	Origen del maíz.....	15
1.7.2	Características del maíz.....	16
1.7.3	Exigencias edafoclimáticas	18
1.7.4	Riegos.....	19
1.7.5	Labores culturales y siembra.....	19
1.7.6	Aclareo y recolección.....	21
1.7.7	Conservación	22
1.8	El ensilaje de maíz	22
1.9	Aditivos para ensilaje	25
1.9.1	Inoculantes	25
1.9.2	Energía	28

CAPITULO II

2	MARCO METODOLÓGICO REFERENCIAL.....	31
2.1	Localización y duración del experimento	31
2.2	Unidades experimentales.....	31
2.3	Materiales, equipos e instalaciones.....	32
2.3.1	Materiales	32
2.3.2	Equipos	32
2.3.3	Instalaciones.....	32
2.4	Tratamientos y diseño experimental	33
2.4.1	Esquema del experimento.....	33
2.5	Mediciones experimentales	34
2.6	Análisis estadísticos y pruebas de significancia	34
2.6.1	Esquema del ADEVA	35
2.7	Procedimiento experimental	35
2.7.1	Preparación de los silos tipo funda y tratamientos	35

2.8	Pruebas organolépticas	36
2.9	Metodología de evaluación.....	36
2.9.1	<i>Determinación de la Humedad (%)</i>	36
2.9.2	<i>Determinación de la Materia seca (%)</i>	37
2.9.3	<i>Determinación del contenido de Ceniza (%)</i>	38
2.9.4	<i>Determinación del contenido de Grasa (%)</i>	39
2.9.5	<i>Fibra (%)</i>	40
2.9.6	<i>Extracto libre de Nitrógeno ELN (%)</i>	43
2.9.7	<i>Palatabilidad</i>	43
2.9.8	<i>Determinación de la energía</i>	43

CAPITULO III

3	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIONES	44
3.1	Evaluación del efecto de la adición de dos aditivos en ensilaje de maíz (<i>Zea mays</i>) sobre calidad nutritiva del silo	44
3.1.1	<i>Porcentaje de humedad</i>	44
3.1.2.	<i>Porcentaje de materia seca</i>	46
3.1.3.	<i>Porcentaje de cenizas</i>	47
3.1.4.	<i>Porcentaje de Extracto Etéreo</i>	49
3.1.5.	<i>Contenido de Proteína</i>	50
3.1.6.	<i>Contenido de Fibra</i>	52
3.1.7.	<i>Extracto Libre de Nitrógeno</i>	53
3.1.8.	<i>Energía bruta</i>	55
3.1.9.	<i>pH</i>	56
3.2.	Análisis de la calidad sensorial del ensilaje de maíz (<i>Zea mays</i>), por efecto de la adición de dos aditivos la sobre calidad nutritiva del silo	58
3.1.2	<i>Olor</i>	58
3.1.3	<i>Color</i>	60
3.1.4	<i>Textura</i>	61

3.2.1.	<i>Palatabilidad</i>	62
3.3.	Evaluación económica	63
	CONCLUSIONES	65
	RECOMENDACIONES	65
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Rango esperado del contenido de maíz.....	23
Tabla 2-1	Composición Química en porcentaje de materia seca de un ensilado.....	27
Tabla 1-2:	Condiciones meteorológicas del cantón Chambo.....	31
Tabla 2-2:	Esquema del experimento.....	33
Tabla 3-2:	Esquema del ADEVA.....	34
Tabla 1-3:	Evaluación bromatológica del ensilaje de maíz (<i>Zea mays</i>), sobre la calidad nutritiva del silo.....	44
Tabla 2-3:	Análisis de la calidad sensorial del ensilaje de Maíz (<i>Zea mays</i>) por efecto de la adición de dos aditivos la sobre calidad nutritiva del silo.....	58
Tabla 3-3:	Evaluación económica de la producción de ensilaje de maíz utilizando diferentes aditivos.....	64

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3:	Porcentaje de humedad en el ensilaje de maíz (<i>Zea mays</i>) sobre calidad nutritiva del silo elaborado con dos aditivos.....	45
Gráfico 2-3:	Porcentaje de materia seca en el ensilaje de maíz (<i>Zea mays</i>) sobre calidad nutritiva del silo elaborado con dos aditivos.....	46
Gráfico 3-3:	Porcentaje de cenizas en el ensilaje de maíz (<i>Zea mays</i>) sobre calidad nutritiva del silo elaborado con dos aditivos.....	48
Gráfico 4-3:	Porcentaje de extracto etéreo en el ensilaje de maíz (<i>Zea mays</i>) sobre calidad nutritiva del silo elaborado con dos aditivos.....	49
Gráfico 5-3:	Porcentaje de proteína en el ensilaje de maíz (<i>Zea mays</i>) sobre calidad nutritiva del silo elaborado con dos aditivos.....	51
Gráfico 6-3:	Porcentaje de fibra en el ensilaje de maíz (<i>Zea mays</i>) sobre calidad nutritiva del silo elaborado con dos aditivos.....	52
Gráfico 7-3:	Porcentaje de extracto libre de nitrógeno en el ensilaje de maíz (<i>Zea mays</i>) sobre calidad nutritiva del silo elaborado con dos aditivos.....	54
Gráfico 8-3:	Porcentaje de energía bruta en el ensilaje de maíz (<i>Zea mays</i>) sobre calidad nutritiva del silo elaborado con dos aditivos.....	55
Gráfico 9-3:	pH en el ensilaje de maíz (<i>Zea mays</i>) sobre calidad nutritiva del silo elaborado con dos aditivos.....	57
Gráfico 10-3:	Olor del ensilaje de maíz (<i>Zea mays</i>) sobre calidad nutritiva del silo elaborado con dos aditivos.....	59
Gráfico 11-3:	Color del ensilaje de maíz (<i>Zea mays</i>) sobre calidad nutritiva del silo elaborado con dos aditivos.....	60
Gráfico 12-3:	Textura del ensilaje de maíz (<i>Zea mays</i>) sobre calidad nutritiva del silo elaborado con dos aditivos.....	61

INDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** Porcentaje de humedad en el silo.
- ANEXO B:** Porcentaje de materia seca en el silo.
- ANEXO C:** Porcentaje de cenizas en el silo.
- ANEXO D:** Porcentaje de extracto etéreo en el silo.
- ANEXO E:** Porcentaje de proteína en el silo.
- ANEXO F:** Porcentaje de fibra en el silo.
- ANEXO G:** Porcentaje de extracto libre de nitrógeno en el silo.
- ANEXO H:** Contenido de energía bruta (cal/kg) en el silo.
- ANEXO I:** Porcentaje de pH en el silo.
- ANEXO J:** Característica organoléptica (olor) en el silo.
- ANEXO K:** Característica organoléptica (textura) en el silo.
- ANEXO L:** Característica organoléptica (color) en el silo.
- ANEXO M:** Composición bromatológica de los silos de maíz.

RESUMEN

La presente investigación evaluó el efecto comparativo de la aplicación de aditivos en ensilaje de maíz (*Zea mays*) sobre la calidad nutritiva del silo, el trabajo experimental se realizó en el Criadero Jersey Chugllin, el cual se ubica en el cantón Chambo provincia de Chimborazo, para modelar los resultados se utilizó un Diseño Completamente al Azar, donde los tratamientos fueron los aditivos (Josilac y Silo-mix) versus un tratamiento testigo, con 5 repeticiones por tratamiento, el número de unidades experimentales fue de 15 muestras, de 1 kg por cada tratamiento, correspondientemente a los análisis bromatológicos y pruebas organolépticas. Los resultados bromatológicos del silo de maíz mostraron que el mejor valor nutritivo en lo referente a Proteína 8,00 % y Extracto Etéreo 1,89 % fue para el T2 (Silo-mix), en el porcentaje de Cenizas se registraron diferencias altamente significativas menores al (0,01) siendo el mejor el T2 (Silo.mix) con 8,09 %; de igual manera en el pH con 3,52 % (T0). La evaluación organoléptica presento un mejor olor al utilizar el aditivo Josilaj (T1) con 1 punto, mientras tanto que la mejor puntuación de textura se consiguió al adicionar el Silo-mix (T2) con un valor de 1 punto siendo mejor a 2 puntos (T0) y 2 puntos del (T1). El tratamiento con mejor beneficio costo fue el T1 (Josilac) con 1,50 USD entendiéndose que por cada dólar invertido se espera una utilidad de 50 centavos es decir el 50 %. Se concluye que son varios los factores que determinan la calidad y valor nutricional del ensilaje. La adecuada utilización de los aditivos será de gran importancia en la excelencia de un ensilaje; por lo que se recomienda aplicar aditivos en el ensilado como Silo-mix o Josilac, puesto que su respuesta fue optima al mejorar las características bromatológicas y organolépticas del silo de maíz.

Palabras clave: <ZOOTECNIA>, <ADITIVOS DE ENSILAJE>, <ADITIVOS BIOLÓGICOS>, <CONSERVACIÓN DE FORRAJES>, <SILO DE MIAZ>, <CALIDAD NUTRITIVA>.

ABSTRACT

The present investigation evaluated the comparative effect of the application of additives in corn silage (*Zea mays*) on the nutritional quality of the silo, the experimental work was carried out in the Jersey Chugllin Hatchery, which is located in the Chambo canton, Chimborazo province. To model the results, a Completely Random Design was used, where the treatments were additives (Josilac and Silo-mix) versus a control treatment, with 5 repetitions per treatment, the number of experimental units was 15 samples, 1 kg per each treatment, corresponding to the bromatological analyzes and organoleptic tests. The bromatological results of the corn silo showed that the best nutritional value concerning Protein 8.00% and Ethereal Extract 1.89% was for T2 (Silo-mix), in the percentage of Ashes, highly significant minor differences were recorded at (0.01) with T2 (Silo.mix) being the best with 8.09%; likewise at pH with 3.52% (T0). The organoleptic evaluation showed a better smell when using the Josilaj additive (T1) with 1 point, while the best texture score was achieved by adding the Silo-mix (T2) with a value of 1 point, being better to 2.00 (T0) and 2.00 of (T1). The treatment with the best cost-benefit was T1 (Josilac) with \$ 1.50, meaning that for every dollar invested, a profit of 50 cents is expected, that is, 50%. It is concluded that several factors determine the quality and nutritional value of silage. The proper use of additives will be of great importance in the excellence of silage; therefore, it is recommended to apply additives in the silage such as Silo-mix or Josilac, since their response was optimal when improving the bromatological and organoleptic characteristics of the corn silo.

Key words: <ZOOTECNICS>, <SILAGE ADDITIVES>, <BIOLOGICAL ADDITIVES>, <FORAGE CONSERVATION>, <CORN SILO>, <NUTRITIVE QUALITY>.

INTRODUCCIÓN

El maíz es un cultivo muy remoto de unos 7000 años de antigüedad, de origen indio que se cultivaba por las zonas de México y América central. Hoy día su cultivo está muy difundido por todo el resto de países y en especial en toda Europa donde ocupa una posición muy elevada. Estados Unidos, es otro de los países que destaca por su alta concentración en el cultivo de maíz. Su origen no está muy claro pero se considera que pertenece a un cultivo de la zona de México, pues sus hallazgos más antiguos se encontraron allí.

En la ganadería de nuestro país la principal fuente de alimentación son los pastos y forrajes, pero tienen el inconveniente de que en épocas de sequía la producción de forraje se reduce de ahí la necesidad de buscar opciones que permitan contar con forrajes durante la época en cual la producción es baja. La producción de forrajes ensilados de alta calidad depende de las decisiones de manejo y de las prácticas implementadas antes, durante y después de su elaboración. Los factores de manejo que pueden ser supervisados, registrados y comprobados por el productor.

La práctica del ensilaje contrarresta el efecto negativo que provocan los períodos secos en la producción ganadera, como es la pobre disponibilidad de forrajes tanto en cantidad como en calidad, creando una disminución en la producción de leche y carne. Por lo tanto, si queremos asegurar la alimentación de nuestro ganado durante todo el año, debemos tomar en cuenta los métodos de conservación y adoptar el más adecuado a las necesidades de la explotación.

El ensilado, preserva la calidad de los forrajes además de poseer altos rendimientos de materia seca, buen valor energético, alta palatabilidad; pero en algunas ocasiones se produce un deterioro en la calidad del ensilaje, para evitar esto se han empleado aditivos, estos evitan la proliferación de organismos no deseados con lo cual se dará una buena fermentación y se tendrá un producto de buena calidad. El proceso de ensilaje en bolsas plásticas permite conservar el forraje en un estado fisicoquímico parecido al que tiene en el momento de la recolección. que les permitan disponer de alimentos baratos y que puedan ser almacenados y utilizados con facilidad.

La presente investigación está dirigida para aquellos productores que tienen por actividad elaborar ensilajes de maíz para la alimentación de su ganado. En nuestro país la actividad ganadera es ampliamente representativa por lo que exige una alta demanda de producción de forraje para la alimentación, lo cual abre la oportunidad de implementar nuevas técnicas y alternativas de alimentación, conservación de forrajes como el ensilaje, henolaje y disminuir la competitividad de forrajes El ensilaje es un método para conservar verde el forraje, principalmente los desechos agroindustriales o alimentos como el plátano, la yuca, los cítricos y el pescado, en almacenes conocidos como silos. Por lo expuesto anteriormente los objetivos fueron:

- Evaluar el efecto de la adición de dos aditivos en ensilaje de maíz (*Zea mays*) sobre la calidad nutritiva del silo.
- Establecer mediante el análisis bromatológico el valor nutritivo del silo de maíz añadido dos aditivos, (Josilac combi y Silo-mix), para producir un sustituto adecuado para la alimentación de vacas
- Comparar el efecto de la adición de dos aditivos que son Josilac combi y Silo-mix, en el ensilaje de maíz.
- Determinar los costos de producción de cada uno de los tratamientos y la relación beneficio costo.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1 Que es el ensilaje y para qué sirve

El ensilaje es un método para conservar verde el forraje, principalmente los desechos agroindustriales o alimentos como el plátano, la yuca, los cítricos y el pescado, en almacenes conocidos como silos. Mediante un proceso de fermentación anaerobia controlada, se mantiene estable la composición del material ensilado durante largo tiempo a través de la acidificación del medio. (Aldrich, 1974 pág. 87)

El ensilado es también el producto final de la fermentación anaerobia controlada sobre el forraje segado o los desechos agroindustriales, actividad que se lleva a cabo dentro del silo. El silo, a su vez, es el depósito o almacén en el cual el material a ensilar es confinado con el objetivo de llevar a efecto la fermentación. Sin embargo, el silo no se limita exclusivamente a este proceso, sino que también se le emplea en la agricultura como almacén de granos, (Bustamante, 2012 pág. 45)

El alimento a ensilar, que se comprime con el fin de evitar la presencia de oxígeno y su posible descomposición, experimenta una serie de transformaciones bioquímicas que permiten conservarlo a través del tiempo gracias a la acción de las enzimas en la planta, que tienen lugar en los procesos respiratorios y posteriormente en el metabolismo bacteriano de los carbohidratos y proteínas del material ensilado, (Cañete, 1998 pág. 43)

Producir elevados rendimientos de forraje de alta calidad es fundamental para incrementar los resultados económicos de la explotación, pero el esfuerzo puede ser inútil si el forraje producido y su valor nutricional no son conservados correctamente en el ensilado, (Caraballo, 2012 pág. 12).

En este método de preservación se lleva a cabo una serie de distintos procesos fermentativos, como la fermentación acética, donde en las células vegetales se desarrollan ciertas bacterias coliformes que producen ácido acético a partir del ácido láctico y cuya actividad requiere una temperatura de 18 a 25 °C.

La fermentación láctica, a su vez, corre a cargo de bacterias lácticas que degradan los azúcares y otros carbohidratos solubles presentes en el forraje hasta producir ácido láctico. Las bacterias que

llevan a cabo esta fermentación necesitan condiciones sin oxígeno. Las fermentaciones secundarias son procesos bacterianos indeseables y que es preciso minimizar. La más peligrosa es la fermentación butírica, producida por bacterias que se desarrollan entre 20-40 °C.

El incremento de amoníaco generado por esas bacterias tiende a favorecer la proliferación de especies del género *Bacillus*, que generan aún más amoníaco, y algunos microorganismos nocivos que pudren el alimento almacenado. También puede tener lugar una fermentación alcohólica, a cargo de levaduras, con producción de etanol y otros alcoholes; aunque afecta poco al proceso de ensilado, una excesiva formación de alcoholes se traduce en un peligro de toxicidad para el ganado (Solís, 2017 pág. 78)

Para que exista una fermentación óptima y además controlada es necesaria la adecuada proporción entre las bacterias lácticas y los carbohidratos solubles. Sin embargo, debido a la falta de tales carbohidratos o un bajo contenido de materia seca en algunos forrajes a ensilar, para evitar que produzcan un ensilaje de mala calidad se pueden emplear diferentes aditivos para inducir y optimizar el proceso fermentativo, como la melaza, la pulpa de cítricos o el maíz triturado, que proveen una fuente de azúcares solubles que la bacteria utiliza para producir ácido láctico, estabilizando así el medio (Bustamante, 2012 pág. 65)

Si el forraje ensilado posee más de 70% de humedad, los aditivos aseguran que el nivel de azúcares solubles sea suficiente para realizar el proceso. Otra forma de optimizar la fermentación es mediante la introducción de enzimas que actúan sobre el sustrato, lo que se hace inoculando bacterias lácticas que están disponibles comercialmente y que, al ser agregadas, incrementan la población bacteriana y mejoran el proceso de fermentación (Cañete, 1998 pág. 23)

1.2 Origen del ensilaje

A pesar de tener un inicio incierto, tal parece que el origen del ensilaje de forrajes se remonta a una noticia histórica, documentada en los anales de la Universidad de Agricultura de Young en 1786, acerca de un artículo del profesor John Symonds, de la Universidad de Cambridge, que trata de los estudios hechos en Italia acerca del empleo de las hojas en la alimentación del ganado. Este artículo refiere (De Gracia, 2019 pág. 23)

Entre las diferentes especies forrajeras de invierno, empleadas en Italia para el ganado, las hojas tienen una importancia bastante grande. Para obtener tal resultado se recogen a fines de septiembre y principios de octubre, en las horas más calientes del día, se tienden para secarlas al

sol durante tres o cuatro horas y luego se colocan en barriles de madera, donde se comprimen fuertemente y por último se cubren con arena; o bien se entierran en fosas, se cubren con paja y sobre esta se amontona arena y arcilla (Hansen, 2014 pág. 12)

Esta práctica pasó de Italia a Francia, Inglaterra, Alemania y América. Así, la práctica de los forrajes ensilados parece originaria de Italia, pues desde el año 1700 los agricultores de aquel país habían entendido, en esencia, los principios en que debe basarse la conservación de los forrajes en silos: la desecación parcial de los forrajes y la eliminación del aire en el ensilado, (Aldrich, 1974 pág. 29).

1.2.1 Uso del ensilado

El principal uso del ensilado es producir alimento para los animales (rumiantes primordialmente) cuando hay escasez en las épocas de estiaje. El producto final debe obtenerse sin que se produzcan sustancias tóxicas para la salud animal durante el proceso, con un mínimo de pérdidas de materia seca y de nutrientes y manteniendo un buen sabor para el ganado (Solís, 2017 pág. 76)

Inicialmente, el objetivo de esta técnica fue la conservación del forraje húmedo en óptimas condiciones y sin alterar sus nutrimentos. A pesar de ello, no solo se emplea para ese propósito, sino también para la preservación de los subproductos agroindustriales de yuca, pescado, plátano, caña, maíz y sorgo, entre otros. El ensilaje es una técnica exitosa y de fácil elaboración. Sin embargo, existen algunos puntos que deben ser tratados antes de llevar a cabo el proceso con el fin de obtener un producto de buena calidad y evitar así pérdidas económicas (Araiza, 2013 pág. 39).

La materia a ensilar se debe recolectar en la etapa óptima de madurez para asegurar un máximo rendimiento y un buen contenido nutricional, se debe optimizar el porcentaje de humedad reduciéndola o aumentándola, adicionar aditivos para mejorar la preservación o acrecentar el valor nutritivo del producto, evitar la entrada de aire distribuyendo y apisonando uniformemente el silo y, por último, sellarlo perfectamente y así evitar el deterioro, (Bustamante, 2012 pág. 72).

1.2.2 Características de un buen ensilaje

Las características de un ensilaje elaborado correctamente son el olor, la ausencia de moho, el color y la palatabilidad del producto. En efecto, debe poseer un agradable olor alcohol ácido como resultado de la fermentación, en contraste con el olor fétido del mal ensilaje; no debe haber moho en él, pues de haberlo no será apto como alimento; el color que debe tener es verde pardusco, uniforme en el exterior y en el interior, así como la palatabilidad apropiada, lo que hace que el

ensilado sea bien aceptado e ingerido por el animal. Entre las ventajas que tiene el ensilaje de forraje se hallan las siguientes, (Caraballo, 2012 pág. 45):

- Permite almacenar alimentos que no pueden ser henificados por su alto contenido de humedad, como sucede con los productos agroindustriales, la torta de soya o de algodón, las cáscaras de frutas, los granos de cervecera y otros granos, algunos subproductos de pescado y otros muchos.
- Se pueden almacenar los recursos alimenticios por períodos prolongados sin que varíe su composición y calidad nutricional.
- Se obtienen beneficios de los excedentes de forrajes, pastos y desechos agroindustriales ensilados durante el invierno, intensificando así la producción forrajera y aumentando la carga animal por hectárea.
- Se distribuye eficientemente el alimento durante todo el año, especialmente en la época crítica de escasez.
- Se minimiza la pérdida de algunas partes de la planta que no son aprovechadas en otros tipos de conservación de forraje.

Sin embargo, el ensilaje también tiene ciertas desventajas, pues requiere inversiones considerables (tractor, cosechadora, picadora, silo) o su equivalente en servicios de alquiler y hay pérdidas por descomposición si el material a ensilar no es almacenado correctamente, En la agricultura animal moderna, la En la agricultura animal moderna, la manufactura de heno (del exceso de pasturas) manufactura de heno (del exceso de pasturas) precedió la manufactura de ensilaje como el precedió la manufactura de ensilaje como el primer método de conservación en el campo (Crespo, 2015 pág. 23)

1.3 Tipos de silo

La práctica del ensilaje contrarresta el efecto negativo que provocan los períodos secos en la producción bovina, como es la pobre disponibilidad de forrajes tanto en cantidad como en calidad. El silo es la instalación en que tiene lugar el proceso de fermentación del material y el posterior almacenamiento del ensilado para emplearse en las épocas de escasez de alimento, varían según su forma y otras características, y su elección dependerá del suelo, de las instalaciones y de las

condiciones económicas con las que se cuente; sin embargo, entre los silos más empleados en las industrias ganadera y agrícola se enlistan los siguientes, (De la Roza, 2005 pág. 39):

- Silo en montón. Es el más económico ya que no necesita ninguna construcción particular, pero el material ensilado debe consumirse rápidamente. Consiste en amontonar y apisonar sobre una superficie plana el material, cubriéndolo posteriormente con plástico y asegurando su perímetro con tierra.
- Silo en trinchera o zanja. Es una zanja cubierta con plástico y luego con una capa de tierra; debe tener canaletas para el escurrimiento de agua.
- Silo en torre. Son torres de almacenamiento con zonas independientes de llenado y descarga.
- Silo bunker. Son construidos sobre el suelo y están constituidos por dos muros laterales paralelos, ligeramente inclinados y abiertos en los extremos.
- Silo u horno forrajero. Es un silo rústico tipo trinchera, fácil de construir y relativamente económico. Consiste en cavar un hoyo cuadrado o rectangular, con una ligera pendiente en el piso y un canal interior para el drenaje con el fin de eliminar líquidos y evitar la pudrición.

1.3.1 Silo tipo bolsa

El Silo bolsa es una innovación productiva aparecida en la década del 90 que permite al productor rural almacenar los granos en su propio campo, reduciendo de ese modo la incertidumbre y los riesgos de no poder contar con un lugar adecuado de acopio y transporte, antes de la comercialización. De este modo el productor puede retener la cosecha a bajo costo, mejorando su posición ante la cadena de comercialización, (Contreras, 2019 pág. 32).

El Silo bolsa permite almacenar -por un periodo de hasta 2 años-, tanto granos secos (soja, maíz, trigo, girasol, etc) como granos húmedos (maíz, sorgo, avena, cebada, etc.) y materiales de picado fino (maíz, sorgo, alfalfa, verdes invernales, etc.). El implemento también resulta de gran utilidad para los contratistas que realizan la cosecha, ya que, de contar con las silo bolsas, no se ven obligados a detener la cosecha por falta de camiones. La gran ventaja de este almacenamiento ha sido una mayor estabilidad de precios para el productor (Araiza, 2013 pág. 78)

El Silo bolsa es una bolsa plástica blanca, de tres capas y filtro de rayos ultravioletas, el tamaño más común es de entre 60-75 metros de largo, por 2,75 m. El precio de una bolsa estándar es de aproximadamente US\$ 500 dólares estadounidenses. La cantidad de grano a embolsar varía de acuerdo a la densidad volumétrica del grano (200 t de trigo, maíz, soja y sorgo, 180 t de cebada y 120 t de girasol y arroz) Para el embolsado se utiliza una máquina embutidora, de funcionamiento muy sencillo. El método de extracción del grano es destructivo para la bolsa. El material de la misma está hecho con materiales vírgenes y es útil para ser reciclado La tecnología de los silos bolsas se utilizan permiten tener algunas ventajas frente a los silos fijos (Estefano, 2017 pág. 1):

- Menor inversión inicial: el costo de inversión inicial es 10 veces menor que para los silos fijos.
- Tiempos de implementación: un silo fijo toma 1,5 años en contratarse y construirse.
- Movilidad: Si la producción cambia de sitio los silos fijos quedan lejos; los silos ‘bags’ se mueven hacia donde las cosechas lo requieran. Capacidad de responder a picos de cosecha: un silo fijo no es una alternativa para responder a picos no esperados de cosecha; en la tecnología silos ‘bags’ basta con incrementar el número de bolsas y se aumenta la capacidad de almacenamiento.
- Acceso a pequeña escala: pequeños centros de acopio con un secado adecuado pueden almacenar producto sin las costosas inversiones de los silos fijos, esta fue una de las principales razones de su expansión en Argentina, asociaciones de productores pueden organizarse y tener su producción en este sistema almacenado hasta la venta definitiva a la industria.
- Menores costos de almacenamiento y fumigación: con una implementación adecuada los costos de almacenamiento llegan a ser 50% menores y el costo de fumigación en condiciones adecuadas de almacenamiento y de controles preventivos puede llegar a ser “cero”.
- Menores costos de transporte: los silos bags evitan las famosas “transferencias” de productos que elevan los costos de transporte a la cadena de valor y preservan mejor la calidad del grano pues mientras menos se lo mueve mayor es su conservación.

1.4 Proceso de ensilaje

La conservación de alimentos en forma de ensilaje es una herramienta de manejo que permite a los productores equiparar recursos alimenticios con la demanda alimenticia del sector lechero

Los cambios en el forraje verde se inician a partir del momento que se corta (fase enzimática), continuará en el silo en dos etapas, primero durante la fase aeróbica (con oxígeno) y finalmente, con la fase anaeróbica (sin oxígeno), (Contreras, 2019 pág. 12).

1.4.1 Fase enzimática

Comienza con el corte del forraje, en ese mismo momento actúan las enzimas propias del vegetal, hidrolizando parte de las proteínas verdaderas, del almidón, de los carbohidratos solubles (CHOS) y de la hemicelulosa, aquí habrá pérdidas de distintos órdenes, pero también se generan azúcares que serán usados durante la fermentación láctica o anaeróbica, (De Gracia, 2019 pág. 54).

Generalmente, la reducción de la hemicelulosa es baja, mientras que las proteínas pueden sufrir cambios muy importantes por la acción de las enzimas proteolíticas. Estas enzimas pueden convertir a parte de las proteínas verdaderas de la planta verde en nitrógeno proteico-péptidos y aminoácidos libres (AA) y nitrógeno no proteico (NNP). En cambio, por la actividad de los MO estas sustancias proteicas son reducidas a amonio y aminos, (De la Roza, 2005 pág. 76).

1.4.2 Fase aeróbica

Después del picado y ensilado, las células vegetales continúan respirando hasta que consumen todo el oxígeno del aire presente en la masa ensilada. Durante esta etapa, gran parte de los carbohidratos no estructurales, en especial el almidón, son transformados en azúcares simples (glucosa y fructosa). Posteriormente, estas sustancias son utilizadas por los M.O. que se encuentran en la superficie del vegetal (bacterias, mohos, levaduras), generando ácidos grasos volátiles (AGV), otros compuestos orgánicos y gases (Tobias, 2004 pág. 39).

Durante este proceso respiratorio se produce calor, agua y dióxido de carbono, el cual desplaza al oxígeno atrapado en el forraje ensilado cuanto más rápido se elimine el oxígeno, generalmente en 4 a 6 horas de finalizado el ensilado, menor es la reducción de los carbohidratos solubles (CHOS) y la producción de calor; y menor es el tiempo que transcurre hasta que se generen las condiciones favorables para el desarrollo de los microorganismos anaeróbicos, (Lorenzo, 2001 pág. 67).

Sin embargo, cuando las condiciones de trabajo son inadecuadas, picado del cultivo demasiado seco, pobre compactación, picado largo, llenado lento, no tapado del ensilaje, etc, la fase aeróbica puede durar varios días. Esto ocasiona pérdidas significativas de azúcares junto con el deterioro en la calidad final del silaje, (Araiza, 2013 pág. 71).

En estas condiciones, se produce una temperatura inicial mayor de 37°C (ensilaje de color marrón, atabacado) que afecta la fermentación y aumenta la cantidad de nitrógeno que queda insoluble junto a la fracción de fibra de detergente ácido (FDA), y obviamente, menor será el valor nutritivo del mismo. Sin embargo, cuando el llenado del silo se realiza en forma rápida y se compacta bien el material, las pérdidas de azúcares, producto de la hidrólisis del almidón, normalmente no son importantes, Además, cuando ingresa aire al ensilaje se favorece el crecimiento de mohos y levaduras (color blanquecino). Esto ocasiona una menor palatabilidad del material, incluso se pueden producir trastornos en la salud de los animales como la aflatoxina producido por el hongo *Aspergillus flavus*, (Wingching, 2006 pág. 91).

1.4.3 Fase anaeróbica

Una vez que el oxígeno ha sido desplazado, comienza la fase anaeróbica, que se caracteriza por la intervención de un complejo de microorganismos. Estas son las características más importantes de las bacterias predominantes en el ensilaje, (Lorenzo, 2001 pág. 39):

- Bacterias coliformes productoras de ácido acético: Pueden desarrollar con o sin aire, Degradan a los azúcares en ácido acético, alcohol y dióxido de carbono., Tienen mayor actividad con alta humedad en la masa ensilada, Se inhiben cuando el pH desciende de 4.5.
- Bacterias productoras de ácido láctico: Se dividen en homofermentativas y heterofermentativas. Las primeras, fermentan a los azúcares en ácido láctico (exclusivamente), mientras que las segundas, generan ácido láctico, ácido acético y alcohol. La temperatura adecuada para el crecimiento de los M.O., productores de ácido láctico, varía entre 20° y 37°C.
- Cuando el pH es elevado aumenta la producción de acético y en la medida que éste desciende, el láctico se convierte en el producto dominante, siempre y cuando sea adecuado el nivel de azúcares en el forraje (maíz y sorgo). En cambio, en los ensilajes de pasturas (gramíneas y leguminosas) pueden desarrollar otras fermentaciones secundarias que alteran la calidad final, como las que generan ácido butírico (olor rancio) y aminas (olor putrefacto).
- Durante la fase de anaerobiosis desarrolla un complejo microbiano que consume los jugos celulares liberados por la planta, especialmente los azúcares. En una primera etapa predominan las bacterias coliformes o enterobacterias, productoras de ácido acético (olor a

vinagre), alcoholes y gas carbónico. Estas bacterias habitualmente abundan en el suelo, de ahí la importancia de no incorporar al ensilaje este elemento -la tierra- durante su confección.

- Posteriormente a estas bacterias coliformes, desarrollan las bacterias lácticas. En todos los casos, estos complejos de M.O. consumen diferentes cantidades de azúcares solubles del medio. “La fermentación láctica utiliza del 3.8 al 4 % de los azúcares del material puesto a fermentar, mientras que la butírica consume el 24 % y la acética el 38 %”.

1.4.4 Fase de fermentación

Se inicia al producirse un ambiente anaerobio. Puede durar de días a semanas dependiendo de las características del material ensilado y de las condiciones ambientales en el momento del ensilaje. Si la fermentación se desarrolla con éxito, la actividad BAC proliferará y se convertirá en la población predominante. Debido a la producción de ácido láctico y otros ácidos, el pH bajará a valores entre 3,8 a 5,0. Las bacterias que producen ácido láctico (BAC) pertenecen a la microflora epifítica de los vegetales, (De la Roza, 2005 pág. 65).

Los componentes BAC que se asocian con el proceso de ensilaje pertenecen a los géneros: *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Enterococcus*, *Lactococcus* y *Streptococcus*. La mayoría de ellos son mesófilos, o sea que pueden crecer en un rango de temperaturas que oscila entre 5° y 50 °C, con un óptimo entre 25° y 40 °C. Son capaces de bajar el pH del ensilaje a valores entre 4 y 5, dependiendo de las especies y del tipo de forraje. Todos los miembros del BAC son aeróbicos facultativos, pero muestran cierta preferencia por la condición anaerobia, (Del Pino, 2019 pág. 23).

Las características del cultivo como contenido de azúcares, contenido de materia seca y composición de los azúcares, combinados con las propiedades del grupo BAC, así como su tolerancia a condiciones ácidas o de presión osmótica y el uso del substrato influirán sobre la capacidad de competencia de la flora BAC con las enterobacterias durante la fermentación del ensilaje, (Del Pino, 2019 pág. 54).

1.4.5 Fase estable

La mayoría de los microorganismos de la fase 2 lentamente reducen su presencia. Algunos microorganismos acidófilos sobreviven este período en estado inactivo; otros, como clostridios y bacilos, sobreviven como esporas. Sólo algunas proteasas y carbohidrasas, y microorganismos

especializados, como *Lactobacillus buchneri* que toleran ambientes ácidos, continúan activos, pero a menor ritmo, (Araiza, 2013 pág. 56).

Si el ambiente se mantiene sin aire ocurren pocos cambios. Algunas bacterias indeseables en la fase 3 son las bacterias acidófilas, ácido tolerantes y aerobias. Por ejemplo, *Acetobacter spp.* es pernicioso en el ensilaje porque puede iniciar una deterioración aeróbica, ya que puede oxidar el lactato y el acetato produciendo CO₂ y agua, (Contreras, 2019).

El género *Clostridium* es anaerobio, forma endosporas y puede fermentar carbohidratos y proteínas, por lo cual disminuyen el valor nutritivo del ensilaje, crea problemas al producir aminas biogénicas. La presencia en el ensilaje altera la calidad de la leche ya que sus esporas sobreviven después de transitar por el tracto digestivo y se encuentran en las heces; además puede contaminar la leche, (Wingching, 2006 pág. 12).

La energía liberada en la fermentación de la glucosa a ácido láctico se conserva por fosforilaciones a nivel de sustrato en forma de enlaces fosfato de alta energía en el ATP, con una producción neta de dos de esos enlaces en cada caso, los *Bacillus spp* son bacterias aerobias facultativas que forman esporas. fermentan un amplio rango de carbohidratos produciendo ácidos orgánicos o etanol, 2,3-butanodiol o glicerol, (Thomas, 2008 pág. 32).

Algunas especies de *Bacillus* producen sustancias fungicidas y se los ha utilizado para inhibir el proceso de deterioro aeróbico en ensilajes, pero con excepción de estas especies, el desarrollo de los bacilos en el ensilaje es considerado como indeseable. Lo anterior, porque son menos eficaces como productores de ácido láctico y acético comparado con el grupo BAC7 y que en la etapa final incrementan el deterioro aerobio. (De la Roza, 2005 pág. 23)

1.4.6 Fase de deterioro aerobio

Ocurre en todos los ensilajes al ser abiertos y expuestos al aire para su empleo, pero puede ocurrir antes por daño de la cobertura del silo (p. ej. roedores o pájaros). El período de deterioro puede dividirse en dos etapas. La primera se debe al inicio de la degradación de los ácidos orgánicos que conservan el ensilaje por acción de levaduras y ocasionalmente por bacterias que producen ácido acético, (Crespo, 2015 pág. 45).

Esto aumenta el valor del pH, lo que permite el inicio de la segunda etapa de deterioro; en ella se constata un aumento de la temperatura y la actividad de microorganismos que deterioran el

ensilaje, los bacilos. La última etapa también incluye la actividad de otros microorganismos aerobios, también facultativos, como mohos y enterobacterias, (Del Pino, 2019 pág. 1).

Los mohos son organismos aerobios cuya presencia en el ensilaje se detecta por la aparición de filamentos de diversos colores, de acuerdo a las especies presentes. Se desarrollan en cualquier sitio del ensilaje donde encuentren oxígeno, inclusive trazas. En un buen ensilaje eso ocurre sólo al inicio del almacenamiento y se restringe a la capa exterior de la masa ensilada, pero durante la fase del deterioro aerobio todo el ensilaje puede ser invadido por mohos, (Solís, 2017 pág. 43).

Las especies que se presentan frecuentemente pertenecen a los géneros *Penicillium*, *Fusarium*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Byssochlamys*, *Absidia*, *Arthrinium*, *Geotrichum*, *Monascus*, *Scopulariopsis* y *Trichoderma*. Los mohos disminuyen el valor nutritivo, la palatabilidad del ensilaje y son un riesgo para la salud de los animales y las personas, (Caraballo, 2012 pág. 78).

La fermentación ácida es una reacción de oxidación-reducción balanceada internamente, en la cual algunos átomos de la fuente de energía quedan reducidos y otros quedan oxidados. Solamente una pequeña cantidad de energía se libera durante la fermentación de la glucosa, la mayor parte de la energía permanece en el producto de fermentación reducido. Catabolismo de la glucosa por una bacteria del ácido láctico, (Bustamante, 2012 pág. 50).

1.5 Beneficios de usar ensilado

El ensilaje se ha transformado en una herramienta importante para los productores para manejar la producción de cultivos y del programa de alimentación del hato lechero en muchos sistemas de producción alrededor del mundo. Los beneficios de usar ensilado se describen a continuación, (Del Pino, 2019 pág. 56)

- Es un método de conservación que permite almacenar forraje durante períodos de abundancia, proporcionando alimento succulento a un costo reducido en cualquier época del año.
- El forraje puede ser cortado y almacenado cuando llega al máximo de su valor nutritivo, promocionando un alimento de buen sabor por largo período de tiempo.
- Permite el sostenimiento de mayor número de animales por área de terreno.
- Los nutrientes del material conservado como ensilado se mantienen en mejor condición que el forraje henificado.

- La producción de ensilado contribuye a controlar muchas de las malezas que existen en el campo, por cortes periódicos, en vista de que la semilla de malezas no sobrevive en procesos de fermentación.

El ensilado es una alternativa para la alimentación de ganado en épocas críticas, reservas de silo aseguran alimento para ganado durante sequías y actividad volcánica. El sector agropecuario es uno de los más propensos a sufrir los embates de la variabilidad climática, especialmente en períodos de sequía. La falta de lluvia reduce la cantidad y distribución de pasto disponible para la alimentación de los animales, lo cual puede provocar que el ganado de carne pierda peso y disminuyan los rendimientos en producción de leche, (Bustamante, 2012 pág. 34).

Una de las ventajas de la alimentación del ganado con ensilajes producidos en finca es que puede disminuir los costos de suplementación al proveer una fuente de fibra efectiva con un valor nutricional superior al del heno y henolaje (pasto conservado en un proceso intermedio entre ensilaje y heno), (Del Pino, 2019 pág. 56)

1.6 Enzimas vegetales

Además, hay actividad de varias enzimas vegetales, como las proteasas y las carbohidrasas, siempre que el pH se mantenga en el rango normal para el jugo del forraje fresco (pH 6,5-6,0). Las levaduras son microorganismos anaerobios facultativos y heterótrofos; cuya presencia en el ensilaje es indeseable porque bajo condiciones anaerobias fermentan los azúcares produciendo etanol y CO₂. (Tobias, 2004 pág. 12).

La producción de etanol disminuye el azúcar disponible para producir ácido láctico y produce un mal gusto en la leche cuando se emplea para alimentar vacas lecheras. Además, en condiciones aerobias muchas especies de levaduras degradan el ácido láctico en CO₂ y H₂ O, lo que eleva el valor del pH del ensilaje, permitiendo el desarrollo de otros organismos indeseables, (Araiza, 2013 pág. 24).

Las enterobacterias son organismos anaerobios facultativos y la mayoría de las que se encuentran en el ensilaje no son patógenas. Su desarrollo en el ensilaje es perjudicial porque compiten con las BAC por los azúcares disponibles y porque degradan las proteínas. La degradación proteica causa una reducción del valor nutritivo del ensilaje y genera compuestos tóxicos como aminas biogénicas y ácidos grasos de cadena múltiple, (Caraballo, 2012 pág. 67)

1.7 El maíz

El maíz es un cereal que fue introducido en Europa hace apenas unos siglos y que, sin embargo, ahora resulta imprescindible en nuestra alimentación. Se conoce con el nombre común de Maíz dulce, Choclo, Elote, pero su nombre científico o latino es *Zea mays* var. *saccharata*. Pertenece a la familia botánica de las Gramíneas. El maíz es originario del continente americano. Llegó a Europa con los primeros viajes de Colón. Posteriormente su cultivo fue expandiéndose por las regiones de clima templado del resto del mundo. Las Variedades más comunes de maíz son: (Crespo, 2015 pág. 38).

- Maíz dulce: es el maíz más consumido y, como su propio nombre indica, tiene un sabor dulce por su alto contenido en azúcares ya que se recoge antes del proceso de secado del grano y el azúcar no llega a convertirse en almidón.
- Maíz de harina: es la variedad que se utiliza para elaborar la harina de maíz, una de las grandes salvadoras para aquellos que son intolerantes al gluten, ya que se utiliza para cocinar pizzas o panes también deliciosos sin necesidad de la harina de trigo.
- Maíz de corteza dura: tiene muchos más colores que el amarillo tradicional y su principal característica es que tiene mucho almidón, lo que le permite resistir mucho a las plagas y los cambios de clima. Se suele utilizar para la fabricación de la maicena y la fécula de maíz.
- Maíz dentado: se le llama así por la forma que adquiere el grano cuando se seca, en forma de diente. Tiene mucho almidón blanco y se estropea con facilidad, por eso se utiliza para la producción de alimento para animales.
- Maíz reventador: es uno de los tipos de maíz más utilizados gracias a su capacidad de estallar cuando se somete a altas temperaturas y convertirse en unas deliciosas palomitas de maíz. Prácticamente este es todo el uso que se le da ya que su textura es muy dura.

1.7.1 Origen del maíz

Una gran parte de los historiadores tienen la certeza que la domesticación y el origen del maíz se efectuó en los valles que están en Tehuacán y Oaxaca, en el que se denomina el Eje Neovolcánico. Richard MacNeish antropólogo de origen norteamericano, halló algunos restos arqueológicos de la mata de maíz, este hallazgo fue en el Municipio de Coxcatlán que está en el valle de Tehuacán, Puebla, se cree que la data es de aproximadamente 10 mil años. En los

corredores que se encuentran en las pirámides se pueden ver grabados, esculturas y pinturas en las cuales se representa, (Guerra, 2014 pág. 23).

El origen del maíz se remonta a la historia en que los mayas y los olmecas siembran una gran diversidad de maíz a todo lo largo de Mesoamérica y lo elaboraban ya fuera molido, cocido o procesado mediante la nixtamalización, (Araiza, 2013 pág. 56)

Se tiene creencia de que el maíz su origen es de aproximadamente en el 2500 aC se inició el desarrollo del sembrado a través de una buena parte de América. La zona logro extender un sistema de comercio que se basa en los sobrantes y las diversidades de la siembra del maíz. Luego de la relación europea con América, llevado a cabo a fines de siglo XV e inicios del siglo XVI, los comerciantes y conquistadores transportaron maíz a su retorno a Europa y de esta manera fue insertado varios países de todo el planeta, (Hansen, 2014 pág. 43).

Gracias al maíz se esparció por todo el planeta, esto debido a su gran habilidad de desarrollarse en diferentes climas. Las diversidades abundantes en azúcar, denominadas maíz dulce se siembra regularmente para el uso humano como granos, en tanto que las diversidades del maíz en el campo se usan para la ingestión animal, la confección de lo obtenido para la ingesta humana como masa, aceite, harina y la que se consigue mediante la fermentación bebidas alcohólicas como es el whisky bourbon, y la adquisición de artículos químico como el almidón. El nombre científico del maíz proviene de la palabra griega Zeo, que tiene como significado vivir o la vida, y de la palabra Mays, que proviene de la palabra del grano, (Thomas, 2008 pág. 32).

1.7.2 Características del maíz

Una de las características del maíz es que es un saludable cereal, es una gramínea que se caracteriza por tener unos tallos con apariencia de caña, sin embargo, son algo macizos en su parte interna a diferencia de los otros componentes de la familia los cuales los tienen huecos. Otra de las características del maíz es que se destaca especialmente por su inflorescencia femenil denominada mazorca, que es en donde se localizan las semillas o granos del maíz, aglomerados a todo lo largo de un eje, (Thomas, 2008 pág. 32).

La panoja o mazorca se encuentra recubierta por brácteas de un color verde y de una textura papirácea y finaliza en una clase de copete o penacho de un color amarillo algo oscuro, constituido por los estilos. Las propiedades del maíz son, (De la Roza, 2005 pág. 32):

- Una de las propiedades del maíz es que tiene inositol, el cual es un nutriente parecido a la vitamina B3 que ayuda al sueño y contribuye a asimilar y transformar las grasas.
- Contribuye a disminuir el colesterol del cuerpo
- Tiene un número considerable de betacaroteno, el cual es un antioxidante
- Es muy abundante en fibra, lo cual es aconsejable para las dificultades intestinales
- El cocimiento de las barbas de las mazorcas tiene propiedades diuréticas, por lo tanto, sirven de antiinflamatorio en los conductos urinarias, elude la contención de líquido, se utiliza para tratar y prever las piedras en los riñones
- Es muy beneficioso para aquellas personas que padecen de alergias al gluten
- Es sumamente nutritivo e idóneo para deportistas y para los individuos que efectúan esfuerzo físico, como por ejemplo adolescentes y niños. Sin embargo, hay que tener en cuenta que no posee todos los nutrientes que se necesitan, es recomendable que se mezcle con otros alimentos para poder tener toda la aportación nutricional que se requiere
- Otra de las propiedades del maíz es el almidón, que es la maicena o harina que se extrae del maíz es muy eficiente para parar la diarrea
- El maíz es uno de los alimentos más cosechados en toda América. Es una mata bastante adaptable, y se puede plantar en cualquier entorno.
- En la actualidad su producción es mundial con excepción de la Antártida, es muy apreciado ya que ofrece un alto rendimiento mucho más que otros granos, por tal motivo no es costoso. Es uno de los cultivos de mayor importancia del planeta, en conjunto con el arroz y el trigo.
- El maíz se integró de diferentes maneras a la mitología prehispánica. Los mayas quichés que fueron los que escribieron el Popol Vuh, los dioses fundadores hicieron pruebas con diferentes elementos, pero recientemente lograron dar principio a los hombres reales en el momento en que los elaboraron con semillas de maíz.

El maíz es de inflorescencia monoica con inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta. En cuanto a la inflorescencia masculina presenta una panícula (vulgarmente denominadas espigón o penacho) de coloración amarilla que posee una cantidad muy elevada de

polen en el orden de 20 a 25 millones de granos de polen. En cada florecilla que compone la panícula se presentan tres estambres donde se desarrolla el polen, (Wingching, 2006 pág. 12).

En cambio, la inflorescencia femenina marca un menor contenido en granos de polen, alrededor de los 800 o 1000 granos y se forman en unas estructuras vegetativas denominadas espádices que se disponen de forma lateral. Las hojas son largas, de gran tamaño, lanceoladas, alternas, paralelinervias. Se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presenta vellosidades. Los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes. Las raíces son fasciculadas y su misión es la de aportar un perfecto anclaje a la planta. En algunos casos sobresalen unos nudos de las raíces a nivel del suelo y suele ocurrir en aquellas raíces secundarias o adventicias, (Crespo, 2015 pág. 45).

Desde que se siembran las semillas hasta la aparición de los primeros brotes, transcurre un tiempo de 8 a 10 días, donde se ve muy reflejado el continuo y rápido crecimiento de la plántula. El maíz se ha tomado como un cultivo muy estudiado para investigaciones científicas en los estudios de genética. Continuamente se está estudiando su genotipo y por tratarse de una planta monoica aporta gran información ya que posee una parte materna (femenina) y otra paterna (masculina) por lo que se pueden crear varias recombinaciones (cruces) y crear nuevos híbridos para el mercado, (Villalobos, 2006. pág. 41).

Los objetivos de esto cruzamientos van encaminados a la obtención de altos rendimientos en producción. Por ello, se selecciona en masa aquellas plantas que son más resistentes a virosis, condiciones climáticas, plagas y que desarrollen un buen porte para cruzarse con otras plantas de maíz que aporten unas características determinadas de lo que se quiera conseguir como mejora de cultivo. También se selecciona según la forma de la mazorca de maíz, aquellas sobre todo que posean un elevado contenido de granos sin deformación, (Wingching, 2006 pág. 61).

1.7.3 Exigencias edafoclimáticas

El maíz requiere una temperatura de 25 a 30°C. Requiere bastante incidencia de luz solar y en aquellos climas húmedos su rendimiento es más bajo. Para que se produzca la germinación en la semilla la temperatura debe situarse entre los 15 a 20°C El maíz llega a soportar temperaturas mínimas de hasta 8°C y a partir de los 30°C pueden aparecer problemas serios debido a mala absorción de nutrientes minerales y agua. Para la fructificación se requieren temperaturas de 20 a 32°C. Las aguas en forma de lluvia son muy necesarias en periodos de crecimiento en unos contenido de 40 a 65 cm. (Caraballo, 2012 pág. 69).

1.7.4 Riegos

El maíz es un cultivo exigente en agua en el orden de unos 5 mm al día, los riegos pueden realizarse por aspersión y a manta. El riego más empleado últimamente es el riego por aspersión. Las necesidades hídricas van variando a lo largo del cultivo y cuando las plantas comienzan a nacer se requiere menos cantidad de agua pero sí mantener una humedad constante, (Contreras, 2019 pág. 71).

En la fase del crecimiento vegetativo es cuando más cantidad de agua se requiere y se recomienda dar un riego unos 10 a 15 días antes de la floración. Durante la fase de floración es el periodo más crítico porque de ella va a depender el cuajado y la cantidad de producción obtenida por lo que se aconsejan riegos que mantengan la humedad y permita una eficaz polinización y cuajado, (Hernández, 2009 pág. 23).

Por último, para el engrosamiento y maduración de la mazorca se debe disminuir la cantidad de agua aplicada. En el siguiente recuadro se presentan las dosis de riego más convenientes para el cultivo del maíz (en riego localizado), (Tobias, 2004 pág. 91).

El maíz se adapta muy bien a todos tipos de suelo pero suelos con pH entre 6 a 7 son a los que mejor se adaptan. También requieren suelos profundos, ricos en materia orgánica, con buena circulación del drenaje para no producir encharques que originen asfixia radicular, (Thomas, 2008 pág. 81).

1.7.5 Labores culturales y siembra

Las labores culturales comprenden la preparación del terreno que es el paso previo a la siembra. Se recomienda efectuar una labor de arado al terreno con grada para que el terreno quede suelto y sea capaz de tener ciertas capacidad de captación de agua sin encharcamientos, (Araiza, 2013 pág. 78).

Se pretende que el terreno quede esponjoso sobre todo la capa superficial donde se va a producir la siembra. También se efectúan labores con arado de vertedera con una profundidad de labor de 30 a 40 cm. En las operaciones de labrado los terrenos deben quedar limpios de restos de plantas (rastros) (Fonseca, 2010 pág. 67).

Para realizar la siembra antes de efectuar la siembra se seleccionan aquellas semillas resistentes a enfermedades, virosis y plagas. Se efectúa la siembra cuando la temperatura del suelo alcance un valor de 12°C. Se siembra a una profundidad de 5cm. La siembra se puede realizar a golpes, en llano o a surcos. La separación de las líneas de 0.8 a 1 m y la separación entre los golpes de 20 a 25 cm. (Cañete, 1998 pág. 56).

El maíz necesita para su desarrollo unas ciertas cantidades de elementos minerales. Las carencias en la planta se manifiestan cuando algún nutriente mineral está en defecto o exceso. Se recomienda un abonado de suelo rico en P y K . En cantidades de 0.3 kg de P en 100 Kg de abonado. También un aporte de nitrógeno N en mayor cantidad sobre todo en época de crecimiento vegetativo, (Fonseca, 2010 pág. 76).

El abonado se efectúa normalmente según las características de la zona de plantación, por lo que no se sigue un abonado riguroso en todas las zonas por igual. No obstante se aplica un abonado muy flojo en la primera época de desarrollo de la planta hasta que la planta tenga un número de hojas de 6 a 8. A partir de esta cantidad de hojas se recomienda un abonado de, (Aldrich, 1974 pág. 30):

- N: 82% (abonado nitrogenado).
- P₂O₅: 70% (abonado fosforado).
- K₂O: 92% (abonado en potasa).

Durante la formación del grano de la mazorca los abonados deben de ser mínimos. Se deben de realizar para el cultivo de maíz un abonado de fondo en cantidades de 825Kg/ha durante las labores de cultivo. Los abonados de cobertera son aquellos que se realizan cuando aparecen las primeras hojas de la planta y los más utilizados son, (De Gracia, 2019 pág. 76):

- Nitrato amónico de calcio. 500 kg/ha.
- Urea. 295kg/ha.
- Solución nitrogenada. 525kg/ha.

Es importante realizar un abonado ajustándose a las necesidades presentadas por la planta de una forma controlada e inteligente, (Somarribas, 2007 pág. 43).

- Nitrógeno (N): La cantidad de nitrógeno a aplicar depende de las necesidades de producción que se deseen alcanzar, así como el tipo de textura del suelo. La cantidad aplicada va desde 20 a 30 Kg de N por ha. Un déficit de N puede afectar a la calidad del cultivo. Los síntomas se

ven más reflejados en aquellos órganos fotosintéticos, las hojas, que aparecen con coloraciones amarillentas sobre los ápices y se van extendiendo a lo largo de todo el nervio. Las mazorcas aparecen sin granos en las puntas.

- Fósforo (P): Sus dosis dependen igualmente del tipo de suelo presente ya sea rojo, amarillo o suelos negros. El fósforo da vigor a las raíces. Su déficit afecta a la fecundación y el grano no se desarrolla bien.
- Potasio (K): Debe aplicarse en una cantidad superior a 80-100 ppm en caso de suelos arenosos y para suelos arcillosos las dosis son más elevadas de 135-160 ppm. La deficiencia de potasio hace a la planta muy sensible a ataques de hongos y su porte es débil, ya que la raíz se ve muy afectada. Las mazorcas no granan en las puntas.
- Otros elementos: boro (B), magnesio (Mg), azufre (S), Molibdeno (Mo) y cinc (Zn) . Son nutrientes que pueden aparecer en forma deficiente o en exceso en la planta. Las carencias del boro aparecen muy marcadas en las mazorcas con inexistencia de granos en algunas partes de ella.
- Herbicidas Cuando transcurren 3 a 4 semanas de la emergencia de la planta aparecen las primeras hierbas de forma espontánea que compiten con el cultivo absorción de agua y nutrientes minerales. Por ello, es conveniente su eliminación por medio de herbicidas. Para la realización del aporcado, las escardas y deshijado se vienen realizando controles químicos con herbicidas.

1.7.6 Aclareo y recolección

Es una labor de cultivo que se realiza cuando la planta ha alcanzado un tamaño próximo de 25 a 30 cm y consiste en ir dejando una sola planta por golpe y se van eliminando las restantes. Otras labores de cultivo son las de romper la costra endurecida del terreno para que las raíces adventicias (superficiales) se desarrollen, (Crespo, 2015 pág. 21).

Para la recolección de las mazorcas de maíz se aconseja que no exista humedad en las mismas, más bien secas. La recolección se produce de forma mecanizada para la obtención de una cosecha limpia, sin pérdidas de grano y fácil. Para la recolección de mazorcas se utilizan las cosechadoras de remolque o bien las cosechadoras con tanque incorporado y arrancan la mazorca del tallo,

previamente se secan con aire caliente y pasan por un mecanismo desgranador y una vez extraídos los granos se vuelven a secar para eliminar el resto de humedad, (De Gracia, 2019 pág. 98)

Las cosechadoras disponen de un cabezal por donde se recogen las mazorcas y un dispositivo de trilla que separa el grano de la mazorca, también se encuentran unos dispositivos de limpieza, mecanismos reguladores del control de la maquinaria y un tanque o depósito donde va el grano de maíz limpio. Otras cosechadoras de mayor tamaño y más modernas disponen de unos rodillos recogedores que van triturando los tallos de la planta. Trabajan a gran anchura de trabajo de 5 a 8 filas la mazorca igualmente se tritura y por un dispositivo de dos tamices la cosecha se limpia (Crespo, 2015 pág. 39).

1.7.7 Conservación

Para la conservación del grano del maíz se requiere un contenido en humedad del 35 al 45%. Para grano de maíz destinado al ganado éste debe tener un cierto contenido en humedad y se conserva en contenedores, previamente enfriando y secando el grano. Para maíz dulce las condiciones de conservación son de 0°C y una humedad relativa de 85 al 90%. Para las mazorcas en fresco se eliminan las hojas que las envuelven y se envasan en bandejas recubiertas por una fina película de plástico, (Fuentes, 2001 pág. 67).

El maíz para grano se conserva de la siguiente forma: debe pasar por un proceso de secado mediante un secador de circulación continua o secadores de caja. Estos secadores calientan, secan y enfrían el grano de forma uniforme (Tobias, 2004 pág. 79).

1.8 El ensilaje de maíz

El maíz es un cultivo de amplia distribución en la zona sur del país y cuyo principal destino es la elaboración de ensilaje. El ensilaje de maíz es un componente importante en la dieta de las vacas, debido a que constituye una opción de bajo costo por unidad energética y es el perfecto complemento en las raciones de los sistemas intensivos de estabulación, estabulación temporal y pastoril. Los productores que establecen este cultivo suplementario, no solo buscan alcanzar un buen rendimiento de materia seca: 20 a 26 Ton MS/ha, sino que también un alimento de alto valor nutricional, (Villalobos, 2006. pág. 65), como se indica en la Tabla 1-1 a continuación:

Tabla 1-1: Rango esperado del contenido de maíz.

Componente	Unidad	Rango
Materia seca	%	32-34
Proteína	%	7-9
Energía metabolizable	Mcal/Kg	2.6 – 2.8
FDN	%	40 - 42
FDA	%	24 - 26
Digestibilidad de la FDN	%	68 - 72
Almidón	%	34 - 38
Calcio	%	0.11 – 0.25
Magnesio	%	0.10 - 0.18
Potasio	%	1.00 – 2.25

Fuente: (Villalobos, 2006. pág. 65).

El almidón es un compuesto nutricional definido químicamente como un carbohidrato o azúcar complejo, que sirve como reserva energética de las plantas. Está formado por sub-unidades más simples denominadas amilosa y amilopectina, que a su vez son cadenas simples de glucosa (mono sacárido). El almidón proporciona a las dietas una gran cantidad de energía de fácil digestión. Principalmente proviene de los granos de cereales y, en segundo lugar, de ensilajes de granos tradicionales, principalmente del maíz, (Villalobos, 2006. pág. 34).

El contenido de almidón en los granos varía desde 45% en avena a 72% en maíz (base materia seca). En cambio, en los forrajes el almidón varía de < 15% en la alfalfa a valores como 35% en ensilaje de maíz. Por otro lado, la fermentación del almidón en el rumen es extremadamente variable, con un margen que va desde 90%, lo cual es función del tiempo de retención de las partículas que permanecen en el rumen, (Tobias, 2004 pág. 43).

El almidón es muy importante para la nutrición de las vacas lecheras, especialmente para aquellas de alta producción. Pertenece a la fracción nutricional de los alimentos conocida como Carbohidratos No Fibrosos (CNF), junto con los azúcares simples, fibra soluble (pectinas) y β -glucanos, por otro lado, es el almidón la fracción más importante de este grupo de nutrientes. A medida que el contenido de almidón aumenta en la dieta y, por ende, el contenido de fibra baja

en ella, el consumo de materia seca también aumenta. No obstante, se debe tener en cuenta un límite máximo de almidón que permita mantener un rumen saludable, (Contreras, 2019 pág. 34)

El ensilaje de maíz sirve como un forraje de alta energía, para el ganado, importante para hatos de alta producción y en establos que experimentan problemas para elaborar o comprar cosechas de heno de alta calidad, su alto contenido de energía, también se adapta para ser usado en raciones de bajo costo, (Hernández, 2009 pág. 87).

El ensilaje de maíz requiere menos trabajo para producir una tonelada de forraje que muchos otros cultivos forrajeros, además se puede prolongar el período de cosecha para toda la superficie sembrada y provee una oportunidad para salvar cosechas estresadas o dañadas, también puede reciclar los nutrientes de las plantas eficientemente especialmente grandes cantidades de N y K, (Wingching, 2006 pág. 34)

Sin embargo, el ensilaje de maíz tiene algunas desventajas como por ejemplo su venta y transporte lejos, el ensilaje de maíz puede también llevar a un incremento en el potencial de erosión del suelo y consecuentemente una pérdida en la productividad del suelo cuando las prácticas de conservación del suelo no son parte del sistema de producción, (De la Roza, 2005 pág. 34)

Una de las preguntas más frecuentes realizadas, una vez finalizada la elaboración de los ensilajes, es: ¿Cuántos días debo esperar para poder abrir el silo?. Las respuestas son variadas, pero en los ensilajes de maíz es una sola, 60 días después de sellado, (Tobias, 2004 pág. 39).

La razón de esta espera, se relaciona con la digestibilidad de la materia seca y del almidón contenido en el ensilaje. La zeína o también denominada prolamina, constituye hasta el 60% de la proteína del maíz que mantiene ligado los gránulos de almidón sin permitir su liberación. A partir de los dos meses, la matriz proteica se degrada liberando el almidón, permitiendo así una mejor disponibilidad y digestibilidad de este, (Aldrich, 1974 pág. 12).

La apertura temprana de los ensilajes de maíz reduce la posibilidad de aprovechar en forma adecuada los nutrientes, en especial el almidón. Los productores de leche deben considerar que la digestibilidad de la materia seca, FDN y almidón van aumentando hasta los seis meses después de elaborado un ensilaje de maíz y que el ácido láctico alcanza su máximo nivel a los cuatro meses de elaborado el ensilaje, (Araiza, 2013 pág. 45).

Diversos estudios, han demostrado que las vacas alimentadas con ensilaje de maíz (> 30% de la MS total) reducen la producción de leche cuando no se respetan los tiempos de ensilabilidad de maíz, situación que indica que en los sistemas que poseen ensilajes de maíz deben considerar que

el ensilaje almacenado debe alcanzar hasta dos meses después de sellados los silos. El no considerar este esquema de manejo y producción de maíz reduce la expresión del potencial productivo de este cultivo, (Bustamante, 2012 pág. 76)

1.9 Aditivos para ensilaje

Estos aditivos sirven para varios propósitos estos se clasifican de acuerdo a sus funciones en: estimulantes e inhibidores de la fermentación, inhibidores de la deterioración aeróbica, de los nutrientes y absorbentes, además pueden ser biológicos o químicos; existe una gran lista de aditivos disponibles los cuales vienen en una variedad de formas: líquidos, sólidos o suspensión y se pueden aplicar durante la cosecha/picado o en el llenado de los silos (Caraballo, 2012 pág. 69).

Se han utilizado diversos aditivos durante el ensilaje para manipular la dinámica de fermentación inhibiendo el desarrollo de microorganismos indeseables para la fermentación, los aditivos se usan con el propósito de reducir las pérdidas y aumentar la recuperación de carbohidratos solubles mediante la inhibición de la fermentación y la producción de ácido láctico, (De Gracia, 2019 pág. 59).

Los aditivos se clasifican en aditivos inhibidores como bactericidas, acidificantes, protectores de sustratos, y trampas de oxígeno, aditivos absorbentes, aditivos saborizantes y aditivos estimulantes entre estos están sustratos, inoculantes, enzimas, Bacillus., Los residuos fibrosos de cosechas agrícolas de arroz, caña, maíz y otros cultivos tienen como limitación su elevado contenido de fibra y sus bajos niveles de nitrógeno y carbohidratos solubles, (Contreras, 2019 pág. 98)

Lo que afecta el comportamiento animal razón por la cual se han sugerido diferentes sistemas para mejorar el valor nutritivo de estos residuos, entre los que se encuentra el empleo de inoculantes microbianos en ensilajes, también se utilizan aditivos acidificantes, bacteriostáticos y estimuladores de la fermentación láctica, así como presecados o mezclas de gramíneas y leguminosas, (Crespo, 2015 pág. 76).

1.9.1 Inoculantes

Los inoculantes microbiales contienen bacterias seleccionadas para dominar la fermentación de los cultivos en el silo. Los inoculantes están divididos en dos categorías dependiendo de cómo fermentan un azúcar común en la planta, la glucosa. Los homofermentadores producen solo ácido láctico y dentro de ellos se encuentran especies de *Lactobacillus* como *Lactobacillus plantarum*,

y especies de *Pediococcus spp.*, y *Enterococcus spp.* La otra categoría, los heterofermentadores producen ácido láctico, ácido acético o etanol, y bióxido de carbono. *Lactobacillus buchneri* es el mejor ejemplo de un heterofermentador, (Guerra, 2014 pág. 17).

La población nativa de bacterias es altamente variable a través de los cultivos y campos agrícolas, dependiendo de la planta y de las condiciones ambientales. La adición de inoculantes microbiales homofermentadores ayuda a disminuir más rápido el pH, inhibiendo otras bacterias y conservando la proteína de la planta. Una rápida disminución en el pH y un bajo pH al final puede inhibir las bacterias de Clostridia que producen ácido butírico, (De la Roza, 2005 pág. 87).

Normalmente menos ácido acético, butírico, y etanol es producido durante la homofermentación, la cual mejora la recuperación de material seca en un 2 a 3 % comparado con la heterofermentación. Además, los inoculantes homofermentativos pueden mejorar el desempeño animal en un 3 a 5%, esto en base a que en la mitad de los experimentos de investigación revisados (De Gracia, 2019 pág. 58)

Un aspecto en contra de los inoculantes homofermentadores es que el cambio hacia ácido láctico puede hacer los ensilajes de maíz, cereales de grano pequeño y otros con un pH normalmente bajo, un poco más susceptibles a calentarse durante el proceso de remoción del silo (la estabilidad aeróbica se reduce), (De la Roza, 2005 pág. 98).

Las etiquetas de los inoculantes son muy variables y hace difícil que los productos se puedan comparar. Lo que importa es la cantidad de bacterias productoras de ácido láctico vivas por unidad de cultivo (dosis de inoculación). Se debe comprar un producto que asegure al menos 90 billones (o 9×10^{10}) de bacterias productoras de ácido láctico vivas por ton de cultivo o bien 100,000 por gramo de cultivo, (Tobias, 2004 pág. 12).

Algunos productos dicen cuántas bacterias hay en la bolsa o envase, o cuantas bacterias hay por gramo de inoculante. En esos casos, se debe calcular la cantidad a aplicar dividiendo el número de bacterias que dice en el paquete entre el número de toneladas que el paquete puede tratar. Dosis de aplicación del inoculante mayores al mínimo puede ser mejor, aunque no siempre, porque hay diferencia en la actividad de las bacterias o bien en la estabilidad de la población bacteriana entre algunos productos en particular, (De la Roza, 2005 pág. 46).

Las Compañías deben de tener datos de investigación que soporten la eficiencia de sus inoculantes y deben de tomar medidas que aseguren que el producto que se compra contiene el número y

especies de bacteria que aparece en la etiqueta, (Caraballo, 2012 pág. 54), como se indica en la Tabla 2-1 a continuación:

Tabla 2-1: Composición química en porcentaje de materia seca de un ensilado.

Materia Seca	pH	Cenizas	Proteína Bruta	Amonio	Extracto etéreo
< 20	4.45	7.28	8.78	0.89	4.54
20-25	3.91	6.331	8.41	0.25	4.35
25-30	3.79	4.51	7.68	0.21	4.40
30-35	3.78	4.18	7.13	0.23	4.20
> 35	3.84	4.01	6.95	0.23	3.76
Materia seca	Fibra bruta	FND	FAD	LAD	Almidón
< 20	33.6	57.0	40.3	4.12	10.3
20-25	27.0	53.7	33.3	3.74	20.8
25-30	25.2	48.2	29.1	3.28	28.0
30-35	24.5	46.0	26.8	3.22	31.8
> 35	23.7	44.9	25.3	3.21	34.2
MACROELEMENTOS					
	Calcio	Fósforo	Magnesio		
	0.31	0.18	0.15		

Fuente: (Kapperny, 2019 pág. 1)

La adición de preparaciones de enzimas, solas o en combinación con inoculantes, se propone como una estrategia para aumentar el substrato disponible y mejorar la fermentación láctica del ensilaje o para aumentar el valor nutritivo del forraje o ambos. En ensilajes de forrajes de clima templado producidos en condiciones subtropicales, una mezcla de inoculante/enzima (Sill-All®) mejoró la calidad de la fermentación de la avena forrajera (*Avena strigosa*) no marchita y redujo el contenido de NDF en alfalfa, marchita y no marchita. Las complejas interacciones que ocurren al agregar esta mezcla no se han explicado completamente y los resultados de ensayos previos fueron erráticos, (De la Roza, 2005 pág. 23).

Los primeros productos se derivaron de complejos que contenían cantidades mal definidas de diversas enzimas obtenidas de fermentaciones no muy elaboradas de hongos y los resultados fueron inconsistentes por dosis de aplicación muy variables, especies de plantas, madurez de la

planta y por el contenido de MS de los materiales. Otros resultados de ensayos donde las enzimas fueron agregadas al ensilaje de maíz presentan aspectos conflictivos, sin efectos claros sobre las características de la fermentación, a pesar de una reducción de contenidos de ADF, NDF, y hemicelulosa. Resultados positivos con el uso de celulasa en combinación con ácido orgánico han sido publicados en estudios de ensilaje de pastos forrajeros de climas templados. Recientemente, algunas nuevas preparaciones de enzimas han regenerado el interés sobre el uso potencial de estos productos como aditivos que pueden facilitar la digestión del ensilaje y aumentar la producción de leche, (Araiza, 2013 pág. 23).

1.9.2 Energía

El contenido de energía en un alimento no puede ser cuantificada por un análisis del laboratorio. La cantidad de energía en los alimentos es mejor medida vía experimentación. En el cuerpo el carbono (C), hidrógeno (H) y oxígeno (O) de los carbohidratos, lípidos y proteínas puede ser convertido a H₂O y CO₂ con la liberación de energía. La megacaloría (Mcal) es típicamente utilizado como una unidad de energía, pero el joule (J) es la unidad oficial de medida, (Araiza, 2013 pág. 23).

En alimentos para las vacas lecheras, la energía esta expresada como de energía neta de lactancia (ENL). Esta unidad representa la cantidad de energía en el alimento que es disponible para el mantenimiento del peso corporal y la producción de leche. Por ejemplo, requiere 0.74 Mcal ENL para producir 1kg. de leche y la energía en los alimentos es entre 0.9 y 2.2 Mcal ENL/kg. materia seca. En los animales de producción, el mayor porcentaje de nutrientes que están contenidos en los alimentos son destinados a utilizarse en procesos y funciones para mantenimiento, reproducción, producción de carne y leche, (Flores, 1983 pág. 12).

Entre los principales nutrientes que se tienen en cuenta al formular las dietas de los bovinos, se encuentran los que suministran calorías que forman la energía que requiere el animal. La energía puede visualizarse como el combustible que le permite a los animales suplir las necesidades para cumplir sus funciones vitales y productivas, (De la Roza, 2005 pág. 23).

La energía que obtiene el animal a partir de los nutrientes, se distribuye en los diferentes sistemas del organismo, como son el reproductivo, circulatorio, respiratorio, esquelético, digestivo y muscular; en dicha distribución se presentan perdidas de energía dentro del proceso, que deben ser tenidas en cuenta en el momento de calcular los requerimientos dependiendo de la edad, etapa productiva y producto final que se desee obtener del animal, (Aldrich, 1974 pág. 49).

Las pérdidas de energía se dan por medio de la orina, las heces, en gases de fermentación y en forma de calor, para finalmente obtener la energía real que será aprovechada por el animal para mantenimiento, producción y reproducción, (Flores, 1983 pág. 23).

Cuando el requerimiento de energía de los animales no se cumple correctamente, se presentan disfunciones del metabolismo afectando radicalmente la producción de leche, y la actividad reproductiva del ganado, con mayor tiempo para que los animales jóvenes lleguen a la pubertad, menor tasa de concepción, y mayor intervalo entre partos, entre otros; además de generar pérdida de peso, alteración de los componentes de la leche y/o la carne, y en casos extremos llevando al animal a riesgo de muerte, (De la Roza, 2005 pág. 23).

La energía, además de tener requerimientos propios en el organismo del animal, también es necesaria para el aprovechamiento en rumen de diferentes nutrientes, como lo son las proteínas. Gran proporción de la proteína que consume el animal, es degradada por las bacterias ruminales para ser convertida en proteína microbiana. Sin embargo, para que se dé la síntesis de este tipo de proteína es necesaria la energía que se produce en el rumen a partir de la fermentación de los carbohidratos, (Solís, 2017 pág. 67).

Cuando los carbohidratos que se usan para la producción de energía provienen únicamente de materiales fibrosos (carbohidratos estructurales), la tasa de crecimiento de la microbiota ruminal disminuye, es decir que la proteína microbiana producida será mucho menor, que si se da una relación equilibrada de carbohidratos estructurales y carbohidratos no estructurales. Los principales nutrientes que proveen energía son los carbohidratos, los cuales se dividen en estructurales y no estructurales, (Somarribas, 2007 pág. 16).

Dentro de los carbohidratos estructurales se encuentran la celulosa, la hemicelulosa y las pectinas, comúnmente encontradas en materiales vegetales, como pastos y forrajes. Por otra parte, los carbohidratos no estructurales corresponden a los almidones y los azúcares, los cuales se encuentran en semillas de cereales, como el maíz, y algunas raíces y tubérculos. La principal característica de los carbohidratos no estructurales es que son altamente fermentables en rumen, (Solís, 2017 pág. 67).

Entonces, aunque los bovinos son rumiantes y su alimentación está compuesta principalmente por forrajes, con hábito de consumo en pastoreo, el aporte de energía a partir de almidones y azúcares, también se hace esencial para lograr una dieta equilibrada, cumpliendo los requerimientos de energía de los animales, con un aumento en la productividad, reflejada en ganancias de peso, producción de leche y/o eficiencia reproductiva, (Thomas, 2008 pág. 12).

Es importante aclarar que la dieta base de los rumiantes debe ser a partir de fibra, sin embargo, el aporte de almidones y azúcares ayuda a dinamizar el metabolismo de estos animales haciendo la producción más eficiente. Sumado a la importancia del aporte de energía en la dieta de los rumiantes, se encuentra que en la actualidad ha crecido la tendencia a utilizar diversas fuentes de nitrógeno, ya sea en forma de NNP (nitrógeno no proteico), en productos provenientes de diferentes procesos agroindustriales, o en pastos jóvenes mejorados y fertilizados, lo cual incrementa los niveles de proteína en la ración total del ganado, haciendo necesaria una fuente adicional de energía a partir de almidones y azúcares que permita la utilización de dicho nitrógeno en el rumen, (Fonseca, 2010 pág. 12).

CAPITULO II

2 MARCO METODOLÓGICO REFERENCIAL

2.1 Localización y duración del experimento

El trabajo de investigación se realizó en el Criadero Jersey Chugllin, el cual se encuentra ubicado en el cantón Chambo provincia de Chimborazo en el km 1 ½ de la vía Chambo-Ainche. El cantón se localiza en las siguientes coordenadas geográficas 01° 42' 32" de latitud Sur y 78° 35'32" de longitud occidental El tiempo de duración de la investigación fue de 70 días. Las condiciones meteorológicas del cantón Chambo se describen en la Tabla 1-2 a continuación:

Tabla 1-2: Condiciones meteorológicas del cantón Chambo.

Indicadores	Promedio año 2019
Temperatura (° C).	13,45
Precipitación (mm/año).	42,8
Humedad relativa (%).	61,4
Viento / velocidad (m/s).	2,50
Heliofania (horas/ luz).	1317,6

Fuente: (Estación Meteorológica de la Facultad de Recursos Naturales, 2019)

2.2 Unidades experimentales

El número de unidades experimentales que fueron parte del trabajo de investigación fue de 15 muestras de 1 kg por cada tratamiento para los análisis bromatológicos, aparte 100 g para pruebas organolépticas.

2.3 Materiales, equipos e instalaciones

2.3.1 *Materiales*

- Baldes de 14 L.
- Píolas
- Fundas plásticas de 1 kg con cierre hermético
- Carretilla
- Trinche
- Pala
- Josilac combi
- Silo-mix
- Ensilado de maíz
- Libreta
- Esferos
- Letrero de identificación
- Escoba
- Machete
- Overol
- Cámara de fotos

2.3.2 *Equipos*

- Bomba de mochila
- Picadora
- Computadora portátil

2.3.3 *Instalaciones*

- Bodegas del criadero.

2.4 Tratamientos y diseño experimental

En las variables paramétricas, los tratamientos fueron distribuidos en un diseño completamente al azar (DCA) con igual número de repeticiones, que responde a un modelo lineal aditivo:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Valor del parámetro en determinación

μ = Efecto de la media por efecto del tipo de inoculante para el ensilaje (Josilac combi y Silo-mix)

ϵ_{ij} = Efecto del error experimental.

2.4.1 Esquema del experimento

El esquema del experimento se detalla en la Tabla 2-2 a continuación:

Tabla 2-2: Esquema del experimento

TRATAMIENTOS	CÓDIGO	REPETICIONES	TUE	TOTAL
Silo sin aditivo	T0	5	1	5
Silo+ inoculo 1	TAB1	5	1	5
Silo+ inoculo 2	TAB2	5	1	5
	TOTAL			15

Realizado por: Heredia, Andrés, 2019

En el caso de las variables no paramétricas se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis, partiendo de esto el estadístico se calculó como:

$$K = (N - 1) \frac{\sum_{i=1}^g n_i (\bar{r}_i - \bar{r})^2}{\sum_{i=1}^g \sum_{j=1}^{n_i} (r_{ij} - \bar{r})^2}$$

Donde:

n_i Es el número de observaciones en el grupo i

r_{ij} Es el rango (entre todas las observaciones) de la observación j en el grupo i

N es el número total de observaciones entre todos los grupos

$$\bar{r}_i = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} r_{ij}}{n_i}$$

$\bar{r} = (N+1)/2$ Es el promedio de r_{ij}

El denominador de la expresión para K es exactamente $\frac{(N-1)N(N+1)}{12}$

$$\text{Luego } K = \frac{N}{N(N+1)} \sum_{i=1}^g n_i (\bar{r}_i - \bar{r})^2$$

2.5 Mediciones experimentales

Las variables experimentales que fueron tomadas en la investigación son las siguientes:

- Humedad (%)
- Materia seca (%)
- Ceniza (%)
- Proteína bruta (%)
- Extracto etéreo (%)
- Fibra (%)
- ELN (%)
- Energía bruta (%)
- pH
- Palatabilidad
- Indicadores organolépticos (olor, color y textura)
- Costos de producción (USD)
- Relación Beneficio Costo (USD)

2.6 Análisis estadísticos y pruebas de significancia

Las variables respuesta paramétricas fueron analizadas con ayuda de InfoStat mediante las siguientes pruebas:

- Análisis de Varianza (ADEVA), para comprobar las hipótesis planteadas.
- Separación de medias ($P < 0,05$) a través de la prueba de Tukey

Las variables respuesta no paramétricas fueron analizadas con ayuda de InfoStat mediante la siguiente prueba:

- Prueba de Kruskal-Wallis.

2.6.1 Esquema del ADEVA

El esquema de la ADEVA se detalla a continuación en la Tabla 3-2:

Tabla 3-2: Esquema del ADEVA

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	14
Tratamiento	2
Error	12

Realizado por: Heredia, Andrés, 2019

En las variables organolépticas se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis y se analizó:

- Olor
- Color
- Textura

2.7 Procedimiento experimental

2.7.1 Preparación de los silos tipo funda y tratamientos

Se cosechó plantas enteras de *Zea mays* (en su estado fenotípico de producción de choclo; es decir que la mazorca este aún en estado pastoso lechoso) provenientes de un lote ubicado en el criadero Jersey Chugllin. Para la elaboración del ensilaje (silo) tipo funda, se utilizó una picadora a gasolina, bolsas de polietileno y para compactar se lo hizo de forma manual además de añadir aditivos. El picado de la planta de maíz se realizó por dos operadores, el tamaño de la partícula fue de dos a tres centímetros. Una vez picado el maíz se le añadió los distintos tipos aditivos de acuerdo a las recomendaciones. Se confeccionaron 15 silos tipo funda estas de polietileno de

capacidad de 45 kg cada una, 5 silos con el tratamiento 0 (testigo), 5 silos con el tratamiento 1 (aditivo 1) y 5 silos con el tratamiento 2 (aditivo 2). Una vez confeccionados y sellados los silos tipo funda, fueron ubicados en una bodega del criadero a temperatura ambiente planificando la apertura de las mismas a los 45 días antes de ser suministrado a los animales y/o ser analizado en laboratorio. En éste caso se tomaron 15 muestras las cuales fueron de la capa externa del silo (lugar por donde se abre el silo) a profundidad de 5-10 cm y se realizó una muestra compuesta, también, se muestreó a la mitad del silo tipo bolsa por ambos lados a una profundidad de 60 cm para posteriormente hacer una muestra compuesta y finalmente se tomaron muestras del fondo de la funda. Las muestras obtenidas fueron de 1 kg cada una, éstas se enviaron a laboratorio y se determinó su calidad nutritiva. Además, se evaluó las características organolépticas como color, olor y textura las cuales se determinaron mediante la observación y dándolas un valor.

2.8 Pruebas organolépticas

Las características organolépticas (valor) se determinaron mediante la observación conjuntamente con los propietarios del criadero y para la palatabilidad se les suministró a los animales una cierta cantidad de silo.

2.9 Metodología de evaluación

2.9.1 Determinación de la Humedad (%)

Se envió una muestra que se seca en estufa a una determinada temperatura, con circulación de aire, hasta obtener un peso constante. Se pesó la muestra tal cual llegó y luego del secado. La diferencia de peso entre la muestra "húmeda" y la obtenida luego de peso constante fue el contenido de humedad de la muestra. Este método fue el más preciso, requirió un período de tiempo prolongado y fue el de mayor costo. Por el tiempo que demora es de difícil aplicación en el campo, pero sí es el método a utilizar en los análisis de calidad de silo

Método de Secado al Horno. - En este método la muestra fue calentada bajo condiciones específicas y la pérdida de peso de la muestra se utilizó para calcular el contenido de humedad de la misma. El valor del contenido de humedad obtenido fue altamente dependiente del tipo de horno que se utilizó, las condiciones del horno y el tiempo, así como la temperatura de secado. Estos métodos de secado fueron simples y muchos hornos permitían el análisis simultáneo de grandes números de muestras. El tiempo requerido para el análisis puede ser de unos cuantos minutos hasta más de 24 horas.

Desarrollo:

Se pesó la muestra antes de ingresar al horno

Se puso a secar las muestras en el horno a 130°C durante 1 hora

Se retiró la muestra del horno y póngala a enfriar en un desecador durante 10 minutos.

Se pesaron las muestras secas si es posible hasta peso constante, regresándolas 10 minutos al horno y enfriando nuevamente.

Se calculó el contenido de humedad como el peso perdido de la muestra durante el secado según la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} * 100 = \% \text{ de humedad}$$

Donde:

Pi = Peso inicial

Pf = Peso final

2.9.2 Determinación de la Materia seca (%)

Resulta muy conveniente, expresar el contenido de nutrimentos como porcentaje de la materia seca, o lo que se conoce como “Composición en Base Seca”. Cuando se conoce el contenido original de humedad del material la composición se expresa como “Composición Tal como Ofrecido” o “Composición en Base Fresca” Todo el proceso se realizó en duplicado.

- Se colocó un crisol de porcelana con tapa con capacidad de 50 ml en un horno de convección de aire forzado a 105 °C por 16 horas por lo menos. Si las muestras no fueron utilizadas para la determinación de cenizas, se utilizó pequeños envases de aluminio no muy profundos con tapa, de aproximadamente 50 mm de diámetro y 40 mm de profundidad.
- A continuación, se removió el crisol de porcelana del horno, utilizando pinzas de metal, y lo colocó en un desecador, el cual debía poseer un agente secante en el fondo, luego se colocó la tapa del desecador sin cerrarlo completamente. Si lo cierra completamente provocó un vacío dificultando la remoción posterior de la tapa. Se esperó por lo menos dos minutos y se procedió a colocar la tapa de manera que cierre herméticamente el desecador. Espere cinco minutos para que se enfríe el crisol.

- A continuación, se removió el crisol y su tapa del desecador con unas pinzas de metal y proceda a registrar su peso. El peso se registró en una balanza analítica hasta cerca del 0.0001 g. P1
- Sin remover el crisol de la balanza, se agregó con cuidado 2 g de muestra y se registró el peso con la mayor exactitud hasta 0.0001 g. P2
- Se retiró el crisol de la balanza y se lo colocó en un horno de convección de aire forzado a 105 °C durante 24 horas. Algunos procedimientos indican un término de 3 horas solamente.
- Al final del periodo de secado, se removió el crisol del horno y se lo coloca cerrado con su tapa en un desecador, con las mismas precauciones indicadas con anterioridad. Déjelo enfriar.
- Se registró el peso del crisol más la muestra seca con exactitud hasta 0.0001 g. P3

2.9.3 Determinación del contenido de Ceniza (%)

El procedimiento para determinar las cenizas requirió que el material se incinere a temperaturas entre los 500 y 600 °C, temperatura a la cual algunos minerales se volatilizaron, tales como el yodo y el selenio. Igualmente se recomendó que no se utilice este procedimiento para materiales con alto contenido de azúcares o líquidos. Siga el siguiente procedimiento para la determinación de cenizas:

- El crisol y la muestra seca utilizada para la determinación de humedad a 105 o 135 °C se colocó en un incinerador frío, donde se ha preestablecido como temperatura máxima los 600 °C.
- Si no se ha realizado la determinación de humedad de la muestra y se la hizo directamente la determinación de cenizas, realice lo siguiente:
- Se colocó un crisol de porcelana en un incinerador a 600 °C por espacio de dos horas. Se retiró el crisol del incinerador y déjelo enfriar por aproximadamente 60 m en un desecador y determine con exactitud su peso hasta 0.0001 g. P1
- Se colocó el crisol en una balanza analítica y se agregó aproximadamente 2 g de muestra con exactitud de 0.0001 g. P2

- Se colocó el crisol con la muestra en el incinerador, se cerró la puerta y se encendió el incinerador.
- Cuando la temperatura alcanzo los 600 °C se dejó las muestras por espacio de dos horas.
- Se apagó el incinerador y se dejó que la temperatura descienda por debajo de los 200 °C. Con mucho cuidado se abrió la puerta del incinerador para no crear corrientes de aire y se remueve los crisoles hacia un desecador, se utilizaron pinzas y guantes de asbesto, para que se enfríen. Esto puede durar cerca de una hora.
- Se pesó los crisoles más las cenizas con exactitud hasta 0.0001 g y realice los cálculos para obtener el porcentaje de cenizas. P3

2.9.4 Determinación del contenido de Grasa (%)

El método para la determinación de la fracción de lípidos se basó en la evaporación continua de un solvente orgánico, en muchos casos éter etílico, que luego de condensarse pasó por la muestra extrayendo los materiales solubles.

- El extracto se recogió en un recipiente y el éter se destila y recoge, dejando como residuo el extracto etéreo al cual se seca y se le determinó el peso. Para el caso de algunas muestras que poseen grandes cantidades de compuestos solubles en agua, tales como carbohidratos, urea, ácido láctico, glicerol entre otros, se recomendó extraer cinco veces 2 g de la muestra con 20 ml de agua en un pequeño papel filtro y secarla, antes de la extracción.
- Todo el proceso debió realizarse en duplicado. Un vaso químico, de aproximadamente 100 ml, diseñado para el aparato Goldfisch, se colocó en un horno a 105°C por espacio de dos horas como mínimo. Se dejó enfriar en un desecador y se obtuvo su peso con exactitud de 0.0001 g. P1
- En el vaso químico se colocó de 30 a 40 ml del solvente orgánico que se utilizó. Se recomienda no utilizar solventes cuyo punto de ebullición exceda los 85 °C.
- Para el caso del éter etílico este debe ser anhidro y libre de peróxidos²⁷ o éter de petróleo.
- Se pesó cerca de 2.0 g de muestra con exactitud de 0.0001 g y se colocan en los dedales de extracción a base de celulosa. P3

- Se puede colocar el dedal con la muestra en el horno a 105 °C por dos horas o secar una porción de la muestra a esta temperatura previa al análisis.
- Se coloca el dedal con la muestra dentro del extractor del sistema Goldfish.
- Conecte el vaso al sistema, y active el sistema de enfriamiento para la condensación del éter, eleve y encienda las hornillas. Las hornillas no necesariamente tienen que hacer contacto con el vaso químico.
- Si se establece una tasa de condensación de cinco a seis gotas por segundo, el proceso puede tomar cerca de cuatro horas. Durante este periodo verifique constantemente el volumen de éter y si observa alguna disminución significativa por escape puede añadir, con mucho cuidado, una porción adicional de éter al vaso químico.
- Luego de las cuatro horas, retire el calentador y permita que se seque el dedal. Deje que se enfríe. Remueva la muestra con el dedal de celulosa y coloque el tubo de recolección de éter bajo el condensador. Coloque nuevamente el vaso químico y caliente nuevamente hasta que casi todo el éter se haya evaporado del vaso y recogido en el tubo colector.

2.9.5 Fibra (%)

En este procedimiento no se debían utilizar muestras que han sido secadas en horno a temperatura ≥ 60 °C. Todo el proceso debe realizarse en duplicado.

- Se puede utilizar para este procedimiento la muestra proveniente de la determinación del extracto etéreo, según procedimiento detallado con anterioridad, o la muestra parcialmente seca.
- Se colocó en el horno de convección forzada de aire caliente a 105 °C por espacio de cuatro horas un crisol de porcelana tipo Gooch con fondo poroso de 40 a 50 ml de capacidad. Retire del horno y deje enfriar en un desecador.
- En un sistema de filtración por succión coloque un embudo tipo Büchner con una malla de 200 mesh que selle completamente el área de filtración.

- Se colocó en el vaso químico tipo Berzelius con capacidad de 600 ml aproximadamente 2.0 g de muestra pesada con exactitud de 0.0001 g. P3
- Se calentó la solución de H₂SO₄ al 1.25% hasta punto de ebullición y transfiera, con la ayuda de guantes de asbesto y mucho cuidado, 200 ml al vaso químico Berzelius que contiene la muestra, asegurándose que toda la muestra quede humedecida y no se adhiera a las paredes.
- Se mantuvo en punto de ebullición aproximadamente un litro de agua destilada. Se puede añadir al vaso químico una solución antiespumante, como ejemplo una a dos gotas de alcohol amílico o cualquier otro producto comercial con propiedades antiespumantes.
- Se procedió a colocar el vaso sobre las hornillas, se encendió el sistema de condensación y enfriamiento de agua, y encienda las hornillas. La temperatura debe ser ajustada de manera que se pueda llevar desde 25 °C hasta punto de ebullición 200 ml de agua en 15 ± 2 minutos. Luego se mantuvo la temperatura de manera que se logre una ebullición estable, pero leve sin formación de mucha espuma
- Para el caso de varias muestras, se recomienda colocar los vasos a intervalos de cinco minutos. Permita que la solución se mantenga en ebullición durante 30 minutos. Periódicamente rote los vasos de manera que la muestra no se adhiera a las paredes, y se mantenga en solución.
- En caso de que parte de la muestra se adhiera a las paredes, con una botella lavadora que contiene solución de H₂SO₄ al 1.25 % caliente, lave con cuidado las paredes hasta que toda la muestra permanezca en solución. Cuando se está terminando el periodo de reflujo, pase agua caliente por el embudo Büchner, encienda el sistema de succión de manera que se alcance una presión de succión de 25 mm aproximadamente.
- Se retiró el vaso de la hornilla, con cuidado utilizando guantes de asbesto, decante el líquido sobrenadante sobre el embudo y lave el residuo del vaso utilizando el mínimo de agua caliente, con ayuda de una botella lavadora. Filtre hasta que este seco, y luego proceda a lavar el residuo de cuatro a cinco veces con aproximadamente 40 a 50 ml de agua caliente, cercana al punto de ebullición. Al adicionar el agua de lavado no aplique succión. Este proceso deberá eliminar la mayor cantidad de residuo ácido de la muestra.
- Se trasvaso el residuo del filtro hacia el vaso químico Berzelius utilizando solución a punto de ebullición de NaOH al 1.25%. Luego de lavar el filtro, añada suficiente solución de NaOH

al 1.25% para completar aproximadamente 200 ml. Coloque los vasos a intervalos de cinco minutos y proceda a mantener la solución en ebullición por espacio de 30 minutos.

- Se puede añadir al vaso químico una solución antiespumante, como ejemplo una a dos gotas de alcohol amílico o cualquier otro producto comercial con propiedades antiespumantes. También se pueden utilizar las denominadas perlas de ebullición para evitar el sobrecalentamiento y ebullición brusca de la solución.
- Periódicamente se roto los vasos de manera que la muestra no se adhiera a las paredes, y se mantenga en solución. En caso de que parte de la muestra se adhiera a las paredes, con una botella lavadora que contiene solución de NaOH al 1.25 % caliente, lave con cuidado las paredes hasta que toda la muestra permanezca en solución.
- Cuando se está terminando el periodo de reflujos, pase agua caliente por el crisol tipo Gooch, encienda el sistema de succión de manera que se alcance una presión de succión de 25 mm aproximadamente.
- Se retiró el vaso de la hornilla, con cuidado utilizando guantes de asbesto, decante el líquido sobrenadante sobre el crisol tipo Gooch y lave el residuo del vaso utilizando el mínimo de agua caliente, con ayuda de una botella lavadora.
- Se elevó el nivel de vacío y proceda a lavar el residuo una sola vez con aproximadamente 25 a 30 ml de la solución de H_2SO_4 al 1.25% cercana al punto de ebullición, y posteriormente dos veces con aproximadamente 25 a 30 ml de agua caliente, cercana al punto de ebullición. Al adicionar el agua de lavado no aplique succión. Filtre hasta sequedad. En algunos casos se recomienda lavar una vez con alcohol y luego proceder a secar la muestra.
- Se colocó el crisol con el residuo en un horno de convección forzada de aire caliente a una temperatura de $110^{\circ} C$ durante la noche. Luego de este periodo colóquelos en un desecador para enfriarlos y pese con exactitud de 0.0001 g. P2
- Posteriormente se colocó el crisol en un incinerador, cuya temperatura máxima sea de $550^{\circ} C \pm 10^{\circ} C$, por espacio de dos horas. Al término de este periodo, deje enfriar el incinerador por debajo de los $250^{\circ} C$, coloque el crisol en un desecador para enfriarlo y posteriormente registre su peso con exactitud de 0.0001 g. P1
- Se recomienda procesar al menos dos blancos por cada 24 muestras analizadas. • Determine el contenido de fibra cruda

2.9.6 Extracto libre de Nitrógeno ELN (%)

El extracto libre de nitrógeno es una categoría del sistema Weende que se encuentra por diferencia; $ELN = 100 - (\text{ceniza} + \text{extracto etéreo} + \text{proteína} + \text{fibra})$. Esta fracción no contiene ninguna celulosa, pero puede contener hemicelulosa y algo de lignina, además puede contener todos los productos solubles en agua que son insolubles en éter como por ejemplo vitaminas hidrosolubles. La mayor parte del ELN se compone de almidón y azúcares.

2.9.7 Palatabilidad

La palatabilidad dependió del estado del silo que no tenga daños, una vez abierta las bolsas de cada tratamiento se suministró al animal una cantidad de 15 kilos y se observó con que gustocidad ingieren la ración los animales.

2.9.8 Determinación de la energía

La energía bruta es la energía liberada en forma de calor por la combustión completa de un alimento mediante oxidación en una bomba calorimétrica. La bomba calorimétrica se compone de un recipiente metálico resistente que se dispone en el interior de otro recipiente aislado con agua.

El oxígeno fue introducido a presión. La ignición se consigue haciendo pasar una corriente eléctrica. El calor producido en la oxidación se calcula a partir de la elevación de la T° del agua que rodea la bomba. La bomba puede utilizarse para alimentos completos, sus componentes, productos animales y excretas.

La energía se expresa en kcal (Mcal) o kJ (MJ). $1 \text{ kcal} = 4,184 \text{ kJ}$.

El valor promedio de EB de los alimentos (excepto las grasas puras) es 18,4 MJ/kg MS, y aumenta con el contenido en grasa y proteína. Puede calcularse multiplicando el contenido de cada componente del alimento por su valor de combustión

$EB \text{ (Mcal/kg MS)} = 5,7 \times \text{Proteína Bruta} + 9,4 \times \text{Grasa bruta} + 4,7 \times \text{Fibra bruta} + 4,7 \times \text{Extracto Libre de Nitrógeno}$.

Donde los componentes están expresados en kg/kg MS

CAPITULO III

3 MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1 Evaluación del efecto de la adición de dos aditivos en ensilaje de maíz (*Zea mays*) sobre calidad nutritiva del silo

3.1.1 Porcentaje de humedad

Al realizar la evaluación del efecto de la adición de dos aditivos en el ensilaje de maíz (*Zea mays*) se aprecia que no existieron diferencias estadísticas ($P > 0.05$), entre tratamientos sin embargo de carácter numérico se establece el mayor porcentaje de humedad se obtuvo con el tratamiento (T0) es decir al no aplicar ningún aditivo el cual alcanzó un promedio de 77.18 %, en comparación de los valores medios registrados por el tratamiento T2, es decir al aplicar Silo-mix con 77.00 %, mientras que el silo que se preparó con Josilac (T1), registró el menor porcentaje de humedad con valores medios de 76.88 % como se indica en la tabla 1-3.

Tabla 1-3: Evaluación Bromatológica del ensilaje de maíz, sobre calidad nutritiva del silo.

VARIABLE BROMATOLOGICA	TIPO DE ADITIVO			Prob	Sign
	Sin aditivo T0	Josilaj T1	Silo-mix T2		
Porcentaje de Humedad	77.18 A	76.88 A	77.00 A	0.60	ns
Porcentaje de materia seca	22.82 A	23.12 A	23.18 A	0.42	ns
Porcentaje de cenizas	6.93 A	7.74 B	8.09 B	0.0001	**
Extracto Etéreo	1.78 A	1.82 A	1.89 A	0.78	ns
Contenido de Proteína	7.95 A	7.77 A	8.00 A	0.40	ns
Contenido de Fibra	30.23 A	30.34 A	30.95 A	0.40	ns
Extracto Libre de Nitrógeno	52.94 A	52.32 AB	51.30 B	0.01	*
Energía bruta	4221.17 A	4184.94 B	4186.30 B	0.0001	**
pH	3.52 C	3.57 B	3.61 A	0.0001	**

ns: Las diferencias no son significativas

ABC: promedios con letras similares en la misma fila difieren estadísticamente según Tukey ($P < 0.01$).

Realizado por: Heredia, Andrés. 2020.

Es decir que la humedad más alta se reportó en el silo elaborado sin aditivos (T0), como se ilustra en el gráfico 1-3, al respecto (Gualoto, 2013 pág. 47), expresa que con la única diferencia entre hacer un buen ensilaje o un malo se debe exclusivamente al contenido de humedad en el momento de su ensilado. El Josilaj produce una mejor fermentación, gran flexibilidad por su amplio ámbito de aplicación ya que se puede trabajar con valores de materia seca de 28-45 %, porque es adecuado para muchos tipos de alimento como el maíz. La fermentación óptima para ambos tipos de Ensilajes de Maíz maduro o inmaduro depende en su mayor parte del contenido de humedad. Los ensilajes de maíz realizados con mucha humedad sufren fermentaciones más largas que las necesarias, lo que acarrea una acumulación excesiva de ácidos y otros productos de fermentación, que pueden ocasionar una reducción del consumo de estos ensilajes.

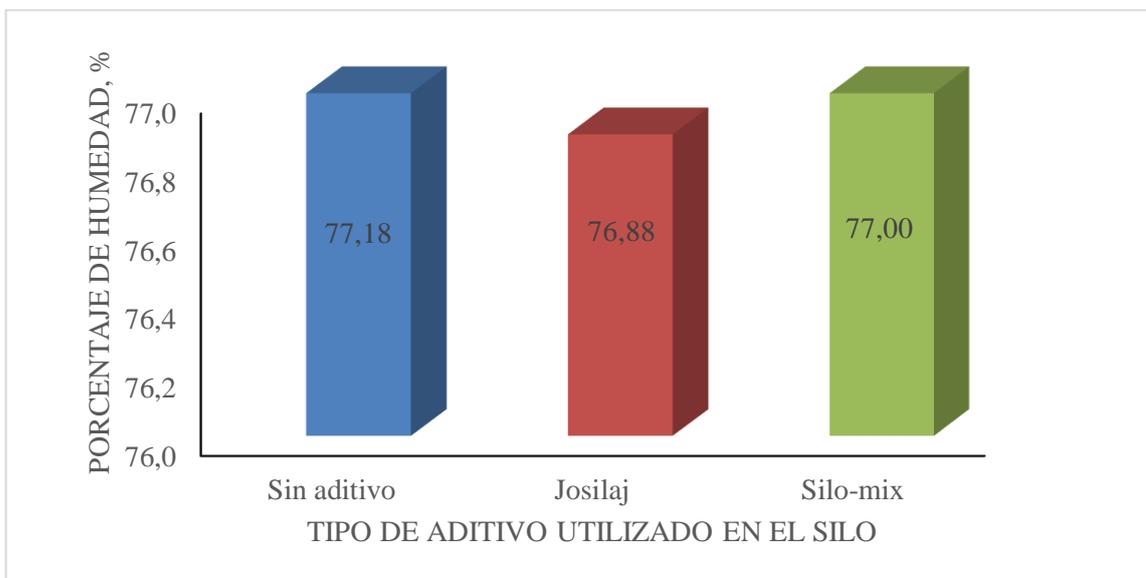


Gráfico 1-3: Porcentaje de humedad en el ensilaje de maíz (*Zea mays*) sobre calidad nutritiva del silo elaborado con dos aditivos.

Realizado por: Heredia, Andrés. 2020.

Para conocer el tiempo de almacenamiento de un silo, se deberá tomar en cuenta la etapa en el cual se puede mantener el *Zea mays* en el interior del silo, con un cierto contenido de humedad. A medida que aumenta la humedad del grano y se extiende el período de almacenamiento, se favorece la presencia de fermentación y el desarrollo de microorganismos y, como consecuencia, el deterioro de los granos, por ende, no se producirá un silo para alimentar a especies animales. En el caso de granos secos y manteniendo la bolsa intacta, podemos perfectamente almacenarlos en buenas condiciones por 24 meses, ensilajes que presentan humedad muy alta tienen una serie de desventajas: primero ensilajes muy húmedos tienen un costo de producción mayor, pues el transporte por cantidad de materia seca resulta más caro.

El porcentaje de humedad del presente trabajo es superior al reportado por (Gualoto, 2013 pág. 67), quien al realizar la Evaluación del contenido nutricional del silaje de maíz en forma de micro silos inoculado con bacterias ácido lácticas, a que el ensilaje de maíz sin mazorca T123 registro un porcentaje de humedad del 71,71 %. Sin embargo es necesario tomar en cuenta lo que manifiesta (Ribeiro, 2007 pág. 56) que en un ensilaje con contenido de materia seca encima de 35% es decir una humedad del 65 %, puede ser considerado de buena calidad. Por otro lado, el aumento de humedad está asociado con proteólisis, producción de aminos y ácido butírico, disminuyendo la calidad de los ensilajes.

3.1.2. Porcentaje de materia seca

Al evaluar el porcentaje de materia seca en el ensilaje de maíz se estableció que en el análisis estadístico no se reportaron diferencias estadísticas ($P > 0.05$), entre tratamientos por efecto de la aplicación de dos aditivos en comparación de un tratamiento testigo. Sin embargo, de carácter numérico se aprecia un aumento en el contenido de materia seca en el tratamiento (T2), cuyo porcentaje fue de 23.18 %. Por su parte respuestas similares se obtuvieron al utilizar Josilaj (T1) y sin aditivo (T0) con valores de 23.12 % y 22.88 %, en su orden, como se ilustra en el grafico 2-3.

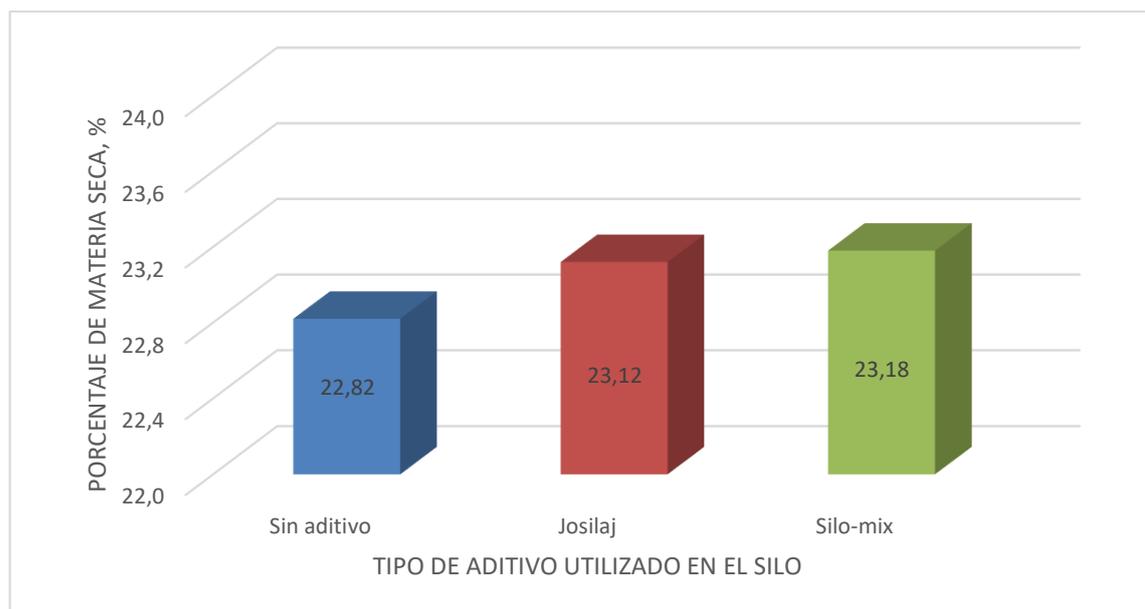


Gráfico 2-3: Porcentaje de materia seca en el ensilaje de maíz (*Zea mays*) sobre calidad nutritiva del silo elaborado con dos aditivos.

Realizado por: Heredia, Andrés. 2020.

Al verificar los reportes en los tres tratamientos se aprecia que existe un 23 % de materia seca en promedio que indica que se alcanzó condiciones adecuadas en su elaboración lo que es corroborado con las apreciaciones de (Aldrich, 1974 pág. 47), quien menciona que la utilización de

aditivos en el ensilaje de maíz, permite lograr una adecuada fermentación del forraje, asimismo, inhibe la producción de etanol, aumenta el pH y no afecta la digestibilidad del producto final.

Estableciendo por tanto que los resultados obtenidos en materia seca se ajustan a las características posiblemente de los ingredientes utilizados en su formulación, para ajustar los aportes de los nutrientes considerados como lo son principalmente la proteína y su energía, para que se mantengan estables y puedan ser almacenados por un tiempo su materia seca. La materia seca del producto ensilado es uno de los factores de mayor importancia, esta determina la cantidad de agua existente en el ensilaje, la cual influye en la calidad general del mismo.

Cuando se trabaja con materiales con elevado contenido de materia seca (cultivos pasados o granos muy duros) debemos procurar que la picadora quiebre o aplaste los granos de maíz o sorgo para facilitar su digestión a nivel ruminal. cuando el contenido de MS en el material a ensilar sobrepasa el 25%, se reduce el nivel de efluentes y las pérdidas de carbohidratos por esta vía, además afirma que disminuye las pérdidas por respiración, el valor óptimo para la conservación se sitúa entre 30 y 35% de contenido de materia seca.

El contenido de MS del material ensilado es el principal factor implicado en la preservación satisfactoria del forraje. Niveles muy bajos dificultarán, a compactación rápida de la masa ensilada, mientras que excesos de agua serán un obstáculo sobre el proceso de fermentación y acidificación del material, diluyendo los ácidos formados y extendiendo con ello el proceso fermentativo.

Los resultados son inferiores a los expuestos por (Ribeiro, 2007 pág. 56), quien menciona que para una correcta conservación bajo la forma de ensilado, la materia seca del cultivo a ensilar debería ser mayor al 25 - 30%, atendiendo a tener en cuenta que el cultivo debe estar en la mejor condición al corte, para evitar la pérdida de azúcares que no favorecen la acción de los lactobacilos, así como de (Gualoto, 2013 pág. 23), quien registra el mayor contenido de materia seca en el ensilaje de maíz sin mazorca T121, puesto se pudo encontrar que presenta un porcentaje la Materia Seca del 36,11% que se encuentra entre las recomendaciones adecuadas para calidad del silo sin mazorca.

3.1.3. *Porcentaje de cenizas*

En lo relacionado a la variable porcentaje de cenizas en el ensilado de maíz se evidencian diferencias estadísticas altamente significativas ($P < 0.01$), entre tratamientos, alcanzando la mayor ponderación al utilizar aditivo Silo-mix (T2) presentando un valor de 8.09 % de cenizas, seguido del tratamiento donde se trabajó con aditivo Josilaj (T1) cuya respuesta fue de 7.74 %. finalmente,

un menor porcentaje de ceniza se obtuvo en el tratamiento sin aditivo ya que el valor determinado fue de 6.93 %, como se ilustra en el gráfico 3-3.

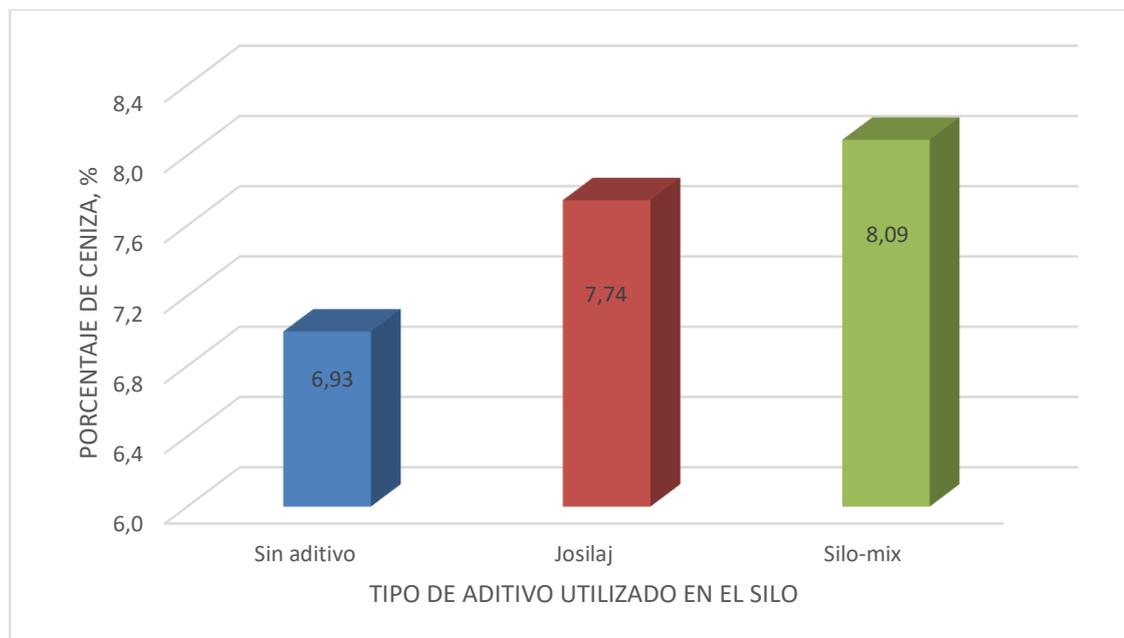


Gráfico 3-3: Porcentaje de cenizas en el ensilaje de maíz (*Zea mays*) sobre calidad nutritiva del silo elaborado con dos aditivos.

Realizado por: Heredia, Andrés. 2020.

Por lo que las respuestas antes expuestas permiten indicar que las diferencias del aporte de cenizas se deban principalmente a los ingredientes utilizados en su formulación, según (De Gracia, 2019 pág. 57), esta fracción está compuesta de minerales (macro y micro-elementos), tanto propios del vegetal como adquiridos del ambiente. En casi todos los forrajes esta fracción es inferior al 10%.

La determinación de materia mineral no es indicativa de la disponibilidad digestiva de tales minerales, pero que su presencia puede reducir la digestibilidad de otros nutrientes. Es común encontrar incrementos de cenizas en un forraje después de ser ensilado, ya que las pérdidas gaseosas solo afectan a la materia orgánica, lo cual contribuye a incrementar la concentración de cenizas en la biomasa total restante del ensilado. debido a que las variedades que experimentaron mayor incremento de ceniza, proteína y extracto libre de nitrógeno fueron a la vez, las que contenían mayor cantidad de materia orgánica.

Además (Garcés, 2010 pág. 263) menciona que es importante aclarar que, dichas concentraciones están sujetas a múltiples variables, entre las que se pueden mencionar la variedad o híbrido de maíz, edad fenológica de cosecha, altura de corte, deshidratación del forraje antes de ensilar y la inclusión de aditivos. El problema sería encontrar contenidos superiores al 12% de Cenizas, lo cual se asocia a contaminación con suelo durante la cosecha del forraje o elaboración del ensilaje,

situación que favorece la presencia de fermentaciones secundarias que reducen la calidad y consumo del ensilado por parte de los animales.

Los resultados del contenido de cenizas en la presente investigación son inferiores a los expuestos por (Guardián, 2018 pág. 39), quien encontró que el contenido de Cenizas en los ensilados, varió significativamente ($P=0.021$) entre las variedades, con valores que oscilaron entre 10.0 ± 0.25 y $10.6 \pm 0.23\%$, indicando la prueba de medias que el contenido de la variedad EJM2 reportó valores de $10.6 \pm 0.23\%$, así como de (Gualoto, 2013), quien registro el mayor contenido de cenizas en el ensilaje de maíz sin mazorca T123, puesto que las repuesta fueron de 8.99% .

3.1.4. Porcentaje de Extracto Etéreo

El porcentaje de extracto etéreo (EE), no fue afectado significativamente ($P<0.65$) durante el proceso de ensilaje, sin embargo, numéricamente se muestran las mayores respuestas al adicionar Silo-mix (T2) con un valor de 1.89% ; mientras que el tratamiento en el cual se adiciono Josilaj (T1) obtuvo una ponderación de 1.82% . mientras tanto que los resultados más bajos se reportaron en el tratamiento sin aditivo (T0), que reporto un valor inferior de extracto etéreo de 1.78% , como se observa en el Gráfico 4-3.

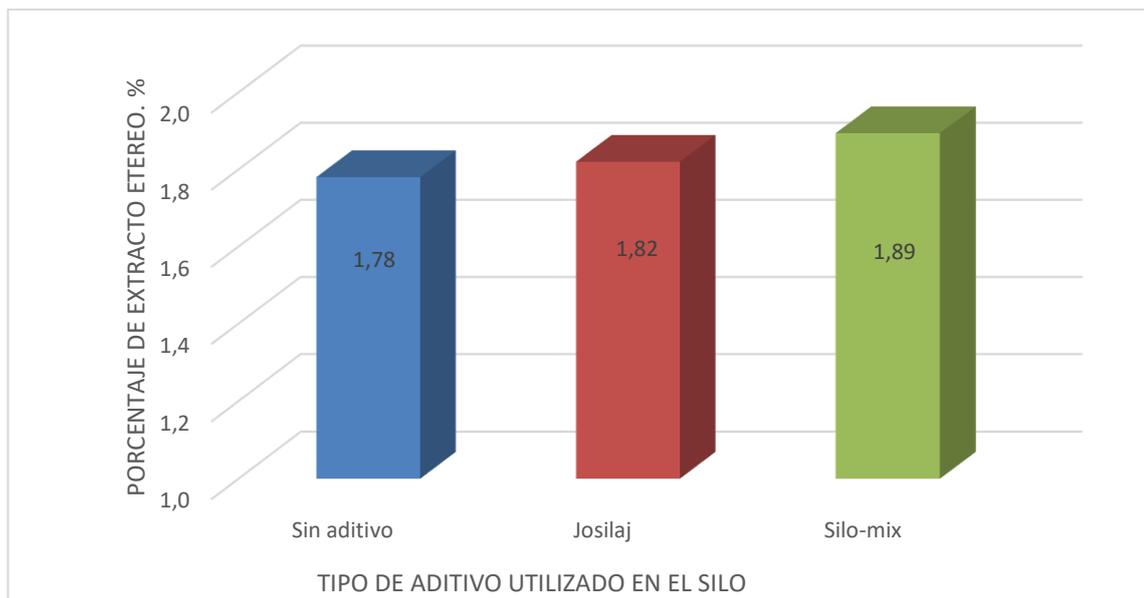


Gráfico 4-3: Porcentaje de extracto etéreo en el ensilaje de maíz (*Zea mays*) sobre calidad nutritiva del silo elaborado con dos aditivos.

Realizado por: Heredia, Andrés. 2020.

Al respecto (Caraballo, 2012 pág. 47) manifiesta que la presencia de las grasas en el alimento favorece la asimilación de las proteínas, en este extracto etéreo figuran todas las sustancias solubles en los disolventes de las grasas, esto es, las grasas verdaderas (glicéridos), ácidos grasos, cédidos,

esteroles, pigmentos, etc., pero esta fracción, que no es grasa verdadera, contiene elementos de gran valor nutritivo, como los esteroides, carotenos, vitaminas liposolubles, etc., la cifra obtenida de grasa bruta o extracto etéreo sirve en la práctica como valor grasa de un alimento

El uso de aditivos en el ensilaje tiene el propósito de reducir las pérdidas y aumentar la recuperación de carbohidratos solubles mediante la inhibición de la fermentación y la producción de ácido láctico, controlan y/o mejoran la fermentación en el silo, provocan mejoras en la determinación química y en las estimaciones de los factores nutricionales como digestibilidad de la materia orgánica y de FDN y caída rápida del pH en el estado inicial del ensilado.

El Silo-mix tiene la ventaja de promover una mayor estabilidad después de abierto el silo, prolongando su conservación Inhibe las bacterias que causan las fermentaciones indeseables (butírica, acética y alcohólica), además de aumentar la digestibilidad de las fibras del forraje, mantiene el valor nutritivo del material ensilado principalmente en lo que tiene que ver con el extracto etéreo

Los resultados de la presente investigación son inferiores a los expresados por (Castillo, 2009 pág. 45), quien reportó los valores más altos y que corresponden a 1,93 al no utilizar Inóculo bacteriano (T0), en el ensilaje de maíz en asociación con vicia, así como de (Guardián, 2018 pág. 54), quien indicó que el contenido de extracto etéreo (EE), también fue afectado significativamente ($P > 0.01$), durante el proceso de ensilaje, indicando los reportes más altos, en el ensilaje elaborado con la variedad de maíz EJM2 puesto que los resultados fueron de 1.87.

Pero son superiores a los expresados por (Olmedo, 2015 pág. 39), quien en lo referente al contenido de grasa, el ensilaje de maíz según el laboratorio CESTA de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH registro valores de 0,87 %, los cuales son importantes en la dieta de los animales principalmente como fuente de energía además como vehículo de los nutrientes, evitando de esta manera el emplastamiento o problemas de cetosis.

3.1.5. Contenido de Proteína

En el proceso de ensilaje del maíz, el contenido de proteína no reportó diferencias estadísticas ($P > 0.05$), por efecto de la adición de diferentes tipos de aditivos, estableciéndose que en el tratamiento en que se encontró mayor cantidad de proteína fue el T2, es decir con la adición de Silo-mix con un valor de 8.00 %; y que se redujo a 7.95% en el tratamiento sin aditivo (T0), mientras que el tratamiento de Josilaj (T1), fue el que presentó la menor cantidad de proteína con un valor de 7.77%, como se ilustra en el gráfico 5-3.

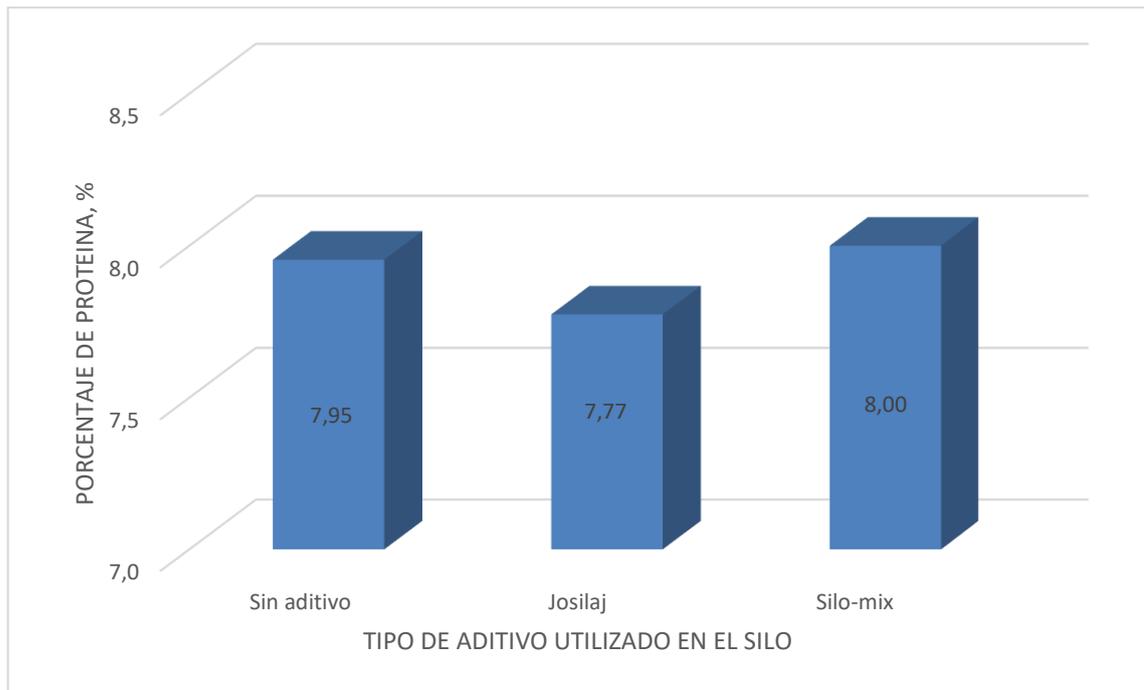


Gráfico 5-3: Contenido de proteína en el ensilaje de maíz (*Zea mays*) sobre calidad nutritiva del silo elaborado con dos aditivos.

Realizado por: Heredia, Andrés. 2020.

Cabe mencionar que los reportes antes mencionados tienen su fundamento en los expuestos por (Somarribas, 2007 pág. 76), quien indica que las variaciones en el contenido de proteína de un forraje al ser ensilado, dependen del contenido del nutriente en el forraje original. Entre mayor sea el contenido de proteína, mayor es la proporción de proteína soluble y de nitrógeno no proteico disponible en la masa forrajera, con mayor vulnerabilidad a sufrir procesos degradativos y pérdidas por efluentes. La proteína del maíz es deficitaria en algunos aminoácidos esenciales, como la lisina y triptófano, necesario para crecimiento de animales y por eso debe complementarse como elaboración de piensos.

Además (Crespo, 2015 pág. 59), menciona que en los casos en que se registran aumentos del contenido de proteína, probablemente se cometieron errores en la medición o en la metodología utilizada en el muestreo. Las pérdidas de proteína resultan inevitables en el proceso de ensilaje, las cuales se le atribuyen a la proteólisis anaeróbica que ocurre durante el proceso de ensilaje, con la consecuente transformación de proteína en nitrógeno no proteico, principalmente en forma de amoníaco.

Los resultados de proteína en la presente investigación son inferiores a los expuestos por (Castillo, 2009 pág. 56), quien observó un aumento significativo en el contenido proteico del material (ensilado), al incrementar el porcentaje de vicia en la asociación con maíz, puesto que se

registraron valores de 11.16 % al utilizar Inóculo bacterial. Pero son superiores a los expuestos por (Olmedo, 2015 pág. 42), manifiesta que en cuanto a la proteína del ensilaje de maíz, este posee 3,26%, determinándose que es una cantidad bastante limitada, sin embargo de ello es necesario manifestar que este compuesto es necesario en la dieta animal, debido a que parte de estas proteínas, pasan a formar parte de la proteína estructural del tejido y otras funciones dentro del organismo.

3.1.6. Contenido de Fibra

Los resultados obtenidos en el contenido de fibra no reportaron diferencias estadísticas ($P > 0.05$), entre tratamientos por efecto de la inclusión al ensilaje de maíz de diferentes aditivos alcanzándose que en el tratamiento con Silo-mix (T2), se presenta mayor concentración de fibra puesto que los resultados fueron de 30.95%, no obstante, mientras que el ensilaje con Josilaj (T1) disminuyó en el contenido de fibra a 30.34 %, finalmente se puede observar que el tratamiento sin aditivo o control (T0), registró la respuesta más baja en el contenido de fibra con valores de 30.23 %, como se ilustra en el gráfico 6-3:

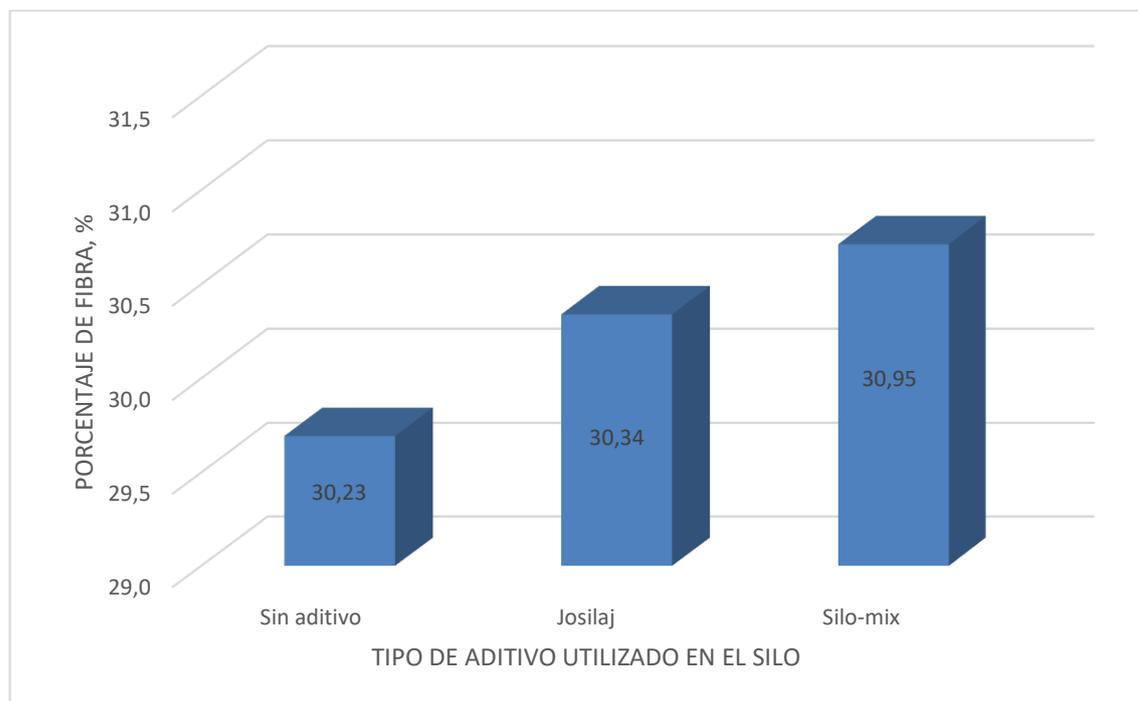


Gráfico 6-3: Contenido de fibra en el ensilaje de maíz (*Zea mays*) sobre calidad nutritiva del silo elaborado con dos aditivos.

Realizado por: Heredia, Andrés. 2020.

Es decir que la aplicación al ensilaje de maíz del aditivo Silo- mix se consigue mejorar el contenido de la fibra lo que tiene su fundamento en lo expuesto por (Contreras, 2019 pág. 48), quien menciona que la utilización de los aditivos en los ensilajes es importante ya que crea condiciones

óptimas que permiten la conservación y valor nutritivo del forraje. La calidad de un ensilado depende por una parte de su valor nutritivo, que está ligado directamente a su composición química (fibra materias nitrogenadas, minerales, hidratos de carbono, etc.) y por otra de la calidad de conservación, que viene definida por los productos finales de las fermentaciones que tienen lugar en el mismo.

En el ensilaje de maíz el aumento de la fracción fibrosa con respecto al material sin ensilar, se puede provocar como resultado de las pérdidas de Materia Seca en forma de gases y por la fermentación alcohólica generada por las levaduras. Además, se menciona que las modificaciones en los contenidos de fibra derivan de las pérdidas de carbohidratos solubles en forma de gases y de la producción de agua por medio del metabolismo del material ensilado.

Diversos autores concuerdan en que en los ensilajes de maíz se tiende a dar un aumento en los contenidos de Fibra en el producto final. Lo anterior es importante ya que los altos valores de Fibra afectan negativamente el consumo de alimento por parte del animal y disminuyen la tasa de pasaje, provocando una reducción de la calidad nutritiva.

Los resultados expuestos en la presente investigación son superiores a los reportados por (Olmedo, 2015), quien manifiesta que el contenido de fibra del ensilaje de maíz que se utilizó en la alimentación fue de 6,23 %, compuesto bromatológico indispensable en la alimentación de los seres vivos, puesto que estos ayudan a producirse los movimientos peristálticos y antiperistálticos en el tracto digestivo del alimento, así como de (Olvera, 2016 pág. 21) menciona que la fibra bruta muestra un rango que va de 28.21 a 19.71 por ciento al utilizar diferentes aditivos.

3.1.7. Extracto Libre de Nitrógeno

En el análisis del contenido de extracto libre de nitrógeno del ensilaje de maíz se determinó que existen diferencias significativas ($P < 0.05$), entre los tratamientos por efecto del tipo de aditivo adicionado, estableciéndose la mejor respuesta en el tratamiento control (sin aditivo), con un valor de 52.94 %. por su parte el tratamiento donde se utilizó aditivo Josilaj (T1), obtuvo una respuesta de 52.32 % de extracto libre de nitrógeno, mientras que la respuesta más baja le correspondió al tratamiento en el que se incorporó al silo de maíz el aditivo Silo-mix (T2) con medias de 51.30 %, como se ilustra en el gráfico 7-3.

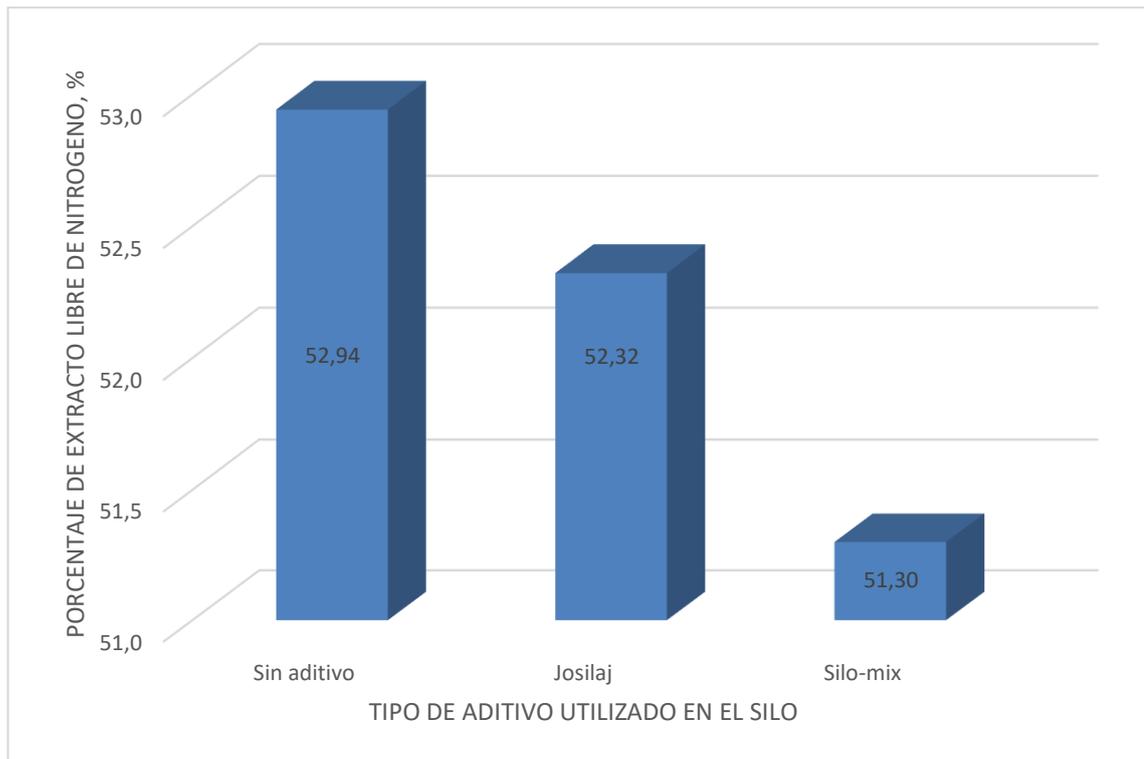


Gráfico 7-3: Porcentaje de extracto libre de nitrógeno en el ensilaje de maíz (*Zea mays*) sobre calidad nutritiva del silo elaborado con dos aditivos.

Realizado por: Heredia, Andrés. 2020.

Es decir que los aditivos disminuyen en contenido de extracto libre de nitrógeno puesto que los resultados indican superioridad al no aplicar estos aditivos lo que es corroborado con las apreciaciones de (Cañete, 1998 pág. 45), quien menciona que en el extracto libre de nitrógeno se encuentra una mezcla de sustancias orgánicas dentro de las cuales no figura ninguna que contenga nitrógeno, estas se caracterizan por disolverse en las soluciones ácidas y alcalinas durante la determinación de la fibra bruta.

La determinación directa es imposible a causa de las diversas sustancias químicas que lo forman y además la dificultad que presentan aislarlas analíticamente. El ELN es una mezcla de almidones y azúcares de la muestra más algo de hemicelulosa y lignina, puede contener además vitaminas hidrosolubles, no obstante, la mayor parte del ELN, se compone de almidón y azúcares (alto valor energético).

La determinación del ELN es un índice útil en la práctica, ya que nos indica de la porción de carbohidratos no celulósicos presentes en el alimento, es principalmente una fuente inespecífica de energía, constituye alrededor del 40 % del peso seco de los no concentrados y el 70 % en el caso de alimentos básicos en los granos el ELN es sinónimo de almidón y azúcares, muy importante de conocer puesto que al formular una dieta para animales se lograra determinar la

cantidad necesaria de estos elementos que se deberán incorporar a la dieta y a su vez conocer el aporte de almidones y azúcares que el animales está ingiriendo a través den ensilaje.

Los resultados expuestos en la presente investigación (T0) son superiores a los expuestos por (Cardoso, 2013 pág. 56) quien en referencia al extracto libre de nitrógeno cuantificado en los bioensilajes elaborados, no se identificaron diferencias estadísticas ($P>0,05$), presentando promedios de 50,71; 52,24; 52,14 y 52,89 %, en el bioensilaje de residuos Maíz exclusivamente, bioensilaje con pre fermento de Suero de leche, bioensilaje con pre fermento de Estiércol Bovino y bioensilaje con pre fermento Mixto respectivamente, así como de (Evaluación in vitro de un ensilado de estiércol, rastrojo de maíz y melaza, 2008 pág. 37), quien en su investigación sobre las características fermentativas del ensilaje. determinó un contenido de Extracto libre de nitrógeno de 48,36 %.

3.1.8. *Energía bruta*

El análisis estadístico para la variable contenido de energía bruta en el ensilaje de maíz se estableció diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), por efecto de la inclusión de diferentes aditivos, reportando el mayor nivel de energía para el tratamiento control (sin aditivo), con un valor promedio de 4221,17 kcal. Asimismo, se evidencia que un menor valor correspondiente a 4186,30 kcal fue determinado en el tratamiento T1 (Josilac). Por último, la respuesta de energía bruta más baja se obtuvo en el tratamiento T2 (Silo mix) ya que establecieron un valor de 4184,94 kcal como se ilustra en el gráfico 8.3.

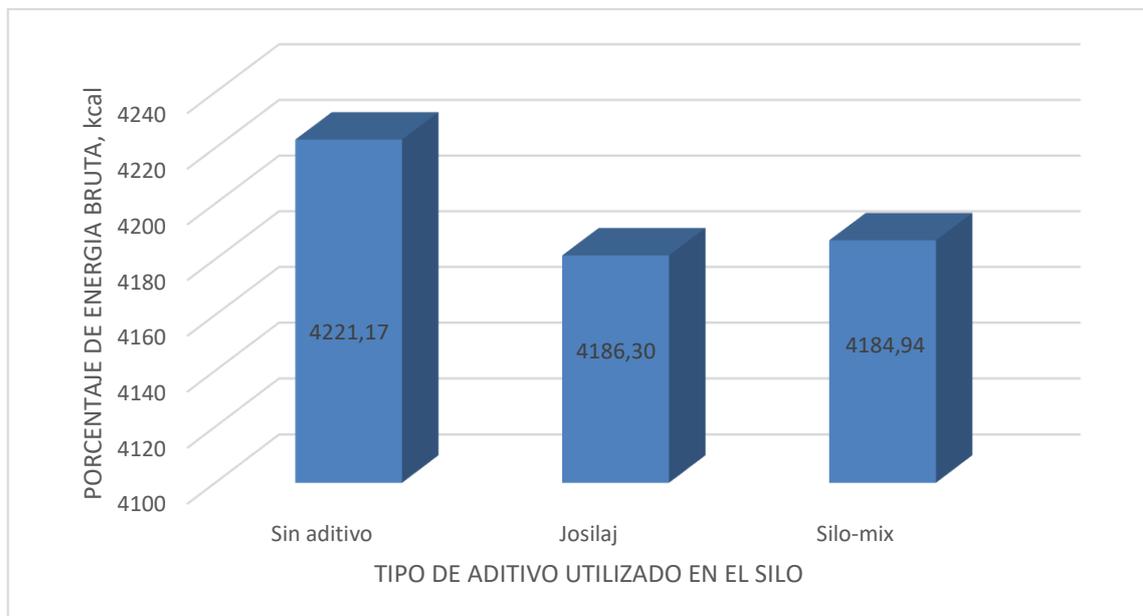


Gráfico 8-3: Porcentaje de energía bruta en el ensilaje de maíz (*Zea mays*) sobre calidad nutritiva del silo elaborado con dos aditivos.

Realizado por: Heredia, Andrés. 2020.

Los reportes antes mencionados de energía bruta permiten inferir que el mayor contenido de energía bruta fue determinado por el ensilaje del grupo control al respecto (Wingching, 2006 pág. 23) expresa que la primera medición en una evaluación de tipo nutricional de un ensilaje es el intercambio de energía que se define como energía bruta (EB), que es la cantidad de resolución de calor proveniente de la oxidación completa del alimento, el forraje, el tejido corporal, la leche y otras sustancias. De la energía bruta de los alimentos como es los ensilajes, no toda es utilizable y aprovechable por los animales.

Parte de la energía se pierde en el animal en forma de excreciones sólidas, líquidas y gaseosas; otra fracción se pierde como calor. Desde el punto de vista nutritivo el ensilado de maíz es un alimento de un elevado valor energético, bajo valor proteico y bajo contenido de minerales. La calidad de los ensilados de maíz ha mejorado en los últimos años, viéndose ahora ensilados con mayor contenido en almidón y menor en ceniza.

El ensilaje de maíz tiene un papel importante como forraje de invierno en muchos países, incluidos aquellos de regiones tropicales y subtropicales. Las razones que explican la popularidad alcanzada por el ensilaje de maíz son su elevado rendimiento en una sola cosecha, la facilidad para ensilarlo y el alto contenido de energía de su forraje.

Los resultados de la presente investigación son superiores al ser comparados con los registros de (Roblero, 2006 pág. 68) quien en su investigación de la evaluación comparativa nutricional y energética de cuatro genotipos de maíz en forma natural y ensilado reportó que el contenido de energía de los cuatro genotipos de maíz en forma natural ordenados de mayor a menor fueron para el Forrajero en experimentación 3250; para la variedad Comercial el promedio fue de 3190; y para el genotipo AN447 los resultados fueron de 2970.

3.1.9. pH

La valoración estadística del pH registró diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) entre tratamientos, estableciéndose que en el tratamiento T2 (Silo-mix) se presentó el mayor nivel de pH con un valor de 3,61; por el contrario, el tratamiento sin aditivo o control fue el que presentó menor nivel de pH con 3,52 %. Mientras que un valor medio fue reportado en el tratamiento T1 (Josilaj) en el cual se puede observar que el valor de pH obtenido fue de 3,57, como se ilustra en el gráfico 9-3.

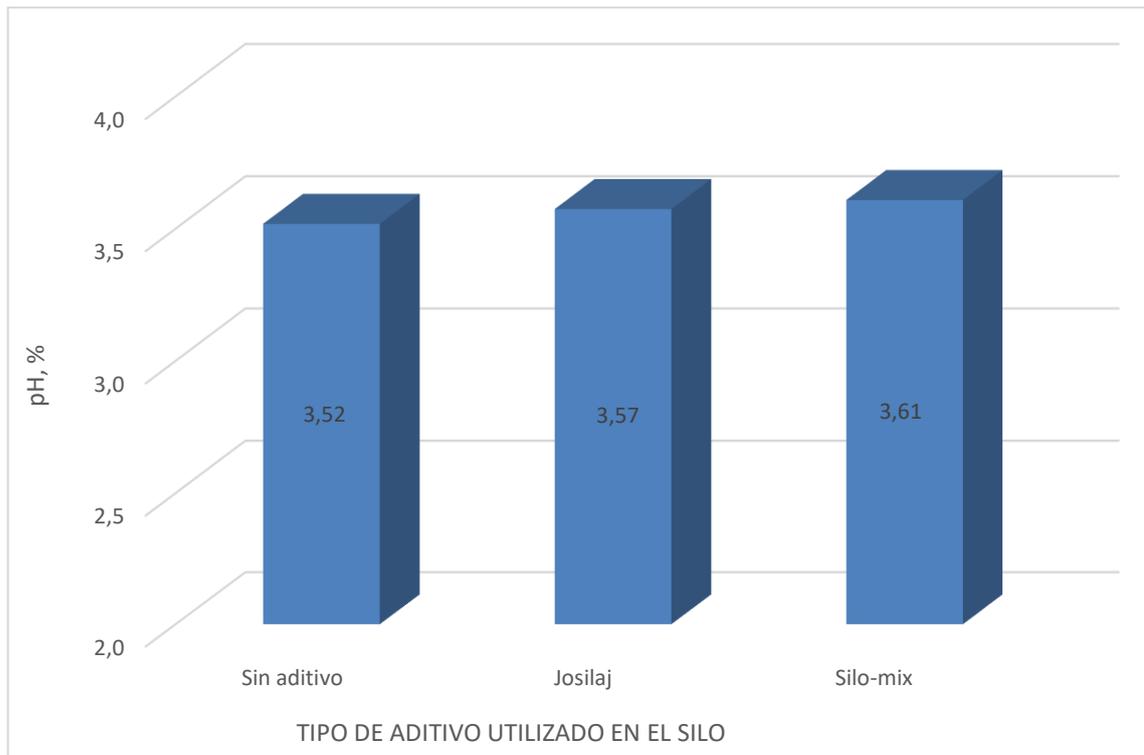


Gráfico 9-3: pH en el ensilaje de maíz (*Zea mays*) sobre calidad nutritiva del silo elaborado con dos aditivos.

Realizado por: Heredia, Andrés. 2020.

Del análisis descrito se aprecia que los resultados en los tres tratamientos demuestran un adecuado proceso de fermentación siendo mayor al utilizar el aditivo Silo-mix lo que es corroborado con lo manifestado por (Thomas, 2008 pág. 49), quien menciona que el descenso del pH obtenido en el presente trabajo, es evidencia de que el proceso de ensilaje se llevó a cabo con presencia de bacterias lácticas, las cuales degradan los azúcares solubles y hemicelulosas presentes en el forraje hasta ácido láctico, inhibiendo el crecimiento de bacterias antagónicas, permitiendo que el material permanezca estable, en tanto se mantengan las condiciones de anaerobiosis.

Cuando el pH de un ensilado es bajo, significa que, durante la fermentación, predominó la producción de ácido láctico y como consecuencia, prevalece la adecuada conservación del material. Se recomiendan un valor por debajo de 4,2 para una aceptable fermentación ya que puede ser un indicador de buena calidad de fermentación en ensilajes de bajo contenido en MS.

Los resultados de la presente investigación son ligeramente inferiores a los reportados por (Callacná, 2014 pág. 49) quien manifiesta que los valores de pH obtenidos en la evaluación están dentro de los rangos de pH aceptables para la etapa de fermentación del silaje de maíz, los valores de pH oscilaron entre 3.82 y 3.93 el pH fue menor para el control y ligeramente mayor para los

tratamientos pero son mayores a los registrados por (López, M., 2014 pág. 67), quien registro valores de 3.7 a 4.2. así como de (Escalante, 2018 pág. 59) , quien en su estudio de comparación de silo de maíz con y sin inoculante, reportaron valores de pH finales por debajo de 4,1; lo que demuestra que hubo buenas condiciones de anaerobiosis, humedad y concentración de carbohidratos, logrando así un descenso adecuado de pH para una correcta conservación del ensilado en ambos tratamientos. Estos resultados corroboran además lo planteado por Muck quien indica que valores de pH entre 3.5 y 4.2 son considerados satisfactorios en los ensilajes con fines comerciales

3.2. Análisis de la calidad sensorial del ensilaje de maíz (*Zea mays*), por efecto de la adición de dos aditivos la sobre calidad nutritiva del silo

3.1.2 Olor

Al evaluar la calidad sensorial del ensilaje de maíz (*Zea mays*) se aprecia que para la variable olor se registró significativas ($P > 0.01$), por efecto de la adición de dos aditivos que influyen sobre la calidad nutritiva del silo. Estableciéndose las respuestas más altas en el silo al que no se adicionó aditivo (T0), puesto que los valores fueron de 2 puntos, seguido de los registros determinados en el tratamiento T2 (Silo-mix), con respuestas de 2 puntos mientras tanto que los valores más bajos, pero al mismo tiempo los más eficientes fueron los reportados por el tratamiento T1 (Josilaj), puesto que las medias fueron de 1 punto, como se aprecia en la tabla 2-3.

Tabla 2-3: Análisis de la calidad sensorial del ensilaje de Maíz (*Zea mays*) por efecto de la adición de dos aditivos la sobre calidad nutritiva del silo.

VARIABLE ORGANOLEPTICA	TIPO DE ADITIVO			P	Sign
	Sin aditivo T0	Josilaj T1	Silo-mix T2		
Olor	2 B	1 A	2 B	0.0019	*
Color	1 A	2 B	2 B	0.0019	*
Textura	2 B	2 B	1 A	0.0019	*

ns: Las diferencias no son significativas

Realizado por: Heredia, Andrés. 2020.

Es decir que los reportes más eficientes se alcanzan al incluir el aditivo denominado Josilaj (T1), debido a que las referencias de calificación indican que los valores más cercanos a 1 punto son indicativos de un silo con un olor muy agradable ideal para el consumo animal, en tanto que valores más altos representan una degradación en la calificación del olor del silo, como se observa en el Gráfico 10-3.

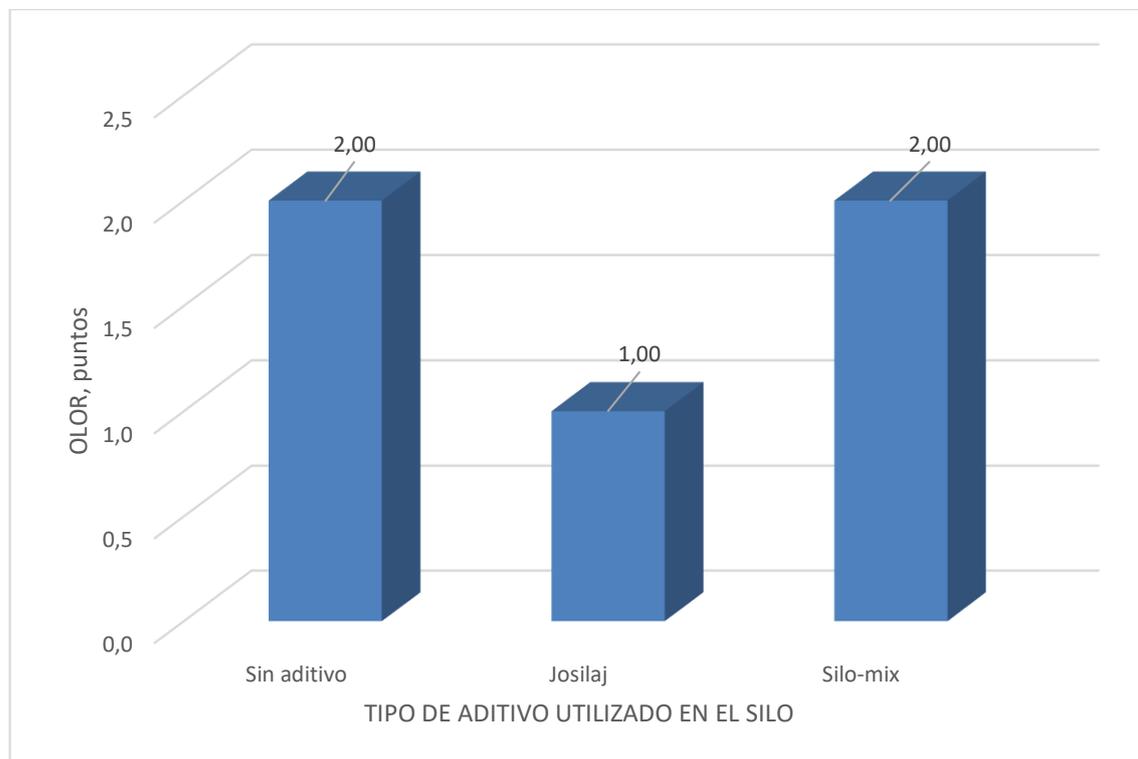


Gráfico 10-3: Olor del ensilaje de maíz (*Zea mays*) sobre calidad nutritiva del silo elaborado con dos aditivos.

Realizado por: Heredia, Andrés. 2020.

Al respecto (Cañete, 1998 p. 45), menciona que el silo es una de las principales alternativas de suplementación a la hora de alimentar al ganado en épocas difíciles, ya sea fabricado in situ o adquirido en lugares que lo comercializan pero es necesario tomar en cuenta que el producto que se le brinde al bovino sea de calidad, para asegurar su palatabilidad.

El ensilado que se fermenta normalmente, puede oler ligeramente dulce, pero típicamente tiene poco olor porque el ácido más prevalente es el lactato, que casi no tiene olor. Un olor ligero a vinagre es otra posibilidad para el ensilado normal, porque el ácido acético es el segundo producto final de la fermentación y es muy volátil. Un olor fuerte a vinagre, usualmente acompañado por un color amarillo, indica que el ensilado contiene más ácido acético que ácido láctico.

Esto es debido a los números bajos de bacterias productoras de ácido láctico y puede ocurrir cuando la cosecha tiene niveles bajos de azúcar o se ensiló muy húmedo. Es recomendable que al

abrir el recipiente donde se estaba guardado el silo se desprenda una fragancia aromática y agradable, como a hierbas. Cuando el producto tiene un olor característico, y agradable el ganado se acostumbrará a consumirlo puesto que tan solo lo va a percibir y se va a acercar hasta los comederos; puesto que, el olor de un buen silo deberá ser muy agradable y ligeramente ácido.

Los silos que presentan un olor a frutas o levadura indican una pequeña fermentación indeseable; muy ácido, indica excesiva humedad del forraje al ensilarlo. Son indeseables, el olor a tabaco, fuerte olor a quemado o a caramelo, que indican calentamiento excesivo y los olores a podrido y a hongos. Algunas especies de bacterias de género *Clostridium* actúan sobre los azúcares y ácido láctico produciendo ácido butírico (olor desagradable), ácido acético (olor a vinagre), gas carbónico, hidrógeno y alcohol butírico. Otras especies y cepas actúan sobre las proteínas y desprenden amoníaco y varios ácidos de olores desagradables. Todas estas fermentaciones o putrefacciones deterioran el forraje, lo que puede también afectar su palatabilidad.

3.1.3 Color

La evaluación de la característica de color del silo preparado con maíz, reportó diferencias significativas ($P > 0.01$), por efecto de la adición de diferentes aditivos estableciéndose los resultados más altos en el silo preparado con Silo mix (T2), puesto que la calificación fue de 2 puntos, de igual manera el T1 (Josilac) obtuvo 2 puntos, mientras tanto que los resultados más bajos fueron registrados por los silos del grupo control con medias de 1 punto, como se observa en el Gráfico 11-3.

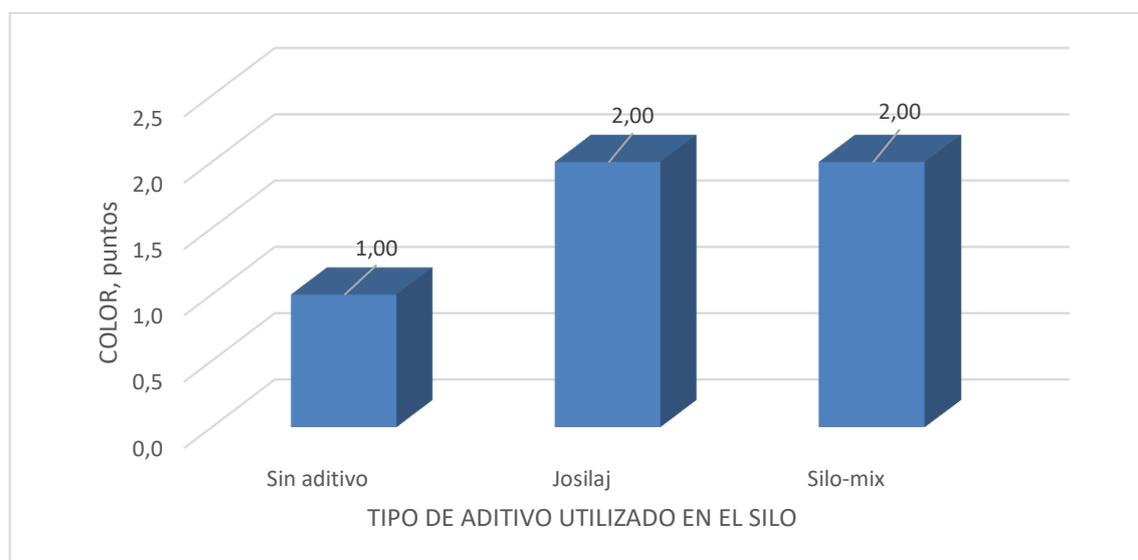


Gráfico 11-3: Color del ensilaje de maíz (*Zea mays*), sobre calidad nutritiva del silo elaborado con dos aditivos.

Realizado por: Heredia, Andrés. 2020.

Es decir que el mejor color del ensilaje de maíz (*Zea mays*) del silo se presenta al no adicionar aditivo lo que puede deberse a lo manifestado por (Del Pino, 2019 p. 62) , quien manifiesta que las características de un buen ensilaje, están dadas por el contenido de granos, el color, el olor, la estructura y composición química, los primeros se califican por observación directa y los dos últimos se determinan a través de análisis de laboratorio.

En cuanto al color, un buen silo debe conservar el verde natural de la planta, a verde oliva. son aceptables un verde amarillento o ligeramente pardo (café claro) y, en caso que las plantas hayan sufrido heladas, un amarillo claro. Son indeseables el café oscuro o negro, pues indican un calentamiento excesivo y el blanco o gris, que es el efecto de una gran proliferación de hongos (percán). Los grados en que cambia de color indican, en cierta medida, la gravedad del daño. Primero el verde cambia a amarillo, luego el amarillo se oscurece y transforma en pardo claro, después pardo cada vez más oscuro hasta llegar a café oscuro e incluso negro.

3.1.4 Textura

Los valores medios determinados por la textura se reportaron diferencias estadísticas ($P > 0.05$), por efecto de la inclusión de diferentes aditivos en el silo de maíz (*Zea mays*), apreciándose las calificaciones más altas en las muestras del tratamiento control (T0), puesto que las media fue de 2 puntos seguida de los reportes del tratamiento T1 (Josilac), con resultados medios de 2 puntos, por otra parte las respuestas reportadas en los silos del tratamiento T2 (Silo-mix), fueron de calificaciones de 1 punto como se ilustra en el gráfico 12-3.

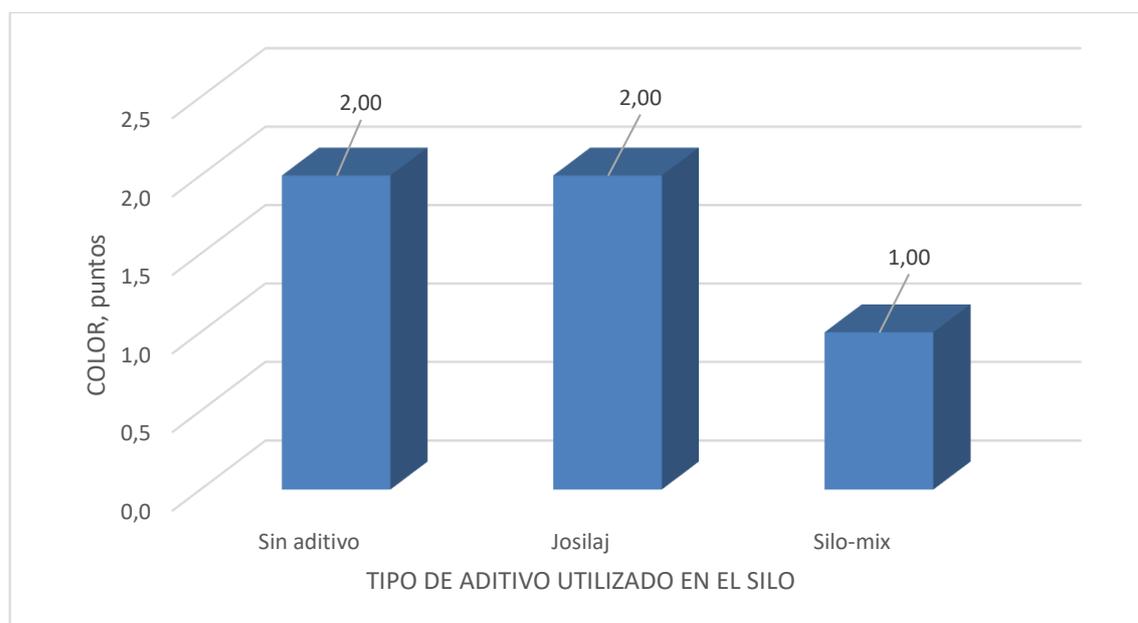


Gráfico 12-3: textura del ensilaje de maíz (*Zea mays*), sobre calidad nutritiva del silo elaborado con dos aditivos.

Realizado por: Heredia, Andrés. 2020.

Es decir que una mejor textura del silo de maíz se consiguen al aplicar el aditivo Silo-mix (T2), ya que la puntuación se acerca a la unidad y que es una condición que se presenta en los silos que tienen una textura muy buena ya que esta calificación es otro indicador de calidad, tanto del proceso de ensilado como de una buena fermentación, ya que una estructura firme y compacta permite conservar los contornos durante los cortes, lo que aumenta su estabilidad y constancia en la calidad e inocuidad.

Lo que es corroborado con lo que indica (Contreras, 2019 pág. 42), el momento adecuado para realizar el corte del maíz para su ensilado se sitúa entre el 30 y 35 % de contenido de materia seca para conseguir una mejor característica de textura del ensilaje que es muy importante puesto que de ella depende la palatabilidad del mismo, una textura se considera de buena calidad cuando el maíz conserva todos sus contornos bien definidos se aprecian vellosidades como se observa en el producto original las hojas permanecen unidas a los tallos, debe presentar una textura firme. El material pastoso o pegajoso es índice de mala calidad.

La textura de un ensilado debe ser firme, blanda y viscosa, así como floja y mullida que es sinónimo de un adecuado procesamiento, cuando un ensilado presenta exceso de humedad que se encuentra en estado maduro que el picado ha sido grueso por lo que se presenta poca compactación el ensilado será de mala calidad.

3.2.1. Palatabilidad

En el análisis de la palatabilidad del ensilaje de maíz (*Zea mays*), elaborado con dos aditivos, se aprecia que en todas las repeticiones la calificación fue de muy palatable es decir que el animal (bovino), lo consume con mucho agrado por su sabor , olor y color agradable lo que es corroborado con las apreciaciones de (Cardoso, 2013 p. 52), quien manifiesta que el ensilaje es una excelente opción para la alimentación en las ganaderías del país por la gran variedad de granos y forrajes, la intensidad solar y el nivel de lluvias que existen. La elaboración de ensilaje, es muy importante para almacenar alimento en tiempos de cosecha y suministrarlo en tiempo de escasez, conservando calidad y palatabilidad a bajo costo, permitiendo aumentar el número de animales por hectárea o la sustitución o complementación de los concentrados. La idea de palatabilidad se emplea para aludir a la cualidad de un alimento, pienso o ensilaje que resulta agradable al paladar. Puede entenderse como el placer que el bovino experimenta al ingerir un alimento en este caso un ensilado que pese a ser almacenado y conservado por un tiempo no pierde esta característica.

Por lo tanto, se afirma que todos los tratamientos presentan una muy buena palatabilidad asegurando así el consumo.

3.3. Evaluación económica

Al realizar la evaluación económica de la producción de ensilaje de maíz utilizando diferentes aditivos que se aprecian en la tabla 3-3, se aprecian como egresos totales que resultan de gastos ocasionados por la preparación del terreno, siembra, cosecha, fertilización, y compra de diversos productos para la elaboración del ensilado, entre otros, valores de: \$ 1294: \$ 1372 y \$ 1404 en el grupo control y al utilizar Josilaj (T1), y Silo-mix (T2), respectivamente.

Una vez determinados los egresos se procedió a la venta de las fundas de ensilado dando respuestas de: \$ 1720: \$ 2064 y \$ 2064 para los tratamientos T0, T1 y T2 en su orden. Por lo tanto al dividir los ingresos para los egresos se obtuvo una relación beneficio costo de 1.50 que es la más alta, al utilizar el aditivo Josilaj (T1), es decir que por cada dólar invertido se espera una ganancia del 50 % o de 50 centavos de dólar seguido de las respuestas registradas en el tratamiento T2 (Silo-mix), puesto que el valor fue de 1.47 o una utilidad de 47 centavos y por último la relación más bajas fue la determinadas en las muestras del tratamiento control (T0), con valores de 1.33 es decir que por cada dólar invertido se espera una rentabilidad de 33 centavos de dólar.

De los reportes enunciados se aprecian que las rentabilidades bordean los 33 al 50 % que son muy alentadores sobre todo por constituirse una gran alternativa para solucionar el problema de alimentación de las vacas en zonas o épocas de tiempo que no se puede disponer de los nutrientes para la alimentación, por lo tanto, al realizar esta técnica de ensilado no solo estamos ayudando a cumplir con los requerimientos nutricionales que necesita el animal. sino también aseguramos tener alimento de buena calidad tanto bromatológica como sensorial.

Sin embargo, económicamente la aplicación del aditivo Josilaj (T1), mejora la rentabilidad de la producción del silo de maíz, puesto que registra el mayor índice de beneficio costo, sin detrimento de la calidad del alimento puesto que conserva el buen sabor y el valor nutritivo por varios años, es una buena fuente de vitamina A para el ganado.

Tabla 3-3: Evaluación económica de la producción de ensilaje de maíz utilizando diferentes aditivos

Concepto	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total	TRATAMIENTOS		
					T0	T1 Josilaj	T2 Silomix
Preparación del terreno	horas	4	12.00	48.00	48.00	48.00	48.00
Siembra	maquina	2	18.00	36.00	36.00	36.00	36.00
Semilla	bolsa/ha	1	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00
Maquina	maquina	0	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Jornaleros	persona/día	1	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
Control de maleza	sellante	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	atrazina	1	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00
	Fertimix	12	26.70	320.40	320.40	320.40	320.40
Fertilización-siembra	cloruro de potasio	1	42.00	42.00	42.00	42.00	42.00
	urea	2	25.00	50.00	50.00	50.00	50.00
Fertilización-post-siembra	fertimix	12	26.70	320.40	320.40	320.40	320.40
Control gusano 1	n/a	0	12.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Control gusano 2	n/a	0	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Control gusano 3	n/a	0	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	glifosato	3	6.50	19.50	19.50	19.50	19.50
Control de malezas	jornales	3	12.00	36.00	36.00	36.00	36.00
Foliar	jornales	2	12.00	24.00	24.00	24.00	24.00
Foliar	galón	2	15.00	30.00	30.00	30.00	30.00
Foliar 2	jornales	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Foliar 2	galón	2	15.00	30.00	30.00	30.00	30.00
	urea	1	25	25.00	25.00	25.00	25.00
Fertilización 3	fertimix	1	26.7	26.70	26.70	26.70	26.70
Cosecha	horas	15	12	180.00	180.00	180.00	180.00
	maquina	2	12	24.00	24.00	24.00	24.00
Elaboración del silo							
Aditivo 1	gorila	1	78	78.00		78.00	
Aditivo 2	silomix	1	110	110.00			110.00
Fundas	funda	220	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total egresos					1294.00	1372.00	1404.00
Pdn de forraje	tonelada			11.00			
Venta de silos tipo funda	quintal	220	5,00 -8,00	344.00	1720	2064	2064
Total ingresos					1720	2064	2064
B/C					1.33	1.50	1.47

Realizado por: Heredia, Andrés. 2020.

CONCLUSIONES

- En lo referente a proteína y extracto etéreo, no se observan diferencias significativas, sin embargo, numéricamente el mejor resultado presenta el (T2) con un promedio de 8,00 % frente a 7,95 % (T0) y 7,77 % (T1) para proteína; el extracto etéreo fue de 1.89 % frente a 1,78 %, 1,82 % (T0) y (T1) respectivamente.
- Los análisis bromatológicos del silo de maíz fueron similares entre los tratamientos, sin embargo, con la adición de Silo-mix (T2) se obtuvieron diferencias altamente significativas en el porcentaje de cenizas con un promedio de 8,09% frente a 7,74 % (T1) y 6,93 % del (T0); de igual manera en el pH fueron altamente significativas siendo mejor el (T0) con un promedio del 3,52 % frente a 3,57 % (T1) y 3,61 (T2), que son parámetros óptimos para producir un sustituto adecuado para la alimentación de vacas.
- La evaluación organoléptica presento un mejor olor utilizando el aditivo Josilaj (T1) con 1 punto frente a 2 puntos (T0) y 2 puntos (T2), mientras tanto que la mayor puntuación de textura se consiguió al utilizar el Silo-mix (T2) con un valor de 1 punto siendo mejor a 2 puntos (T0) y 1 punto del (T1); estos son indicativos de una buena elaboración y calidad del silo, esto mejora la palatabilidad del ensilado; tomando en cuenta la tabla de valoración organoléptica siendo 1 el valor ideal.
- La relación beneficio costo fue mayor al utilizar el aditivo Josilac (T1), puesto que el valor fue de 1.50 lo que quiere indicar que por cada dólar invertido se espera una utilidad de 50 centavos es decir el 50 %; resultando este tratamiento una mejor alternativa que reflejara una excelente productividad, más aún en la situación económica actual del país donde se exige una ganadería más eficiente.
- En general son varios factores que determinan la calidad y valor nutricional de un ensilaje desde la selección de la variedad de maíz, grado de maduración, humedad, estado fenológico, picado, tamaño de partícula, compactación y fermentación, estos factores más la adecuada utilización del aditivo influenciarán en la calidad del ensilaje.

RECOMENDACIONES

- Utilizar aditivos en el ensilado como el Silo-mix (T2), puesto que su respuesta fue optima mejorando las características bromatológicas y a su vez mejorando la calidad nutritiva del silo de maíz, que será utilizado para la alimentación de las vacas.
- Realizar el ensilaje utilizando aditivos como: Silo-mix o Josilac ya que estos mejoran las características organolépticas convirtiendo a este ensilaje en un alimento más palatable, consecuentemente existirá un mayor consumo y aceptación por parte de los animales.
- Inclusión en la ganadería de los micro silos en bolsas de 45 kg, ya que ofrecen a los productores una nueva herramienta para el manejo de explotaciones medianas especialmente para alimentar a pequeños grupos de animales.
- Difundir los resultados obtenidos en la presente investigación a nivel de pequeños y medianos productores recomendado el uso o aplicación de aditivos para producción de ensilajes maíz puesto que es una herramienta importante, ya que esta técnica es una alternativa al momento de no disponer de alimento suficiente, además de complementar los requerimientos nutricionales de la vaca, a un precio moderado.

BIBLIOGRAFÍA

ALDRICH, S. & LENG, E. *Producción moderna de maíz*. Buenos Aires, Argentina: Hemisferio Sur. 1974, pp. 12-87.

ARAIZA, R. & DELGADO, L. Degradabilidad ruminal in situ y digestibilidad in vitro de diferentes formulaciones de ensilados de maíz-manzana adicionados con melaza. *Avances en Investigación Agropecuaria* [en línea], 2013, (México) Vol 17 (2), pp. 23-78. [Consulta: 20 junio 2020]. ISSN 0188-7890. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83726339007>

BUSTAMANTE, J. *Estrategias de alimentación para la ganadería bovina en Nayarit*. Ciudad de México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias., 2012, pp 22-34.

CALLACNÁ, M.; et al. Características nutritivas del ensilaje mixto de maíz chala (*Zea mays* L.) y broza de espárrago (*Asparagus officinalis*) con melaza - urea e inóculo bacteriano como suplemento alimenticio para cabras en sistema semi extensivo. *SCIENDO* [en línea], 2014, (Perú) Vol. (17), pp. 49. [Consulta: 25 mayo 2020]. ISSN 1681-7230. Disponible en: <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/SCIENDO/article/view/1049/978>

CAÑETE, M. & SACHA, J. Ensilado de forrajes y su empleo en la alimentación de rumiantes. *Revista de la Sociedad Española para el estudio de los pastos* [en línea], 1998, (España) Vol. 28 (2), pp. 12-23-45. [Consulta: 10 junio 2020]. ISSN 0210-1270. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5121403>

CARABALLO, A. Efecto de la melaza, estado fisiológico del pasto y tamaño del material cosechado sobre el ensilado de pasto guinea (*Panicum máximum* Jacq.) y Maíz (*Zea mays*). [En línea]. 2012. [Consulta: 22 de junio de 2020]. Disponible en: www2.scielo.org/ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid.es.

CARDOSO, E. Evaluación Y Validación De La Tecnología De Producción De Bioensilaje A Partir De Los Residuos De Cosecha De Maíz Para La Alimentación de vacas productoras de Leche En La Serranía Ecuatoriana [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2013. pp 52-56. [Consulta: 2020-04-30]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2995>

CASTILLO, M.; et al. VALOR NUTRICIONAL DEL ENSILAJE DE MAÍZ CULTIVADO EN ASOCIO CON VIGNA (*Vigna radiata*). *Agronomía Costarricense* [en línea], 2009, (Costa Rica) Vol. 1, pp. 45-46. [Consulta: 18 mayo 2020]. ISSN 0377-9424 / 2009. Disponible en: https://www.mag.go.cr/rev_agr/v33n01-133.pdf

CONTRERAS, F. Inoculantes Microbiales para ensilaje. *Focus on Forage* [en línea], 2019, (Estados Unidos) Vol. (8), pp. 12-98. [Consulta: 10 abril 2020]. Disponible en: <https://fyi.extension.wisc.edu/forage/files/2014/01/Microbial-InoculantsSilage-Espanol.pdf>

CRESPO, S. Consejos para un buen ensilado del maíz: el momento de corte. *Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo* [en línea], 2015, (España), pp. 21-76. [Consulta: 09 abril 2020]. Disponible en: <https://www.campogalego.es/consejos-parabuen-ensilado-del-maiz-el-momento-de-corte/>

DE GRACIA, M. *Guía para el análisis bromatológico de muestras de forrajes* [en línea]. Panamá: Facultad de Ciencias Agropecuarias Universidad de Panamá, 2019. [Consulta: 12 mayo 2020]. Disponible en: <https://msdegraciag-ciencianimal.com/Folleto%20de%20Laboratorio.pdf>

DE LA ROZA, B. *El ensilado en zonas húmedas y sus indicadores de calidad*. Madrid, España: Universidad de Cataluña, 2005. pp. 23-98.

DEL PINO, R. *Determinación de la humedad de ensilajes de maíz inmaduro*. [blog]. 2019. [Consulta: 23 mayo 2020]. Disponible en: <https://www.agroterra.com/blog/profesionales/determinacion-de-la-humedad-de-ensilajes-de-maiz-inmaduro/75686/>.

DEMANET, F. *Manual de Especies Forrajeras. Plan Lechero Watt's, CORFO*, [ed.] Chile. 163 p. Sniffen C.J. & Ward R., 2011. Using Starch Digestibility Information in Ration Balancing. Universidad de La Frontera. Osorno. Valparaíso : Advances in Dairy Technology, 2014, pp. 23-121.

ESCALANTE, J. & FOCKE, M. *Efecto de un inoculante en la calidad fermentativa en el ensilaje de maíz Zea mays var. Elena UNLPam*. Universidad Nacional de la Pampa, La Pampa, Argentina: UNP, 2018, pp. 59.

ESTACIÓN METEOROLÓGICA DE LA FACULTAD DE RECURSOS NATURALES. Registros de las condiciones meteorológicas del cantón Riobamba. *Meteorología*. Riobamba, Chimborazo, Ecuador: ESPOCH, 22 de Marzo de 2019.

ESTEFANO, R. *Características de los silos tipo bolsa*. [blog]. 2017. [Consulta: 21 Marzo de 2020]. Disponible en: <https://www.agricultura.gob.ec/silos-bolsa/>.

MARTINEZ, A.; et al. *Evaluación in vitro de un ensilado de estiércol, rastrojo de maíz y melaza*. no.3, Tabasco: s.n., 2008, Universidad y ciencia, Vol. vol. 24, pp. 23 -28.

FLORES, M. *Bromatología animal*. México DF, México: Limusa, 1983, pp. 23.

FONSECA, E. 2010. CULTIVO DE MAÍZ. [en línea]. 2010. [Consulta: 22 de Mayo de 2020]. Disponible en: <http://jenny-wwwagroalimentoscultivados.blogspot.com/2010/05/labores-culturales.html>.

FUENTES, J.; et al. 2001. *Análisis químico y digestibilidad in vitro de rastrojo de maíz (Zea Mays L.)*. s.l. : Agronomía Mesoamericana, 2001, pp. 12:189-192.

GARCÉS, M.; et al. Ensilaje como fuente de alimentación para el ganado. Lasallista de Investigación [En línea], 2004, (Colombia) Vol. (1), pp. 66-70, ISSN 1794-4449. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69511010>

GUALOTO, A. Evaluación del contenido nutricional del silaje de maíz en forma de microsilos inoculado con bacterias ácido lácticas [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Pichincha, Ecuador. 2013. pp. 23-67. [Consulta: 2020-05-10]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/4767>.

GUARDIÁN, M. *Evaluación del potencial de ensilabilidad y valor nutricional del ensilado de cuatro variedades de costarricenses de maíz en santa Lucía de Barva, Heredia*. Universidad Nacional de Costa Rica, Heredia, Costa Rica: UNCR, 2018. pp. 39-54.

GUERRA, P. *PAQUETE TECNOLÓGICO PARA LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ FORRAJERO EN CHIHUAHUA* [en línea]. Aldama Chihuahua-México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, 2014. [Consulta: 14 Abril 2020]. Disponible en: <https://www.producechihuahua.org/paqs/PT-0012MaizForrajero.pdf>

HANSEN, C. Evaluando la Calidad del Ensilaje. [en línea]. 2014. [Consulta: 25 mayo de 2020]. Disponible en: <https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/evaluando-calidad-ensilaje-t31288.htm>.

HERNÁNDEZ, V.; et al. *Caracterización de enzimas celulolíticas sintetizadas por bacterias de ambientes extremos. Vol.43.* Segunda edición. Ciudad de Mexico, México: El Azteca, 2009, pp. 137-142.

KAPPERNY, T. Valores nutricionales de un ensilaje. [en línea]. 2019. [Consulta: 12 de junio de 2020]. Disponible: <http://www.fundacionfedna.org/forrajes/ensilado-de-maiz>.

LORENZO, S.; et al. Densidad de siembra en fríjol *Vigna radiata* (L) en dos épocas, en suelos fluvisoles. *Revista Electrónica Granma Ciencia*, Volumen 5 n° 2 (2001), (Estados Unidos) pp. 39-67.

LÓPEZ, M.; et al. Valor nutricional del ensilaje de rastrojo de piña con niveles crecientes de urea *Nutrición Animal Tropical* [en línea], 2014, (Costa Rica) Vol. Dos, pp. 67. [Consulta: 20 febrero 2020]. ISSN 2215-3527. Disponible en: <https://revistas.ucr.accc.cr/index.php/nutrianimal/article/view/14989/14249>.

OLMEDO, S. Utilización de diferentes niveles de ensilaje de maíz en la alimentación de cuyes en la etapa de crecimiento y engorde [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2015. pp. 39-42. [Consulta: 2020-04-25] Disponible en: <http://dspace.espace.edu.ec/handle/123456789/5255>

OLVERA, I. Calidad nutricia del ensilaje de maíz tratado con diferentes aditivos [En línea] (Trabajo de Titulación). (Ingeniería) Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Mexico. 2016. pp. 21. [Consulta: 2020-05-20]. Disponible en: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/8112/64107%20OLVERA%20LEAL,%20IVAN%20%20%20TESIS.pdf?sequence=1>

RIBEIRO, L.; et al. *Consideraciones sobre ensilajes de sorgo. Jornada sobre Producción y Utilización de Ensilajes.* Universidad Federal de Minas Gerais. Vol. 5, Brasilia, Brasil : UFMG, 2007. pp. 56.

ROBLERO, J. Evaluación comparación Nutricional y Energética de cuatro Genotipos de maíz en forma natural y ensilado [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Coahuila, México. 2006. pp. 68. [Consulta: 2020-02-20]. Disponible en: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5950/T15369%20ROBLERO%20L%D3PEZ,%20JUAN%20JOSE%20%20TESIS.pdf?sequence=1>

SOLÍS, R. & BARROS, M. 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 [En línea] (Trabajo de Titulación). (Médico Veterinario y Zootecnista) Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador. 2017. pp. 43-78. [Consulta: 2020-03-30]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/26308>

SOMARRIBAS, M. Efecto de diferentes densidades de maíz y diferentes agotamientos del agua disponible en el suelo sobre la producción de forraje de maíz asociado con mucuna. (Trabajo de titulación) (Maestría). Universidad de Costa Rica, San José-Costa Rica. 2007. pp. 16,43,76.

THOMAS, J. *Preservatives for conserved forage crops.* Boston : Recalty, 2008. pp. 47(3):721-735.

TOBIAS, C. Introducción del ensilaje de soya en un sistema de producción intensiva de leche en el trópico húmedo de Costa Rica [En línea] (Trabajo de Titulación). (Doctorado) Universidad de

San José, Costa Rica. 2004. pp. 12-91. [Consulta: 2020-04-20]. Disponible en: <https://isbn.cloud/9789968454483/introduccion-del-ensilaje-de-soya-en-un-sistema-de-produccion-intensiva-del-leche-en-el-tropico/>

VILLALOBOS, L. Disponibilidad y valor nutricional del pasto Ryegrass perenne tetraploide (*Lolium perenne*) en las zonas altas de Costa Rica [En línea] (Trabajo de Titulación). (Ingeniería) Universidad de Costa Rica. 2006. pp. 34-41-65. [Consulta: 2020-06-25]. Disponible en: <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/430>

WINGCHING, R. & ROJAS, A. *Composición Nutricional y Características Fermentativas Del Ensilaje De Maní Forrajero*. 2° ed. San Jose - Costa Rica: Agronomía Costarricense, 2006. pp. 12-23-34-61-91.

ANEXOS

ANEXO A. Porcentaje de humedad en el silo.

1. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Tratamiento	Repeticiones					SUMA	PROMEDIO
	I	II	III	IV	V		
T0 (sin aditivo)	76,50	77,37	77,70	76,56	77,78	385,91	77,18
T1 (Josilaj)	77,47	76,80	77,27	76,66	76,21	384,41	76,88
T2 (Silo-mix)	76,92	77,10	76,87	77,23	76,86	384,98	77,00
Promedio General						1155,30	77,02
Desviación Estándar							0,45
Coefficiente de variación							0,61

Realizado por: Heredia, Andrés, 2020.

2. ANALISIS DE VARIANZA

F.V.	S.C.	gl.	CM	F	P-valor
Tratamiento	0,23	2	0,11	0,52	0,6048
Error	2,62	12	0,22		
Total	2,85	14			

Realizado por: Heredia, Andrés, 2020.

3. MEDIAS Y ASIGNACIÓN DE RANGOS DE ACUERDO A LA PRUEBA DE TUKEY ($P \leq 0,05$)

Tratamiento	Medias	N	E.E.	Rango
T0 (sin aditivo)	77,18	5	0,21	A
T2 (silo-mix)	77,00	5	0,21	A
T1 (josilac)	76,88	5	0,21	A

Medias con una letra común no son significativos diferentes ($p > 0,05$)

Realizado por: Heredia, Andrés, 2020.

ANEXO B. Porcentaje de materia seca en el silo.

1. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Tratamiento	Repeticiones					SUMA	PROMEDIO
	I	II	III	IV	V		
T0 (sin aditivo)	23,49	22,63	22,30	23,44	22,22	114,08	22,82
T1 (Josilaj)	22,53	23,20	22,73	23,34	23,79	115,59	23,12
T2 (Silo-mix)	23,08	22,19	23,19	23,24	23,82	115,92	23,18
Promedio General						348,75	23,03
Desviación Estándar							0,46
Coefficiente de variación							1,99

Realizado por: Heredia, Andrés, 2020.

2. ANALISIS DE VARIANZA

F.V.	S.C.	gl.	CM	F	P-valor
Tratamiento	0,38	2	0,19	0,91	0,4274
Error	2,53	12	0,21		
Total	2,91	14			

Realizado por: Heredia, Andrés, 2020.

3. MEDIAS Y ASIGNACIÓN DE RANGOS DE ACUERDO A LA PRUEBA DE TUKEY ($P \leq 0,05$)

Tratamiento	Medias	n	E.E.	Rango
T2 (silo-mix)	23,18	5	0,21	A
T1 (josilac)	23,12	5	0,21	A
T0 (sin aditivo)	22,82	5	0,21	A

Medias con una letra común no son significativos diferentes ($p > 0,05$)

Realizado por: Heredia, Andrés, 2020.

ANEXO C. Porcentaje de cenizas en el silo.

1. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Tratamiento	Repeticiones					SUMA	PROMEDIO
	I	II	III	IV	V		
T0 (sin aditivo)	6,78	6,78	7,04	7,09	6,98	34,67	6,934
T1 (Josilaj)	7,63	7,83	7,91	7,68	7,67	38,72	7,744
T2 (Silo-mix)	8,05	8,02	8,55	8,09	8,13	40,34	8,09
Promedio General						113,73	7,58
Desviación Estándar							0,50
Coefficiente de variación							1,47

Realizado por: Heredia, Andrés, 2020.

2. ANALISIS DE VARIANZA

F.V.	S.C.	gl.	CM	F	P-valor
Tratamiento	3,41	2	1,71	136,54	<0,0001
Error	0,15	12	0,01		
Total	3,56	14			

Realizado por: Heredia, Andrés, 2020.

3. MEDIAS Y ASIGNACIÓN DE RANGOS DE ACUERDO A LA PRUEBA DE TUKEY ($P \leq 0,05$)

Tratamiento	Medias	n	E.E.	Rango
T0 (sin aditivo)	6,93	5	0,11	A
T1 (josilac)	7,74	5	0,11	B
T2 (silo-mix)	8,09	5	0,11	B

Medias con una letra común no son significativos diferentes ($p > 0,01$)

Realizado por: Heredia, Andrés, 2020.

ANEXO D. Porcentaje de extracto etéreo en el silo.

1. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Tratamiento	Repeticiones					SUMA	PROMEDIO
	I	II	III	IV	V		
T0 (sin aditivo)	1,88	2,12	1,74	1,71	1,71	9,16	1,78
T1 (Josilaj)	1,69	1,71	1,76	1,92	2,02	9,10	1,82
T2 (Silo-mix)	1,89	1,63	2,20	1,97	1,78	9,47	1,89
Promedio General						27,73	1,85
Desviación Estándar							0,19
Coefficiente de variación							9,73

Realizado por: Heredia, Andrés, 2020.

2. ANALISIS DE VARIANZA

F.V.	S.C.	gl.	CM	F	P-valor
Tratamiento	0,02	2	0,01	0,24	0,7874
Error	0,39	12	0,03		
Total	0,40	14			

Realizado por: Heredia, Andrés, 2020.

3. MEDIAS Y ASIGNACIÓN DE RANGOS DE ACUERDO A LA PRUEBA DE TUKEY ($P \leq 0,05$)

Tratamiento	Medias	n	E.E.	Rango
T2 (sin aditivo)	1,89	5	0,08	A
T0 (josilac)	1,78	5	0,08	A
T1 (silo-mix)	1,82	5	0,08	A

Medias con una letra común no son significativos diferentes ($p > 0,05$)

Realizado por: Heredia, Andrés, 2020.

ANEXO E. Porcentaje de proteína en el silo.

1. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Tratamiento	Repeticiones					SUMA	PROMEDIO
	I	II	III	IV	V		
T0 (sin aditivo)	7,75	7,93	8,49	7,54	8,06	39,77	7,95
T1 (Josilaj)	7,96	7,78	7,58	7,47	8,08	38,87	7,77
T2 (Silo-mix)	8,14	7,75	7,89	8,09	8,13	40	8,00
Promedio General						118,64	7,91
Desviación Estándar							0,27
Coefficiente de variación							3,44

Realizado por: Heredia, Andrés, 2020.

2. ANALISIS DE VARIANZA

F.V.	S.C.	gl.	CM	F	P-valor
Tratamiento	0,14	2	0,07	0,96	0,4097
Error	0,89	12	0,07		
Total	1,03	14			

Realizado por: Heredia, Andrés, 2020.

3. MEDIAS Y ASIGNACIÓN DE RANGOS DE ACUERDO A LA PRUEBA DE TUKEY ($P \leq 0,05$)

Tratamiento	Medias	n	E.E.	Rango
T2 (silo-mix)	8,00	5	0,12	A
T0 (sin aditivo)	7,95	5	0,12	A
T1 (josilac)	7,77	5	0,12	A

Medias con una letra común no son significativos diferentes ($p > 0,05$)

Realizado por: Heredia, Andrés, 2020.

ANEXO F. Porcentaje de fibra en el silo.

1. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Tratamiento	Repeticiones					SUMA	PROMEDIO
	I	II	III	IV	V		
T0 (sin aditivo)	27,01	31,26	28,91	30,58	30,71	151,15	30,23
T1 (Josilaj)	30,93	30,93	30,57	29,75	29,52	151,70	30,34
T2 (Silo-mix)	31,10	32,56	29,53	30,23	30,14	154,74	30,95
Promedio General						457,59	30,51
Desviación Estándar							0,87
Coefficiente de variación							2,85

Realizado por: Heredia, Andrés, 2020.

2. ANALISIS DE VARIANZA

F.V.	S.C.	gl.	CM	F	P-valor
Tratamiento	1,50	2	0,75	0,99	0,4000
Error	9,06	12	0,76		
Total	10,56	14			

Realizado por: Heredia, Andrés, 2020.

3. MEDIAS Y ASIGNACIÓN DE RANGOS DE ACUERDO A LA PRUEBA DE TUKEY ($P \leq 0,05$)

Tratamiento	Medias	n	E.E.	Rango
T2 (silo-mix)	30,95	5	0,39	A
T1 (josilac)	30,34	5	0,39	A
T0 (sin aditivo)	30,23	5	0,39	A

Medias con una letra común no son significativos diferentes ($p > 0,05$)

Realizado por: Heredia, Andrés, 2020.

ANEXO G. Porcentaje de extracto libre de nitrógeno en el silo.

1. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Tratamiento	Repeticiones					SUMA	PROMEDIO
	I	II	III	IV	V		
T0 (sin aditivo)	53,58	51,87	53,51	53,09	52,66	264,71	52,94
T1 (Josilaj)	51,80	51,76	52,18	53,17	52,70	261,61	52,32
T2 (Silo-mix)	50,82	50,04	51,83	52,01	51,81	256,51	51,30
Promedio General						782,83	52,19
Desviación Estándar							0,97
Coefficiente de variación							1,39

Realizado por: Heredia, Andrés, 2020.

2. ANALISIS DE VARIANZA

F.V.	S.C.	gl.	CM	F	P-valor
Tratamiento	6,86	2	3,43	6,52	0,0121
Error	6,31	12	0,53		
Total	13,17	14			

Realizado por: Heredia, Andrés, 2020.

3. MEDIAS Y ASIGNACIÓN DE RANGOS DE ACUERDO A LA PRUEBA DE TUKEY ($P \leq 0,05$)

Tratamiento	Medias	n	E.E.	Rango
T0 (sin aditivo)	52,94	5	0,32	A
T1 (josilac)	52,32	5	0,32	AB
T2 (silo-mix)	51,30	5	0,32	B

Medias con una letra común no son significativos diferentes ($p < 0,05$)

Realizado por: Heredia, Andrés, 2020.

ANEXO H. Contenido de energía bruta (cal/kg) en el silo.

1. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Tratamiento	Repeticiones					SUMA	PROMEDIO
	I	II	III	IV	V		
T0 (sin aditivo)	4215	4258	4209	4214	4219	21115	4223,00
T1 (Josilaj)	4196	4186	4191	4126	4208	20907	4181,40
T2 (Silo-mix)	4191	4179	4179	4207	4178	20934	4186,80
Promedio General						62956	4197,07
Desviación Estándar							28,57
Coefficiente de variación							0,18

Realizado por: Heredia, Andrés, 2020.

2. ANALISIS DE VARIANZA

F.V.	S.C.	gl.	CM	F	P-valor
Tratamiento	4218,00	2	2109,00	35,52	<0,0001
Error	712,58	12	59,38		
Total	4930,58	14			

Realizado por: Heredia, Andrés, 2020.

3. MEDIAS Y ASIGNACIÓN DE RANGOS DE ACUERDO A LA PRUEBA DE TUKEY (P≤0,05)

Tratamiento	Medias	n	E.E.	Rango
T0 (sin aditivo)	4221,17	5	3,45	A
T2 (silo-mix)	4186,30	5	3,45	B
T1 (josilac)	4184,94	5	3,45	B

Medias con una letra común no son significativos diferentes (p<0,05)

Realizado por: Heredia, Andrés, 2020.

ANEXO I. Porcentaje de pH en el silo.

1. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Tratamiento	Repeticiones					SUMA	PROMEDIO
	I	II	III	IV	V		
T0 (sin aditivo)	3,51	3,50	3,51	3,54	3,53	17,59	3,52
T1 (Josilaj)	3,56	3,58	3,59	3,57	3,57	17,87	3,57
T2 (Silo-mix)	3,59	3,59	3,62	3,59	3,65	18,04	3,61
Promedio General						53,50	3,57
Desviación Estándar							0,04
Coefficiente de variación							0,44

Realizado por: Heredia, Andrés, 2020.

2. ANALISIS DE VARIANZA

F.V.	S.C.	gl.	CM	F	P-valor
Tratamiento	0,02	2	0,01	40,47	<0,0001
Error	2,9E-03	12	2,4E-04		
Total	0,02	14			

Realizado por: Heredia, Andrés, 2020.

3. MEDIAS Y ASIGNACIÓN DE RANGOS DE ACUERDO A LA PRUEBA DE TUKEY (P≤0,05)

Tratamiento	Medias	n	E.E.	Rango
T2 (silo-mix)	3,61	5	0,01	A
T1 (josilac)	3,57	5	0,01	B
T0 (sin aditivo)	3,52	5	0,01	C

Medias con una letra común no son significativos diferentes ($p < 0,01$)

Realizado por: Heredia, Andrés, 2020.

ANEXO J. Característica organoléptica (textura) en el silo.

1. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Tratamiento	Repeticiones					SUMA	PROMEDIO
	I	II	III	IV	V		
T0 (sin aditivo)	2,05	2,08	2,00	2,10	2,08	10,31	2,00
T1 (Josilaj)	1,34	1,40	1,28	1,36	1,4	6,78	1,40
T2 (Silo-mix)	1,18	1,20	1,15	1,22	1,19	5,94	1,20
Promedio General						23,03	1,54
Desviación Estándar							0,39

Realizado por: Heredia, Andrés, 2020.

2. PRUEBA DE KRUSKAL WALLIS

Variable	N	Medias	D.E.	Medianas	H	P
Textura (T0)	5	2	0,04	2,06	12,50	0,0019
Textura (T1)	5	2	0,05	1,36		
Textura (T2)	5	1	0,03	1,19		

Realizado por: Heredia, Andrés, 2020.

Tratamiento	Ranks	Rango
T2 (Silo-mix)	3,00	A
T1 (josilac)	8,00	B
T0 (sin aditivo)	13,00	B

Medias con una letra común no son significativos diferentes ($p > 0,01$)

Realizado por: Heredia, Andrés, 2020.

ANEXO K. Característica organoléptica (olor) en el silo.

1. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Tratamiento	Repeticiones					SUMA	PROMEDIO
	I	II	III	IV	V		
T0 (sin aditivo)	1,80	1,75	1,85	1,77	1,70	8,87	1,77
T1 (Josilaj)	1,05	1,11	1,17	1,20	1,13	5,66	1,13
T2 (Silo-mix)	1,25	1,33	1,28	1,26	1,29	6,41	1,28
Promedio General						20,94	1,39
Desviación Estándar							0,29

Realizado por: Heredia, Andrés, 2020.

2. PRUEBA DE KRUSKAL WALLIS

Variable	N	Medias	D.E.	Medianas	H	P
Olor (T0)	5	2	0,06	1,77	12,50	0,0019
Olor (T1)	5	1	0,06	1,13		
Olor (T2)	5	2	0,03	1,28		

Realizado por: Heredia, Andrés, 2020.

Tratamiento	Ranks	Rango
T1(josilac)	3,00	A
T2 (silo-mix)	8,00	B
T0 (sin aditivo)	13,00	B

Medias con una letra común no son significativos diferentes ($p > 0,01$)

Realizado por: Heredia, Andrés, 2020.

ANEXO L. Característica organoléptica (color) en el silo.

1. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Tratamiento	Repeticiones					SUMA	PROMEDIO
	I	II	III	IV	V		
T0 (sin aditivo)	1,1	1,15	1,05	1,17	1,1	5,57	1,11
T1 (Josilaj)	1,25	1,3	1,35	1,28	1,27	6,45	1,29
T2 (Silo-mix)	1,6	1,58	1,55	1,63	1,78	8,14	1,63
Promedio General						20,16	1,34
Desviación Estándar							0,23

Realizado por: Heredia, Andrés, 2020.

2. PRUEBA DE KRUSKAL WALLIS

Variable	N	Medias	D.E.	Medianas	H	P
Color (T0)	5	1	0,05	1,10	12,50	0,0019
Color (T1)	5	2	0,04	1,28		
Color (T2)	5	2	0,09	1,60		

Realizado por: Heredia, Andrés, 2020.

Tratamiento	Ranks	Rango
T0 (Sin aditivo)	3,00	A
T1 (josilac)	8,00	B
T2 (silo-mix)	13,00	B

Medias con una letra común no son significativos diferentes ($p > 0,01$)

Realizado por: Heredia, Andrés, 2020.



INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD
LABORATORIO DE SERVICIO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN EN ALIMENTOS

Panamericana Sur Km. 1, Cutuglaguattis, 2690691-3007134, Fax 3007134
 Casilla postal 17-01-340



INFORME DE ENSAYO No: 20-021

NOMBRE PETICIONARIO: Egdo. Sebastian Heredia
DIRECCION: Riobamba
FECHA DE EMISION: 31 de enero de 2020
FECHA DE ANALISIS: Del 22 al 31 de enero de 2020

INSTITUCION: Particular
ATENCION: Egdo. Sebastian Heredia
FECHA DE RECEPCION: 21/1/2020
HORA DE RECEPCION: 13h50
ANALISIS SOLICITADO: Proximal, energia bruta, pH

ANÁLISIS METODO REF.	HUMEDAD		CENIZAS ⁰¹		E.E. ⁰²		PROTEÍNA ⁰³		FIBRA ⁰⁴		E.L.N. ⁰⁵		IDENTIFICACIÓN
	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	MO-LSAIA-01.02	U. FLORIDA 1970	MO-LSAIA-01.03	U. FLORIDA 1970	MO-LSAIA-01.04	U. FLORIDA 1970	MO-LSAIA-01.05	U. FLORIDA 1970	MO-LSAIA-01.06	U. FLORIDA 1970	
UNIDAD	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	
20-0200	73.13	73.13	6.78	6.78	1.69	1.69	7.75	7.75	27.01	27.01	56.77	56.77	Maíz + Silo T0 Muestra 1
20-0201	77.37	77.37	6.78	6.78	2.16	2.16	7.93	7.93	31.26	31.26	51.87	51.87	Maíz + Silo T0 Muestra 2
20-0202	77.70	77.70	7.35	7.35	1.74	1.74	8.49	8.49	28.91	28.91	53.51	53.51	Maíz + Silo T0 Muestra 3
20-0203	76.56	76.56	7.09	7.09	1.71	1.71	7.54	7.54	30.58	30.58	53.09	53.09	Maíz + Silo T0 Muestra 4
20-0204	77.78	77.78	6.98	6.98	1.60	1.60	8.06	8.06	30.71	30.71	52.66	52.66	Maíz + Silo T0 Muestra 4
20-0205	77.47	77.47	7.63	7.63	1.69	1.69	7.96	7.96	30.93	30.93	51.80	51.80	Maíz + Silo T1 Muestra 1
20-0206	76.80	76.80	7.83	7.83	1.71	1.71	7.78	7.78	30.93	30.93	51.76	51.76	Maíz + Silo T1 Muestra 2
20-0207	77.27	77.27	7.91	7.91	1.76	1.76	7.58	7.58	30.57	30.57	52.18	52.18	Maíz + Silo T1 Muestra 3
20-0208	76.66	76.66	7.68	7.68	1.92	1.92	7.47	7.47	29.75	29.75	53.17	53.17	Maíz + Silo T1 Muestra 4
20-0209	76.71	76.71	7.67	7.67	2.02	2.02	8.08	8.08	29.52	29.52	52.70	52.70	Maíz + Silo T1 Muestra 4
20-0210	76.92	76.92	8.05	8.05	1.89	1.89	8.14	8.14	31.10	31.10	50.82	50.82	Maíz + Silo T2 Muestra 1
20-0211	77.10	77.10	8.02	8.02	1.63	1.63	7.75	7.75	32.56	32.56	50.04	50.04	Maíz + Silo T2 Muestra 2
20-0212	76.87	76.87	8.55	8.55	2.20	2.20	7.89	7.89	29.53	29.53	51.83	51.83	Maíz + Silo T2 Muestra 3
20-0213	77.23	77.23	7.69	7.69	1.97	1.97	8.09	8.09	30.23	30.23	52.01	52.01	Maíz + Silo T2 Muestra 4
20-0214	76.18	76.18	8.13	8.13	1.78	1.78	8.13	8.13	30.14	30.14	51.81	51.81	Maíz + Silo T2 Muestra 4
ANÁLISIS			Energía bruta⁰⁶		pH								
METODO			MO-LSAIA-12		MO-LSAIA-09								
METODO REF.			U. FLORIDA 1974		AOAC 1975								
UNIDAD			cal/g		%								
20-0200			4215		3.51								Maíz + Silo T0 Muestra 1
20-0201			4258		3.50								Maíz + Silo T0 Muestra 2
20-0202			4209		3.51								Maíz + Silo T0 Muestra 3
20-0203			4214		3.54								Maíz + Silo T0 Muestra 4
20-0204			4219		3.53								Maíz + Silo T0 Muestra 4
20-0205			4196		3.56								Maíz + Silo T1 Muestra 1

MC-LSAIA-2201-04



INSTITUTO NACIONAL AUTONOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
 ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
 DEPARTAMENTO DE NUTRICION Y CALIDAD
LABORATORIO DE SERVICIO DE ANALISIS E INVESTIGACION EN ALIMENTOS
 Panamericana Sur Km. 1, Cutuguahtis, 2690691-3007134, Fax 3007134
 Casilla postal 17-01-340



LSAIA/DC/EEESC

INFORME DE ENSAYO No: 20-021

20-0206	4186	3.58	Maiz + Silo T1 Muestra 2
20-0207	4191	3.59	Maiz + Silo T1 Muestra 3
20-0208	4126	3.57	Maiz + Silo T1 Muestra 4
20-0209	4208	3.57	Maiz + Silo T1 Muestra 4
20-0210	4191	3.59	Maiz + Silo T2 Muestra 1
20-0211	4179	3.59	Maiz + Silo T2 Muestra 2
20-0212	4179	3.62	Maiz + Silo T2 Muestra 3
20-0213	4207	3.59	Maiz + Silo T2 Muestra 4
20-0214	4178	3.65	Maiz + Silo T2 Muestra 4

Los ensayos marcados con Q se reportan en base seca.

OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente

RESPONSABLES DEL INFORME


Dr. Ivan Samaniego, MSc.
 RESPONSABLE TÉCNICO


Ing. Biadimir Ortiz
 RESPONSABLE CALIDAD



Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del Laboratorio.
 Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo
 NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

