

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y FORESTALES**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



**“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD NUTRICIONAL DEL ENSILAJE DE SORGO FORRAJERO (*Sorghum sp.*) CULTIVAR AGRI-002E, PRODUCIDO EN DOS TIPOS DE SILO (AÉREO MONTÓN Y SILO CINCHO) CON Y SIN APLICACIÓN DE INOCULANTES LACTOACIDÓFILOS (*Lactobacillus buchneri*, *Enterococcus faecium*, *Lactobacillus plantarum*)”**

**Por:**

**ELIAS GABRIEL LEMA ESTIVAREZ**

Tesis de Grado presentada a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el Grado Académico de Licenciatura en Ingeniería Agronómica.

**GESTIÓN 2021**  
**TARIJA-BOLIVIA**

Vº. Bº

.....  
M. Sc. MVZ. Ricardo Jaime Lema Salomón

**PROFESOR GUÍA**

.....  
M. Sc. Ing. Juan Oscar Hiza Zúñiga

**DECANO a.i.**

**FACULTAD DE CIENCIAS  
AGRÍCOLAS Y FORESTALES**

.....  
M. Sc. Ing. Sebastián Ramos Mejía

**VICEDECANO a.i.**

**FACULTAD DE CIENCIAS  
AGRÍCOLAS Y FORESTALES**

**APROBADO POR:**

M. Sc. Ing. Lola Zenteno Reyes

-----  
**TRIBUNAL**

M. Sc. Ing. Martin Oscar Tordoya Rojas

-----  
**TRIBUNAL**

.....  
M. Sc. Ing. José Lindolfo Laime Nieves

**TRIBUNAL**

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo siendo esta responsabilidad del autor

## **DEDICATORIA**

Dedico mi trabajo a mis amados padres Ricardo Jaime Lema Salomón y Guadalupe Estivarez Justiniano por todo el amor, protección, y consejos que me brindaron, a mis hermanos Jorge Lema y Olga Lema por ser un gran apoyo.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por su amor, su bondad por permitirme ser parte de una gran familia, por brindarnos salud, por estar en los momentos más difíciles y no dejarnos solos.

A MIS PADRES, por ser mi guía en mi trabajo de tesis y en la vida, brindarme su conocimiento, por sus consejos, su paciencia, por su inmenso amor que me brindan siempre, el apoyo para seguir mis sueños y metas, por estar siempre ahí para mí en todo momento.

A MIS HERMANOS, por estar siempre conmigo, por su apoyo incondicional ante cualquier adversidad y por su confianza.

A MIS PADRINOS, por apoyarme, escucharme, por todo su cariño siempre llenos de alegría y por formar parte de mi vida.

A MIS ABUELOS, a mi abuelito Jaime Lema Castrillo que Dios lo tiene en su gloria y ahora es un ángel que me cuida y me bendice, a mi abuelita Wilma Salomón por preocuparse siempre, apoyarme y por la alegría de tenerla conmigo por muchos años más.

A ROXANA VELASQUEZ, por todo su apoyo, por estar en las buenas y en las malas conmigo

# ÍNDICE

Advertencia	
Dedicatoria	
Agradecimiento	
Resumen	
	Pág.
INTRODUCCIÓN .....	1
1. JUSTIFICACIÓN .....	2
2. OBJETIVOS .....	3
2.1. Objetivo General.....	3
2.2. Objetivos Específicos .....	3
3. HIPÓTESIS.....	4
CAPITULO I	
1. MARCO TEORICO.....	5
1.1. SISTEMA PRODUCTIVO DEL MUNICIPIO DE PADCAYA .....	5
1.2. EL ENSILAJE.....	9
1.2.1. ORIGEN DEL ENSILAJE.....	9
1.2.2. SILO, SILAJE Y ENSILADO .....	10
1.2.2.1 Silo.....	10
1.2.2.1.1. Tipos de silo .....	10
1.2.2.2. Silaje .....	12
1.2.2.3. Ensilaje .....	12
1.2.3. USO DEL ENSILADO.....	13
1.2.4. VENTAJAS Y DESVENTAJAS.....	14
1.2.5. PASOS PARA EL PROCESO DEL ENSILADO .....	14
1.2.6.FASES DEL ENSILADO.....	15
1.2.7. EFECTO DEL pH DEL SILAJE .....	18
1.2.8. FACTORES QUE AFECTAN LA CONSERVACIÓN DE LOS FORRAJES ENSILADOS.....	19
1.2.9. PÉRDIDAS .....	22
1.2.10. CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS DE UN ENSILAJE DE BUENA CALIDAD.....	22
1.2.11. CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS.....	23

1.2.12. TRATAMIENTO DEL FORRAJE PARA MEJORAR EL ENSILADO.....	25
1.2.13. INOCULANTES.....	27
1.3. SORGO .....	29
1.3.1. IMPORTANCIA DEL CULTIVO DEL SORGO .....	29
1.3.2. TAXONOMÍA .....	30
1.3.3. ASPECTOS BOTÁNICOS.....	31
1.3.4. ESTADIOS DE CRECIMIENTO DEL SORGO .....	32
1.3.5. ETAPAS FENOLÓGICAS DEL SORGO.....	38
1.3.6. REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS .....	38
1.3.7. CARACTERÍSTICAS DE LOS SORGOS.....	39
CAPÍTULO III	
2. MATERIALES Y MÉTODOS .....	43
2.1 MATERIALES.....	43
2.1.1. LOCALIZACIÓN.....	43
2.1.1.1. Características del área .....	44
2.1.2. MATERIAL VEGETAL.....	47
2.1.3. MATERIAL DE CAMPO.....	48
2.1.4. MATERIAL DE REGISTRO .....	48
2.2. METODOLOGÍA .....	48
2.2.1. DISEÑO EXPERIMENTAL, TRATAMIENTOS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICOS.....	48
2.2.2. CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO.....	49
2.2.3. DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS .....	49
2.2.4. DISEÑO DE CAMPO.....	50
2.2.5. ESTABLECIMIENTO Y MANEJO DEL EXPERIMENTO.....	50
2.2.5.1. Preparación del terreno:.....	51
2.2.5.2. Siembra.....	51
2.2.5.3. Preparación del material, insumos y área del ensayo .....	51
2.2.5.4. Elaboración del ensilaje.....	52
2.2.5.5. Monitoreo del ensilaje .....	52
2.2.5.6. Toma de muestras.....	53
2.2.5.7. Apertura y evaluación de características organolépticas, físicas y químicas del ensilaje.....	53

2.2.6. PORCENTAJE DE PÉRDIDAS EN EL ENSILAJE .....	54
2.2.7. ANÁLISIS QUÍMICO .....	55
2.2.8. USO.....	55
2.2.9. ESTIMACIÓN DE COSTOS .....	56
CAPÍTULO III	
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	57
3.1. CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS .....	57
3.1.1. OLOR.....	57
3.1.2. COLOR .....	58
3.1.3. TEXTURA .....	60
3.1.4. PALATABILIDAD.....	61
3.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS .....	63
3.2.1. TEMPERATURA .....	63
3.2.2. pH.....	65
3.2.3. PORCENTAJE DE PÉRDIDAS DEL ENSILAJE.....	68
3.3. COMPOSICIÓN QUÍMICA.....	69
3.3.1. CENIZAS .....	69
3.3.2. FIBRA DETERGENTE NEUTRO (FDN) .....	71
3.3.3. GRASA .....	74
3.3.4. HIDRATOS DE CARBONO.....	75
3.3.5. HUMEDAD .....	77
3.3.6. MATERIA SECA .....	79
3.3.7. PROTEÍNA BRUTA .....	83
3.3.8. VALOR ENERGÉTICO.....	85
3.4. ESTIMACIÓN DE COSTOS .....	87
CAPÍTULO IV	
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	89
4.1. CONCLUSIONES .....	89
4.2. RECOMENDACIONES .....	92
BIBLIOGRAFÍA.....	93
ANEXOS	



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
<b>FIGURA N°1</b> Diferentes formas de panículas de sorgo.....	32
<b>FIGURA N°2</b> Estadio de emergencia.....	33
<b>FIGURA N°3</b> Estadio tres hojas desarrolladas.....	33
<b>FIGURA N°4</b> Estadio cinco hojas desarrolladas.....	34
<b>FIGURA N°5</b> Estadio diferenciación del ápice de crecimiento.....	34
<b>FIGURA N°6</b> Estadio hoja bandera visible.....	35
<b>FIGURA N°7</b> Estadio de bota.....	35
<b>FIGURA N°8</b> Estadio 50 % de floración.....	36
<b>FIGURA N°9</b> Estadio grano pastoso.....	36
<b>FIGURA N°10</b> Estadio grano duro.....	37
<b>FIGURA N°11</b> Estadio madurez fisiológica.....	37

## ÍNDICE DE CUADROS

		<b>Página</b>
<b>CUADRO N °1</b>	Unidades productivas, principales especies que se producen en Tarija por Municipio.....	6
<b>CUADRO N °2</b>	Municipios, comunidades y población bovina que conforman la cuenca lechera del Valle Central de Tarija.....	8
<b>CUADRO N °3</b>	Contenido de MS para estabilizar un silaje (Viviani Rossi) .....	18
<b>CUADRO N °4</b>	Concentración de acidez según el contenido de Materia seca.....	19
<b>CUADRO N °5</b>	Momento de cosecha y humedad recomendadas para distintos cultivos.....	20
<b>CUADRO N °6</b>	Calificación de puntajes para las características organolépticas según Ojeda.....	25
<b>CUADRO N °7</b>	Producción y composición de sorgo granífero en distintos momentos de corte.....	41
<b>CUADRO N °8</b>	Especies no maderables del Municipio de Padcaya	46
<b>CUADRO N °9</b>	Especies maderables del Municipio de Padcaya....	47
<b>CUADRO N°10</b>	Esquema de tratamientos del ensayo.....	49
<b>CUADRO N°11</b>	Calificación de puntajes para las características organolépticas según Ojeda.....	53
<b>CUADRO N°12</b>	Tabla de Ojeda modificado.....	54
<b>CUADRO N°13</b>	Parámetros nutricionales ordinarios de los alimentos.....	55
<b>CUADRO N°14</b>	Comparación para la Variable Olor, en función a los diferentes Tratamientos (%) .....	57
<b>CUADRO N°15</b>	Análisis de Duncan para la Variable Olor (%) .....	58
<b>CUADRO N°16</b>	Comparación para la Variable Color, en función a los diferentes Tratamientos (%) .....	59
<b>CUADRO N°17</b>	Análisis de Duncan para la Variable Color (%)...	59

<b>CUADRO N°18</b>	Comparación para la Variable Textura, en función a los diferentes Tratamientos (%) .....	60
<b>CUADRO N°19</b>	Análisis de Duncan para la Variable Textura (%)..	61
<b>CUADRO N°20</b>	Comparación para la Variable Palatabilidad, en función a los diferentes Tratamientos (%) .....	62
<b>CUADRO N°21</b>	Análisis de Duncan para la Variable Palatabilidad (%).....	62
<b>CUADRO N°22</b>	Comparación para la Variable Temperatura, en función a los diferentes Tratamientos (°C).....	63
<b>CUADRO N°23</b>	ANVA para la Variable Temperatura.....	64
<b>CUADRO N°24</b>	Análisis de Duncan para la Variable Temperatura (°C).....	64
<b>CUADRO N°25</b>	Comparación para la Variable pH, de los diferentes Tratamientos, en función al Grado de Acidez.....	66
<b>CUADRO N°26</b>	ANVA para la Variable pH.....	66
<b>CUADRO N°27</b>	Análisis de Duncan para la Variable pH.....	67
<b>CUADRO N°28</b>	Comparación para la Variable Porcentaje de pérdidas en función a los diferentes Tratamientos (%).....	68
<b>CUADRO N°29</b>	ANVA para la Variable Porcentaje de Pérdidas.....	68
<b>CUADRO N°30</b>	Análisis de Duncan para la Variable Porcentaje de Pérdidas (%) .....	69
<b>CUADRO N°31</b>	Valores porcentuales para la Variable Ceniza (%)..	70
<b>CUADRO N°32</b>	ANVA para la Variable Ceniza.....	70
<b>CUADRO N°33</b>	Análisis de Duncan para la Variable Ceniza (%)...	71
<b>CUADRO N°34</b>	Valores porcentuales para la Variable FDN (%) ...	72
<b>CUADRO N°35</b>	ANVA para la Variable FDN .....	72
<b>CUADRO N°36</b>	Análisis de Duncan para la Variable Fibra Detergente Neutro (%) .....	73

<b>CUADRO N°37</b>	Valores porcentuales para la Variable Grasa (%)...	74
<b>CUADRO N°38</b>	ANVA para la Variable Grasa .....	74
<b>CUADRO N°39</b>	Análisis de Duncan para la Variable Grasa (%) ....	75
<b>CUADRO N°40</b>	Valores porcentuales para la Variable Hidratos de Carbono (%) .....	76
<b>CUADRO N°41</b>	ANVA para la Variable Hidratos de Carbono .....	76
<b>CUADRO N°42</b>	Análisis de Duncan para la Variable Hidratos de Carbono (%) .....	77
<b>CUADRO N°43</b>	Valores porcentuales para la Variable Humedad (%) .....	78
<b>CUADRO N°44</b>	ANVA para la Variable Humedad .....	78
<b>CUADRO N°45</b>	Análisis de Duncan para la Variable Humedad (%)	79
<b>CUADRO N°46</b>	Valores porcentuales para la Variable Materia Seca (%) .....	80
<b>CUADRO N°47</b>	ANVA para la Variable Materia Seca.....	80
<b>CUADRO N°48</b>	Análisis de Duncan para la Variable Materia Seca (%) .....	81
<b>CUADRO N°49</b>	Relación entre pH y el contenido de Materia Seca (%), en función a los diferentes Tratamientos.....	82
<b>CUADRO N°50</b>	Valores porcentuales para la Variable Proteína Bruta (%) .....	83
<b>CUADRO N°51</b>	ANVA para la Variable Proteína .....	83
<b>CUADRO N°52</b>	Análisis de Duncan para la Variable Proteína Bruta (%) .....	84
<b>CUADRO N°53</b>	Valores en Kcal/100 gr para la Variable Valor Energético.....	85
<b>CUADRO N°54</b>	ANVA para la Variable Valor Energético .....	85
<b>CUADRO N°55</b>	Análisis de Duncan para la Variable Valor Energético (Kcal/100 gr.) .....	86

<b>CUADRO N°56</b>	Estimación de Costos, de acuerdo a los diferentes Tratamientos (Silo montón y cincho, con o sin inoculantes).....	87
<b>CUADRO N°57</b>	Estimación de Costos Proyectado a una Hectárea, de acuerdo a los diferentes Tratamientos (Silo Montón y Cincho, con y sin Inoculantes).....	88

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

	<b>Página</b>
<b>GRÁFICA N°1</b> Temperatura Media (6 semanas) durante el proceso de Fermentación del Ensilaje.....	64
<b>GRÁFICA N°2</b> pH Medio (6 semanas) durante el proceso de Fermentación del Ensilaje.....	66
<b>GRÁFICA N°3</b> Relación del Valor promedio de los diferentes Tratamientos para la Variable Ceniza (%) .....	70
<b>GRÁFICA N°4</b> Relación del Valor promedio de los diferentes Tratamientos para la Variable FDN (%) .....	72
<b>GRÁFICA N°5</b> Relación del Valor promedio de los diferentes Tratamientos para la Variable Grasa (%) .....	74
<b>GRÁFICA N°6</b> Relación del Valor promedio de los diferentes Tratamientos para la Variable Hidratos de Carbono (%).....	76
<b>GRÁFICA N°7</b> Relación del Valor promedio de los diferentes Tratamientos para la Variable Humedad (%).....	78
<b>GRÁFICA N°8</b> Relación del Valor promedio de los diferentes Tratamientos para la Variable Materia Seca (%).....	80
<b>GRÁFICA N°9</b> Relación del Valor promedio de los diferentes Tratamientos para la Variable Proteína (%).....	83
<b>GRÁFICA N°10</b> Relación del Valor promedio de los diferentes Tratamientos para la Variable Valor Energético (Kcal/100 gr.).....	85

## ÍNDICE DE MAPAS

	<b>Página</b>
<b>MAPA N°1</b> Ubicación en el contexto regional.....	43
<b>MAPA N°2</b> Localización del área de estudio.....	44

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO 1</b>	Implantación del sorgo forrajero cultivar AGRI-002E
<b>ANEXO 2</b>	Materiales utilizados para la elaboración del ensilaje
<b>ANEXO 3</b>	Elaboración de los ensilajes
<b>ANEXO 4</b>	Control de temperatura y pH en los silos
<b>ANEXO 5</b>	Toma de muestras
<b>ANEXO 6</b>	Apertura de los silos
<b>ANEXO 7</b>	Planillas
<b>ANEXO 8</b>	Costos de producción
<b>ANEXO 9</b>	Análisis bromatológico de los ensilajes
<b>ANEXO 10</b>	Certificación de las especies maderables y no maderables del Municipio de Padcaya por el herbario de la facultad de agronomía de la UAJMS