

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

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

ÍNDICE DE CUADROS

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

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

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

CUADRO N°56	Estimación de Costos, de acuerdo a los diferentes Tratamientos (Silo montón y cincho, con o sin inoculantes).....	87
CUADRO N°57	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

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

ÍNDICE DE MAPAS

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

ÍNDICE DE ANEXOS

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