

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



**“PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE CEBADA
(*Hordeum vulgare L.*) Y AVENA (*Avena sativa L.*) EN CULTIVO PURO Y
ASOCIADO Y BAJO DOS TÉCNICAS DE PRODUCCIÓN, SOBRE PISO Y
EN BANDEJA”**

Por:

ROXANA VELASQUEZ GALLARDO

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

.....
Ing. María Ofelia Vilte Vetancur

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. Edwin Dellmis Florez Segovia

TRIBUNAL

Ph. D. Ing. Gilberto Varas Catoira

TRIBUNAL

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

DEDICATORIA

Dedico mi trabajo a mis padres Francisco Velázquez, Cleotilde Gallardo y a mis hermanos por el apoyo incondicional y el amor que me brindaron.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por iluminarme y guiarme en mi camino, por darme salud a mí y a toda mi familia.

A mis padres por ser el pilar fundamental en mi vida, inculcarme valores y ayudarme a cumplir mis metas propuestas.

A la familia Lema Estivarez por el apoyo que me brindaron durante todo este camino.

A Elías Lema por guiarme, apoyarme en mi vida.

ÍNDICE

	Página
INTRODUCCIÓN.....	1
1. JUSTIFICACIÓN.....	2
2. OBJETIVOS.....	2
2.1. Objetivo General.....	2
2.2. Objetivos Específicos.....	2
3. HIPÓTESIS.....	3
CAPÍTULO I	
1. MARCO TEÓRICO.....	4
1.1. SISTEMA PRODUCTIVO DEL MUNICIPIO DE PADCAYA.....	4
1.2. FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO.....	7
1.2.1. ORIGEN DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO.....	8
1.2.2. GERMINACIÓN DE LA SEMILLA.....	9
1.2.3. PARTES DE LA SEMILLA.....	10
1.2.4. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE FVH.....	10
1.2.4.1. Sistema de producción con sales nutritivas.....	10
1.2.4.2. Sistema de producción sin sales nutritivas.....	14
1.2.4.3. Sistema de producción FVH en piso sin sales nutritivas.....	16
1.2.5. DOSIS RECOMENDADAS DE FVH PARA DISTINTAS ESPECIES ANIMALES.....	17
1.2.6. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL FVH.....	18
1.2.6.1. Ventajas.....	18
1.2.6.2. Desventajas.....	21
1.2.7. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PRODUCCIÓN DE FVH.....	22
1.2.7.1. Calidad de la Semilla.....	22
1.2.7.2. Iluminación.....	22

1.2.7.3. Temperatura.....	22
1.2.7.4. Humedad.....	22
1.2.7.5. Calidad del agua de riego.....	23
1.2.7.6. Aireación.....	23
1.2.7.7. pH del agua de riego.....	23
1.2.7.8. Conductividad eléctrica del agua.....	24
1.3. AVENA.....	24
1.3.1. TAXONOMÍA.....	24
1.3.2. CICLO VEGETATIVO DE LA AVENA.....	25
1.3.3. CONTENIDO NUTRICIONAL DE LA AVENA EN DIFERENTES ESTADOS.....	26
1.4. CEBADA.....	28
1.4.1. TAXONOMÍA.....	28
1.4.2. CICLO VEGETATIVO DE LA CEBADA.....	29
1.4.3. CONTENIDO NUTRICIONAL DE LA CEBADA EN DIFERENTES ESTADOS.....	29
CAPÍTULO II	
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	31
2.1. MATERIALES.....	31
2.1.1. LOCALIZACIÓN.....	31
2.1.1.1 Características del área.....	32
2.1.2. MATERIAL VEGETAL.....	35
2.1.3. MATERIAL DE CAMPO.....	35
2.1.4. MATERIAL DE REGISTRO.....	36
2.2. METODOLOGÍA.....	36
2.2.1. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	36
2.2.2. CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO.....	36
2.2.3. DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS.....	37
2.2.4. DISEÑO DE CAMPO.....	37

2.2.5. ESTABLECIMIENTO Y MANEJO DEL EXPERIMENTO.....	38
2.2.5.1. Preparación del área de ensayo.....	38
2.2.5.2. Adquisición de las semillas (avena y cebada).....	39
2.2.5.3. Desinfectado del área de estudio.....	39
2.2.5.4. Instalación del sistema de riego.....	39
2.2.5.5. Densidad de siembra.....	40
2.2.5.6. Lavado de la semilla.....	40
2.2.5.7. Desinfección de la semilla.....	41
2.2.5.8. Pre-germinación.....	41
2.2.5.9. Germinación.....	41
2.2.5.10. Siembra.....	41
2.2.5.11. Riego.....	41
2.2.5.12. Cosecha y rendimiento.....	42
2.2.6. ANÁLISIS QUÍMICO.....	42
2.2.7. TOMA DE DATOS.....	43
2.2.8. ANÁLISIS DE COSTO BENEFICIO.....	43
CAPÍTULO III	
3.1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	45
3.1.1 TIEMPO DE GERMINACIÓN DE LA SEMILLA.....	45
3.1.2. CRECIMIENTO DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO.....	45
3.1.2.1. Crecimiento Foliar.....	45
3.1.2.1. Crecimiento Radicular.....	49
3.1.3. RENDIMIENTO DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE AVENA Y CEBADA EN CULTIVO PURO FRENTE AL CULTIVO ASOCIADO.....	51
3.1.4. EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE AVENA Y CEBADA CON LA TÉCNICA DE PRODUCCIÓN EN BANDEJA FRENTE A LA TÉCNICA DE PRODUCCIÓN SOBRE PISO.....	53

3.1.5. RELACIÓN DE RENDIMIENTO SEMILLA/VOLUMEN TOTAL DE FORRAJE VERDE PRODUCIDO.....	55
3.1.6. COMPOSICIÓN QUÍMICA.....	55
3.1.6.1. Ceniza.....	55
3.1.6.2. Fibra Detergente Neutra (FDN).....	58
3.1.6.3. Grasa.....	60
3.1.6.4. Humedad.....	62
3.1.6.5. Hidratos de Carbono.....	64
3.1.6.6. Materia Seca (MS).....	66
3.1.6.7. Proteína Bruta (PB).....	68
3.1.6.8. Valor Energético.....	70
3.1.7. RELACIÓN COSTO BENEFICIO POR TRATAMIENTO EN FUNCIÓN AL RENDIMIENTO DE KG DE SEMILLA/VOLUMEN TOTAL DE FVH PRODUCIDO.....	73
CAPÍTULO IV	
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	75
4.1. CONCLUSIONES.....	75
4.2. RECOMENDACIONES.....	76
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ÍNDICE FIGURAS

		Página
FIGURA N°1	Partes de la semilla.....	10
FIGURA N°2	Etapas en días del forraje verde hidropónico...	17

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
CUADRO N°1 Opciones para preparar la solución nutritiva con macronutrientes.....	13
CUADRO N°2 Densidad de la siembra según Taboada Garduño.....	16
CUADRO N°3 Dosis recomendada de FVH en función de la especie animal.....	18
CUADRO N°4 Gasto de agua para producción de forraje en condiciones de campo.....	18
CUADRO N°5 Análisis comparativo del valor nutricional del grano de avena y el FVH obtenido de la semilla de avena a los 10 cm. de altura y 13 días de crecimiento.....	19
CUADRO N°6 Comparación entre las características del FVH (cebada) y otras fuentes alimenticias.....	20
CUADRO N°7 Periodo del ciclo vegetativo de la avena.....	26
CUADRO N°8 Contenido nutricional del grano de la avena.....	27
CUADRO N°9 Contenido nutricional de la avena en floración.....	27
CUADRO N°10 Contenido nutricional de la paja de avena.....	27
CUADRO N°11 Periodo del ciclo vegetativo de la cebada.....	29
CUADRO N°12 Contenido nutricional del grano de cebada	29
CUADRO N°13 Contenido nutricional de la paja de cebada.....	30
CUADRO N°14 Contenido nutricional de la cebada en verde	30
CUADRO N°15 Especies no maderables del Municipio de Padcaya.....	34
CUADRO N°16 Especies maderables del Municipio de Padcaya.....	35

CUADRO N°17	Descripción de los tratamientos.....	37
CUADRO N°18	Características de los micro-nebulizadores.....	39
CUADRO N°19	Relación de semilla en peso seco a peso húmedo.....	40
CUADRO N°20	Parámetros nutricionales ordinarios de los alimentos	42
CUADRO N°21	Tiempo de Germinación de las Semillas de Avena y Cebada (Días).....	45
CUADRO N°22	Valores medios de Crecimiento Foliar (cm).....	46
CUADRO N°23	ANOVA para la Variable Crecimiento Foliar.....	46
CUADRO N°24	Análisis de Duncan para la Variable Crecimiento Foliar (cm).....	48
CUADRO N°25	Valores medios de Crecimiento Radicular (cm).....	49
CUADRO N°26	ANOVA para la Variable Crecimiento Radicular.....	50
CUADRO N°27	Análisis de Duncan para la Variable Crecimiento Radicular (cm).....	50
CUADRO N°28	Rendimiento del Forraje Verde Hidropónico de Avena y Cebada en Cultivo Puro frente al Cultivo Asociado (Kg.)....	52
CUADRO N°29	ANOVA para la Variable Rendimiento del Forraje Verde Hidropónico.....	52
CUADRO N°30	Análisis de Duncan para la Variable Rendimiento del Forraje Verde Hidropónico (Kg).....	53
CUADRO N°31	Diferencias en el Rendimiento en Kg de la Técnica de Bandeja frente a la Técnica Sobre Piso	54
CUADRO N°32	Relación del Rendimiento Kg de Semilla/Volumen Producido de FVH.....	55
CUADRO N°33	Valores Porcentuales para la Variable Ceniza (%)	56
CUADRO N°34	ANOVA para la Variable Ceniza	56

CUADRO N°35	Análisis de Duncan para la Variable Ceniza (%).....	57
CUADRO N°36	Valores Porcentuales para la Variable Fibra Detergente Neutra (%).....	58
CUADRO N°37	ANOVA para la Variable Fibra Detergente Neutra	59
CUADRO N°38	Análisis de Duncan para la Variable Fibra Detergente Neutra (%).....	59
CUADRO N°39	Valores Porcentuales para la Variable Grasa (%).....	61
CUADRO N°40	ANOVA para la Variable Grasa	61
CUADRO N°41	Análisis de Duncan para la Variable Grasa (%).....	62
CUADRO N°42	Valores Porcentuales para la Variable Humedad (%).....	63
CUADRO N°43	ANOVA para la Variable Humedad.....	63
CUADRO N°44	Análisis de Duncan para la Humedad (%).....	64
CUADRO N°45	Valores Porcentuales para la Variable Hidratos de Carbono (%).....	65
CUADRO N°46	ANOVA para la Variable Hidratos de Carbono.....	65
CUADRO N°47	Análisis de Duncan para la Variable Hidratos de Carbono (%).....	66
CUADRO N°48	Valores Porcentuales para la Variable Materia Seca (%)...	67
CUADRO N°49	ANOVA para la Variable Materia Seca	67
CUADRO N°50	Análisis de Duncan para la Variable Materia Seca (%).....	68
CUADRO N°51	Valores Porcentuales para la Variable Proteína Bruta (%)...	69
CUADRO N°52	ANOVA para la Variable Proteína Bruta.....	69
CUADRO N°53	Análisis de Duncan para la Variable Proteína Bruta (%)....	70

CUADRO N°54	Valores Porcentuales para la Variable Valor Energético (Kcal/100 gr).....	71
CUADRO N°55	ANOVA para la Variable Valor Energético.....	71
CUADRO N°56	Análisis de Duncan para la Variable Valor Energético (Kcal/100gr.).....	72
CUADRO N°57	Relación Costo Beneficio por Tratamiento en Función del Rendimiento Kg de Semilla/Volumen Total FVH producido.....	74

ÍNDICE DE GRÁFICAS

	Página
GRÁFICA N°1 Relación Promedio por Tratamiento para el Crecimiento Foliar (cm).....	47
GRÁFICA N°2 Relación de Crecimiento Foliar por Dia y Tratamiento (cm).....	47
GRÁFICA N°3 Relación Promedio por Tratamiento para el Crecimiento Radicular (cm).....	50
GRÁFICA N°4 Relación Promedio por Tratamiento para el Peso Final (Kg).....	52
GRÁFICA N°5 Relación Promedio por Tratamiento de la Variable Ceniza (%)	57
GRÁFICA N°6 Relación Promedio por Tratamiento de la Variable Fibra Detergente Neutra (%).....	59
GRÁFICA N°7 Relación Promedio por Tratamiento de la Variable Grasa (%).....	61
GRÁFICA N°8 Relación Promedio por Tratamiento de la Variable Humedad (%).....	63
GRÁFICA N°9 Relación Promedio por Tratamiento de la Variable Hidratos de Carbono (%).....	65
GRÁFICA N°10 Relación Promedio por Tratamiento de la Variable Materia Seca (%).....	67
GRÁFICA N°11 Relación Promedio por Tratamiento de la Variable Proteína Bruta (%).....	69
GRÁFICA N°12 Relación Promedio por Tratamiento de la Variable Valor Energético (Kcal/100g.).....	72

ÍNDICE DE MAPAS

		Página
MAPA N°1	Ubicación geográfica del Municipio de Padcaya.....	31
MAPA N°2	Ubicación del área de estudio.....	32

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO N°1	Acondicionamiento del lugar.
ANEXO N°2	Instalación del sistema de riego.
ANEXO N°3	Prueba de germinación en semillas de avena y cebada
ANEXO N°4	Preparación de la semilla antes de la siembra.
ANEXO N°5	Siembra del forraje verde hidropónico en bandeja y piso.
ANEXO N°6	Riego con cal.
ANEXO N°7	Crecimiento del forraje verde hidropónico por día.
ANEXO N°8	Medición de la altura radicular y foliar de los tratamientos.
ANEXO N°9	Cosecha del forraje verde hidropónico.
ANEXO N°10	Muestreo para laboratorio.
ANEXO N°11	Suministrando forraje verde hidropónico.
ANEXO N°12	Planillas de crecimiento foliar y radicular con la temperatura media por día
ANEXO N°13	Análisis bromatológico en el laboratorio de CEANID.
ANEXO N°14	Costos de producción del forraje verde hidropónico.