

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



**EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE
HIDROPÓNICO DE TRES VARIEDADES DE MAÍZ (*Zea mays* L.)
BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO, EN LA
COMUNIDAD DE CHAGUAYA.**

Por:

DANIEL VERA ALARCON

Tesis de grado presentada a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para obtener el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Agronómica.

GESTIÓN 2024

TARIJA – BOLIVIA

VºBº

.....
M. Sc. Ing. Victor Enrique Zenteno López
DOCENTE GUÍA

.....
M. Sc. Ing. Milton Javier Caba Olguín
**DECANO FACULTAD
DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y
FORESTALES**

.....
M. Sc. Ing. Víctor Enrique Zenteno López
**VICEDECANO FACULTAD DE
CIENCIAS AGRÍCOLAS Y
FORESTALES**

APROBADA POR:

TRIBUNALES

.....
M. Sc. Ing. Martin Oscar Tordoya Rojas
TRIBUNAL

.....
M. Sc. Med. Vet. Zoot. José Nicolás Romero Romero
TRIBUNAL

.....
Ing. Jesús Jaime Morales Morales
TRIBUNAL

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

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a los pilares que sostuvieron mi camino: a mi madre y familia, cuyo amor inquebrantable fue mi mayor motivación; a mis amigos, cuya complicidad y apoyo hicieron posible este logro; y a Dios, cuya guía y bendición iluminaron cada página de este trabajo.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a todas las personas e instituciones que hicieron posible la culminación de este trabajo.

A mi madre, por su amor incondicional, su apoyo constante y su fe inquebrantable en mí. Su sacrificio y dedicación fueron el pilar fundamental de este logro.

A mis amigos, por su compañía, su aliento y sus risas compartidas. Su amistad fue un refugio en los momentos de mayor desafío.

A Dios, por su guía y fortaleza, por iluminar mi camino y por recordarme que cada obstáculo es una oportunidad para crecer. Su presencia fue mi mayor fuente de inspiración.

A la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, por brindarme la oportunidad de formarme como profesional. A la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, por su excelencia académica y su compromiso con la educación. A la carrera de Ingeniería Agronómica, por su plan de estudios integral y su enfoque práctico.

A mi docente guía Ing. Enrique Zenteno, por su invaluable asesoría, su paciencia y su dedicación. Su experiencia y conocimiento fueron fundamentales para el desarrollo de esta investigación.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

INTRODUCCIÓN.....	1
ANTECEDENTES	2
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
JUSTIFICACIÓN.....	4
OBJETIVOS.....	5
Objetivo general.....	5
Objetivos específicos	5
HIPÓTESIS.	6
Hipótesis alternativa	6
CAPÍTULO I.....	7
1. REVISION BIBLIOGRÁFICA.....	7
1.1. Generalidades	7
1.2. Origen del maíz	7
1.3. Botánica.....	7
1.3.1 Tallo.....	7
1.3.2. Inflorescencia.....	7
1.3.3. Hojas	8

1.3.4. Raíces.....	8
1.3.5. Mazorca	8
1.4 Taxonomía del Maíz	9
1.5. ¿Qué es la hidroponía?	9
1.6. ¿Qué es Forraje Verde Hidropónico?.....	10
1.6.1. Ventajas del FVH.....	10
1.6.2. Desventajas del FVH.....	12
1.7. Construcción de invernadero	12
1.7.1. Orientación del invernadero	13
1.7.2. Dimensión del invernadero no convencional.	13
1.7.3. Limpieza y Nivelado del terreno.....	13
1.7.4. Invernadero tipo capilla con doble caída.....	13
1.8. Estructura de Soporte	14
1.9. Modulación.....	14
1.10. Factores que influyen en la producción de FVH	14
1.10.1. Calidad de la Semilla.....	14
1.10.2. Iluminación.....	14
1.10.3. Temperatura.....	15
1.10.4. Humedad.	15
1.10.5. Calidad del agua de riego	15
1.10.6. pH.....	15
1.10.7. Conductividad eléctrica del agua y de la solución nutritiva.	15
1.11. Métodos de producción del Forraje Hidropónico	16

1.11.1.	Selección de las especies de granos utilizados en FVH	16
1.11.2.	Selección de la Semilla.....	16
1.11.3.	Lavado de la semilla.....	16
1.11.4.	Remojo y germinación de las semillas	17
1.11.5.	Dosis de Siembra.....	17
1.11.6.	Siembra en las Bandejas.....	17
1.11.7.	Sistema de riego y drenaje.....	18
1.11.8.	Cosecha y rendimientos.....	18
1.11.9.	Elementos básicos del Sistema de riego:.....	18
1.12.	Variedades de Maíz.....	19
1.13.	La Germinación	22
1.14.	Absorción de Agua	23
1.15.	Movilización de nutrientes.....	23
1.16.	Fisiología del germinado para forraje.....	23
CAPÍTULO II.....		24
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....		24
2.1.	Localización	24
2.2.	Ubicación.....	24
2.3.	Descripción económica de la zona	24
2.3.1.	Clima de la región	24
2.3.2.	Descripción del suelo	25
2.3.3.	Vegetación.....	25
2.3.3.2.	Vegetación cultivada.....	27

2.4. Materiales	27
2.4.1. Material Vegetal	27
2.4.2. Material de Campo	27
2.4.3. Para Invernadero.....	27
2.4.4. Insumos	28
2.4.5. Material de gabinete	28
2.5. Metodología.....	29
2.5.1. Tipo de Investigación.....	29
2.5.2. Diseño experimental.....	29
2.5.3. Descripción de los tratamientos.....	29
2.5.4. Modelo lineal del diseño	29
2.5.5. Tamaño de la Unidad Experimental	30
2.5.6. Diseño de campo.....	30
2.6. Descripción del Experimento.....	30
2.6.1. Limpieza de la superficie para invernadero	30
2.6.2. Nivelación de la superficie para la construcción del invernadero.....	30
2.6.3. Construcción del Invernadero	31
2.6.4. Construcción del estante para producción de FVH.....	31
2.6.5. Instalación del sistema de riego al estante para FVH.....	31
2.6.6. Instalación del sistema eléctrico.....	32
2.6.7. Producción del forraje hidropónico.....	32
2.7. Toma de datos.....	34
2.8. Variables respuesta	34
CAPÍTULO III	37
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
3.1. Porcentaje de Germinación.....	37

3.2. Tiempo de Germinación	37
3.3. Producción en invierno.....	38
3.3.1. Peso en verde	38
3.3.1.1. Peso en verde a los 8 días (kg).....	38
3.3.1.2. Peso en verde a los 12 días (kg).....	39
3.3.2. Peso en seco.....	41
3.3.2.1. Peso en seco a los 8 día (kg)	41
3.3.2.2. Peso en seco a los 12 día (kg)	42
3.3.3. Altura de planta.....	44
3.3.3.1. Altura de planta a los 8 días (cm).....	44
3.3.3.2. Altura de planta a los 12 días (cm).....	45
3.3.4. Altura del tapete radicular.....	47
3.3.4.1. Altura del tapete radicular a los 8 días (cm).....	47
3.3.4.2. Altura del tapete radicular a los 12 días (cm).....	48
3.4. Producción en verano	50
3.4.1. Peso en verde	50
3.4.1.1. Peso en verde a los 8 días (kg).....	50
3.4.1.2. Peso en verde a los 12 días (kg).....	51
3.4.2. Peso en seco.....	53
3.4.2.1. Peso en seco a los 8 día (kg)	53
3.4.2.2. Peso en seco a los 12 día (kg)	54
3.4.3. Altura de planta.....	56
3.4.3.1. Altura de planta a los 8 días (cm).....	56
3.4.3.2. Altura de planta a los 12 días (cm).....	57
3.4.4. Altura del tapete radicular.....	59
3.4.4.1. Altura del tapete radicular a los 8 días (cm).....	59
3.4.4.2. Altura del tapete radicular a los 12 días (cm).....	60

3.5. Índice de cosecha.....	62
CAPÍTULO IV	63
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	63
4.1. Conclusiones.....	63
4.2. Recomendaciones	64
BIBLIOGRAFÍA	65
ANEXOS.....	69

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N°1 Características del maíz variedad Pisankalla criollo	19
Cuadro N°2 Características del maíz variedad Romanito	21
Cuadro N°3 Características del maíz variedad IBTA Algarrobal 102	22
Cuadro N°4 Resumen climatológico de los últimos 20 años, estación meteorológica Cañas	25
Cuadro N°5 Vegetación natural de la comunidad de Chaguaya	26
Cuadro N°6 Vegetación cultivada en la comunidad de Chaguaya	27
Cuadro N°7 Datos del % de Germinación.....	37
Cuadro N°8 Datos del tiempo de germinación.....	37
Cuadro N°9 Datos de peso en verde a los 8 días (kg)	38
Cuadro N°10 ANOVA de peso en verde (kg) a los 8 días	39
Cuadro N°11 datos de peso en verde a los 12 días (kg)	39
Cuadro N°12 ANOVA de los datos de peso (kg) en verde a los 12 días.	40
Cuadro N°13 Datos de peso en seco (kg) a los 8 días	41
Cuadro N° 14 ANOVA de peso en seco a los 8 días (kg).....	42

Cuadro N°15 Datos de peso en seco a los 12 días (kg)	42
Cuadro N°16 ANOVA de los datos de peso en seco a los 12 días (kg)	43
Cuadro N° 17 Datos de altura de planta a los 8 días (cm).....	44
Cuadro N°18 ANOVA de los datos de las alturas de plantas a los 8 días (cm)	45
Cuadro N°19 Datos de altura de planta a los 12 días (cm).....	45
Cuadro N°20 ANOVA de los datos de altura de planta a los 12 días (cm).....	46
Cuadro N°21 Datos de altura del tapete radicular a los 8 días (cm).....	47
Cuadro N°22 ANOVA de los datos de altura del tapete radicular a los 8 días (cm)....	48
Cuadro N°23 datos de altura del tapete radicular a los 12 días (cm).....	48
Cuadro N°24 ANOVA de los datos de altura del tapete radicular a los 12 días (cm) .	49
Cuadro N°25 Datos de peso en verde a los 8 días (kg)	50
Cuadro N°26 ANOVA de los datos de peso en verde a los 8 días (kg)	51
Cuadro N°27 Datos de peso en verde a los 12 días (kg)	51
Cuadro N°28 ANOVA de los datos de peso en verde a los 12 días (kg)	52
Cuadro N°29 Datos de peso en seco a los 8 días (kg).	53
Cuadro N°30 ANOVA de los datos de peso en seco a los 8 días (kg).	54
Cuadro N°31 Datos de peso en seco a los 12 días (kg)	54
Cuadro N°32 ANOVA de los datos de peso en seco a los 12 días (kg).	55
Cuadro N°33 Datos de la altura de planta a los 8 días (cm).....	56
Cuadro N°34 ANOVA de los datos de la altura de planta a los 8 días (cm)	56
Cuadro N°35 Datos de la altura de planta a los 12 días (cm).....	57
Cuadro N°36 ANOVA de los datos de la altura de planta a los 12 días (cm)	57
Cuadro N°37 Datos de altura del tapete radicular a los 8 días (cm).....	59

Cuadro N°38 ANOVA de los datos de altura del tapete radicular a los 8 días (cm) ...	59
Cuadro N°39 Datos de altura del tapete radicular a los 12 días (cm).....	60
Cuadro N°40 ANOVA de los datos de altura del tapete radicular a los 12 días (cm) .	60
Cuadro N°41 Datos del índice de cosecha	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Relación promedio de los tratamientos del peso en verde 8 y 12 días.....	40
Figura 2. Relación promedio de los tratamientos del peso en seco 8 y 12 días.....	43
Figura 3. Relación promedio de los tratamientos de altura de planta a los 8 y 12 días	46
Figura 4. Relación promedio de los tratamientos de altura del tapete radicular a los 8 y 12 días.	49
Figura 5. Relación promedio de los tratamientos del peso en verde a los 8 y 12 días.	52
Figura 6. Relación promedio de los tratamientos del peso en verde a los 8 y 12 días.	55
Figura 7. Relación promedio de los tratamientos de altura de planta a los 8 y 12 días.	58
Figura 8. Relación promedio de los tratamientos de altura del tapete radicular a los 8 y 12 días.	61

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Construcción del Invernadero	69
Anexo 3. Hidratación de las semillas de maíz (<i>Zea mays</i> L.)	70
Anexo 5. Fase oscura de la Germinación	70
Anexo 6. Germinación de las semillas	71
Anexo 7. Producción a los 8 días post germinación - invierno	71
Anexo 8. Producción a los 12 días post germinación - invierno	72
Anexo 9. Producción a los 8 días post germinación – verano	72
Anexo 11. Resultados sobre el análisis de agua	74
Anexo 12. Resultados del análisis del laboratorio de fitopatología.....	75