

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y FORESTALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



TESIS DE GRADO

**EVALUACIÓN DEL IMPACTO DEL ESTRÉS HÍDRICO EN EL
CRECIMIENTO Y LA MORFOLOGÍA INTERNA DEL PIMIENTO (*Capsicum
annuum* L.) EN LOS PREDIOS DE LA U.A.J.M.S.**

Por:

GUILLERMO SUBIA VASQUEZ

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 2025

TARIJA-BOLIVIA

VºBº

.....
Ing. Sergio Fernando Mendoza Mendoza
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:

TRIBUNAL:

.....
M.Sc. Ing. Víctor Enrique Zenteno López
TRIBUNAL

.....
M.Sc. Ing. Henry Esnor Valdez Huanca
TRIBUNAL

.....
Ing. Wilfredo Benitez Ordoñez
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

El presente trabajo se lo dedico a Dios por brindarme la fortaleza, la sabiduría y la luz para guiar cada paso de este largo camino.

A mis padres, por hacer de mí una mejor persona, por su amor y su apoyo constante.

A mis hermanos por brindarme su apoyo y comprensión en todo momento.

AGRADECIMIENTO

A Dios por estar conmigo en cada paso que doy, por darme fortaleza para continuar, por ser el apoyo en aquellos momentos de dificultad y debilidad.

A mis padres Agustin Subia y Rafaela Vasquez quienes con su amor, paciencia y esfuerzo a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. A mis hermanas y hermanos, mis compañeros de vida por cada consejo, por confiar en mí, por su apoyo que me brindan día a día y motivarme a ser alguien en la vida.

A los docentes de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales por su paciencia, su apoyo constante, por compartir cada uno de sus conocimientos y por inspirarme día a día a ser mejor en la vida. Al Ing. Sergio Mendoza y al Ing. Wilfredo Benitez por su paciencia, apoyo y consejos que me brindaron en este proceso.

A mis amigos que forme en el transcurso de mi vida universitaria, por todos aquellos momentos compartidos, y a quienes estuvieron apoyando y motivándome en todo este proceso para seguir adelante.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

Introducción	¡Error! Marcador no definido.
Planteamiento del problema	¡Error! Marcador no definido.
Justificación.....	¡Error! Marcador no definido.
Objetivos	¡Error! Marcador no definido.
Objetivo general	¡Error! Marcador no definido.
Objetivos específicos.....	¡Error! Marcador no definido.
Hipótesis.....	¡Error! Marcador no definido.
Hipótesis Nula (H_0)	¡Error! Marcador no definido.

CAPÍTULO I

Marco teórico	¡Error! Marcador no definido.
1.1. Origen y generalidades	¡Error! Marcador no definido.
1.2. Clasificación Taxonómica	¡Error! Marcador no definido.
1.3. Características botánicas del pimiento	¡Error! Marcador no definido.
1.3.1. Planta	¡Error! Marcador no definido.
1.3.2. Sistema radicular.....	¡Error! Marcador no definido.
1.3.3. Tallo principal	¡Error! Marcador no definido.
1.3.4. Hoja.....	¡Error! Marcador no definido.
1.3.5. Flor.....	¡Error! Marcador no definido.
1.4.6. Fruto.....	¡Error! Marcador no definido.
1.4. Requerimientos nutricionales del pimiento	¡Error! Marcador no definido.
1.5. Importancia del riego.....	¡Error! Marcador no definido.
1.6. Fenología del pimiento	¡Error! Marcador no definido.
1.6.1. Germinación.....	¡Error! Marcador no definido.
1.6.2. Crecimiento.....	¡Error! Marcador no definido.
1.6.3. Floración y polinización	¡Error! Marcador no definido.
1.6.4. Fructificación	¡Error! Marcador no definido.
1.6.5. Maduración del fruto	¡Error! Marcador no definido.
1.7. Requerimientos edafoclimáticos del pimiento	¡Error! Marcador no definido.

- 1.7.1. Temperatura;Error! Marcador no definido.
- 1.7.2. Humedad.....;Error! Marcador no definido.
- 1.7.3. Luminosidad;Error! Marcador no definido.
- 1.7.4. Suelo;Error! Marcador no definido.
- 1.8. Requerimiento hídrico del pimiento.....;Error! Marcador no definido.
- 1.9. Estrés hídrico en las plantas;Error! Marcador no definido.
 - 1.9.1. Impacto del estrés hídrico en los cultivos.....;Error! Marcador no definido.
 - 1.9.2. Efectos del déficit hídrico sobre el crecimiento vegetal ;Error! Marcador no definido.
 - 1.9.3. Respuesta de las plantas ante el estrés hídrico.....;Error! Marcador no definido.
 - 1.9.4. Mecanismos para tolerar la sequía: evitar y tolerar los déficits hídricos en la planta;Error! Marcador no definido.
 - 1.9.5. Evitación del estrés hídrico;Error! Marcador no definido.
- 1.10. Efecto del estrés hídrico en el desarrollo y morfología interna..... ;Error! Marcador no definido.
 - 1.10.1. Impacto en el crecimiento radicular y aéreo;Error! Marcador no definido.
 - 1.10.2. Cambios anatómicos (grosor del parénquima, número y tamaño de estomas, xilema y floema);Error! Marcador no definido.
 - 1.10.3. Alteraciones en los tejidos vegetales (colénquima, esclerénquima y mesófilo);Error! Marcador no definido.
- 1.11. Técnicas de evaluación del estrés hídrico..;Error! Marcador no definido.
 - 1.11.1. Potencial hídrico;Error! Marcador no definido.
 - 1.11.2. Índice de área foliar (IAF);Error! Marcador no definido.
 - 1.11.3. Conductancia estomática y transpiración.....;Error! Marcador no definido.
 - 1.11.4. Contenido relativo de agua (CRA);Error! Marcador no definido.
 - 1.11.5. Índices de vegetación con sensores remotos.....;Error! Marcador no definido.
 - 1.11.6. Termografía infrarroja;Error! Marcador no definido.
- 1.12. Suelos francos.....;Error! Marcador no definido.
 - 1.12.1. Capacidad de retención de agua.....;Error! Marcador no definido.
 - 1.12.2. Relación entre capacidad de campo y punto de marchitez permanente en los suelos;Error! Marcador no definido.

CAPÍTULO II

MARCO METODOLÓGICO	¡Error! Marcador no definido.
2.1. Localización	¡Error! Marcador no definido.
2.2. Ubicación del trabajo.....	¡Error! Marcador no definido.
2.3. Límites territoriales.....	¡Error! Marcador no definido.
2.4. Características climáticas	¡Error! Marcador no definido.
2.4.1. Precipitación	¡Error! Marcador no definido.
2.4.2. Viento.....	¡Error! Marcador no definido.
2.4.3. Descripción del suelo.....	¡Error! Marcador no definido.
2.5. MATERIALES	¡Error! Marcador no definido.
2.5.1. Material vegetal	¡Error! Marcador no definido.
2.5.2. Materiales.....	¡Error! Marcador no definido.
2.5.3. Materiales de laboratorio	¡Error! Marcador no definido.
2.5.4. Equipos	¡Error! Marcador no definido.
3.3.5. Reactivos.....	¡Error! Marcador no definido.
2.6. METODOLOGÍA.....	¡Error! Marcador no definido.
2.6.1. Diseño de la investigación	¡Error! Marcador no definido.
2.6.2. Descripción de los tratamientos.....	¡Error! Marcador no definido.
2.6.3. Descripción de las unidades experimentales	¡Error! Marcador no definido.
2.6.4. Croquis de campo	¡Error! Marcador no definido.
2.7. Procedimiento experimental.....	¡Error! Marcador no definido.
2.7.1. Preparación del sustrato	¡Error! Marcador no definido.
2.7.3. Plantación del pimiento	¡Error! Marcador no definido.
2.7.4. Riego.....	¡Error! Marcador no definido.
2.7.5. Tutorado	¡Error! Marcador no definido.
2.8. Variables respuestas a evaluar	¡Error! Marcador no definido.
2.8.1. Externo de la planta	¡Error! Marcador no definido.
2.8.2. Interno de la planta	¡Error! Marcador no definido.
2.8.2.1. Raíz	¡Error! Marcador no definido.
2.8.2.2. Tallo	¡Error! Marcador no definido.
2.8.2.3. Hoja.....	¡Error! Marcador no definido.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN	¡Error! Marcador no definido.
------------------------------	-------------------------------

3.1. ALTURA DE LA PLANTA (cm)	¡Error! Marcador no definido.
3.2. PESO DE LAS HOJAS (g)	¡Error! Marcador no definido.
3.3. DIÁMETRO DEL TALLO (mm).....	¡Error! Marcador no definido.
3.4. ÁREA FOLIAR (cm ²)	¡Error! Marcador no definido.
3.5. NÚMERO DE ESTOMAS POR (mm ²)	¡Error! Marcador no definido.
3.6. TAMAÑO DE LOS ESTOMAS (μm ²)	¡Error! Marcador no definido.
3.7. DIÁMETRO DE LA LAMINA FOLIAR (μm)	¡Error! Marcador no definido.
3.8. DIÁMETRO DE LOS TEJIDOS VASCULARES DEL TALLO (μm)	¡Error! Marcador no definido.
3.9. DIÁMETRO DEL CILINDRO VASCULAR DE LA RAÍZ (μm)	¡Error! Marcador no definido.
3.10. NÚMERO DE XILEMAS PRIMARIOS DE LA RAÍZ POR (mm ²)	¡Error! Marcador no definido.
3.11. TAMAÑO DE LOS XILEMAS PRIMARIOS (μm ²)	¡Error! Marcador no definido.
3.12. ANÁLISIS GENERAL DE LOS RESULTADOS	¡Error! Marcador no definido.
CAPÍTULO IV	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	¡Error! Marcador no definido.
4.1. CONCLUSIONES.....	¡Error! Marcador no definido.
ANEXOS	¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1: Clasificación taxonómica	¡Error! Marcador no definido.
Cuadro N° 2: Requerimientos nutricionales del cultivo de pimiento Cruz (2023)	¡Error! Marcador no definido.
Cuadro N° 3: Temperaturas de la zona de estudio..	¡Error! Marcador no definido.
Cuadro N° 4: Precipitación de la zona de estudio ..	¡Error! Marcador no definido.
Cuadro N° 5: Caracterización del diseño	¡Error! Marcador no definido.
Cuadro N° 6: Altura media de la planta	¡Error! Marcador no definido.
Cuadro N° 7: Análisis de varianza ANVA para la altura media de la planta.	¡Error! Marcador no definido.

Cuadro N° 8: Prueba de tukey para los tratamientos.....**¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro N° 9: Peso medio de hoja**¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro N° 10: Análisis de varianza ANVA para el peso medio de la hoja ... **¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro N° 11: Prueba de tukey para los tratamientos.....**¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro N° 12: Diámetro medio del tallo.....**¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro N° 13: Análisis de varianza ANVA para el diámetro medio del tallo**¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro N° 14: Prueba de tukey para los tratamientos.....**¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro N° 15: Media de área foliar por hoja**¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro N° 16: Análisis de varianza ANVA para el área foliar**¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro N° 17: Prueba de tukey para los tratamientos.....**¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro N° 18: Media de numero de estomas por mm²**¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro N° 19: Análisis de varianza ANVA para el numero de estomas **¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro N° 20: Prueba de tukey para los tratamientos.....**¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro N° 21: Media para el Tamaño de estomas .**¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro N° 22: Análisis de varianza ANVA para el tamaño de estomas..... **¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro N° 23: Prueba de tukey para los tratamientos.....**¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro N° 24: media para el diámetro de la lámina foliar.....**¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro N° 25: Análisis de varianza ANVA para el diámetro de la lámina foliar**¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro N° 26: Prueba de tukey para los tratamientos.....**¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro N° 27: Media para el diámetro de los tejidos vasculares del tallo.... **¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro N° 28: Análisis de varianza ANVA para el diámetro de los tejidos vasculares del tallo**¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro N° 29: Prueba de tukey para los tratamientos.....**¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro N° 30: Media para el diámetro del cilindro vascular de la raíz **¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro N° 31: Análisis de varianza ANVA para el diámetro del cilindro vascular de la raíz**¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro N° 32: Prueba de tukey para los tratamientos.....**¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro N° 33: Media para el número de xilemas ..**¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro N° 34: Análisis de varianza ANVA para el numero de xilemas..... **¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro N° 35: Prueba de tukey para los tratamientos.....**¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro N° 36: Media para el tamaño de xilemas...**¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro N° 37: Análisis de varianza ANVA para el tamaño del xilema..... **¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro N° 38: Prueba de tukey para los tratamientos.....**¡Error! Marcador no definido.**

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Figura N° 1: Mapa de ubicación.....**¡Error! Marcador no definido.**

Figura N° 2: Gráfica de altura media de la planta..**¡Error! Marcador no definido.**

Figura N° 3: Gráfica del peso por hoja.....**¡Error! Marcador no definido.**

Figura N° 4: Gráfica para el diámetro medio del tallo;**¡Error! Marcador no definido.**

Figura N° 5: Gráfica del área foliar**¡Error! Marcador no definido.**

Figura N° 6: Gráfica para el número de estomas ...;Error! Marcador no definido.

Figura N° 7: Gráfica para el tamaño de estomas....;Error! Marcador no definido.

Figura N° 8: Gráfica para el diámetro de la lámina foliar;Error! Marcador no definido.

Figura N° 9: Gráfica para el diámetro de los tejidos vasculares del tallo;Error! Marcador no definido.

Figura N° 10: Gráfica del diámetro del cilindro vascular de la raíz.....;Error! Marcador no definido.

Figura N° 11: Gráfica para número de xilemas.....;Error! Marcador no definido.

Figura N° 12: Gráfica para el tamaño del xilema...;Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N° 1: Carta para obtener la taxonomía del cultivo.....;Error! Marcador no definido.

Anexo N° 2: Preparación del sustrato;Error! Marcador no definido.

Anexo N° 3: Trasplante del pimiento;Error! Marcador no definido.

Anexo N° 4: Manejo y cuidados agronómicos.....;Error! Marcador no definido.

Anexo N° 5: Obtención de datos;Error! Marcador no definido.

Anexo N° 6: Numero de estomas;Error! Marcador no definido.

Anexo N° 7: Grosor de la lámina foliar;Error! Marcador no definido.

Anexo N° 8: Cálculo del área de los estomas;Error! Marcador no definido.

Anexo N° 9: Diámetro de los tejidos vasculares del tallo;Error! Marcador no definido.

Anexo N° 10: Cilindro vascular de la raíz;Error! Marcador no definido.

Anexo N° 11: Tallo primario;Error! Marcador no definido.

Anexo N° 12: Número de xilemas;Error! Marcador no definido.

Anexo N° 13: Tamaño de xilemas.....;Error! Marcador no definido.