

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



TESIS DE GRADO

**RESPUESTA DE ESTABLECIMIENTO *IN VITRO* DEL NOPAL
FORRAJERO (*Opuntia ficus – indica*) USANDO TRES ECOTIPOS
DISTINTOS EN EL LABORATORIO DE FITOPATOLOGÍA Y
CULTIVO *IN VITRO* DE LA FCAyF.**

Por:

JOSE MARÍA FERNÁNDEZ GALLARDO

Tesis presentada a consideración de la "UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO", como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Agronómica.

**GESTION 2025
TARIJA - BOLIVIA**

VºBº

.....
Ing. Omar Gutiérrez Catarí
PROFESOR 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

APROBADO POR:
TRIBUNAL

.....
M.Sc. Ing. Grover Marcelino Mealla Cortez
TRIBUNAL

.....
M.Sc. Ing. José Ariel Villena Morales
TRIBUNAL

.....
M. Sc. Ing. Henry Esnor Valdez Huanca
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 este logro de mi vida, al principal motor de mi motivación:

Mi Familia.

A mis padres Miguel Ángel Fernández López y Karina Yamil Gallardo Ordoñez, por siempre apoyarme e incentivarme a ser una mejor persona y poder haberme dado la oportunidad de cumplir este sueño, a mi hermana Sofía Fernández Gallardo por ser confidente en mi vida y también haberme incentivado a cumplir con este logro.

A mi abuelita por brindarme su hogar y darme su apoyo incondicional.

A mi Abuelo Zoilo Gallardo por su amor, sus versos y dichos, que desde el cielo siempre me guiara en todo momento por la senda del bien y celebra conmigo este éxito.

AGRADECIMIENTOS

A todas las personas que forman parte de mi vida y me ayudan a superarme, en especial a: **Dios**, por darme la oportunidad de vivir esta experiencia y brindarme salud y protección.

Mi familia, por ser mi motor y motivarme siempre a seguir adelante.

U.A.J.M.S, por su aporte en mi formación profesional y personal, particularmente al:

Ing. Omar Gutiérrez Catarí, por su guía y dedicación en este proyecto, y a todos los docentes que me apoyaron durante mi carrera.

A mis compañeros y amigos, con quienes compartí valiosos momentos en clases y prácticas.

“Me basta reflexionar sobre la maravillosa estructura del universo y tratar humildemente de penetrar siquiera una parte infinitesimal de la sabiduría que se manifiesta en la Naturaleza”.

“Dios no juega a los dados con el universo”.

Albert Einstein

Índice

Preliminares

Dedicatoria	ii
Agradecimientos.....	iii
Resumen	v

INTRODUCCIÓN

Antecedentes	1
Descripción del problema.....	2
Objetivos	4
Objetivo General	4
Objetivos específicos.....	4
Hipótesis.....	4

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Tuna forrajera (<i>Opuntia ficus indica</i> L.)	5
1.2. Origen.....	5
1.3. Taxonomía.....	5
1.4. Descripción botánica	7
1.4.1. El tallo	7
1.4.2. Hojas.....	8
1.4.3. Flores	8
1.4.4. Fruto... ..	9
1.4.5. Areolas	9
1.4.6. Espinas	10
1.4.7. Gloquidio.....	11
1.4.8. Raíces	12
1.5. Definición de ecotipo	12
1.6. Requerimientos Climáticas de <i>Opuntia ficus indica</i>	12
1.6.1. Luz.....	12

1.6.2. Temperatura	13
1.7. Plagas de la Tuna forrajera.	13
1.7.1. Fungosis Pudrición acuosa o húmeda (<i>Phytophthora cactarum</i>).....	13
1.7.2. Mancha plateada (<i>Phytophthora spp.</i> , y <i>Mycosphaerella spp.</i>).	14
1.7.3. Bacteriosis Manca negra (<i>Pseudomonas spp.</i>).	14
1.7.4. Escarabajo barrenador: (Torito) <i>Moneilema variolaris</i> Thompson.	15
1.7.5. Grana o cochinilla: <i>Dactylopius indicus</i> Green.....	15
1.7.6. Trips: <i>Sericothrips opuntiae</i> Hood	16
1.8. Propagación	17
1.8.1. Propagación sexual.....	17
1.8.2. Propagación asexual.....	17
1.9. Variedades de Nopal Forrajero	18
1.9.1. Ecotipos de Nopal forrajero	18
1.9.2. Características de los ecotipos de nopal forrajero	18
1.10. Producción masiva de plantas sanas por cultivo <i>in vitro</i>	19
1.10.1. Termoterapia	20
1.10.2. Quimioterapia.	20
1.10.3. Electroterapia.	21
1.10.4. Cultivo de Callos y Protoplastos.	21
1.11. Condiciones generales para el cultivo <i>in vitro</i>	21
1.11.1. Constitución genética de la planta.....	21
1.11.2. Nutrientes.	22
1.11.3. Factores Físicos.	22
1.11.4. Sustancias Orgánicas.	22
1.11.5. Medios de cultivo.....	22
1.11.5.1. Macroelementos.	23
1.11.5.2. Microelementos.	23
1.11.5.3. Compuestos orgánicos.....	24
1.11.5.4. Sustancias de crecimiento (hormonas)	24
1.11.5.4.1. Auxinas.....	25

1.11.5.4.2. Citoquininas.	25
1.11.5.4.3. Giberelinas.	26
1.11.5.5. Sacarosa.....	27
1.11.5.6. Substancias gelificantes.....	27
2.11.1.7 Medios de Cultivo.....	27
1.12. Secuencia General del Cultivo <i>in vitro</i> de para la Obtención de Material Prebásico.	28
1.12.1. Pruebas ELISA.....	29
1.12.2. Oxidación o Fenolizacion.....	30
1.12.3. Contaminación	30
1.12.4. Necrosamiento.....	31
1.12.5. Regeneración	33

CAPITULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Localización Geográfica	36
2.2. Ubicación Geográfica.....	36
2.3. Materiales	36
2.3.1. Material Vegetal.....	37
2.3.2. Material de escritorio	37
2.3.3. Equipos de Laboratorio	37
2.3.4. Materiales de laboratorio.....	38
2.3.5. Reactivos químicos de laboratorio	38
2.4. Metodología	38
2.4.1. Desarrollo Experimental.	39
2.4.1.2. Ensayo 2: Optimización de medios de cultivo de inicio	42

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Establecimiento <i>in vitro</i> de tuna forrajera: Desinfección (1er ensayo).....	44
3.2. Establecimiento <i>in vitro</i> de tuna forrajera: Regeneración - 2do ensayo.	52
3.2.1. Regeneración Accesión Aguayareense.	52

3.2.2. Regeneración Accesión Vallejas.	53
3.2.3. Regeneración Accesión Tolaba.	55

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones	57
4.2. Recomendaciones.....	58

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

Índice de Anexos

- Anexo A: Preparación del medio de cultivo Ms 100%
- Anexo B: Preparación del medio de cultivo MS 50%
- Anexo C: Preparación del medio de cultivo WPM
- Anexo D: Pesaje de los materiales para la preparación de los medios de cultivos
- Anexo E: Mezclado del medio
- Anexo F: Control del PH
- Anexo G: Autoclavado de los medios
- Anexo H: Temperatura y presión del autoclavado
- Anexo I: Selección de explantes
- Anexo J: Explantes cortados
- Anexo K: Desinfección de los explantes en hipoclorito de sodio
- Anexo L: Extracción de los explantes (areolas)
- Anexo M: Temperatura de la sala de multiplicación
- Anexo N: Tubos con los distintos tratamientos
- Anexo O: Crecimiento de las areolas
- Anexo P: Medios de cultivo MS al 100%, 50% y WPS

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS