

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y FORESTALES
CARRERA DE INGENIERIA AGRONÓMICA**



TESIS DE GRADO

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL USO DEL HIDROGEL EN LA
RETENCIÓN DE HUMEDAD DEL SUELO, EN DIFERENTES TEXTURAS
EN LA PLANTACIÓN DEL MANZANO (*Malus domestica* Borkh)
“COMUNIDAD DE GUAYABILLAS, MUNICIPIO DE PADCAYA DEL
DEPARTAMENTO DE TARIJA”**

Por:

Joel Amos Puma Estrada

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 2023
TARIJA – BOLIVIA**

VoBo

.....
M. Sc. Ing. Claudia Bazán Ortega
DOCENTE GUÍA

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

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

APROBADO POR:

.....
M. Sc. Ing. Yerko Sfarcich Ruíz
TRIBUNAL

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

.....
M. Sc. Ing. José Lindolfo Laimé Nieves
TRIBUNAL

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

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis Padres **Martha Estrada** y **Andres Puma**, el cual anhelaron verme concluir mis estudios y formarme como un buen profesional.

A mis **hermanos, amigos** y **docentes** que me apoyaron.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Destino por haberme guiado por el buen camino y así poder lograr una meta nueva en mi vida.

Agradezco a la Ing. Claudia Bazán ortega por brindarme sus conocimientos, experiencias y amistad, lo que me servirán para superarme en mi vida profesional y personal.

Al equipo del laboratorio de suelos Ing. Sergio Mendoza Mendoza, Ing. Pablo Montaña Zambrana y Ing. Wilfredo Benítez Ordoñez por el apoyo, motivación, paciencia y consejos que me brindaron para mi vida profesional.

A mi docente de actividad de profesionalización Ing. Miriam Torrico que supo guiarme durante toda la carrera.

A Cuencas Pedagógicas por el apoyo. A las amistades que formé y por todos los momentos compartidos en el transcurso de mi vida universitaria.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

1	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1	JUSTIFICACIÓN	2
1.2	OBJETIVOS.....	2
1.2.1	<i>Objetivo General.....</i>	<i>2</i>
1.2.2	<i>Objetivos Específicos</i>	<i>2</i>
1.3	HIPÓTESIS.....	2
2	MARCO TEÓRICO	3
2.1	EL HIDROGEL.....	3
2.1.1	<i>Origen del Hidrogel.....</i>	<i>3</i>
2.1.2	<i>Importancia del Hidrogel en la Agricultura</i>	<i>3</i>
2.1.3	<i>Hidrogel en los Frutales</i>	<i>4</i>
2.1.4	<i>Función del Hidrogel en los Frutales</i>	<i>4</i>
2.1.5	<i>Propiedades.....</i>	<i>5</i>
2.2	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS	5
2.2.1	<i>Características químicas.....</i>	<i>6</i>
2.2.1.1	<i>Composición.....</i>	<i>6</i>
2.2.1.2	<i>Grupos funcionales.....</i>	<i>6</i>
2.2.1.3	<i>pH.....</i>	<i>6</i>
2.2.1.4	<i>Carga iónica.....</i>	<i>6</i>
2.2.2	<i>Características físicas.....</i>	<i>6</i>
2.3	USOS.....	7
2.4	VENTAJAS Y DESVENTAJAS.....	7
2.4.1	<i>Ventajas.....</i>	<i>7</i>
2.4.2	<i>Desventajas</i>	<i>8</i>
	□ <i>Costo.....</i>	<i>8</i>
2.5	DOSIFICACIÓN	8

2.6 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA	9
2.6.1 <i>Manzano</i>	9
2.6.2 <i>Importancia del Cultivo</i>	9
2.6.3 <i>Clasificación Taxonómica</i>	9
2.6.4 <i>Características Botánicas</i>	10
2.7 PLAGAS Y ENFERMEDADES EN EL MANZANA	10
2.7.1 <i>Plagas</i>	10
2.7.2 <i>Enfermedades</i>	11
2.8 CARACTERÍSTICAS DE LA VARIEDAD PRINCESA	12
2.8.1 <i>Árbol</i>	12
2.8.2 <i>Sistema Radicular</i>	12
2.8.3 <i>Hojas</i>	12
2.8.4 <i>Producción</i>	12
2.8.5 <i>Susceptibilidades y Tolerancias</i>	12
2.8.6 <i>Requerimiento de frío</i>	12
2.8.7 <i>Brotación y floración</i>	12
2.8.8 <i>Cosecha</i>	13
2.8.9 <i>Fruta</i>	13
2.8.10 <i>Requerimiento de Clima y Suelo</i>	13
2.8.10.1 Clima.....	13
2.8.10.2 Suelo.	14
2.9 INFILTRACIÓN DE AGUA EN EL SUELO	14
2.9.1 <i>Factores que afectan el proceso de infiltración:</i>	15
2.9.1.1 Textura del suelo.....	15
2.9.1.2 La Materia Orgánica..	15
2.9.1.3 Clima.....	15
2.9.2 <i>Importancia de la infiltración</i>	15
2.10 CAPACIDAD DE CAMPO (CC)	16
2.10.1 <i>Importancia</i>	16
2.11 PUNTO DE MARCHITEZ PERMANENTE (PMP).....	16

2.12 EL AGUA ÚTIL EN LA AGRICULTURA	16
2.13 RIEGO	17
2.13.1 <i>Kc</i>	17
2.13.2 <i>ETR</i>	17
2.14 SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO	17
2.14.1 <i>Ventajas del riego por goteo</i>	17
2.14.2 <i>Desventajas del riego por goteo</i>	18
2.14.3 <i>Tipos de goteos</i>	18
2.15 TEXTURA DEL SUELO	19
2.15.1 <i>La Importancia de la Textura del Suelo</i>	19
2.15.2 <i>Triángulo de la Textura del Suelo</i>	19
2.16 LA HUMEDAD DEL SUELO	20
2.16.1 <i>Factores que Influyen en la Humedad del Suelo</i>	20
3 MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
3.1 LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	22
3.1.1 <i>Localización</i>	22
3.1.2 <i>Clima</i>	23
3.1.3 <i>Fisiografía</i>	23
3.1.4 <i>Vegetación del área de estudio</i>	23
3.1.5 <i>Suelo</i>	26
3.1.6 <i>Análisis de Suelo</i>	26
3.1.7 <i>Uso de la tierra</i>	28
3.1.8 <i>Cedula de cultivo</i>	28
3.1.9 <i>Accesibilidad</i>	28
3.2 MATERIALES	29
3.2.1 <i>Material de aplicación</i>	29
3.2.2 <i>Material vegetal</i>	29
3.2.3 <i>Materiales de Campo</i>	29
3.2.4 <i>Materiales para el Riego</i>	29

3.2.5	<i>Equipo de Laboratorio</i>	30
3.2.6	<i>Equipo de Registro</i>	30
3.2.7	<i>Materiales Gabinete</i>	30
3.3	METODOLOGÍA	30
3.3.1	<i>Características del diseño</i>	31
3.3.2	<i>Dosis</i>	31
3.3.3	<i>Metodología Para Evaluar las Variables</i>	31
3.3.4	<i>Infiltración del Agua</i>	31
3.3.5	<i>Capacidad de Campo</i>	32
3.3.6	<i>Punto de Marchitez Permanente</i>	32
3.3.7	<i>Agua útil</i>	33
3.3.8	<i>Requerimiento del Cultivo</i>	33
3.3.9	<i>Caudal del riego por goteo</i>	33
3.3.10	<i>Tiempo de retención de humedad en el suelo</i>	34
3.3.11	<i>Numero de brotes</i>	34
3.3.1	<i>Tamaño de la planta</i>	35
3.3.2	<i>Diseño de campo</i>	35
3.3.3	<i>Croquis de la Parcela</i>	36
3.4	PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO	37
3.4.1	<i>Preparación del Terreno</i>	37
3.4.2	<i>Trazado de la Parcela</i>	37
3.4.3	<i>Hoyado</i>	37
3.4.4	<i>Pendiente de las Parcelas</i>	37
3.4.5	<i>Preparación de Materia Orgánica (animal y vegetal)</i>	37
3.4.6	<i>Preparación del Hidrogel</i>	37
3.4.7	<i>Trasplante de la Manzana,</i>	37
3.4.1	<i>Instalación del Riego por Goteo</i>	38
3.4.1	<i>Labores Culturales</i>	38
3.4.1.1	<i>Aporque</i>	38
3.4.1.2	<i>Tutorado</i>	38

3.4.1.3	Poda.....	38
3.4.1.4	Control de Plagas y Enfermedades.	38
	CAPÍTULO IV.....	39
	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	39
4	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	39
4.1	INFILTRACIÓN DE AGUA.....	39
4.2	AGUA ÚTIL EN EL SUELO	43
4.3	ÁREA BAJO RIEGO OPTIMO.....	44
4.4	PORCENTAJE DE HUMEDAD	48
4.4.1	<i>Parcela 1, Zona Alta, Textura Franco Arcilloso</i>	48
4.4.1.1	Porcentaje de humedad temporada de lluvia	48
4.4.1.2	Porcentaje de Humedad en periodo sin Lluvia	50
4.4.2	<i>Parcela 2, Zona baja, Textura Franco.....</i>	53
4.4.2.1	Porcentaje de humedad temporada de lluvia	53
4.4.2.2	Porcentaje de Humedad Temporada sin Lluvia	55
4.4.3	<i>Diferencia Entre las Parcelas 1 y 2</i>	57
4.5	NÚMERO DE BROTES	59
4.5.1	<i>Parcela 1, Zona Alta, Textura Franco Arcilloso</i>	59
4.5.2	<i>Parcela 2, Zona Baja, Textura Franco</i>	61
4.5.3	<i>La Diferencia entra la Parcela 1 y 2.....</i>	63
4.6	CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS DE MANZANA	64
4.6.1	<i>Parcela 1, Zona Alta, Textura Franco Arcilloso</i>	64
4.6.2	<i>Parcela 2, Zona Baja, Textura Franca</i>	66
4.6.3	<i>La Diferencia entra la Parcela 1 y 2.....</i>	68
4.6.4	<i>Frecuencia de riego</i>	69
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	70
5.1	CONCLUSIONES.....	70
5.2	RECOMENDACIONES.....	71

INDICE DE TABLAS

TABLA N°1.	DESCRIPCIÓN DE PLAGAS QUE AFECTAN EL CULTIVO DE MANZANA.....	10
TABLA N°2.	DESCRIPCIÓN DE ENFERMEDADES QUE AFECTAN EL CULTIVO DE MANZANA.....	11
TABLA N°3.	PARÁMETROS METEOROLÓGICOS DE LA COMUNIDAD DE GUAYABILLAS	25
TABLA N°4.	DESCRIPCIÓN DE LA PARCELA 1	26
TABLA N°5.	DESCRIPCIÓN DE LA PARCELA 2	27
TABLA N°6.	CÉDULA DE CULTIVO ANUAL POR HECTÁREAS (SIEMBRA, RIEGO, COSECHA).	28
TABLA N°7.	DESCRIPCIÓN DE LOS PARÁMETROS EVALUADOS.	31
TABLA N°8.	CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO DE CAMPO.	35
TABLA N°9.	RESUMEN DE LA CURVA DE INFILTRACIÓN	41
TABLA N°10.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS A PARTIR DE LA FIGURA N°9 Y N°10	42
TABLA N°11.	RESUMEN DE CAPACIDAD DE CAMPO, PUNTO DE MARCHITEZ PERMANENTE, AGUA ÚTIL (CC; PMP; AU).	43
TABLA N°12.	RESULTADOS DE PORCENTAJE DE HUMEDAD CON DÍAS EN LLUVIA PARCELA 1.	48
TABLA N°13.	CUADRO DE ANOVA DE LA PARCELA 1 PARA EL PERIODO DE LLUVIA.	50
TABLA N°14.	PORCENTAJE DE HUMEDAD DE LA PARCELA 1.....	50
TABLA N°15.	CUADRO DE ANOVA DE LA PARCELA 1.....	51
TABLA N°16.	PRUEBA DE MEDIAS DE LOS PORCENTAJES DE HUMEDAD AL 5% ...	52
TABLA N°17.	DATOS DE PORCENTAJE DE HUMEDAD CON DÍAS EN LLUVIA PARCELA 2.	53
TABLA N°18.	CUADRO DE ANOVA DE LA PARCELA 2 CON DÍAS EN LLUVIA.....	54
TABLA N°19.	PRUEBA DE MEDIAS DE LOS PORCENTAJES DE HUMEDAD AL 5% ...	54

TABLA N°20.	PORCENTAJE DE HUMEDAD DE LA PARCELA 2.....	55
TABLA N°21.	CUADRO DE ANOVA DE LA PARCELA 2.....	56
TABLA N°22.	PRUEBA DE MEDIAS DE LOS PORCENTAJES DE HUMEDAD AL 5% ...	56
TABLA N°23.	PORCENTAJE DE HUMEDAD ENTRE PARCELA 1 Y 2 CH.	57
TABLA N°24.	CUADRO DE ANOVA DE LA PARCELA 1 Y 2 CH.....	58
TABLA N°25.	CRECIMIENTO DEL NÚMERO DE BROTES EN PARCELA 1 (CM)	59
TABLA N°26.	PRUEBA DE VARIANZAS DE DOS MUESTRAS PARCELA 1.	60
TABLA N°27.	CRECIMIENTO DEL NÚMERO DE BROTES EN LA PARCELA 2 (CM)...	61
TABLA N°28.	PRUEBA DE VARIANZAS DE DOS MUESTRAS PARCELA 2.	62
TABLA N°29.	PRUEBA DE VARIANZAS DE LAS DOS MUESTRAS CH PARCELA 1 Y 2.	63
TABLA N°30.	CRECIMIENTO DE LA PLANTA PARCELA 1 (CM).	64
TABLA N°31.	PRUEBA DE VARIANZAS DE LAS DOS MUESTRAS PARCELA 1	65
TABLA N°32.	DATOS DEL CRECIMIENTO DE LA PLANTA PARCELA 2 (CM).....	66
TABLA N°33.	PRUEBA DE VARIANZAS DE LAS DOS MUESTRAS PARCELA 2.	67
TABLA N°34.	PRUEBA DE VARIANZAS DE LAS DOS MUESTRAS CH PARCELA 1 Y 2.	68
TABLA N°35.	TABLA DE DURACIÓN DEL AGUA POR DÍA.....	69

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N°1. FUNCIONAMIENTO DEL HIDROGEL EN LAS RAICES.	5
FIGURA N°2. HIDROGEL EN SECO E HIDRATADO	5
FIGURA N°3. VELOCIDAD DE INFILTRACION BÁSICA SEGÚN LA TEXTURA DEL SUELO.....	15
FIGURA N°4. TRIANGULO PIRAMIDAL DE LA TEXTURA DE SUELO.	20
FIGURA N°5. TRIANGULO PIRAMIDAL DE LA HUMEDAD EN REFERENCIA A LA TEXTURA DE SUELO.	21
FIGURA N°6. MAPA DE UBICACIÓN DE LAS PARCELAS DE ESTUDIO.	22
FIGURA N°7. TRIANGULO PIRAMIDAL DE LAS TEXTURAS DE SUELO ESTUDIADOS.....	27
FIGURA N°8. FUENTE: LAB. DE SUELOS U.A.J.M.S. (2023)	27
FIGURA N°9. PLANOS DE LAS PARCELAS DE ESTUDIO.	36
FIGURA N°10. CURVA DE INFILTRACIÓN PARCELA 1.....	39
FIGURA N°11. CURVA DE INFILTRACIÓN PARCELA 2.....	40
FIGURA N°12. RESUMEN DE CULTIVOS.	44
FIGURA N°13. AREA BAJO RIEGO OPTIMO.....	46
FIGURA N°14. ÁREA INCREMENTADA.....	47

INDICE DE ANEXOS

- ANEXO N°1. TAXONOMÍA DEL CULTIVO DE MANZANA
- ANEXO N°2. PLANILLA LA INFILTRACION PARCELA 1
- ANEXO N°3. PLANILLA LA INFILTRACION PARCELA 2
- ANEXO N°4. CÁLCULO DE PORCENTAJE DE HUMEDAD
- ANEXO N°5. HOJA DE COSTOS DE LOS MATERIALES
- ANEXO N°6. HOJA DE COSTOS DE HIDROGEL PARA 1 HECTÁREA
- ANEXO N°7. DIAGNÓSTICO DE LA CAPACIDAD REAL DE ABSORCIÓN DEL HIDROGEL STOCKOSORB.
- ANEXO N°8. HIDROGEL STOCKOSORB SOLO ABSORBE 300 VECES SU TAMAÑO
- ANEXO N°9. HOYADO DE 40x40.
- ANEXO N°10. PREPARACIÓN DEL HIDROGEL.
- ANEXO N°11. HIDROGEL HIDRATADO
- ANEXO N°12. APLICACIÓN DEL HIDROGEL EN LAS PARCELAS.
- ANEXO N°13. TRASPLANTE DE LA MANZANA Y ALINEADO CON HILO TANZA.
- ANEXO N°14. TRANSPLANTE TERMINADO, PENDIENTE DE LA PARCELA.
- ANEXO N°15. PREPARACION DEL FILTRO DE AGUA PARA EL RIEGO.
- ANEXO N°16. INSTALACION DEL RIEGO POR GOTEO
- ANEXO N°17. REGIULACION DEL AUDAL DE LOS GOTEROS.
- ANEXO N°18. EXTRACION DE MUESTRAS DE HUMEDAD.
- ANEXO N°19. TRASLADO DE MUESTRAS DE HUMEDAD EN CONSERVADORA PARA EVITAR PERDIDAS.
- ANEXO N°20. SECADO DE MUESTRAS A 105°C
- ANEXO N°21. CONTEO DE BROTES DE LA PLANTA DE MANZANA.
- ANEXO N°22. DAÑOS A LOS BROTES DE LA MANZANA POR LOS GRANIZOS.
- ANEXO N°23. DAÑO A LAS HOJAS POR GRANIZOS.
- ANEXO N°24. RECUPERACION DE LA PLANTA CON NUEVOS BROTES DESPUES DEL GRANIZO.
- ANEXO N°25. COLOCACION DE ESTACAS A LAS PLANTAS DE MANZANA.

ANEXO N°26. MEDIOCIÓN DE ALTURAS A LAS PLANTAS DE MANZANA.

ANEXO N°27. DESARROLLO DE LA PLANTA DE MANZANA CON HIDROGEL.

ANEXO N°28. DESARROLLO DE LA PLANTA DE MANZANA SIN HIDROGEL.

ANEXO N°29. VISITA TÉCNICA A LAS PARCELAS DEL PROFESOR GUIA ING, CLAUDIA BAZAN.

ANEXO N°30. BENEFICIARIO DE LA INVESTIGACIÓN POR PARTE DE CUENCAS PEDAGÓGICAS CAMPANARIO SR. ESTEBAN PAÍS.

ANEXO N°1. BENEFICIARIO DE LA INVESTIGACIÓN POR PARTE DE CUENCAS PEDAGÓGICAS CAMPANARIO SR. ROSARIO TEJERINA Y ESPOSA.

ANEXO N°2. PREPARACIÓN DE EQUIPO PARA LA INFILTRACIÓN DE AGUA.

ANEXO N°3. ELABORACIÓN DE CC Y PMP EN LAS EXTRACTORAS DE PRESIÓN.

ANEXO N°4. INFORMES DE LABORATORIO.