

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



**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE DOS DOSIS DE HIDROGEL
EN DOS VARIEDADES DE MANZANO (*Malus domestica* Borkh.)
EN CONDICIONES DE VIVERO, EN EL CENTRO
EXPERIMENTAL DE CHOCLOCA (CECH)**

Por:

MAMANI QUISBERT JESSICA

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**

V°B°

Ing. Jorge Cardozo Tejerina
PROFESOR GUÍA

M. Sc. Ing. Juan Oscar Hiza Zuñiga
DECANO
FACULTAD DE CIENCIAS
AGRÍCOLAS Y FORESTALES

M. Sc. Ing. Sebastian Ramos Mejia
VICEDECANO
FACULTAD DE CIENCIAS
AGRÍCOLAS Y FORESTALES

APROBADA POR:

TRIBUNAL

M. Sc. Ing. Grover Mealla Cortez
TRIBUNAL

M. Sc. Ing. Yerko Sfarcich Ruíz
TRIBUNAL

M. Sc. Ing. Martin Oscar Todoya Rojas
TRIBUNAL

El Tribunal Calificador del presente Trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo esta responsabilidad únicamente del (la) autor (a).

DEDICATORIAS:

Este trabajo va dedicado a Dios por iluminar mi camino y no dejarme desmayar. Gracias Señor por los días de sol y los nublados tristes; por las tardes tranquilas y las noches oscuras; por las flores y las estrellas y las sonrisas amables. Tú eres mi guía, mi fortaleza y mi seguridad.

A mis Padres: Wilson Mamani Huasco todo mi esfuerzo y dedicación se lo debo a mi padre que siempre lo llevo en mi corazón, también dedico a mi madre **Justa Quisbert Mamani** por ser mi guía y pilar fundamental de mi vida, A mis hermanas y a mis más apreciados seres queridos quienes son la fuerza que me impulsan cada día a ser mejor, la fuente de inspiración y empeño para no desistir y que sin su apoyo no hubiese podido culminar mi profesión

AGRADECIMIENTOS:

Doy infinitas gracias A Dios:

por la vida y el camino recorrido, por no apartarse de mi lado en los momentos más difíciles de mi vida y poner en mi camino a personas de buena fe que han sido instrumento de su voluntad. **A mis Padres:**

por su amor desinteresado. Humildes trabajadores y los más grandes maestros de mi vida quienes me inculcaron para ser una persona de bien, **A**

mis amigas (os): por brindarme su amistad y apoyo incondicional y a todos aquellos que hicieron posible la confección y elaboración de este trabajo.

A la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”: y en especial a la facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales por haberme cobijado y proporcionado conocimiento durante mi vida académica

A los docentes, que siempre

me colaboraron dentro como fuera de las aulas,

Agradecer a cada uno del miembro del tribunal por sus conocimientos brindados, por las críticas constructivas que ayudan a aprender más cada día.

A mi profesor guía Jorge Cardozo por haberme brindado su apoyo incondicional, colaboración y sugerencias en la realización, corrección y culminación del presente trabajo.

Agradecer al encargado del Centro Experimental de Chocloca (CECH) El Ingeniero José Lindolfo Laimé por haberme proporcionado el espacio del vivero para la realización del trabajo.

Agradecer a mi pareja que siempre estuvo apoyándome en toda la realización de mi trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INDICE

INTRODUCCIÓN

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	1
JUSTIFICACIÓN.....	2
OBJETIVOS.....	3
Objetivos generales.....	3
Objetivos específicos.....	3

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Generalidades de hidrogel (retenedores de agua).....	5
1.1.1 Composición del hidrogel.....	6
1.1.2. El hidrogel en la producción agrícola.....	6
1.1.3. Estudios de hidrogel en la producción agrícola.....	7
1.1.4 Características principales de retenedores de agua.....	9
1.2. Propiedades Importantes de los Hidrogeles Para Aplicaciones Agrícola..	10
1.2.1. Contenido de Agua en el Equilibrio.....	10
1.2.2. Estabilidad Dimensional.....	11
1.2.3 Permeabilidad al Oxígeno.....	11
1.3. Influencia del hidrogel en las propiedades físicas del suelo.....	13
1.3.1 Porosidad.....	13
1.3.2 Aireación.....	14
1.3.3. Infiltración.....	14
1.3.4. Influencia del hidrogel en la retención de humedad del suelo.....	15
1.4 Ventajas del Uso de los Hidrogeles en la Agricultura.....	15
1.4.1 Retención del Agua en el Suelo por la Acción de los Hidrogeles.....	16

1.4.2 Disminución de la Lixiviación Nutritiva.....	18
1.4.3. Aprovechamiento de los Nutrientes.....	20
1.4.4 Mejora en la Disponibilidad del Agua a las Plantas.....	20
1.4.5 Ventajas en el Riego con el Uso de los Hidrogeles.....	21
1.4.6 Uso Eficiente de Fertilizantes.....	22
1.4.7 Aumento en la Capacidad de Intercambio Catiónico.....	23
1.5 Efectos del Hidrogel.....	25
1.5.1 Efectos del Hidrogel sobre la Transpiración de la Planta.....	25
1.5.2 Efectos de la Presencia de Micorrizas al Incorporar Hidrogel en las Plantas.....	26
1.5.3 Efecto de los Hidrogeles en el Semillero, Trasplante y Establecimiento de las Plantas.....	26
1.5.4. Habilidad del Hidrogel para Modificar las Características del Suelo....	29
1.5.5. Efectos residuales de hidrogel.....	29
1.6. Tipos de hidrogel para plantas.....	29
1.6.1. Poli Acrilato de sodio.....	29
1.6.2. Poli Acrilato de potasio.....	29
1.6.3. Poli Acrilamida.....	30
1.7. Marcas de hidrogel.....	30
1.7.1. Hidrogel Acuaforest.....	30
1.7.2. Hidrogel ZEBA®.....	31
1.7.3. Hidrogel Stockosorb.....	31
1.7.4. Hidrogel Water Saber.....	35
1.7.5. Hidrogel con aditivos PROJAR.....	37
1.7.6. Hidrogel Acua-gel®.....	38
1.8. Capacidad de retención de agua del hidrogel.....	40
1.8.1 Utilización de hidrogel como retenedores de agua.....	40
1.8.2 Formas de aplicación de hidrogel.....	41
1.8.3 Protección y almacenamiento.....	41

1.9. CULTIVO DE LA MANZANA (<i>Malus domestica</i> Borkh.).....	41
1.9.1. Origen.....	42
1.9.2. Clasificación taxonómica del manzano (<i>Malus domestica</i> Borkh.).....	42
1.9.3. Descripción morfológica.....	43
1.9.3.1. Reposo vegetativo.....	46
1.9.3.2. Brotamiento y floración.....	47
1.9.3.3. Estado fenológico del frutal.....	48
1.9.4. Variedades.....	49
1.9.4.1. Variedad Anna.....	49
1.9.4.2. Variedad Gala.....	49
1.9.5. Requerimientos edafoclimaticos del cultivo de manzana.....	50
1.9.5.1. Clima.....	50
1.9.5.2. Suelo.....	51
1.9.5.3. Riego.....	51
1.9.5.4. Propagación asexual de la manzana.....	51
1.9.5.4.1. Estaca o esqueje.....	52
1.9.5.4.2. Estacas de tallo.....	52
1.9.5.4.3. Tipos de estacas.....	53
1.9.6. Ventajas de la propagación por estacas.....	53
1.10. VIVERO.....	54
1.10.1 Establecimiento del vivero.....	54
1.10.2 Selección del lugar.....	54
1.10.3. Invernadero de enraizamiento o polipropagador.....	54
1.10.4. Vivero de aclimatación y desarrollo.....	55
1.10.5. Riego en vivero.....	55
1.10.6. El agua en la planta.....	55
1.11. SUSTRATOS.....	55
1.11.1. Tipos de Sustratos.....	56
1.11.2. Propiedades de un sustrato para el desarrollo de plantas.....	58

1.11.3. Preparación de los sustratos.....	59
---	----

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	61
2.1.1 Localización y ubicación del trabajo.....	61
2.1.2. Mapa Satelital del CECH.....	62
2.2. CARACTERISTICAS BIOFISICAS.....	62
2.2.1. Clima.....	62
2.2.2. Vegetación.....	63
2.2.3. Geología.....	65
2.2.4. Geomorfología.....	65
2.2.5. Suelos.....	66
2.2.5.1 .Distribución Espacial de los suelos del CECH.....	66
2.2.5.2. Uso del suelo.....	68
2.2.5.3. Uso agropecuario extensivo.....	68
2.2.6. Actividad económica.....	72
2.2.7. Características del riego en la zona (CECH).....	73
2.2.8. Hidrografía.....	73
2.2.9. Vías de comunicación.....	74
2.3. MATERIALES.....	74
2.3.1. Material Vegetal.....	74
2.3.2. Herramientas y Materiales de campo.....	74
2.3.3. Material de laboratorio.....	75
2.3.3.1. Insumo.....	75
2.3.3.2. Material de escritorio.....	76
2.3.3.3. Registro fotográfico.....	76
2.4. METODOLOGÍA.....	77
2.4.1. Diseño Experimental.....	77
2.4.2. Factores en estudio.....	77

2.4.3. Descripción de tratamientos.....	78
2.4.4. Características del diseño.....	80
2.5. PROCEDIMIENTO.....	80
2.5.1. Arreglo del polipropagador.....	81
2.5.2. Preparación del sustrato para el polipropagador.....	81
2.5.3. Recolección del material vegetativo.....	81
2.5.4. Aplicación del enraizador.....	82
2.5.5. Instalación de las estacas en el poli propagador.....	82
2.5.6. Riego en el polipropagador.....	82
2.5.7. Cálculo para determinar la cantidad a utilizar el hidrogel.....	82
2.5.8. Aplicación del hidrogel.....	84
2.5.9. Preparación del sustrato para el llenado de las bolsas para vivero....	85
2.5.10. Trasplante.....	85
2.5.11. Deshierbe.....	85
2.5.12. Variables a evaluar.....	85

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis Cuantitativo.....	87
3.1.1. Volumen de Agua de Riego Aplicado.....	88
3.1.2. Frecuencia de Riego.....	92
3.1.3 Número de Callos Formados en las Estacas.....	95
3.1.4 Porcentaje de prendimiento de las Estacas a los 60 días.....	98
3.1.5 Porcentaje de prendimiento de las Estacas de manzana a los 120 días...	101
3.1.6. Número de estacas con Brotes.....	105
3.1.7. Número de Brotes por estaca.....	108
3.1.8. Longitud del Brote a los 90 Días.....	111
3.1.9. Número de hojas por brote.....	114
3.1.10 Tiempo de Enraizamiento.....	117
3.1.11. Longitud de la Raíz.....	120

3.1.12. Incremento de la Longitud del Brote a los 120 Días.....	123
3.2. ANÁLISIS Y DISCUSIONES.....	127
3.3 ANÁLISIS ECONÓMICO.....	128

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES.....	132
4.2 RECOMENDACIONES.....	135
BIBLIOGRAFÍA.....	148

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA N° 1 Diagrama de copolimerización del hidrogel.....	6
FIGURA N° 2 Mapa de uso de suelo.....	73
FIGURA N° 3 Mapa de hidrografía del río Camacho.....	79
FIGURA N° 4 Detalle de cada unidad experimental.....	86

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
CUADRO N° 1 Viverismo, trasplante y arbolado.....	36
CUADRO N° 2 Requerimiento de horas frío para algunas variedades.....	50
CUADRO N° 3 Especies más comunes en la zona de chocloca.....	67
CUADRO N° 4 Plantas herbáceas.....	68
CUADRO N° 5 Principales cultivos.....	68
CUADRO N° 6 Distribución espacial de los suelos en c.e.ch.....	71
CUADRO N° 7 Tipos de intervención de los suelos.....	75
CUADRO N° 8 Descripción de tratamientos.....	84
CUADRO N° 9 Determinación del requerimiento de agua para la reproducción de la manzana.....	96
CUADRO N° 10 Volumen de Agua de Riego Aplicado.....	97
CUADRO N° 11 Análisis de varianza para el volumen de agua aplicado.....	98
CUADRO N° 12 de doble entrada, para estudiar los efectos del factor a, del b y de la interacción a x b.....	99
CUADRO N° 13 Prueba de Tukey del factor A (Variedades de Manzana) a la aplicación de agua.....	100
CUADRO N° 14 Prueba de Tukey para el factor B (Dosis de Hidrogel).....	101
CUADRO N° 15 Frecuencia de Riego.....	102
CUADRO N° 16 Análisis de Varianza para la Frecuencia de Riego.....	104
CUADRO N° 17 de doble entrada, para estudiar los efectos del factor A, del B y de la interacción A x B (Frecuencia de riego).....	105
CUADRO N° 18 Prueba de Tukey del factor A (Variedades de Manzana) para la Frecuencia de Riego.....	105

CUADRO N° 19 Prueba de Tukey para el factor B (Dosis de Hidrogel), para Frecuencia de Riego.....	106
CUADRO N°20 números de callos formados en las estacas.....	108
CUADRO N° 21 Análisis de Varianza para la Formación de Callos en las Estacas de Manzana.....	109
CUADRO N° 22 de doble entrada, para estudiar los efectos del factor A, del B y de la interacción A x B para la Formación de Callos.....	110
CUADRO N° 23 Prueba de Tukey del factor A (Variedades de manzana)...	111
CUADRO N° 24 Prueba de Tukey del factor B (Dosis de Hidrogel), para la formación de Callos en las estacas de manzana.....	112
CUADRO N°25 porcentajes de prendimiento de las estacas a los 60 días	113
CUADRO N° 26 Análisis de Varianza para el Porcentaje de Prendimiento de las Estacas a los 60 días.....	114
CUADRO N°27 de doble entrada, para estudiar los efectos del factor A, B y de la interacción A x B en el porcentaje de prendimiento de las estacas a los 60 días.....	115
CUADRO N° 28 Prueba de Tukey del factor A (Variedades de manzana), para el porcentaje de prendimiento de estacas a los 60 días.....	116
CUADRO N°29 Prueba de Tukey del factor B (Dosis de hidrogel), para el porcentaje de prendimiento de las estacas de manzana a los 60 días.....	117
CUADRO N°30 porcentajes de prendimiento de las estacas de manzana a los 120 días.....	118
CUADRO N° 31 Análisis de Varianza para el Porcentaje de Prendimiento de las Estacas a los 120 días.....	119
CUADRO N° 32 De doble entrada, para estudiar los efectos del factor A, B y de la interacción AB. A x B en el porcentaje de prendimiento de las estacas a los 120 días.....	120
CUADRO N° 33 Prueba de Tukey del factor A (Variedades de Manzanas)..	121
CUADRO N° 34 Prueba de Tukey del factor B (Dosis de hidrogel).....	122

CUADRO N°35 Número de estacas con Brotes.....	123
CUADRO N° 36 Análisis de Varianza para el Número de Estacas con Brotes	124
CUADRO N° 37 De doble entrada, para estudiar los efectos del factor A, B y de la interacción AB. A x B para el número de estacas con brotes.....	125
CUADRO N° 38 Prueba de Tukey del factor A (Variedades de manzanas)...	125
CUADRO N° 39 Prueba de Tukey del factor B (Dosis de hidrogel).....	126
CUADRO N°40 Número de Brotes por estaca	127
CUADRO N° 41 Análisis de Varianza para el Número de Brotes por estaca..	129
CUADRO N° 42 De doble entrada, para estudiar los efectos del factor A, B y de la interacción AB. A x B para el Número de Brotes por Estaca.....	130
CUADRO N° 43 Prueba de Tukey del factor A (Variedades de manzana)...	130
CUADRO N° 44 Prueba de Tukey del factor B (Dosis de hidrogel).....	131
CUADRO N°45 Longitud del Brote a los 90 Días.....	132
CUADRO N° 46 Análisis de Varianza para la Longitud del Brote a los 90 Días.....	134
CUADRO N° 47 De doble entrada, para estudiar los efectos del factor A, B y de la interacción AB. A x B para la Longitud del Brote a los 90 Días.....	135
CUADRO N°48 Prueba de Tukey del factor A (Variedades de manzana).....	135
CUADRO N°49 Prueba de Tukey del factor B (Dosis de hidrogel).....	136
CUADRO N°50 Número de hojas del brote principal.....	138
CUADRO N° 51 Análisis de Varianza para el Número de hojas por Brote....	139
CUADRO N°52 De doble entrada, para estudiar los efectos del factor A, B y de la interacción AB. A x B para el Número de hojas por Brote.....	140
CUADRO N° 53 Prueba de Tukey del factor A (Variedades de Manzana)....	140
CUADRO N°54 Prueba de Tukey del factor B (Dosis de hidrogel).....	141
CUADRO N°55 Tiempo de Enraizamiento.....	142
CUADRO N° 56 Análisis de Varianza para el Tiempo de Enraizamiento....	144

CUADRO N°57 De doble entrada, para estudiar los efectos del factor A, B y de la interacción AB. A x B para el Tiempo de Enraizamiento.....	145
CUADRO N° 58 Prueba de Tukey del factor A (Variedades de manzana)....	145
CUADRO N° 59 Prueba de Tukey del factor B (Dosis de hidrogel).....	146
CUADRO N°60 Longitud de la Raíz.....	148
CUADRO N° 61 Análisis de Varianza para la Longitud de la Raíz.....	149
CUADRO N° 62 De doble entrada, para estudiar los efectos del factor A, B y de la interacción AB. A x B para la Longitud de la Raíz.....	150
CUADRO N° 63 Prueba de Tukey del factor A (Variedades de manzana)...	150
CUADRO N°64 Prueba de Tukey del factor B (Dosis de Hidrogel).....	151
CUADRO N°65 Incremento de la Longitud del Brote a los 120 Días.....	152
CUADRO N° 66 Análisis de Varianza del Incremento de la Longitud del Brote a los 120 Días.....	154
Cuadro N° 67 De doble entrada, para estudiar los efectos del factor A, B y de la interacción AB. A x B para el Incremento de la Longitud del Brote a los 120 Días.....	155
CUADRO N°68 Prueba de Tukey del factor A (Variedades de manzana)....	155
CUADRO N° 69 Prueba de Tukey del factor B (Dosis de hidrogel).....	156
CUADRO N° 70 Costos de producción total y por tratamiento.....	160
CUADRO N°71 Análisis de la Razón Beneficio/Costo para cada uno de los tratamientos.....	161

ÍNDICE DE GRÁFICAS

	Pág.
GRÁFICA N°1 Volumen de Agua de Riego Aplicado.....	97
GRÁFICA N°2 frecuencia de riego.....	103
GRÁFICA N° 3 formación de callo.....	109
GRÁFICA N° 4 porcentaje de prendimiento de las estacas a los 60 días.....	114
GRÁFICA N°5 Porcentaje de prendimiento de las Estacas de manzana a los 120 días.....	118
GRÁFICA N°6 Número de estacas con Brotes	123
GRÁFICA N°7 Número de Brotes por estaca.....	126
GRÁFICA N°8 Longitud del Brote a los 90 Días.....	131
GRÁFICA N°9 Número de hojas del brote principal.....	136
GRÁFICA N° 10 Tiempo de Enraizamiento.....	141
GRÁFICA N°11 Longitud de la Raíz.....	146
GRÁFICA N°12 Incremento de la Longitud del Brote a los 120 Días.....	151

ÍNDICE DE MAPAS

	Pág.
Mapa N° 1 Mapa de Ubicación del “Cech”.....	66
Mapa N°2 Mapa Fisiográfico del Centro Experimental de Chocloca C.E.CH.....	72

ANEXOS

ANEXO 1 FOTOGRAFÍAS

FOTO 1: Planta madre de la variedad ana

FOTO 2: Planta madre de la variedad gala

FOTO 3: Recolección de las estacas de la variedad ana y gala

FOTO 4: Cortando las estacas al tamaño de 20-25 cm de largo

FOTO 5: Preparación del enraizador nafusaku

FOTO 6: Estacas puestas en el enraizador nafusaku preparado

FOTO 7: Polipropagador arreglado

FOTO 8: Llenado del sustrato (arena y limo) en el polipropagador

FOTO 9: Instalación de las estacas en el polipropagador

FOTO 10: Brotes de la variedad ana

FOTO 11: Arreglo del vivero

FOTO 12: Recolección del sustrato para el llenado de bolsas (arena, limo y materia vegetal)

FOTO 13: Pesado de las dosis de hidrogel en laboratorio (5 y 2,5 gramos)

FOTO 14: Mezcla del sustrato para el llenado de las bolsas

FOTO 15: Llenado de bolsas

FOTO 16: Aplicación del hidrogel

FOTO 17: Armado del diseño experimental

FOTO 18: Riego en el sustrato antes del tranplante

FOTO 19: Formación de callo

FOTO 20: Trasplante de las estacas

FOTO 21: Estacas trasplantadas en el diseño experimental

FOTO 22: Colocación de los letreros según el diseño

FOTO 23: Hinchamiento del hidrogel

FOTO 24: Aplicación de insecticida para araña

FOTO 25: Parcela del experimento

FOTO 26: Medición de las variables

ANEXO 2 TAXONOMIA DEL MANZANO (*Malus domestica* Borkh.)

ANEXO N°3 CRONOGRAMA DE TRABAJO

