

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



TESIS DE GRADO
“EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DE LA APLICACIÓN DEL
POLIACRILATO DE POTASIO EN EL RENDIMIENTO DEL
CULTIVO DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.) EN EL CENTRO
EXPERIMENTAL DE CHOCLOCA”

Por:

DANIEL ALBERTO SANCHEZ

**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 – 2018

TARIJA – BOLIVIA

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado para mi querida madre Fanny A. Sánchez E., quien fue la persona que me formó con buenos principios, valores y hábitos, cuyos consejos me ayudaron siempre a salir adelante en los momentos más difíciles.

A mis queridas tías que me han brindado su apoyo incondicional, por compartir conmigo buenos y malos momentos.

AGRADECIMIENTOS

- ❖ En primer lugar dar gracias a Dios por darme la fuerza y la voluntad para poder cumplir con mis metas trazadas y acompañarme espiritualmente en los momentos buenos, malos y difíciles por los cuales las personas pasamos en esta vida.
- ❖ A mi familia, que constantemente estuvieron brindando su apoyo y alentando mi desarrollo académico, quiero agradecer: a mi tío José A. Mogro D., tía Yolanda Sánchez, tía María Sánchez y a mis primas/os.
- ❖ Al equipo administrativo del CECH de la Facultad de Cs. Agrícolas y Forestales. Al Ing. Lindolfo Laime, Alejandro Vedia y todo su personal, por su buena voluntad de ayudar a los Tesistas compartiendo sus experiencias.
- ❖ A la “Universidad Autónoma Juan Misael Saracho” por dejarme formar parte del estamento estudiantil dentro de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales al poder formarme académicamente con valores de ética y moral dentro de la Carrera de Ingeniería Agronómica.
- ❖ Al plantel Docente de la Carrera de Ingeniería Agronómica por brindarme sus conocimientos y experiencias, gracias: Ing. Víctor Villarroel, Ing. Martin Tordoya, Ing. Luis Arandia, Ing. Sebastián Ramos, Ing. Henry Valdez, Ing. Miriam Torrico, Ing. Wilfredo Benitez, Ing. Linder Espinoza, Ing. Yerko Sfarich, Ing. Freddy Castro.
- ❖ Al Ing. Pablo Andrés Olivera Serrano por ser mi docente guía en este trabajo de grado y brindarme todo su tiempo, conocimiento, experiencia y apoyo en la orientación de mi Tesis.
- ❖ Al plantel administrativo conformado por el Señor Vicente, al señor Dante por los viajes de prácticas académicas, y a los amigos/as y compañeros/as que ayudaron con el trabajo: Freddy Garron, Beymar Jurado, German Hoyos y Maria Belen Orosco Altamirano.

ÍNDICE

Pág.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Justificación.....	3
1.2. Objetivos.....	4
1.2.1. Objetivo general.....	4
1.2.2. Objetivos específicos.....	4
1.3. Hipótesis.....	5
1.3.1. Hipótesis nula.....	5
1.3.2. Hipótesis alternativa.....	5

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. El poliacrilato de potasio	6
2.1.1 Definición de hidrogel.....	6
2.1.2. Características del poliacrilato de potasio	7
2.1.3. Funcionamiento del poliacrilato de potasio	7
2.1.4. Mejoramiento del suelo y humedad con el uso del poliacrilato de potasio	8
2.1.5. Composición química del poliacrilato de potasio	8
2.1.5.1 Componentes del hidrogel.....	8
2.1.5.2 Propiedades características del hidrogel.....	9

2.1.5.3 Los polímeros.....	11
2.1.5.3.1 Poliacrilato de sodio.....	11
2.1.6 Formas de aplicación del poliacrilato de potasio.....	12
2.1.6.1 Aplicaciones de hidrogel en cultivos agrícolas.....	12
2.1.6.1.1 Método seco.....	12
2.1.6.1.2 Método húmedo.....	13
2.1.7 Experiencias del uso del poliacrilato de potasio	13
2.2. Taxonomía del frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>).....	13
2.3 Morfología del frijol.....	14
2.3.1 Hábitos de crecimiento del frijol.....	14
2.3.2 La raíz.....	16
2.3.3 El tallo.....	16
2.3.4 La hoja.....	18
2.3.5 Inflorescencia.....	19
2.3.6 La flor.....	21
2.3.7 El fruto.....	22
2.3.8 La semilla.....	23
2.4 Prácticas agronómicas del cultivo.....	24
2.4.1 Fertilización del cultivo del frijol	24
2.4.1.1 Importancia del análisis físico – químico del suelo.....	24
2.4.1.2 Suelos requeridos por el frijol	25

2.4.2 Riego en el cultivo del frijol.....	25
2.4.2.1 Formas de agua en el suelo	25
2.4.2.2 Retención de agua en el suelo	26
2.4.2.3 Función principal del agua en el suelo desde el punto de vista agrícola.....	27
2.4.2.4 Calidad de agua de riego	27
2.4.2.5 Requerimiento hídrico del cultivo	28
2.4.2.6 Pérdida de agua en los cultivos	28
2.4.3. Control fitosanitario.....	29
2.4.3.1. Control de malezas en el frijol.....	29
2.4.3.2. Plagas en el cultivo del frijol	30
2.4.3.2.1 Mosca de la semilla (<i>Hilemya cilicrura</i> Rondani).....	31
2.4.3.2.2. Trozadores (<i>Argotis</i> , <i>Feltia</i> y <i>Spodoptera</i>).....	32
2.4.3.2.3 Crisomélidos (<i>Diabrotica</i> , <i>Neobrotica</i> y <i>Cerotoma</i>).....	32
2.4.3.2.4 Trips (<i>trips palmi</i>).....	33
2.4.3.2.5 Barrenador de la vaina (<i>Epinotia aporema</i>).....	34
2.4.3.3 Enfermedades en el cultivo del frijol.....	34
2.4.3.3.1 Antracnosis (<i>Colletotrychum lindemuthianum</i>).....	34
2.4.3.3.2 Pudrición radical por <i>Fusarium</i>	35
2.4.4 Tutorado.....	35
2.4.5 Cosecha y poscosecha.....	36

2.4.5.1 Método de cosecha.....	37
2.4.5.2 Secado.....	37
2.4.5.3 Trillado o desgrane.....	37

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	38
3.1 Localización y ubicación.....	38
3.2 Características climatológicas.....	39
3.3 Características edáficas.....	39
3.4 Características de riego en la zona.....	41
3.5 Características de desarrollo productivo de la zona.....	41
3.6 Materiales.....	41
3.7 Metodología.....	42
3.7.1. Diseño experimental.....	42
3.7.1.1 Tratamientos.....	42
3.7.2 Establecimiento del ensayo.....	43
3.7.3 Manejo del ensayo.....	45
3.7.4 Variables analizar.....	47
3.7.5 Rendimiento.....	48
3.7.6 Tabulación y análisis de datos.....	48
3.7.7 Análisis económico.....	48

CAPÍTULO IV

4. RESULTADO Y DISCUSIÓN.....	50
4.1 Identificación de los parámetros del suelo.....	50
4.1.1 Parámetros físicos del suelo en el ensayo realizado en la terraza baja del Centro Experimental Chocloca.....	50
4.1.1.1 Determinación de las frecuencias de riego para el cultivo del frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en el Centro Experimental Chocloca.....	53
4.1.1.2 Número de veces regadas en el cultivo del frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en el Centro Experimental Chocloca.....	54
4.1.2 Parámetros químicos del suelo en el ensayo realizado en la terraza baja del Centro Experimental Chocloca.....	56
4.1.2.1 Fertilización química en el cultivo del frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.).	57
4.1.2.2 Dosificación de cuatro dosis de poliacrilato de potasio en el cultivo de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en el Centro Experimental Chocloca.....	58
4.2 Evaluación de las características agronómicas del cultivo del frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en sus cinco tratamientos en el Centro Experimental Chocloca.....	60
4.2.1 Características de desarrollo de la altura de planta en el cultivo de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.).....	60
4.2.2 Cuantificación del número de vainas por planta en el cultivo de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en el Centro Experimental Chocloca.....	64
4.2.3 Cuantificación del número de granos de germoplasma por vainas planta en el cultivo de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en el Centro Experimental Chocloca.....	67
4.2.4 Evaluación del peso de los granos de germoplasma por vaina planta en	

el cultivo de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en el Centro Experimental Chocloca.....	71
4.2.5 Evaluación de la longitud de los granos de germoplasma por vaina planta en el cultivo de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en el Centro Experimental Chocloca.....	74
4.2.6 Características climatológicas bajo las cuales se desarrolló el cultivo de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en el Centro Experimental Chocloca.....	77
4.3 Comparación de los rendimientos del cultivo de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) bajo cuatro tratamientos de poliacrilato de potasio en el Centro Experimental Chocloca.....	78
4.4 Determinación de la rentabilidad del uso del poliacrilato de potasio en el cultivo del frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en el Centro Experimental de Chocloca.....	81
4.4.1 Análisis económico Beneficio/Costo del uso del poliacrilato de potasio en el cultivo del frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) a nivel de ensayo en el Centro Experimental de Chocloca.....	82
4.4.2 Análisis económico Beneficio/Costo del uso del poliacrilato de potasio en el cultivo del frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) expresado en Kg/ha.....	84

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	87
--	----

BIBLIOGRAFÍA.

ANEXOS.

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro N°1 Características del poli-acrilato de potasio.....	7
Cuadro N°2. Clasificación taxonómica del frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) según ICTA, (2010).....	13

Cuadro N°3. Requerimiento mineral del frijol.....	24
Cuadro N°4. El 5% de las plantas donde se obtuvieron los datos de campo dentro de una unidad experimenta.....	47
Cuadro N°5. Resultado de los Análisis Físico del Suelo del ensayo.....	50
Cuadro N° 6. Interpretación de los parámetros físicos del análisis de suelo.	51
Cuadro N°7. Frecuencias de riego en el cultivo del frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en el Centro Experimental Chocloca, al 0% de humedad en el suelo.....	53
Cuadro N°8. Número de aplicaciones de riego durante todo el ciclo del cultivo del frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en el Centro Experimental Chocloca bajo cuatro dosis de poliacrilato de potasio.....	54
Cuadro N°9. Resultados de los análisis químico del suelo del ensayo.....	56
Cuadro N°10. Interpretación de los parámetros químicos del análisis de suelo.	57
Cuadro N°11. Dosificación de fertilizante químico fosfato diamónico en el cultivo de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en el Centro Experimental Chocla...	58
Cuadro N°12. Dosificación de cuatro dosis de poliacrilato de potasio en el cultivo de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en el Centro Experimental Chocloca..	59
Cuadro N°13. Desarrollo de la altura de la planta de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) a la cosecha bajo cuatro dosis de poliacrilato de potasio.....	61
Cuadro N°14. Análisis de varianza del desarrollo de la altura de la planta de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) bajo cuatro dosis de poliacrilato de potasio....	61

Cuadro N°15. Prueba de comparación de medias de Tukey del desarrollo de la altura de la planta de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) bajo cuatro dosis de poliacrilato de potasio.....	62
Cuadro N°16. Cuantificación del número de vainas por planta de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) bajo cuatro dosis de poliacrilato de potasio.....	64
Cuadro N°17. Análisis de varianza del número de vainas por planta de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) bajo cuatro dosis de poliacrilato de potasio.....	64
Cuadro N°18. Prueba de comparación de medias de Tukey del número de vainas por planta de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) bajo cuatro dosis de poliacrilato de potasio.....	65
Cuadro N°19. Clasificación de vainas por planta CIAT 1987.....	66
Cuadro N°20. Cuantificación del número de granos de germoplasma por vainas planta de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) bajo cuatro dosis de poliacrilato de potasio.....	68
Cuadro N°21. Análisis de varianza del número granos de germoplasma por vainas planta de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) bajo cuatro dosis de poliacrilato de potasio.....	68
Cuadro N°22. Prueba de comparación de medias de Tukey del número granos de germoplasma por vainas planta de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) bajo cuatro dosis de poliacrilato de potasio.....	69
Cuadro N°23. Evaluación del peso de granos de germoplasma por vaina planta de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) bajo cuatro dosis de poliacrilato de	

potasio.....	71
Cuadro N°24. Análisis de varianza del peso de granos de germoplasma por vaina planta de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) bajo cuatro dosis de poliacrilato de potasio.....	71
Cuadro N°25. Prueba de comparación de medias de Tukey del peso de granos de germoplasma por vaina planta de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) bajo cuatro dosis de poliacrilato de potasio.....	72
Cuadro N°26. Evaluación de la longitud de los granos de germoplasma por vaina planta de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) bajo cuatro dosis de poliacrilato de potasio.....	74
Cuadro N°27. Análisis de varianza de la longitud de los granos de germoplasma por vaina planta de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) bajo cuatro dosis de poliacrilato de potasio.....	74
Cuadro N°28. Prueba de comparación de medias de Tukey de la longitud de los granos de germoplasma por vaina planta de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) bajo cuatro dosis de poliacrilato de potasio.....	75
Cuadro N° 29. Reporte de media de datos climatológicos desde el año 1975 al 2017 en la Comunidad de Chocloca.....	77
Cuadro N° 30 Evaluación del rendimiento del cultivo de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) bajo cuatro dosis de poliacrilato de potasio a nivel ensayo.....	78
Cuadro N°31 Análisis de varianza del rendimiento del cultivo de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) bajo cuatro dosis de poliacrilato de potasio.....	78
Cuadro N°32. Prueba de comparación de medias de Tukey del rendimiento	

del cultivo del frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) bajo cuatro dosis de poliacrilato de potasio.....	79
Cuadro N°33. Promedio de rendimiento del cultivo del frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) bajo cuatro dosis de poliacrilato de potasio en el Centro Experimental Chocloca.....	81
Cuadro N°34. Análisis económico B/C para determinar la rentabilidad del uso de cuatro dosis de poliacrilato de potasio en el cultivo del frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) a nivel de ensayo en el centro experimental Chocloca.....	82
Cuadro N°35. Análisis económico B/C para determinar la rentabilidad del uso de cuatro dosis de poliacrilato de potasio en el cultivo del frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en el centro experimental Chocloca.....	84

ÍNDICE DE IMÁGENES

	Pág.
Imagen N°1. Diagrama de copolimerización del hidrogel (Tornado, 2012)...	9
Imagen N°2. Formula general.....	9
Imagen N°3. El hidrogel absorbe el agua y los nutrientes proporcionándolos a las raíces de la planta (Estrada, 2012).....	10
Imagen N°4 Esquema de los cuatro hábitos de crecimiento.....	15
Imagen N°5. Sistema radical inicial.....	16
Imagen N°6. Raíz completamente desarrollada.....	16
Imagen N°7. Tallo, nudo y entrenudo.....	17

Imagen N°8. Hojas del frijol.....	18
Imagen N°9. Plantula del frijol.....	15
Imagen N°10. Inflorescencia terminales o axilares.....	19
Imagen N°11. Desarrollo de la triada floral.....	20
Imagen N°12. Componentes de la flor.....	21
Imagen N°13. Componentes del androceo y gineceo.....	22
Imagen N°14. Fruto de la planta de frijol.....	22
Imagen N°15. Composición interna de la semilla de frijol.....	23
Imagen N°16. Imagen satelital, ubicación del lugar donde se establecerá el diseño experimental en el Centro Experimental Chocloca.....	38
Imagen N°17. Descripción gráfica de las unidades experimentales.....	43
Imagen N°18. Aplicación del poliacrilato de potasio.....	45

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
GRÁFICO N°1. Desarrollo de la altura de la planta de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) a la cosecha bajo cuatro dosis de poliacrilato de potasio.....	62
GRÁFICO N°2. Número de vainas por planta de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) bajo cuatro dosis de poliacrilato de potasio.....	66
GRÁFICO N°3. Número de granos de germoplasma por vainas planta de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) bajo cuatro dosis de poliacrilato de potasio....	69
GRÁFICO N°4. Peso de los granos de germoplasma por vaina planta de	

frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) bajo cuatro dosis de poliacrilato de potasio en el Centro Experimental Chocloca.....	73
GRÁFICO N°5. Longitud de los granos de germoplasma por vaina planta de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) bajo cuatro dosis de poliacrilato de potasio.....	76
GRÁFICO N°6. Promedio de rendimiento del cultivo del frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) expresado en Kg/ha bajo cuatro dosis de poliacrilato de potasio en el Centro Experimental Chocloca.....	80
GRÁFICO N°7. Relación B/C del uso de cuatro dosis de poliacrilato de potasio en el cultivo del frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) a nivel de ensayo en el centro experimental Chocloca.....	83
GRÁFICO N°8. Relación B/C del uso de cuatro dosis de poliacrilato de potasio en el cultivo del frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) expresado en Kg/ha en el Centro Experimental Chocloca.....	85

