

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



TESIS DE GRADO

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE DIFERENTES CONCENTRACIONES DE
BIOL EN DOS VARIEDADES DEL CULTIVO DE BRÓCOLI (*Brassica oleracea*
v. itálica) BAJO EL SISTEMA DE RIEGO POR
GOTEO EN CARPA SOLAR**

ALFREDO COPARI YUJRA

**LA PAZ – BOLIVIA
2015**

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE AGRONOMIA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE DIFERENTES
CONCENTRACIONES DE BIOL EN DOS VARIEDADES DEL
CULTIVO DE BRÓCOLI (*Brassica oleracea v. itálica*) BAJO EL
SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO EN CARPA SOLAR

Tesis de grado presentado como requisito
Parcial para optar al título de
Ingeniero agrónomo

ALFREDO COPARI YUJRA

Asesor:

Ing. M. Sc. Paulino Ruiz Huanca

Tribunal examinador:

Ing. M. Sc. Eduardo Chilon Camacho

Ing. M. Sc. Isidro Callizaya Mamani

Ing. Genaro Serrano Coronel

APROBADA

Presidente tribunal examinador:

DEDICATORIA

A mi mama Martina y mi papa Julián quienes me dieron la confianza el apoyo y la fortaleza para seguir y no retroceder en los momentos difíciles durante la elaboración de este trabajo.

con todo mi amor y corazón a mí Preciosa Gabrielita Jhanet, es mi constante inspiración y motivo de felicidad en mi diario vivir. A Silvia la compañera y madre de mi hija que fue el apoyo constante siempre.

A todos mis hermanos Walter, segundino, Juan de dios, Elizabeth Que se encuentra a lado de dios, Richard, Verónica, Angélica que me dieron un constante impulso y en especial a Viviana “vivica” que me brindo un especial apoyo durante el proceso y culminación de este trabajo.

A mis queridos sobrinos Ramiro, Magdalena, Gabriel ángel y Zarahi.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco principalmente a la prestigiosa Universidad Mayor de San Andrés por brindarme la oportunidad de formarme en esta bella carrera.

Deseo expresar mis más sinceros agradecimientos al asilo “San Ramón” por brindarme la oportunidad de realizar este trabajo de investigación en sus predios, en especial a Esteban Alavi, técnico del asilo “San Ramón” del área agropecuaria, quien me brindo su constante y sincera ayuda en la iniciación y culminación de este trabajo, con todo su conocimiento y experiencia en el manejo de correcto de los cultivos en la granja.

Agradecer a mi asesor Ing. M. Sc. Paulino Ruiz Huanca por su permanente apoyo, por sus oportunas y acertadas sugerencias hechas antes y durante la realización del ensayo, por la orientación recibida, y las observaciones hechas en el presente estudio.

También estaré siempre agradecido a las ingenieras Grisela Waihua Ramos, la Ing. Fanny Arragan Tancara, quienes me brindaron toda su ayuda desinteresada y precisa en los momentos en que más lo necesitaba durante el proceso de elaboración de este trabajo.

Igualmente al tribunal revisor Ing. M. Sc. Eduardo Chilon Camacho, Ing. M. Sc. Isidro Calizaya y al Ing. Genaro Serrano Coronel, por su tiempo otorgado, por las observaciones y sugerencias hechas para mejorar el presente trabajo.

A todos mis compañeros de la universidad, Víctor Choque, Luis Alberto Condori, José Luis Quispe, Lizet Laime, Paula Laura Masco, Vilma Paloma Mamani Roxana Mamani, Oscar Conde, Justo Castillo, a la señora Miriam Choque, por todos los momentos agradables y difíciles que compartimos a lo largo de toda la carrera, al apoyo académico y moral que me brindaron siempre.

CONTENIDO

Dedicatoria.....	i
Agradecimientos.....	ii
Índice general.....	iii
Índice de cuadros.....	viii
Índice de gráficos.....	ix
Índice de fotografías.....	x
Índice de anexos.....	x
Resumen.....	xi
Summary.....	xii

INDICE GENERAL

1. Introducción.....	1
1.1 Objetivos.....	4
1.1.1 Objetivo general.....	4
1.1.2 Objetivos Especificos.....	4
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 Las hortalizas.....	4
2.1.1 Importancia de hortalizas.....	4
2.1.2 Cultivo del brócoli.....	5
2.1.2.1 Clasificación taxonómica del brócoli.....	5
2.1.2.2 Importancias del brócoli.....	5
2.1.2.3 Características generales del cultivo.....	5
2.1.2.4 Fases fenológicas del cultivo.....	6
2.1.2.5 Necesidades de la planta.....	6
2.1.2.6 Siembra y trasplante.....	7
2.1.2.7 Abonado.....	7
2.1.3 Variedades.....	7
2.1.3.1 Labores culturales.....	8
2.1.3.2 Riego.....	8
2.1.3.3 Refalle.....	8
2.1.3.4 Desmalezado.....	9
2.1.3.5 Escarda.....	9
2.1.3.6 Plagas más comunes.....	9
2.1.3.7 Cosecha.....	10
2.1.4 Producción de hortalizas orgánicas.....	10
2.2 Carpas solares.....	10

2.2.1 Aspectos físico-ambientales de una carpa solar.....	10
2.2.2 Cultivo de hortalizas en carpa solar en Bolivia.....	11
2.2.3 Sistemas de producción en carpas solares.....	11
2.2.3.1 Siembra directa.....	11
2.2.3.2 Siembra indirecta (trasplante).....	12
2.2.3.3 Semilleros.....	12
2.3 Abonos orgánicos.....	12
2.3.1 Proceso de elaboración de abonos orgánicos.....	12
2.3.2 Absorción de los abonos orgánicos por la planta.....	13
2.3.3 Beneficios de los abonos orgánicos.....	14
2.3.4 Abonos orgánicos sólidos.....	14
2.3.5 Abonos orgánicos líquidos.....	15
2.3.6 El biol.....	15
2.3.6.1 Proceso de elaboración del biol.....	16
2.3.6.2 El biol como fertilizante foliar.....	16
2.3.6.3 Estiércol porcino.....	17
2.3.6.4 El biol de estiércol porcino.....	17
2.4 Riego por goteo.....	18
2.4.1 Necesidades hídricas del cultivo.....	18
2.4.2 Factores que condicionan las necesidades hídricas del cultivo.....	19
2.4.2.1 Clima.....	19
2.4.2.2 Tipo de cultivo.....	19
2.4.2.3 Estado de desarrollo de la planta.....	19
2.4.3 Calculo de requerimiento de agua del cultivo.....	19
2.4.3.1 Métodos directos.....	19
2.4.3.2 Métodos indirectos.....	20
2.4.3.3 La evapotranspiración.....	20
2.4.3.4 Calculo de Eto.....	20
2.4.3.5 Método de Penman-Monteith.....	20
2.4.4 Programación de riego.....	21
2.4.4.1 Lamina neta.....	22
2.4.4.2 Humedad gravimétrica a capacidad de campo.....	22
2.4.4.3 Humedad gravimétrica a punto de marchitez permanente.....	23
2.4.4.4 Densidad aparente.....	23
2.4.4.5 Lamina bruta.....	23
2.4.4.6 Frecuencia de riego.....	24
2.4.4.7 Tiempo de riego.....	24
2.5 Componentes de un sistema de riego por goteo.....	24
2.5.1 Cabezal de riego.....	24
2.5.2 Red de distribución.....	25

2.5.3 Mecanismos emisores de agua.....	25
2.5.4 Dispositivos de control.....	25
2.6 Calidad de riego y evaluación del riego presurizado.....	25
2.6.1 Calidad de riego.....	25
2.6.2 Medición de la calidad e agua.....	26
2.7 Evaluación del riego presurizado.....	26
2.7.1 Coeficiente de uniformidad.....	26
2.7.2 Coeficiente de variación.....	27
2.7.3 Bulbo húmedo.....	28
2.7.4 Estimación de las dimensiones del bulbo húmedo.....	29
2.7.5 Porcentajes de suelo mojado.....	29
2.7.6 Numero de emisores por planta.....	29
2.7.7 Eficiencia de aplicación.....	30
3 MATERIALES Y MÉTODOS.....	32
3.1 Localización.....	32
3.1.2 Características agroecológicas.....	32
3.1.3 Suelos.....	32
3.1.4 Vegetación.....	32
3.1.5 Actividad agrícola.....	33
3.1.6 Actividad pecuaria.....	33
3.1.7 comportamiento climático de la zona de estudio.....	33
3.2 Ubicación del área de estudio: predios del asilo san ramón.....	36
3.2.1 Antecedentes del campo experimental.....	37
3.3 Materiales.....	37
3.3.1 Material genético.....	37
3.3.1.1 Características de la semilla.....	38
3.3.2 Material biológico.....	38
3.3.3 Material de campo.....	38
3.3.4 Material de escritorio.....	39
3.4 Metodología.....	39
3.4.1 Procedimiento experimental.....	39
3.4.1.1 Diseño experimental.....	39
3.4.1.2 Modelo lineal aditivo.....	39
3.4.1.3 Características de los tratamientos.....	40
3.4.1.4 Descripción del campo experimental.....	40
3.4.2 Muestreo del suelo.....	41
3.4.3 Preparación del terreno.....	41
3.4.4 Instalación de las cintas de goteo.....	41
3.4.5 Acopio del estiércol porcino.....	41
3.4.6 Acopio de los insumos secundarios para el bioabono.....	42

3.4.7 Procedimiento de elaboración del biol.....	42
3.4.8 Formulación de las dosis de biol aplicadas y de los elementos enriquecedores para el biol.....	44
3.4.8.1 Dosis de estiércol porcino.....	44
3.4.8.2 Dosis de levadura de cerveza.....	45
3.4.8.3 Dosis de alfalfa.....	45
3.4.8.4 Dosis de viseras de pescado.....	46
3.4.9 Preparación del sustrato para la almaciguera.....	47
3.5. Almacigado.....	47
3.5.1 Trasplante.....	48
3.5.2 Delimitación de la parcela experimental.....	48
3.5.3 Aplicación del biol en las unidades experimentales.....	49
3.5.4 Toma de datos en las unidades experimentales.....	49
3.5.6 Labores culturales.....	49
3.6 Programación del riego.....	50
3.6.1 Determinación lamina neta reducida (Zn red.).....	50
3.6.2 Determinación de la frecuencia de riego.....	50
3.6.3 Determinación de la lámina bruta reducida.....	51
3.6.4 determinación del tiempo de riego.....	51
3.7 Evaluación del sistema de riego.....	51
3.7.1 determinación del coeficiente de uniformidad de distribución (CU)....	51
3.7.2 Evaluación del coeficiente de variación (C.V.).....	53
3.7.3 Evaluación del bulbo húmedo (P).....	54
3.7.4 Determinación de la eficiencia de aplicación.....	54
3.8 Análisis económico.....	55
3.9 Variables de respuesta.....	56
3.9.3 Variables para la determinación de eficiencia de aplicación por goteo	56
3.9.3.1 Coeficiente de uniformidad (CU).....	56
3.9.3.2 Coeficiente de variación (CV).....	57
3.9.3.3 bulbo húmedo (BH).....	57
3.9.3.4 Eficiencia de aplicación (Ea).....	57
3.9.2 Variables para la evaluación del biol.....	57
3.9.2.1 Incidencia de plagas en el cultivo.....	57
3.9.1 Variables agronómicas.....	58
3.9.1.1 Altura de planta (cm).....	58
3.9.1.2 Diámetro de tallo.....	58
3.9.1.3 Numero de hojas.....	58
3.9.1.3 Diámetro de la inflorescencia (cm).....	58
3.9.1.4 Peso de la inflorescencia sin hojas (g).....	59
3.9.4. Variables económicas.....	59
3.9.4.1 Rendimiento.....	59

3.9.4.2 Beneficio bruto.....	59
3.9.4.3 Beneficio neto.....	59
3.9.4.4 Relación beneficio/costo.....	59
3.9.4.5 Rentabilidad.....	60
4 RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	61
4.1 Resultados de la evaluación al sistema del riego.....	62
4.1.1 Coeficiente de uniformidad (CU).....	62
4.1.2 Coeficiente de variación (CV).....	63
4.1.3 Bulbo húmedo (BH).....	63
4.1.4 Eficiencia de aplicación (Ea).....	66
4.2 Resultados de la evaluación agronómica.....	66
4.2.1 Altura de planta (cm).....	66
4.2.2 Numero de hojas.....	70
4.2.3 Diámetro de tallo (cm).....	74
4.2.4 Diámetro de inflorescencia a la cosecha (cm).....	78
4.2.5 Peso de inflorescencia a la cosecha (g).....	81
4.3 Resultados de la evaluación al biol.....	84
4.3.1 Incidencia de la mosca blanca y el pulgón verde en el cultivo.....	84
4.4 Resultados del análisis de costos parciales.....	86
4.4.1 Rendimiento en (kg/ha) entre tratamientos.....	86
4.4.2 Rendimiento en (kg) entre variedades.....	88
4.4.3 Beneficio Bruto.....	90
4.4.4 Beneficio neto.....	91
4.4.5 Relación beneficio/costo.....	92
4.4.6 Relación beneficio/costo por variedades.....	93
4.4.7 Rentabilidad.....	94
4.4.8 Rentabilidad entre variedades.....	94
5. CONCLUSIONES.....	96
6. RECOMENDACIONES.....	99
7. LITERATURA CITADA.....	101

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Valores obtenidos en 100 gramos de parte comestible del brócoli.....	6
Cuadro 2. Requerimientos de macro nutrientes del brócoli, en relación al rendimiento.....	7
Cuadro 3. Composición aproximada de materias orgánicas animales.....	15
Cuadro 4. Estiércol sólido y orín producidos por animal /día.....	17
Cuadro 5. Composición de nutrientes en cuatro abonos líquidos.....	18
Cuadro 6. Equivalencia entre miligramos y miliequivalentes.....	26
Cuadro 7. Estimación del bulbo húmedo por medio de tablas.....	30
Cuadro 8. Características de la semilla empleada en el ensayo.....	38
Cuadro 9. Dimensiones de la parcela experimental.....	40
Cuadro 10. Concentraciones de biol para los tratamientos.....	44
Cuadro 11. Clasificación de los coeficientes de uniformidad en %.....	52
Cuadro 12. Clasificación de goteros según el coeficiente de variación.....	53
Cuadro 13. Resultados del análisis de suelo.....	61
Cuadro 14. Determinación del bulbo húmedo.....	64
Cuadro 15. Bulbo húmedo.....	66
Cuadro 16. Análisis de varianza para la altura de planta.....	67
Cuadro 17. Prueba Duncan, para altura de plantas.....	70
Cuadro 18. Análisis de varianza para número de hojas.....	71
Cuadro 19. Prueba Duncan, para el número de hojas.....	74
Cuadro 20. Análisis de varianza para el diámetro de tallo.....	74
Cuadro 21. Prueba Duncan, para el diámetro de tallo.....	78
Cuadro 22. Análisis de varianza para el diámetro de inflorescencia.....	78
Cuadro 23. Prueba Duncan, para el diámetro de inflorescencia entre tratamientos.....	81
Cuadro 24. Análisis de varianza para el peso de inflorescencia.....	82
Cuadro 25. Prueba Duncan, para el peso de inflorescencia entre variedades.....	84
Cuadro 26. Presencia de pulgones y mosca blanca en el cultivo 22 de agosto.....	85
Cuadro 27. Análisis de varianza para el rendimiento.....	87
Cuadro 28. Análisis de varianza para el rendimiento entre variedades.....	89

INDICE DE GRAFICOS

Grafico 1. Comportamiento de las Temperaturas máximas, mínimas y medias en la zona de estudio de 2004-2012.....	33
Grafico 2. Comportamiento de las precipitaciones en la zona de estudio 2004-2012.....	34
Grafico 3. Comportamiento de las precipitaciones anuales en la región durante los últimos 10 años.....	35
Grafico 4. Comportamiento de temperatura en la carpa solar de julio a septiembre 2013.....	35
grafico 5. Comportamiento vertical y horizontal de la emisión del agua por el gotero en el suelo	65
Grafico 6. Altura de planta en cm, en los 8 tratamientos.....	68
Grafico 7. Comportamiento del crecimiento de planta en todo el ciclo para todos los tratamientos.....	69
Grafico 8. Numero de hojas, en los 8 tratamientos.....	72
Grafico 9. Comportamiento del número de hojas en todo el ciclo para todos los tratamientos.....	73
Grafico 10. Diámetro de tallo, en los 8 tratamientos.....	76
Grafico 11. Comportamiento del diámetro de tallo en todo el ciclo.....	77
Grafico 12. Diámetro de inflorescencia, en los 8 tratamientos.....	80
Grafico 13. Peso de inflorescencia, en los 8 tratamientos.....	83
Grafico 14. Rendimiento en kg/ha para los 8 tratamientos.....	88
Grafico15. Rendimiento entre variedades.....	90
Grafico 16. Beneficio bruto por tratamiento.....	91
Grafico 17. Beneficio neto por tratamiento.....	92
Grafico18. Relación beneficio/costo.....	92
Grafico19. Beneficio/costo por variedades.....	93
Grafico 20. Rentabilidad.....	94
Grafico21. Rentabilidad entre variedades.....	95

INDICE DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 1 y 2. Proceso del sellado del biodigestor casero.....	43
Fotografía 3 y 4. Recolección y aplicación del estiércol de cerdo al biodegestor casero.....	45
Fotografía 5. Aplicación de la levadura de cerveza al biodigestor.....	45
Fotografía 6. Picado de la alfalfa.....	46
Fotografía 7. Incorporación de la alfalfa.....	46
Fotografía 8. Recolección de las viseras de pescado.....	46
Fotografía 9. Almacigado de la variedad de ccico y calabrece.....	47

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Datos de temperaturas máximas °C promedio de 2004 a 2012 en la zona de estudio.....	ii
Anexo 2. Datos de temperaturas mínimas °C promedio de 2004 a 2012 en la zona de estudio.....	ii
Anexo 3. Datos de temperaturas medias °C de 2004 a 2012 en la zona de estudio.....	iii
Anexo 4. Datos de precipitación pluvial en mm de 2001 a 2012 en la zona de estudio.....	iii
Anexo 5. Costos de producción del brócoli.....	iv
Anexo 6. Costos de producción del biol.....	iv
Anexo 7. Costos de instalación del sistema de riego.....	v
Anexo 8. Calculo del sistema de riego por goteo.....	v
Anexo 9. Toma de datos de las variables agronómicas y de las variables para el biol.....	vii
Anexo 10. Toma de datos para la evaluación del sistema de riego.....	x
Anexo 11. Croquis de la distribución de los tratamientos en la parcela.....	xi
Anexo 12. Análisis físico químico de suelos.....	xii
Anexo 13. Análisis físico químico del biol.....	xiii
Anexo 14. Croquis de los emisores evaluados.....	xiv
Anexo 15. Determinación de las concentraciones de biol y de los enriquecedores.....	xiv

RESUMEN

El estudio se realizó con el objetivo de identificar las concentraciones más eficientes del biofertilizante líquido a base de estiércol porcino aplicado vía foliar, en el desarrollo agronómico, económico del cultivo de brócoli (*brassica oleracea v. itálica*), además probar la capacidad repelente y controlador de las plagas mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*), y el pulgón verde (*Aphididae*), en el cultivo, que son las plagas que más perjuicio económico causan a los agricultores tanto en cultivo a la intemperie, como en cultivos protegidos, como es el caso de esta investigación. También se evaluó el CU, el CV, la EA y el bulbo húmedo el sistema de riego por goteo. Se realizó un diseño experimental de bloques completamente al azar, con dos factores de estudio, para el primer factor las variedades De ccico y Calabrese, para el segundo factor, concentraciones del 25%, 50%, 75% y 0% de biol aplicado vía foliar, en todos los tratamientos se realizó la evaluación sobre la presencia de plagas ya mencionadas en el cultivo. Los resultados obtenidos por tratamiento en la parte agronómica dieron como mejor rendimiento al tratamiento 5, perteneciente a la variedad Calabrese con una concentración al 25% del biofertilizante, además económicamente tuvo el mejor rendimiento con 4,392 t/ha, y el mejor beneficio neto con 9424 bs/ha y una relación de beneficio/costo de 5,17 bs. El tratamiento 4 perteneciente a la variedad De ccico, tuvo el peor rendimiento económico con 2,5 t/ha, un beneficio/costo del 2,9 bs. En relación al rendimiento entre variedades hallamos a la variedad Calabrese, como la que tuvo mejor comportamiento agronómico y económico, con una relación beneficio/costo del 4,4 bs, mientras que la variedad De ccico obtuvo un 3,5 bs de costo beneficio. En cuanto a la capacidad repelente y controlador de plagas de las diferentes concentraciones de biol en la parcela, los resultados tuvieron un 99% de efectividad, durante el todo el ciclo del cultivo se halló solo la presencia 8 unidades de mosca blanca en la tercera fecha de toma de datos, no volviendo o través a aparecer en el cultivo. Se encontró un CU del 91,5% un CV del 3% una EA del 91%, y referente al bulbo húmedo, se halló una infiltración vertical máxima de 15,5 cm, y horizontalmente se encontró un diámetro de 20,6 cm durante 2 horas de evaluación.

SUMMARY

The study one carries out with the objective of identifying the most efficient concentrations in the biofertilizante I liquidate with the help of swinish manure applied via foliating, in the agronomic development, economics of the cultivation of broccoli (*Brassica oleracea v. italic*), also to prove the repellent capacity and controller of the plagues white fly (*Trialeurodes vaporariorum*), and him green (*Aphididae*), in the cultivation, that they are the plagues that but economic damage causes the so much farmers in cultivation to the bleakness, as in protected cultivations, like it is the case of this investigation. C.U. was also evaluated. Or, CV, the and Ea, and the humid bulb the watering system for leak. One carries out an experimental design of blocks totally at random, with two study factors, for the first factor the varieties De ccico y Calabrese, for the second factor, concentrations of the one 25%, 50%, 75% y 0% of biol applied via foliating, The results obtained by treatment in the agronomic part gave as better yield to the treatment 5, belonging to the variety Calabrese with a concentration to 25% of the biofertilizant, He/she also economically had the best yield with 4,4 T/ha there is, and the best net profit with 10481 bs / there is and an a relationship of benefit/cost of 8,7 bs. The treatment 4 belonging to the variety De ccico, He/she had the economic worst yield with 2,5 T/ha there is, a benefit/cost of the 4,6 bs. In relation to the yield among varieties find to the variety Calabrese, as the one that had agronomic and economic better behavior, with a relationship benefit/cost of the 7,2 bs, while the variety De ccico, he/she obtained a 5,7 bs of cost benefit. As for the repellent capacity and controller of plagues of the different biol concentrations in the parcel, the results had 99% of effectiveness, during the the whole cycle of the cultivation you finds alone the presence 8 units of white fly in the third date of taking of data, not returning or inclination to appear in the cultivation. C.U. was. of 91,5% a C.V. of 3% and E.A. of 91%, and with respect to the humid bulb, you finds an infiltration vertical maxim of 15,5 cm, and horizontally he/she was a diameter of 20,6 cm during 2 hours of evaluation.

1. INTRODUCCIÓN

La disminución productiva de los sistemas agrícolas tradicionales en nuestras tierras agrícolas, están generando problemas graves a los productores, ya que sus suelos están más pobres, con menor cantidad de materia orgánica (menos del 1%), por ello la menor producción y la mayor necesidad del uso de agroquímicos.

Los cultivos más tradicionales son los de carácter extensivo, ósea el cultivo en parcelas a la intemperie, tanto en la agricultura rural campesina de occidente y la agricultura extensiva empresarial del oriente de nuestro país, si bien es obvio que este tipo de agricultura es muy importante para el sostén de la economía de muchísimas familias y de nuestro país, este no es suficiente porque se está dejando de lado la producción y consumo de muchas hortalizas importantes para nuestra salud, teniendo las posibilidades de producirlas en cualquier región, con el uso de ambientes atemperados.

El cultivo de hortalizas en carpas solares es aún en pequeña escala en nuestro país, por lo que se debe dar a conocer a la gente sobre este sistema e incentivar su uso a las familias y mostrar los grandes beneficios que podemos obtener con su uso, además es aplicable en todos los pisos ecológicos del país.

Da ahí el interés de esta investigación en hacer estudio del cultivo de brócoli bajo el sistema de carpas solares, para dar un pequeño aporte a los agricultores en este tipo de hortaliza y que tiene gran demanda y un buen precio en el mercado.

El uso desmedido de agroquímicos sin control alguno, en la agricultura extensiva e intensiva en las regiones de nuestro país, está causando graves problemas de fertilidad a los suelos, como ser la erosión de los suelos, la aparición de plagas en los cultivos, perdida de vegetación y perdida de la fauna silvestre en zonas de productoras, y más grave aun la contaminación toxica de los mismos alimentos que se produce, causando a mediano y largo plazo graves problemas de salud a los consumidores.

También en esta investigación se quiere hacer uso del biol como fertilizante orgánico liquido foliar, en base a estiércol porcino, por su gran contenido de

nutrientes como N P K y fitoreguladores del crecimiento que ayudan el desarrollo foliar de la planta, además de actuar como un plaguicida natural contra plagas de la mosca blanca, el pulgón del brócoli, trips, minadores etc, que causan serias pérdidas económicas a los agricultores que producen tanto en cultivos a la intemperie como en ambientes protegidos. El uso de este fertilizante foliar nos ayuda también a abstenernos de la utilización de agroquímicos contra plagas y fertilizantes, ayudando a la no contaminación del suelo y principalmente mejorando la calidad del producto final libre de elementos tóxicos en su composición.

Estudios relacionados sobre el efecto del uso de bioles elaborados en base a gallinaza líquida y humus de lombriz en el cultivo de tomate, muestran que estos fertilizantes liberan en el agua nutrientes de mas fácil asimilación que un fertilizante tradicional, lo que significa un mayor desarrollo, crecimiento de la planta por tanto mejor rendimiento en frutos, frente a un cultivo tradicional. (Cala 2004).

Se eligió el cultivo de brócoli (*Brassica oleracia var. italica*) para esta investigación, principalmente por la gran necesidad alimenticia que hay en nuestro medio de esta hortaliza, además la institución donde se realizo esta investigación así lo requiere, para satisfacer la dieta diaria de sus residentes, por el alto contenido de vitamina C, vitamina E y fibra alimentaria soluble muy necesario para la salud, además el interés económico que representa esta hortaliza, por su costo relativamente alto en los mercados de la ciudad, ya que la demanda que va creciendo cada vez más en nuestro medio, y principalmente por los grandes beneficios preventivos y curativos que tiene en la salud, especialmente en los tumores malignos.

De acuerdo a estudios realizados por el instituto de investigación del Reino Unido indica que el brócoli al ser rico en antioxidantes naturales, rica en beta carotenos, vitamina C tienen la capacidad de prevenir el crecimiento de tumores malignos, por tener en su composición nutricional tres elementos muy importantes con gran capacidad anti cancerígena como son: el indol (indol-3-carbinol), sulforafano y el fenilisotiocianato, que pueden prevenir enfermedades terminales como ser el cáncer de mama, de próstata y tumores relacionados con el tracto intestinal.

El brócoli actúa como protector del benzopireno un elemento muy cancerígeno que se origina en los procesos de combustión del escape de automóviles, los cigarrillos, estufas, etc, y que lo inhalamos todos los días.

Los científicos están desarrollando una variedad de brócoli denominado súper brócoli, que podría ayudar a combatir este tipo de cáncer, se asegura que esta nueva variedad de brócoli conserva su sabor tradicional pero posee 100 veces más de sulforafano que es el compuesto capaz de destruir los agentes cancerígenos contenidos en los alimentos.

Según Laura (2000), menciona que alrededor del 65% del agua utilizada para riego en el mundo se desperdicia por percolación, escorrentía, evaporación o transpiración, lo que significa que solo el 35% de esta agua es usada eficientemente para el cultivo.

De todos los métodos de riego, el método por superficie es el menos eficiente en términos de utilización de agua, por la exposición total al ambiente lo que produce una tasa de evaporación alta, además de requerir una buena nivelación para su distribución final, el riego por aspersion al ser aplicado en forma de lluvia también tiene una tasa elevada de evaporación aunque en menor cantidad que el sistema por superficie lo que reduce su eficiencia de riego, mientras que el riego localizado o sistema de riego por goteo, es el que mejor aprovecha el agua, mediante el sistema de goteo desde las tuberías conductos o emisores especializados, son aplicados directamente donde se asienta la planta llegando a tener una evaporación casi nula, por lo que el terreno donde no hay cultivo no se riega como por ejemplo los pasillos, por consiguiente el ahorro de líquido, las enfermedades también se reduce al no humedecerse el follaje, siendo este sistema el más eficiente y recomendable para hacer frente a esta problemática de la escasez de agua que enfrenta nuestro país y nuestro planeta.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de tres diferentes concentraciones de biol, en dos variedades de brócoli, bajo un sistema de riego por goteo.

1.1.2 Objetivos específicos

- Determinar la concentración más adecuada de biol, en el cultivo de brócoli.
- Evaluar la eficiencia de aplicación del riego aplicado en el cultivo.
- Estudiar el comportamiento agronómico de dos variedades de brócoli, bajo tres concentraciones de biol.
- Realizar un análisis económico parcial de la producción del cultivo.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Las hortalizas

El cultivo de las hortalizas es una práctica más rentable y fácil de efectuar en nuestro medio, por ello es necesario impulsar su cultivo en carpas solares y en todo tipo de terrenos donde se pueda sembrar para el beneficio de los agricultores en general.

Hortaliza podemos definirla de la siguiente manera “hortalizas son plantas herbáceas, de ciclo anual o bienal (excepcionalmente perenne), de prácticas agronómicas intensivas, cuyos productos son usados en la alimentación humana al estado natural o procesados y presentan un alto contenido de agua (mayor a 70%), un bajo contenido energético (menor de 100 cal/100g) y una corta vida útil en pos cosecha” (citado por Porco y Terrazas, 2009).

2.1.1 Importancia de hortalizas

Las hortalizas desde tiempo atrás han sido cultivadas por sus grandes cualidades alimenticias y nutritivas para nuestro organismo. Ciertas hortalizas son ricas en minerales, las cuales necesitan los humanos para construir el cuerpo y algunas

otras con fuertes recursos de grasas, carbohidratos y proteínas. También algunas poseen poderes laxativos y otras fuertes en vitaminas (citado por De Paz, 2002.).

2.1.2 Cultivo del brócoli

Según Fersini (1979), indica que esta variedad se utiliza las inflorescencias y las hojas. Tarda más que la coliflor en desarrollarse, y de esta difiere también en que su tallo es más alto. Se le considera como el padre de la coliflor y se cultiva en variedades precoces y tardías.

2.1.2.1 Clasificación taxonómica del brócoli

Ospina (1995) clasifica sistemáticamente al brócoli de la siguiente manera:

Reino:	vegetal
Clase:	angiospermae
Subclase:	dicotyledonae
Orden:	roedales
Familia:	cruciferae
Género:	brassica
Especie:	oleracea
Variedad:	itálica
Nombre común:	brócoli, bróculi, brécol.

2.1.2.2 Importancias del brócoli

Según Montensen (1986), indica que el brocoli es relativamente desconocido en América, actualmente es una importante hortaliza entre los productos congelados, tiene bastante vitamina C así como de otras vitaminas y minerales. Es particularmente valioso para las áreas tropicales, donde la dieta es probablemente bajas en verduras, agregando, algunas hojas a la cabeza se incrementa el valor del caroteno.

2.1.2.3 Características generales del cultivo

El brócoli pertenece a la familia de las crucíferas, es una planta similar al coliflor, aunque la pella es más pequeña, posee una raíz pivotante con raíces secundarias y superficiales, las hojas son de color verde oscuro, algo rizadas y festoneadas.

Cuadro 1. Valores obtenidos en 100 gramos de parte comestible del brócoli

Mineral	Valor nutritivo (en 100 g)
Agua	89.1 %
Proteínas	3,6 gr
Carbohidratos	5,9 gr
Fibra	1,5 gr
Calcio	103,0 mg
Fosforo	78,0 mg
Hierro	1,1 mg
Sodio	15,0 mg
Potasio	382,0 mg
Acido ascórbico	113,0 mg
Vitamina A	0,3 mg

Fuente: P.L. White y N. Selvey.

2.1.2.4 Fases fenológicas del cultivo

Se pueden considerar las siguientes fases:

- a) De crecimiento.- En esta fase la planta solamente desarrolla hojas.
- b) De inducción floral.- La planta después de haber pasado un número de días determinados con temperaturas bajas inicia la formación de la flor y el crecimiento de pequeñas hojas en toda la planta.
- c) De formación floral.- La planta en la yema terminal desarrolla una pella y, al mismo tiempo en las yemas axilares de las hojas está ocurriendo la fase de inducción floral para la formación de nuevas pellas que serán bastante pequeñas que la pella principal.
- d) De fructificación.- En esta fase se forman los frutos (silicuas) y semillas de la planta.

2.1.2.5 Necesidades de la planta

Sánchez (2004), menciona que el cultivo se desarrolla bien en otoño e invierno, necesita temperatura baja para desarrollar las pellas, que es su interés comercial hortícola, necesita para su desarrollo normal en la fase de crecimiento temperaturas de entre 20-24°C. Respecto a la humedad relativa esta oscila entre

el 60 y 75% para un estado óptimo. Como todas las crucíferas prefiere suelos con tendencia a la acides y no a la alcalinidad, con un pH optimo entre 6.5 y 7.

2.1.2.6 Siembra y trasplante

La siembra del brócoli se hace en semillero al aire libre, se cubre ligeramente con una capa de 1-1.5 cm. Y el terreno se debe mantener fresco con riegos frecuentes a fin de conseguir una planta desarrollada en unos 45 a 55 días. La nacencia tiene lugar aproximadamente 10 días después de la siembra (Sobrino I., Sobrino v. 1989).

2.1.2.7 Abonado

Según Sánchez (2004), el brócoli es exigente en nitrógeno fosforo potasio, también en boro y magnesio. En suelos demasiado ácidos conviene usar abonos alcalinos para elevar un poco el PH con el fin de evitar el desarrollo de la enfermedad denominada “hernia de la col”.

Cuadro 2. Requerimientos de macro nutrientes del brócoli, en relación al rendimiento

Parte Comestible	Rend. Prom. (t/ha).	N En kg/ha	P En kg/ha	K En kg/ha	pH En kg/ha
Brotos de 20 cm	12,5	67,2	22,4	56,0	6.0-6.8

Fuente: u. california, citado por valadez 1998.

2.1.3 Variedades

Existen variedades desde un grano muy apretado hasta tipos que lo tienen muy suelto, pasando por las formas intermedias. Teniendo en cuenta el ciclo de formación de la pella desde siembra a madurez, se dividen también las variedades en tempranas, de media estación y tardías. Las variedades tempranas se siembran a finales de junio, en clima continental y se recolectan durante los meses de octubre, noviembre y diciembre.

De acuerdo a ABCAGRO (s.f.) las variedades más conocidas son:

- ADMIRAL: variedad de ciclo medio. 80-85 días de trasplanta a la cosecha.
- COASTER: ciclo medio-largo. 80-85 días desde trasplante a recolección.

- CORVET: variedad precoz. 90-95 días desde la siembra. Resistente a *Peronospora brassicae*.
- DE CICCO: Planta compacta que produce cabezas medianas de unos 10 a 12 centímetros de diámetro, de un color verde oscuro, produce muchas cabezas laterales.
- SHOGUM: ciclo semi tardío. Tolerante a *Peronospora brassicae*.
- MARISA: muy precoz. 55-60 días desde el trasplante a la recolección.
- CALABRESE: de ciclo precoz, se desarrolla bien climas templados de 18- a 24C.

2.1.3.1 Labores culturales

Después del trasplante es necesario hacer un riego abundante, que se repetirá a los 2 o 3 días y, en caso de zonas de temperatura elevada, se vigilara la posible necesidad de efectuar 1 o 2 riegos complementarios hasta el arraigo de las plantas. Durante la vegetación sigue siendo un cultivo con importantes necesidades de agua.

2.1.3.2 Riego

Las hortalizas necesitan mucha agua para desarrollar sus raíces y sus hojas. El riego debe ser abundante y regular en la fase de crecimiento, en la fase de inducción floral y formación de pella, conviene que el suelo este sin excesiva humedad, pero si en estado de húmedo.

2.1.3.3 Refalle

El refalle consiste en cambiar los plantines que se hayan muerto por otros nuevos y sanos, que por diferentes factores se marchitaron y murieron en los días posteriores al trasplante, para ello siempre se debe tener un excedente de plantines en los almacigueros para remplazarlos en le rafalle.

Según Sánchez (2003), el raleo consiste en dejar a las plantas, el espacio necesario para que crezcan, eliminando algunas plantitas que han crecido muy juntas. Por ejemplo en el caso de las zanahorias que se siembran directamente,

conviene siempre entre sacar algunas para que las otras tengan mayor oportunidad de crecimiento y un espacio donde formar su raíz.

2.1.3.4 Desmalezado

FAO (1980), menciona que es necesario mantener el terreno limpio de malas hierbas, para ello existen herbicidas que solucionan este problema. Algunos productos son para aplicación antes o después de la siembra, lo que permite tratar los semilleros, y otros para después de la plantación, e incluso algunos tienen las dos aplicaciones.

2.1.3.5 Escarda

Sánchez (2003), indica que se trata de una cava muy ligera que sirve para mantener la tierra suelta, impedir la formación de las grietas, costras y eliminar las malas hierbas que vayan saliendo a lo largo del cultivo. Los resultados son inmejorables pues la circulación de aire luego de la escarda, es mucho mejor, el agua de lluvia y el riego se absorben más. Esta labor de se puede aprovechar también para aporcar las plantas, acumulando un poco de tierra al pie de las mismas, dándoles una mayor estabilidad contra el viento y al mismo tiempo protegemos las raíces del frío y de la luz.

2.1.3.6 Plagas más comunes

Las crucíferas son muy apetecidas por los insectos siendo estos los más importantes.

Nocheros (*agrotis ipsilon*)

Cogolleros (*spodoptera sp.*)

Gusano de las coles (*plutella xylostella*)

Falso medidor (*trichoplucia ni*)

Mariposa blanca del repollo (*pieris sp*)

Afidos (*misus persicae*, *berbicornine brassicae*)

2.1.3.7 Cosecha

Sobrino I. Sobrino V. (1989), señala que con el fin de no perder calidad del producto, por el manejo y roces hasta la comercialización, deben cosecharse con el número de hojas exteriores necesario para su protección.

2.1.4 Producción de hortalizas orgánicas

Lo más relevante que existe dentro de la ciencia agrícola es la innovación de la producción de cultivos con manejos químicos a la producción de cultivos netamente con manejos orgánicos. Las hortalizas orgánicas son aquellas que se producen sin el uso de pesticidas químicos, inclusive, se suprime el fertilizante químico y todo producto toxico capaz de dañar y contaminar el medio ambiente y la salud humana (citado por De Paz, 2002).

2.2 Carpas solares

La carpa solar es una construcción más sofisticada que la de los otros ambientes atemperados. Su tamaño es mayor y permite la producción de cultivos más delicados. La producción de hortalizas en las carpas solares puede realizarse durante todo el año. También se puede almácigar algunos cultivos en cajones dentro de las carpas para su posterior trasplante a la intemperie. Esta versatilidad hace que su uso sea más aceptado y popular que otros tipos de ambientes atemperados (Citado por Hartmann, 1990).

2.2.1 Aspectos físico-ambientales de una carpa solar

Son las características ideales que deberían presentar en general las carpas solares, para su mejor funcionamiento.

- a) Iluminación.- un ambiente atemperado debe captar la máxima radiación solar posible y procurar que esta llegue al terreno de cultivo. Las plantas responden a parte visible de los rayos solares y buscan paralelamente la luminosidad.
- b) Temperatura.- la temperatura interior de un ambiente protegido depende en gran parte del efecto invernadero. Este se crea por la radiación solar que

llega a la construcción y por la impermeabilidad de los materiales de recubrimiento que evitan la irradiación calorífica.

Todos los procesos fisiológicos de la planta como absorción de minerales, crecimiento de las hojas tallos, flores frutos dependen de la temperatura que afecta directamente en la velocidad de crecimiento de la planta.

- c) Humedad.- la humedad relativa atmosférica de un ambiente atemperado está directamente relacionada con la cantidad de agua existente en el suelo. La temperatura a su vez, afecta considerablemente en el grado hidrométrico; este puede variar considerablemente entre el día y la noche o entre un día soleado y nublado.
- d) Anhídrido carbónico (CO₂).- la atmosfera de un ambiente atemperado está compuesto de humedad, anhídrido carbónico y otros gases que son indispensables para el crecimiento de las plantas, las que necesitan por lo menos 0.03 % de CO₂ en el aire para desarrollarse normalmente.
- e) Ventilación.- el intercambio de aire entre el interior de un ambiente atemperado y atmosfera exterior es fundamental para incorporar anhídrido carbónico, controlar la temperatura, la humedad relativa y mesclar el aire. Esto optimiza el crecimiento de las plantas.

2.2.2 Cultivo de hortalizas en carpa solar en Bolivia

Según Hartmann (1990), menciona que en general los ambientes atemperados que se construyen en el altiplano y valles de Bolivia son dependientes exclusivamente de la radiación solar y pocas veces utilizan otras fuentes de energía. La producción hortícola en estos ambientes puede darse durante todo el año aunque la época invernal es la más crítica.

2.2.3 Sistemas de producción en carpas solares

2.2.3.1 Siembra directa

Consiste en sembrar directamente la semilla en el terreno, donde se desarrollara hasta la cosecha final, para ello deben quedar las camas bien mullidas par la siembra, y generalmente se usa riego por gravedad o riego por goteo.

2.2.3.2 Siembra indirecta (trasplante)

Para este sistema es necesario pasar la semilla por un semillero, para lograr con ello una mejor adaptación y la selección de plántulas sanas y fuertes. Entre las hortalizas que más se siembran por este sistema son la lechuga coliflor, brócoli, repollo y todas las crucíferas, etc.

2.2.3.3 Semilleros

Estas se pueden hacer dentro de una carpa solar, en el campo y en cajones de madera y de block. Hacer semilleros para obtener plántulas que estén listas para ser trasplantadas es uno de los pasos más importantes dentro de la producción de hortalizas, por lo tanto deben de hacerse bien hechas porque es aquí donde se inician las pequeñas plantitas (citado por De Paz, 2002.).

2.3 Abonos orgánicos

Sánchez (2003), asegura que son sustancias que están constituidas por desechos de origen animal, vegetal o mixto que se añaden al suelo con el objeto de mejorar sus características físicas, biológicas y químicas. Esta clase de abonos no solo aportan al suelo materiales nutritivos, sino que actúa favorablemente a la estructura del suelo. Así mismo, aportan nutrientes y modifican la población de los microorganismos en general, de esta manera se asegura la formación de agregados que permiten una mayor retención de agua, intercambio de gases y nutrientes, a nivel de raíces de las plantas.

2.3.1 Proceso de elaboración de abonos orgánicos

Alexander (1994), describe que ciertos procesos afectan la mineralización de materiales orgánicos agregados al suelo, la velocidad a la cual un determinado sustrato se oxida, depende de su composición química y de las condiciones físicas y químicas del medio ambiente circundante. La temperatura, suministro de oxígeno, humedad, pH, nutrientes inorgánicos y la relación C/N de los restos vegetales, son las principales influencias ambientales.

De acuerdo a Fuentes (1983), el proceso de descomposición de la materia orgánica, se lleva a cabo por microorganismos (con desprendimiento de calor), que toman su energía de esta y se descomponen. Estos microorganismos tienen la necesidad de nitrógeno para formar su propia proteína que utilizan del proceso de descomposición de la propia materia orgánica.

Para la elaboración de los abonos orgánicos compuestos existen dos procesos, el anaeróbico (sin presencia de oxígeno), y el proceso de fermentación aeróbica (en presencia de oxígeno), en ambos casos intervienen microorganismos especializados y que llegan a transformar el estiércol y materia orgánica en fertilizantes altamente asimilables.

2.3.2 Absorción de los abonos orgánicos por la planta

Armas (1988), los nutrientes se aplican a las hojas porque pueden penetrar la cutícula por difusión. Estos atraviesan la cutícula, penetrando la hoja a través de las células de la epidermis por unas finas estructuras sub microscópicas, que se extienden desde la superficie interna desde la cutícula de la membrana citoplasmática a través de las paredes celulares de la epidermis, una vez que el nutriente está en contacto con la membrana citoplasmática de la célula, el mecanismo de entrada es similar al que ocurre en las células de las raíces.

Rodríguez (1989), nos indica que los factores que influyen en la absorción foliar son principalmente la temperatura, a medida que aumenta la temperatura por ejemplo entre 20 a 26° C. la cutícula se ablanda y el agua es más fluida aumentándose entonces la absorción de la solución nutritiva aplicada. Después de los 28° C. comienza a producirse el secado superficial disminuyendo la absorción de la solución.

Cuando aumenta la humedad relativa ambiental la permanencia de las gotas de solución en la superficie foliar es mayor aumentando la probabilidad de su absorción. Las hojas de mayor juventud tienen mayor probabilidad de absorción que las viejas. También influyen las características químicas e la solución aplicada, por ejemplo se difunden a nivel foliar en mayor grado, los fosfatos y

citratos de potasio, que los cloruros y nitratos. El factor luz es importante para una óptima fotosíntesis, en consecuencia abra una energía disponible para la absorción activa de los nutrientes.

2.3.3 Beneficios de los abonos orgánicos

El uso de abonos orgánicos en los cultivos tiene una gran cantidad de beneficios para el suelo, la planta, el medio ambiente, y para el hombre, mencionaremos los más importantes.

De acuerdo a Aguilar (2011), indica que entre los principales beneficios del uso de abonos orgánicos son:

- Los suelos conservan la humedad y amortiguan los cambios de temperatura.
- Mejoran la permeabilidad de los suelos y su bioestructura.
- Favorecen la colonización de los suelos por la macro y micro vida.
- Funcionan como una fuente constante de fertilizantes de liberación neta y acción residual prolongada, no sólo de macro elementos, sino también de micro elementos.
- Aumenta la eficiencia de absorción nutricional por las plantas al tener mayor desarrollo masivo del sistema radical.
- las plantas cultivadas son vigorosas, no se enferman fácilmente, porque están naturalmente protegidas por el equilibrio nutricional, inherente a la presencia de hormonas, vitaminas y enzimas vegetales en función de la constante actividad fisiológica.
- estimula el ciclo vegetativo de las plantas. Al ser suelos oscuros favorece a la germinación rápida de la semilla.

2.3.4 Abonos orgánicos sólidos

Existen una gran variedad de abonos orgánicos sólidos como por ejemplo el compost, el bocachi, el estiércol de cualquier animal, los abonos verdes, el humus de lombriz y otros abonos que son derivados de estos.

Según CEDECO (2005), indica que el compost es el resultado del proceso de descomposición de diferentes clases de materiales orgánicos (restos de cosecha, excrementos de animales y otros residuos), realizados por microorganismos y macro organismos en presencia de aire (oxígeno y otros gases).

Según Suasaca, Ccamapaza, Huanacuni (2009), afirman que se denomina humus de lombriz a los excrementos de las lombrices. Estos seres especializados en transformar los productos orgánicos, producen un abono de mayor calidad, debido a cualidades físicas, químicas y biológicas del suelo transformado.

2.3.5 Abonos orgánicos líquidos

El uso de abonos orgánicos líquidos es relativamente nuevo, sin embargo cada vez más los agricultores están sustituyendo a los insumos convencionales porque son más baratos y fáciles de hacer, además el mercado de estos alimentos esta creciendo cada vez mas.

Sánchez (2003), sostiene que el biol es el líquido que se descarga de un digestor y es lo que se utiliza como abono foliar. Es una fuente orgánica de fitoreguladores que permite promover actividades fisiológicas y estimular el desarrollo de las plantas.

Cuadro 3. Composición aproximada de materias orgánicas animales

Materia	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	Ca O	Mg O	Sulfatos totales
Estiércol de cerdo	0,4	0,2	0,1	0,1	0,06	0,05
Estiércol de vaca	0,5	0,3	0,15	0,15	0,1	0,05
Estiércol de caballo	0,6	0,4	-	-	-	-
Estiércol de oveja	0,6	0,4	0,3	0,5	0,20	0,15
Estiércol de conejo	0,2	0,13	-	-	-	-
Estiércol de gallina	0,14	1,4	2,1	0,8	0,25	0,20
Humus de lombriz	2	1	-	-	-	-

Fuente: Suquilanda (1996)

2.3.6 El biol

El biol es considerado como un fitoestimulante complejo que al ser aplicado a las semillas o al follaje de los cultivos, permite aumentar la cantidad de las raíces e

incrementar la capacidad de fotosíntesis de las plantas, mejorando así sustancialmente la producción y calidad de las cosechas (Medina 1992).

El biol es el líquido que se descarga de un digestor y es lo que se utiliza como abono foliar. Es una fuente orgánica de fitoreguladores que permite promover actividades fisiológicas y estimular el desarrollo de las plantas (citado por Sánchez, 2003).

De acuerdo a Unzueta (1999), menciona que los bioles son de más rápida absorción para las plantas, se puede aplicar a la raíz o a las hojas; existen muchas formas de prepararlos, lo que realmente importa es que el biol sea bien transformado, y que contenga sus elementos macro nutrientes principales.

2.3.6.1 Proceso de elaboración del biol

De acuerdo a Martí (2007), indica que un biodigestor es un sistema natural que aprovecha la digestión anaeróbica (ausencia de oxígeno), de las bacterias que ya habitan el estiércol, para transformar este en biogás y un fertilizante líquido, el biogás puede ser empleado como un combustible en las cocinas o iluminaciones de grandes instalaciones, como también para alimentar un motor generador de electricidad. El fertilizante llamado biol inicialmente se ha considerado un producto secundario pero actualmente tiene la misma importancia o mayor que el biogás, ya que provee a las familias campesinas de un fertilizante natural que mejora grandemente el rendimiento de los cultivos.

La necesidad de biodigestores para la elaboración del biol en las áreas rurales es grande, sin embargo no todos los productores pueden acceder a este biodigestor, por ello se fabricado un biodigestor casero de fácil construcción y eficiente para la elaboración del biol, aunque la obtención del biogás es difícil por este método, ya que lo que realmente se quiere conseguir por este método es el biol líquido como fertilizante foliar y no el biogás.

2.3.6.2 El biol como fertilizante foliar

Según Ronen (2010), la fertilización foliar es un método confiable para la fertilización de las plantas, cuando la nutrición proveniente del suelo es

insuficiente. Se ha considerado tradicionalmente que la forma de nutrición de las plantas es a través del suelo, donde se supone que las raíces absorberán el agua y los nutrientes necesarios.

La fertilización foliar es una forma de fertilización de más rápida absorción de las plantas por los estomas de las hojas y que principalmente ayuda en el proceso de crecimiento de las plantas, además es un repelente natural contra el pulgón del brócoli, y demás plagas en nuestro medio.

Trobisch, Schilling (1970), señala que la fertilización foliar puede ser utilizada para superar problemas existentes en las raíces cuando estas sufren una actividad limitada debida a temperaturas bajas y altas, falta de oxígeno en campos inundados, ataque de nematodos que dañan el sistema radicular, y una reducción en la actividad radicular, durante las etapas reproductivas en las cuales la mayor parte de los foto asimilados es transferida para reproducción, dejando pocos para la respiración de la raíz.

2.3.6.3 Estiércol porcino

Según Aparicio (2000), indica que en la industria porcina se genera grandes volúmenes de desechos orgánicos, tanto líquidos como sólidos que con un manejo y tratamiento adecuados podrían convertirse en un gran recurso orgánico que pudiese ser utilizado por los productores agrícolas a precios accesibles.

Cuadro 4. Estiércol solido y orín producidos por animal /día

animal	Estiércol solido (kg)	Orín (L)
Porcinos	1,5-2,2	2,5-4,5
Vacunos	20-30	10-15
Equinos	15-20	4-6
Ovino	1,5-2,5	0,6-1,0
Aves (100 gallinas)	10-20	-

Fuente: AOPEB (1998).

2.3.6.4 El biol de estiércol porcino

De acuerdo a Silguy (1994), el estiércol porcino tiene muchas probabilidades de tener el perfil de un excelente abono orgánico, ya que la dieta del cerdo es muy

balanceada, tanto que el 80% de los costos de producir un kilo de carne de cerdo se va en el alimento, de los nutrientes aportados solo un 30% es asimilado por el cerdo, el 70% restante se va en los desechos.

Cuadro 5. Composición de nutrientes en cuatro abonos líquidos

Abono	Nitrógen	Potasio	Fosforo	M. O.	pH
Bovino	0,04	0,26	0,010	0,21	8,88
Ovino	0,06	0,38	0,010	0,25	6,88
porcino	2,15	0,068	0,052	-	8,01
Extracto	0,03	0,03	0,007	0,4	6,73

Fuente: IBTEN (2003)

2.4 Riego por goteo

De acuerdo a Vermeiren (1986), sostiene que el riego localizado cubre en principio el conjunto de métodos que entrañan el humedecimiento de una parte del suelo, pero este término se aplica particularmente a las técnicas que llevan agua solo al pie de las plantas, en la zona de las raíces.

Según Rodríguez (1987), el riego por goteo es el sistema de llevar el agua necesaria para los cultivos por medio de tuberías especiales a través de una red diseñada en el terreno, esta agua llega a la base de la planta por “emisores” que funcionan como goteros.

El riego por goteo aplica el agua gota a gota mediante orificios denominados emisores (goteros), en la proximidad de la zona radicular de los cultivos para que pueda ser utilizada eficientemente. Se caracteriza por el uso de micro tubos, mangueras, cintas de exudación y goteo etc (citado por Serrano s.f.).

2.4.1 Necesidades hídricas del cultivo

Las plantas obtienen el agua para su desarrollo de forma natural de la lluvia, pero en caso de los cultivos no siempre puede estar satisfecha su necesidad, esto se debe a bastantes factores como ser un ciclo de producción largo, o un alto requerimiento de agua, o simplemente que las lluvias no coincidan con el crecimiento del cultivo.

2.4.2 Factores que condicionan las necesidades hídricas del cultivo

Las necesidades de agua de la planta dependen fundamentalmente de los siguientes factores:

2.4.2.1 Clima

El factor clima es muy decisivo en los requerimientos hídricos de las plantas, entre estos tenemos a la humedad, la temperatura, la insolación, y el viento, siendo estos los elementos climáticos que más influyen en el cultivo.

2.4.2.2 Tipo de cultivo

Se considera que la necesidad diaria de un cultivo varía con las necesidades diarias de otro cultivo aunque estén en mismo tiempo de desarrollo, de temporada o de duración del periodo de crecimiento de la planta.

2.4.2.3 Estado de desarrollo de la planta

De acuerdo a Fuentes (1998), las necesidades de agua va aumentando progresivamente conforme se desarrolla el cultivo, hasta llegar a un máximo que suele coincidir la mayor velocidad de crecimiento, floración o la fructificación.

2.4.3 Calculo de requerimiento de agua del cultivo

La determinación de las necesidades de agua de un cultivo puede realizarse de diversas maneras.

2.4.3.1 Métodos directos

Según Serrano (s.f.), sostiene que entre los métodos directos están aquellos que se efectúan en el campo, siendo estos muy laboriosos pero más exactos. Entre estos tenemos a los lisímetros que son recipientes de gran tamaño lleno de tierra en donde se siembra la planta objeto de estudio y se cultiva procurando tener las mismas condiciones que de un cultivo extensivo se coloca a la intemperie, sobre una superficie en la queda recogerse agua percolada en un recipiente, el mismo que es pesado de manera periódica, de modo tal que se puede conocer el agua perdida por evapotranspiración durante el periodo que se considere.

2.4.3.2 Métodos indirectos

De acuerdo a Serrano (s.f.), indica que se han desarrollado los métodos empíricos y o analíticos, basados en datos climáticos fácilmente disponibles, como ser el método de blaney-criddle, hargreaves y el más usado y recomendado por la FAO para proyectos de riego el método de Penman-Monteith.

2.4.3.3 La evapotranspiración

Se conoce como evapotranspiración (ET) la combinación de dos procesos separados por los que el agua se pierde a través de la superficie del suelo por evaporación y por otra parte mediante transpiración del cultivo. La evaporación es el proceso por el cual el agua líquida se convierte en vapor de agua (vaporización), y se retira de la superficie evaporante (remoción de vapor).

La transpiración consiste en la vaporización del agua líquida contenida en los tejidos de la planta y su posterior remoción hacia la atmósfera. Los cultivos pierden agua predominantemente a través de los estomas, estos son pequeñas aberturas en la hoja de la planta a través de las cuales atraviesan los gases y el vapor de agua de la planta hacia la atmósfera.

2.4.3.4 Calculo de Eto

Según Vermeiren (1986), sostiene que la evapotranspiración de referencia ETo se define como el nivel de evapotranspiración de una superficie considerable de césped de una altura uniforme (entre 8 y 15 cm.) en crecimiento activo que recubra completamente el suelo y bien abastecida de agua.

Para este cálculo es necesario tener datos climáticos disponibles en estaciones meteorológicas del área de estudio, y la formula general de Penman-Monteith.

2.4.3.5 Método de Penman-Monteith

La FAO (2006), indica que el método de Penman-Monteith se recomienda como el único método para determinar la evapotranspiración de referencia ETo. En 1948, Penman combinó el balance energético con el método de la transferencia de masa y derivó una ecuación para calcular la evaporación de una superficie abierta de

agua a partir de datos climáticos estándar de horas sol, temperatura, humedad atmosférica y velocidad de viento. Este método conocido como combinado, fue desarrollado posteriormente por muchos investigadores y ampliado a las superficies cultivadas por medio de la introducción de factores de resistencia.

La formula general es:

$$ETo = \frac{0,408*\Delta(Rn) + \gamma*\frac{900}{T+273}*U2*(es-ea)}{\Delta + \gamma(1+0,34*U2)} \quad (1)$$

Dónde:

ETo = evapotranspiración de referencia (MM/día)

Rn = radiación neta en la superficie del cultivo (mj m⁻² dia⁻¹)

T = temperatura media del aire a 2 m de altura

U2 = velocidad del viento a 2 metros de altura

Es = presión de vapor de saturación (kPa)

Ea = presión real de vapor (kPa)

Es-ea= déficit de presión de vapor (kpa)

Δ = pendiente de la curva de presión de vapor (kPa)

γ = constante psicométrica (kPa)

2.4.4 Programación de riego

Según Fuentes (1998), la programación de riego tiene por finalidad el ahorro de agua y energía sin reducir la producción, tratando de dar una respuesta a las siguientes preguntas, cuando regar, cuanta cantidad de agua se debe aplicar en cada riego, cuánto tiempo se debe aplicar el agua en cada riego.

De acuerdo a Serrano (s.f.), indica que en sistemas de riego con oferta de agua a libre demanda, es posible aplicar metodologías de programación de riego con bastante éxito. En cambio en sistemas con oferta de agua menor a la demanda, como, los sistemas de riego en el altiplano y valles de nuestro país, una

programación según los requerimientos hídricos de los cultivos, son de aplicación poco probable o directamente no son aplicables.

2.4.4.1 Lámina neta

Vermeiren (1986), afirma que es la lámina de agua de riego teóricamente necesaria para obtener una producción normal en el conjunto de la superficie cultivable (con exclusión de las pérdidas y de la contribución de otros recursos).

$$Z_n = (\theta_{cc} - \theta_{pmp}) * \text{prof} * f * \frac{D_a}{D_w} \quad (2)$$

Donde: Z_n = lámina neta (mm)

θ_{cc} = capacidad e campo (%)

θ_{pmp} = punto de marchitez permanente (%)

D_a = densidad aparente del suelo (gr/cm^3)

D_w = peso específico del agua

Pr = profundidad radicular (m)

F = coeficiente de cultivo

Lámina neta reducida

$$Z_{nc} = FR * E_{tc} \quad (3)$$

Donde: Z_{nc} = lámina neta reducida

FR = frecuencia de riego

E_{tc} = evapotranspiración de cultivo

2.4.4.2 Humedad gravimétrica a capacidad de campo

Es el volumen de agua que un suelo puede retener después de saturarlo (encharcarlo) y dejarlo drenar (escurrir) libremente durante 48 horas. La capacidad de campo viene a reflejar el agua que el suelo retiene en los capilares pequeños, después de que los más grandes se hayan llenado de aire, y la presión necesaria para comenzar a extraer el agua retenida es baja, menor a 0.3 atmósferas.

2.4.4.3 Humedad gravimétrica a punto de marchitez permanente

Es el contenido de agua de un suelo a partir del cual las plantas no pueden extraer más y, por tanto, se marchitan y mueren. La presión necesaria para comenzar a extraer el agua que contiene un suelo en su punto de marchitez es de 15 atmósferas. De forma general, el punto de marchitez es igual al 56% de la capacidad de campo. Esto quiere decir que si el suelo franco tiene una capacidad de campo de 300 l/m³ de suelo, en su punto de marchitez seguirá conteniendo 168 litros. Pero esta agua no puede ser aprovechada por las plantas.

2.4.4.4 Densidad aparente

De acuerdo a Pascuali (2007), la densidad aparente se define como la masa por unidad de volumen, este volumen es el que ocupa la muestra en el campo. La densidad Aparente es un parámetro importante desde el punto de vista del manejo del suelo, ya que informa sobre la compactación del suelo y permite inferir sobre las dificultades para la emergencia, enraizamiento, circulación del aire y el agua.

2.4.4.5 Lamina bruta

Vermeiren (1986), indica que es la lámina de agua de riego necesaria en la práctica para el cultivo, comprendidas entre las pérdidas por percolación, mala distribución y demás pérdidas que pueda haber.

$$L_b = \frac{L_n}{E_a} \quad (4)$$

Donde: L_b = lamina bruta

L_n = lamina neta

E_a = eficiencia de aplicación

Lamina bruta reducida

$$L_{bc} = \frac{Z_{nc}}{E_a} \quad (5)$$

Donde: L_{bc} = lamina bruta reducida

Z_{nc} = lamina neta reducida

E_a = eficiencia de aplicación

2.4.4.6 Frecuencia de riego

Según Daker (1984), nos indica que la frecuencia de riego es el intervalo de tiempo entre riegos, y varía de acuerdo al crecimiento de la planta o fase del cultivo, también está basado en la evapotranspiración del cultivo y la precipitación efectiva.

$$FR = \frac{zn}{Eto * Kc} \quad (6)$$

Donde: FR = frecuencia de riego

Zn = lamina neta

Eto = evapotranspiración de referencia

Kc = coeficiente de cultivo

2.4.4.7 Tiempo de riego

Dependerá de las necesidades de riego a la altura de agua en mm, abra que determinar el volumen de agua que se aplica en la zona humedecida.

Medina (1986), olitta (1986), Chipana (1997), mencionado por Miranda (2003), señala que el tiempo de riego (Ti), es función del volumen de agua necesario por el cultivo, del número de emisores y el caudal del emisor.

$$Ti = \frac{V}{n * qe} \quad (7)$$

Donde: Ti = tiempo de riego (horas)

V = volumen (l)

N = numero de emisores

qe = caudal emisor (l/hrs)

2.5 Componentes de un sistema de riego por goteo

2.5.1 Cabezal de riego

Fuentes (1998), afirma que comprende un conjunto de aparatos que sirven para tratar, medir y filtrar el agua, comprobar su presión e incorporar los fertilizantes.

2.5.2 Red de distribución

Conduce el agua desde el cabezal hasta las plantas. Del cabezal parte una red de tuberías que se llaman primarias, secundarias etc, de acuerdo a un orden. Las de último orden se llaman tuberías laterales, distribuyen el agua por medio de emisores u orificios.

2.5.3 Mecanismos emisores de agua

Según Moya (1994), indica que son los elementos más importantes de la instalación, ya que sirven para la salida del agua a la dosis prevista, y la presión exigida según el modelo a instalar. Pueden provocar las pérdidas de carga, que en el caso más extremo de los goteros, llega a anular completamente la sobrepresión existente en la entrada, dejándola solo con la presión atmosférica.

2.5.4 Dispositivos de control

De acuerdo a Fuentes (1998), sostiene que los dispositivos de control son los elementos que permiten regular el funcionamiento de la instalación. Estos elementos son: contadores, manómetros, reguladores de presión o caudal Etc.

2.6 calidad de riego y evaluación del riego presurizado

2.6.1 calidad de riego

Según Fuentes (1998), indica que los suelos contienen sales solubles que provienen de la descomposición de las rocas, de las aguas utilizadas para riego, y de las aguas provenientes del subsuelo.

Cuanto mayor es el contenido de sales en el agua del suelo, mayor es el esfuerzo que la planta tiene que hacer para absorber el agua, por ello a mayor cantidad de sales, menor la capacidad de absorción de agua de las plantas. Un contenido alto de sodio y bajo de calcio en el suelo, significan que sus partículas tienden a disgregarse, lo que ocasiona disminución de la velocidad de infiltración de agua (citado por Fuentes 1998).

2.6.2 medición de la calidad e agua

Para medir el contenido de las sales en el agua, se evapora en una estufa una muestra de agua y se pesa el residuo sólido. La medición se expresa en miligramos por litro (mg/litro) o en mili equivalentes por litro (meq/litro).

La equivalencia entre mg y meq de los principales iones contenidos en el agua viene dado por:

Cuadro 6. Equivalencia entre miligramos y mili equivalentes

iones	Mg contenidos en un meq	Meq contenidos en un mg
Calcio	20	0,0500
Magnesio	12,2	0,0819
sodio	23	0,0434
potasio	39,1	0,0256
cloruro	35,5	0,0282
sulfato	48	0,0208
bicarbonato	61	0,0164
carbonato	30	0,0333

Fuente: curso de riego para regantes. José Luis fuentes y.

2.7 Evaluación del riego presurizado

De acuerdo a serrano (s.f.), la evaluación de un sistema de riego es de gran utilidad para establecer un ajuste de los datos obtenidos a una función de distribución estadística, mediante la cual se pueden obtener los parámetros de comportamiento en base a datos obtenidos en la evaluación. Además también asevera que valores elevados de eficiencia o uniformidad puede, bajo ciertas circunstancias, estar asociada con un riego insatisfactorio.

2.7.1 Coeficiente de uniformidad

Según Pizarro (1986), mencionado por Miranda (2003), señala que la uniformidad es una magnitud que caracteriza a todo sistema de riego y que además interviene en el diseño agronómico, porque afecta el cálculo de las necesidades totales de agua, y también en el hidráulico, pues en función de ellas se define los límites entre los que se permite que varíen los caudales de los emisores.

De acuerdo a fuentes (1998), mencionado por Medrano (2006), respecto al coeficiente de uniformidad (CU) menciona que este se utiliza para evaluar instalaciones en funcionamiento y para el diseño de nuevas instalaciones.

Se define según la expresión siguiente.

$$C.U. = \frac{q_{25}}{q_m} \times 100 \quad (8)$$

Donde: C.U. = coeficiente de uniformidad de los emisores

Q_{25} = caudal promedio de los 25% caudales más bajos aforados

Q_m = es el promedio de todos los caudales aforados

$$Q_e = \frac{vol}{T} \quad (9)$$

Donde: Q_e = caudal del emisor

Vol = volumen del vaso

T = tiempo de llenado del vaso

Además aclara que la causa más importante de la variación del caudal es la variación de fabricación de los emisores y las diferencias de presión, por lo cual sugiere utilizar el siguiente fórmula:

$$CU = (1 - 1,27 \times \frac{CV}{e^{0,5}}) \times \frac{q_m}{q_a} \quad (10)$$

Donde: CV = coeficiente de variación de fabricación del emisor

e = numero de emisores por cada planta

q_m = caudal mínimo de los emisores considerados

q_a = caudal medio de los emisores considerados

2.7.2 coeficiente de variación

Según Gil, Khan y Hernández (2002), En el proceso de fabricación de emisores es imposible obtener productos exactamente iguales, por lo que se puede esperar alguna variación en el caudal a una presión de referencia, desde una unidad de emisor a otra por lo tanto, para que exista una uniformidad de riego aceptable, la

variación en la fabricación debería ser la menor posible. La calidad de esta variación, viene dada por el coeficiente de variación por fabricación (CV).

Esta dada por la formula:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (q_i - q_a)^2}{n-1}} \quad (11)$$

Donde: q_1 = caudal del emisor
 q_a = caudal promedio
 n = numero de emisores
 S = desviación típica normal

Entonces el coeficiente de variación debido a la fabricación del emisor, se obtuvo de dividir la desviación típica normal sobre el caudal promedio:

$$CV = \frac{S}{q_a} \quad (12)$$

Donde: S = desviación típica normal
 Q_a = caudal promedio

2.7.3 Bulbo húmedo

Hay tres formas básicas para determinar el bulbo húmedo, por medio de Tablas, fórmulas o en forma experimental. Las tablas no suelen ser muy buena idea. Las fórmulas son muy genéricas y aplicables a casos genéricos de suelos estándar, pero es la única forma de realizar cálculos a priori, y la mejor forma es la experimental, con medidas in situ. Esto último muy engorroso y costoso.

Por ello es difícil de determinar exactamente el bulbo húmedo de un sistema de riego por goteo, y se acude a métodos más prácticos y aceptables.

El riego por goteo moja solo una fracción del suelo, para ello debe haber un mínimo de superficie mojada para que la planta se desarrolle adecuadamente.

Textura Gruesa (arcilloso): $D_m = 0.3 + 12.q$ (13)

Textura Media (franco): $D_m = 0.70 + 0.11.q$ (14)

Textura Fina (Arenoso): $D_m = 1.2 + 0.10 q$ (15)

Donde D_m = diámetro mojado

q = caudal del emisor

2.7.4 Estimación de las dimensiones del bulbo húmedo

Como ya dijimos anteriormente se las puede realizar por medio de formulas, tablas o de manera experimental. Las tablas no son poco confiables, las formulas son muy genéricas y aplicables a casos genéricos de suelos estándar, pero es la única forma cuando se la quiere hacer rápidamente, la otra forma es la forma experimental con estudios en campo, pero es muy costoso y complicado.

2.7.5 porcentajes de suelo mojado

Debido a la característica del riego localizado es necesario asegurar un porcentaje mínimo de superficie mojada con el ánimo de asegurar que la planta disponga un volumen de suelo mínimo, en el que se tenga siempre una reserva de agua para posibles fallos del sistema.

$$P = \frac{S}{a*b} * 100 \quad (16)$$

Donde: S = superficie mínima mojada

$a*b$ = marco de plantación

Los valores recomendados son: cultivos herbáceos 50%, cultivos leñosos 33%.

2.7.6 Numero de emisores por planta

En teoría bastaría con disponer los emisores con una separación igual al bulbo húmedo, pero esto no resulta práctico ya que crearíamos barreras de sales y zonas secas entre los bulbos que dificultan el crecimiento de las raíces. Así que es mejor solapar los bulbos entre un 15 % como mínimo y o más de un 50% (esto último por razones económicas exclusivamente).

Cuadro 7. Estimación del bulbo húmedo por medio de tablas

Prof. de raíces y textura del suelo	Grado de estratificación del suelo		
	Homogéneo	Estratificado	En capas
	Diámetro mojado (D), en m.		
Prof. 0,8 m			
Ligera	0,50	0,8	1,10
media	1,00	1,25	1,70
gruesa	1,10	1,70	2,00
Prof. 1,7 m			
Ligera	0,80	1,50	2,00
media	1,25	2,25	3,00
gruesa	1,70	2,00	2,50

Fuente: Ing. Técnica agrícola.

2.7.7 Eficiencia de aplicación

Serrano (s.f.) menciona que la eficiencia de aplicación (Ea), o rendimiento de aplicación (Ra), el cual está basado en el concepto de alcanzar la lamina requerida, pero solo está pensado para estimar lo que ocurre en un simple riego, se define según la ecuación:

$$\%Ea = \frac{Z_n}{Z_b} * 100 \quad (17)$$

Donde %Ea = eficiencia de aplicación

Zn = lamina neta

Zb = lamina bruta

De acuerdo a Vermeiren (1986), indica que para realizar un buen manejo de la instalación, es necesario conocer de la manera más precisa posible las cantidades de agua netas aportadas por el riego. Todas las redes deben tener aparatos de medida para volúmenes o caudales para poder verificar fácilmente las cantidades totales de agua aportadas. Indica también que hay dos causas por las que existe perdidas de agua.

- Falta de uniformidad en las distribución de los distintos distribuidores (debido a las variaciones de presiones en los distintos puntos de la red, defectos de fabricación en los materiales, etc)

- Perdidas de agua en la red (debidas a la evaporación, las fugas en las conducciones, percolación profunda, etc)

Por tanto la eficiencia de aplicación será:

$$Ea = Ks * Cu \quad \text{ecc (18)}$$

Donde: Ea = eficiencia de aplicación.

Ks = perdidas inevitables por percolación profunda, evaporación, etc.

Cu = coeficiente de uniformidad de distribución.

Según Chipana (2003), la eficiencia de aplicación (Ea) se determina a través de las pérdidas por percolación y evaporación (Ks) y el coeficiente de uniformidad de distribución (Cu).

Entonces $Ea = Cu * Ks \quad \text{ecc (19)}$

Donde Ea = eficiencia de aplicación

Cu = coeficiente de uniformidad

Ks = eficiencia de almacenamiento

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización

El presente estudio se realizó en los predios del hogar de ancianos “San Ramón” ubicado en el barrio de Achumani de la ciudad de La Paz, municipio nuestra señora de La Paz, provincia Murillo, departamento de La Paz.

Los predios se encuentran al sur de la ciudad de La Paz y se localiza geográficamente entre el paralelo 16° 31´ 0.5´´ latitud sur y 68° 08´ 50.9´´ longitud oeste (Google Earth, 2014).

3.1.2 Características agroecológicas

El barrio de Achumani se encuentra a una altura de 3420 m.s.n.m. (Google Earth, 2014), La precipitación anual media es de 521,8 mm y una humedad relativa del 50% aproximadamente, una temperatura promedio máxima de 19° centígrados, una temperatura promedio mínima de 2° centígrados (SENAMHI, 2012).

3.1.3 Suelos

Los suelos de la zona presentan pendientes inclinadas a muy escarpadas, de muy poco profundos a profundos, la textura es Franco Arcillo limoso. Son suelos con pH levemente ácidos con afloramiento rocosos en las áreas escarpadas, con una capa arable de 15 a 20 cm de profundidad.

3.1.4 Vegetación

Ecológicamente el área experimental se encuentra situado en un bosque seco montañoso sub tropical, donde el tipo de vegetación predominante se compone de especies arbóreas como, Eucalipto (*Eucaliptus globulus*), Pinos (*pinus radiata*), retama (*retama monospera*), de especies herbáceas con un estrato alto como Jichu (*Stipa ichu*), Iru jichu (*Festuca orthophilla*), hervaceas de estrato bajo como Chiji (*Distichis humilis*), Layo Layo (*trifolium amabilis*), cebadilla (*Bromus catarticus*), Cola de ratón (*Hordeum andinicola*), Alfalfa (*Medica sativa*).

3.1.5 Actividad agrícola

Entre los cultivos más importantes en producción son, lechuga (*Lactuca sativa*), Tomate (*Lycopersicon sculentum*), Zanahoria (*Daucus carota*), Espinaca de carpa (*Espinacea oleracea*), Nabo (*Brassica campestris*), Remolacha (*Beta vulgaris*), Brócoli (*Brassica oleracea*), Coliflor (*Brassica oleracea var. botrytis*), Acelga (*Beta vulgaris var. cicla*), Perejil (*Petroselinum sativum*), Morrón (*Capsicum anuum*), Maíz (*zea mayz*), cebolla (*Allium cepa*), Apio (*Apium graveolans var. dulce*), Vainita (*Phaseolus vulgaris*), Rabanito (*Raphanus sativus*).

3.1.6 Actividad pecuaria

La actividad pecuaria en los predios del asilo “San Ramón” esta mas enfocada a la crianza de animales menores como ser; cuyes (*Cavia apereá porcellus*), conejos (*Oryctolagus cuniculus*), ganado porcino, y en menor cantidad ganado ovino.

3.1.7 comportamiento climático de la zona de estudio

El comportamiento de las temperaturas y las precipitaciones mensuales promedio en la zona de estudio es fundamental para realizar un buen manejo del cultivo y poder tener una programación de riego lo más eficaz posible, a continuación ofrecemos estos datos en el grafico 1.

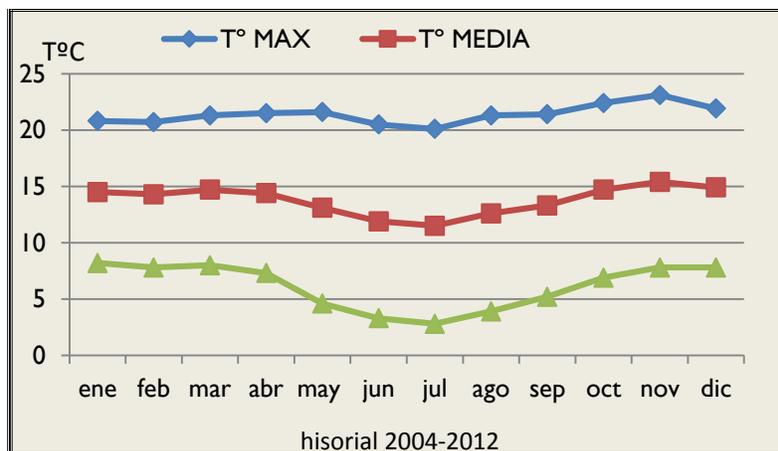


Grafico 1. Comportamiento de las Temperaturas máximas, mínimas y medias en la zona de estudio (SENAMHI 2004-2012).

En el grafico 1, observamos que las temperaturas medias de julio, agosto, septiembre y parte de octubre, los meses donde se realizo el estudio, no

sobrepasan los 12°C, las temperaturas más baja la obtuvimos en el mes de julio llegando a los 2,8°C, lo que nos muestra el fuerte invierno en la zona, y la temperatura máxima se dio en el mes de octubre con 23,1°C.



Grafico 2. Comportamiento de las precipitaciones en la zona de estudio (SENAMHI 2004-2012).

Como se puede observar en el grafico 2, las precipitaciones mensuales más altas se dan por los meses de diciembre, enero y febrero, obteniendo precipitaciones de 136.9 mm/m², mientras que las precipitaciones más bajas se dan en los meses de mayo, junio, julio y agosto, llegando hasta 4.7 mm/m², son las épocas más secas de la región.

Con respecto al grafico 3, observamos que las precipitaciones anuales en la zona de estudio para el 2012 fueron apenas de 510 mm/m², uno de las más bajas precipitaciones en los últimos 10 años, siendo el año 2010 con más precipitación en los últimos años con 657.7 mm/m².

Estos datos nos muestran la gran variabilidad de las precipitaciones a lo largo de los años y estos datos nos ayudan a realizar una programación de riego y manejo del cultivo lo más eficaz posible (SENAMHI, 2012).

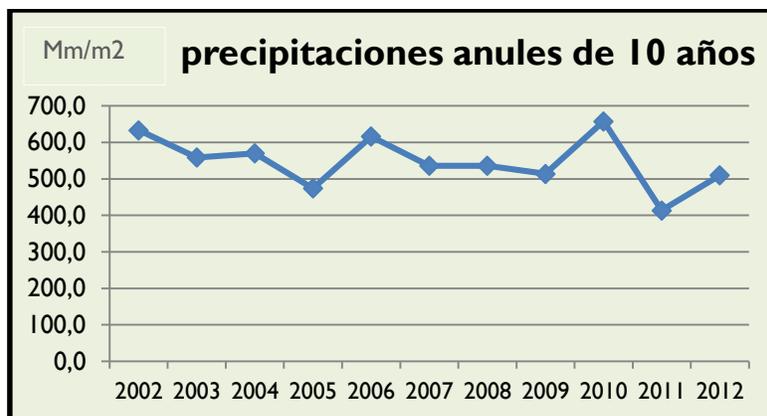


Grafico 3. Comportamiento de las precipitaciones en la zona de estudio (SENAMHI 2004-2012).

La precipitación anual más baja en la zona de estudio se dio en el año 2011 con 413,7 mm, por el otro lado la precipitación más alta en los últimos 10 años fue en el año 2010 con 765.7 mm.

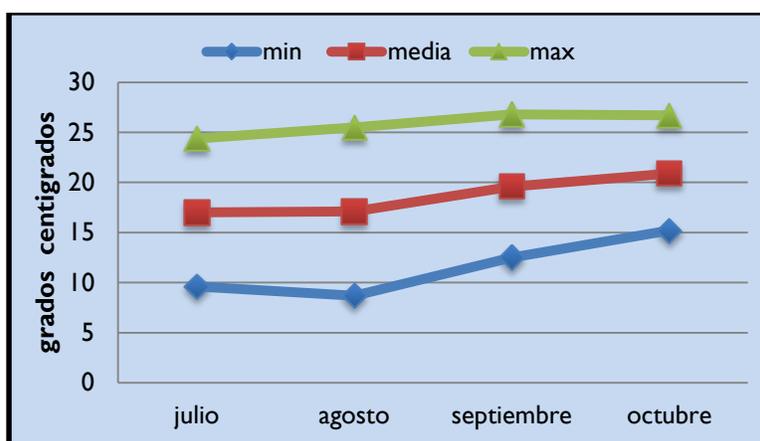


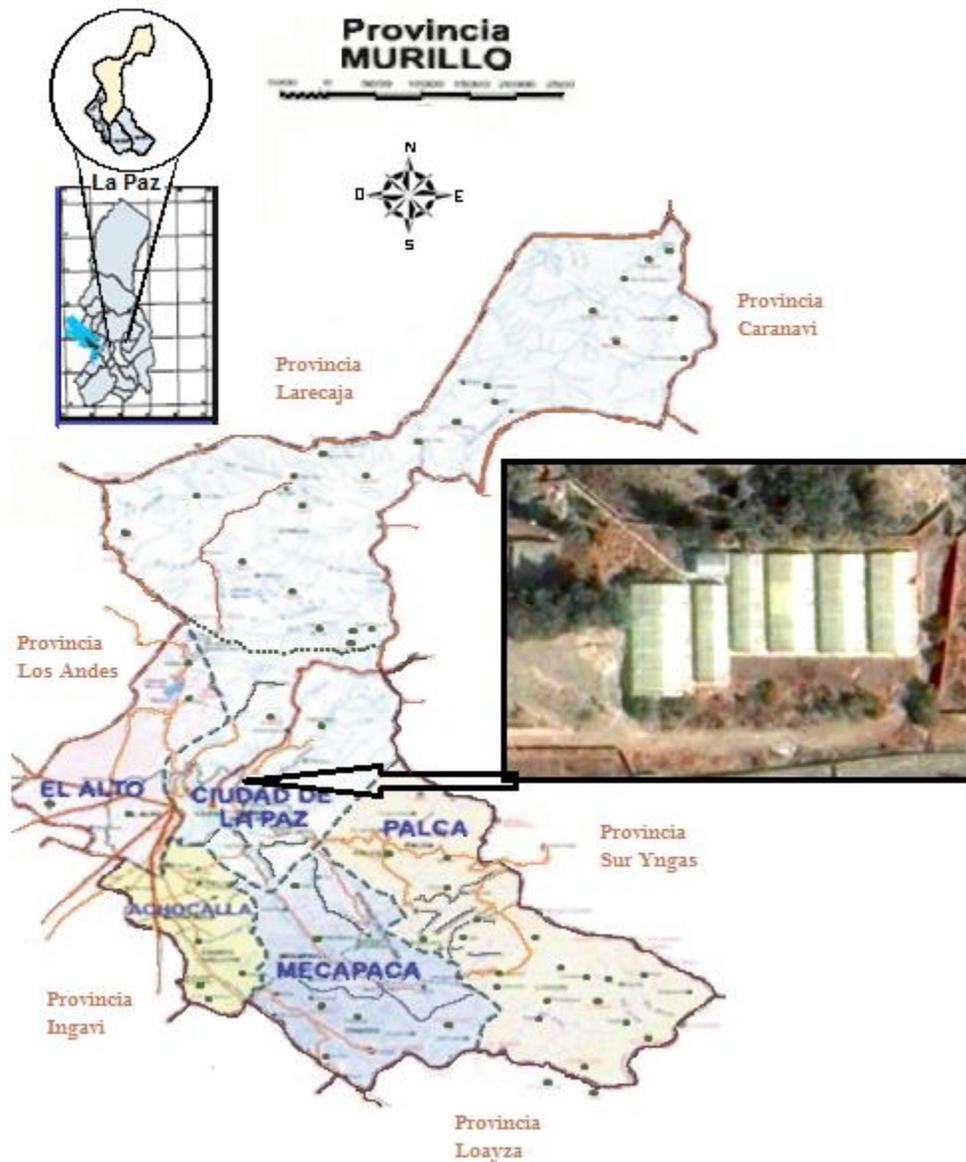
Grafico 4. Comportamiento de las temperaturas en la zona de estudio 2013

Como se observa en el grafico 4, el comportamiento de la temperatura mínima dentro de la carpa solar, fue de 8,7 grados centígrados en agosto, mientras que la temperatura media fue de 17 grados centígrados de julio a octubre, y la temperatura máxima fue de 26,8 grados centígrados en octubre.

3.2 Ubicación del área de estudio: predios del asilo San Ramón

UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO

PROVINCIA MURILLO,
MUNICIPIO DE LA PAZ,
MACRODISTRITO
5-SUR, ACHUMANI



3.2.1 Antecedentes del campo experimental

El trabajo se realizó en la carpa solar perteneciente al asilo San Ramón, con una área de 240 m², el material de construcción de la carpa es de ladrillo y concreto, con un techo de dos aguas y paredes sin revoqué, el material de cubierta del techo es de agrofilm de 250 micras de grosor, este material plástico es transparente a la radiación solar entrante (de 280 a 2500 nm), e impide la salida de la emisión de la radiación terrestre (5000 a 35000 nm), que normalmente se perdería por convección, logrando así la acumulación de calor y la elevación de la temperatura en la carpa.

El suelo fue preparado desde su construcción, con tres partes de tierra del lugar, una parte de estiércol vacuno y una parte de arena fina extraída de la zona.

3.3 Materiales

3.3.1 Material genético

Las especies en estudio fueron seleccionadas de acuerdo a la importancia económica en la región, por su buena productividad y adaptabilidad a las condiciones de la investigación y que a continuación describimos.

a) Brócoli variedad Calabrese

Planta rústica, de pella globosa sabor dulce gustoso, su suelo debe ser rico y bien drenado, una vez que las plantas sean jóvenes trasplantarlas al lugar definitivo a un suelo profundo, con un buen riego.

Diámetro de pella: de 8 a 15 centímetros.

Altura de planta. De 40 a 50 centímetros.

Temperatura mínima de siembra: de 18°C a 20°C.

Germinación de semillas: de 10 a 15 días.

Profundidad de siembra. Un centímetro máximo.

Ciclo productivo: precoz, de 3 a 4 meses.

Tolerancia: a heladas

b) Brócoli variedad De Cicco

Planta compacta que produce cabezas medianas de unos 10 a 12 centímetros de diámetro, de un color verde oscuro, produce muchas cabezas laterales que son muy beneficiosos para el autoconsumo, por lo que es una variedad de brócoli que se utiliza mucho en cultivos de jardín.

Diámetro de pella. 10 – 12 centímetros.

Altura de planta: 50 centímetros.

Ciclo productivo: precoz, 4 meses.

Profundidad de siembra: 0,5 a 1 centímetro.

Temperatura mínima de siembra: 18°C

Tolerancia: a heladas y tem. Elevadas

3.3.1.1 Características de la semilla

Cuadro 8. Características de la semilla empleada en el ensayo

semilla	variedad	% de germinación	Peso de 1000 semillas	pureza
Brócoli	Calabrese	95	1,2 gramos	97%
Brócoli	De Cicco	94	1,2 gramos	98%

FUENTE: elaboración propia en base a pruebas de laboratorio.

3.3.2 Material biológico

Agua pura de pozo (sin presencia de cloro)

Estiércol fresco de porcino

Alfalfa fresca del lugar

Viseras de pescado (pejerrey)

Levadura de cerveza

3.3.3 Material de campo

Bomba de agua 2 HP

Poli tubo de 1 pulgada

Acoples en T

Laterales

Goterros

Cinta métrica

Libreta de apuntes

Vasos plásticos

Balde de 20 litros

Cronometro

Cámara fotográfica

Picos, palas

Rastrillos

Carretillas

Agro film

Hilo de cáñamo

Escalera grande

Callapos

Embase plástico de 50 L

Una manguera de 3 m

Botella plástica de 2 L

Bolsas plásticas de 2 m

Cuerdas de algodón
Jarras plásticas de 2 L

Mochila aspersora de 20 L
Cámara fotográfica

3.3.4 Material de escritorio

Cuadernos de apuntes
Computadora
Papel de escritorio

Calculadora científica
Libros, manuales.

3.4 Metodología

3.4.1 Procedimiento experimental

3.4.1.1 Diseño experimental

El diseño experimental utilizado en el presente estudio, fue de bloques completamente al azar bifactorial, con 8 tratamientos y cuatro repeticiones, los resultados fueron sometidos un análisis de varianza y su comparación de medias entre tratamientos y variedades (prueba de Duncan).

Calzada (1970), afirma que este arreglo se utiliza en aquellos experimentos factoriales en los que los tratamientos de uno o más de los factores, por razón o naturaleza, deben aplicarse en unidades experimentales grandes.

Los factores que se aplicaran son las siguientes:

Factor A = variedades de brócoli

a₁ = De Cicco

a₂ = Calabrese

Factor B = concentraciones de biol

b₁ = 25% de biol 0,72 litros de biol

b₂ = 50% de biol 1,44 litros de biol

b₃ = 75% de biol 2,16 litros de biol

b₄ = 100% de agua (testigo) 2,88 litros

3.4.1.2 Modelo lineal aditivo

$$Y_{ijk} = \mu + b_k + a_i + b_j + (axb)_{ij} + e_{ijk}$$

Donde: Y_{ijk} = una observación cualquiera

μ = media general

blk = efecto del bloque

a_i = efecto de las variedades de brócoli

b_j = efecto de la concentración del biol

$(axb)_{ij}$ = efecto de la interacción de los dos factores

e_{ijk} = error experimental

3.4.1.3 Características de los tratamientos

Tenemos en total ocho tratamientos, originadas de la combinación de los dos factores, variedades de brócoli y tres concentraciones del biofertilizante, más un testigo por variedad.

Tratamiento	combinación	
1	$a_1 b_1$	variedad De Cicco con 25% de biol
2	$a_1 b_2$	variedad De Cicco con 50% de biol
3	$a_1 b_3$	variedad De Cicco con 75% de biol
4	$a_1 b_4$	variedad De Cicco sin aplicación de biol
5	$a_2 b_1$	variedad Calabrese con 25% de biol
6	$a_2 b_2$	variedad Calabrese con 50% de biol
7	$a_2 b_3$	variedad Calabrese con 75% de biol
8	$a_2 b_4$	variedad Calabrese sin aplicación de biol

3.4.1.4 Descripción del campo experimental

Las dimensiones de las unidades experimentales y los bloques, han sido elaboradas en base a la disposición del terreno en la carpa y también en base a las necesidades del cultivo.

Cuadro 9. Dimensiones de la parcela experimental

	Unidad	bloque	Total
Ancho	3 m	3 m	14.4 m
Largo	2. m	16 m	16.6 m
Superficie	6 m ²	48 m ²	239 m ²
N. plantas	25	200	800
N. muestras	4	32	128

Área de parcela efectiva: 192 m.²

El croquis de la parcela y los tratamientos, lo encontraremos en el anexo 11.

3.4.2 Muestreo del suelo

Se realizo el muestreo del suelo en la capa arable del lugar de estudio, a una profundidad 20 centímetros siguiendo un trayecto en zigzag, se mezclaron y se cuartearon las muestras, hasta obtener un 1 kilo aproximadamente, se llevo la muestra al IBTEN (Instituto Boliviano de Tecnología Nuclear) para su respectivo análisis.

Este procedimiento es una operación importante para toda investigación y se realizo de acuerdo con la metodología descrita por Chilon (1986).

3.4.3 Preparación del terreno

Se realizo primeramente la limpieza del terreno de malezas, algunas materiales en desuso, posteriormente se realizo la remoción del suelo con picos, hasta una profundidad de 35 centímetros aproximadamente, luego con ayuda de palas y picos se hizo el mullido de los terrones del suelo hasta lograr una uniformidad, para realizar la nivelación del terreno con ayuda de palas y rastrillos.

3.4.4 Instalación de las cintas de goteo

Una vez nivelado el terreno y un día antes del trasplante del cultivo, se realizo el colocado de las cintas de goteo en el terreno, disponiendo las cintas en los surcos a una distancia de 60 centímetros, luego se las enterró superficialmente, aproximadamente de uno a dos centímetros asegurando las puntas con estacas.

3.4.5 Acopio del estiércol porcino

Para la elaboración del biol porcino se recomienda usar el estiércol fresco, por lo tanto recolectamos el estiércol directamente de las porquerizas de los cerdos, el mismo día de preparación del biol, con ayuda de palas y carretillas se llevo y se peso la cantidad necesaria, para posteriormente llevarlas a la mezcla.

3.4.6 Acopio de los insumos secundarios para el bioabono

El agua utilizada para esta investigación necesariamente debe ser agua pura sin contenido de cloro, por lo tanto para esta investigación se utilizo agua proveniente de pozo perteneciente a la institución, y no se hizo uso de agua potable de cañería porque debido al tratamiento de inocuidad que realizan las autoridades en el agua, contiene cloro y otros elementos químicos que perjudican la fermentación anaeróbica por microorganismos, por lo tanto se hizo uso de 30 litros de agua de pozo para la primera aplicación en el cultivo.

La alfalfa como aporte de nitrógeno al biol fue recolectada de la zonas aledañas a la institución, con una cantidad de 375 gramos aproximadamente fue picada finamente e incorporado a la mezcla.

De acuerdo a Sánchez (2003), indica que existen diversas formas para enriquecer el biol en el contenido de fitoreguladores así como de sus precursores, mediante la adición de alfalfa picada en un 5% del peso total de la biomasa, también se logra un mayor contenido en fosforo adicionando viseras de pescado.

Las viseras de pescado utilizadas en esta investigación como fuente de fosforo a al biol, pertenecen al pejerrey (*Odontesthes bonariensis*), del lago Titicaca, municipio de Taraco, que las comerciantes traen a la venta a La Paz, y fue recolectado de las vendedoras de la zona el tejear de la ciudad de La Paz.

La levadura de cerveza tiene como lugar de origen la “Cervecería Boliviana Nacional”, de sus subproductos de cebada, y se uso aproximadamente 158 gramos para una aplicación.

3.4.7 Procedimiento de elaboración del biol

Existen diversas formas de preparar el biol mejorado anaeróbico, donde varia principalmente en el estiércol utilizado, en los tamaños de recipientes, los materiales de sellado y los insumos utilizados para mejorar el contenido de nutrientes.

Inicialmente se procedió a llenar un recipiente de plástico de color azul de 50 litros de capacidad, con 30 litros de agua pura sin cloro obtenida del pozo, posteriormente se incorporo el estiércol porcino (7,5 kg), removiendo muy bien hasta que quede homogéneo, después inmediatamente se incorporo la alfalfa picada finamente (375 gramos), junto con las viseras de pescado (1 kg), se removi6 todo muy bien hasta lograr una mezcla homogénea, aparte en un recipiente pequeño de aluminio se mesclo la levadura de cerveza (158 gramos), con un poco de agua y se incorporo a la preparación removiendo todo muy bien.

Posteriormente se procedió al cerrado del recipiente con un plástico grueso cuidando mucho de que no exista ninguna fuga o entrada de aire al recipiente, ya que perjudicaría al proceso de fermentación anaeróbica. Con ayuda de cuerdas de algodón y de ligas plásticas, se cerró la tapa del contenedor muy bien y se reforzó el sellado con silicona caliente en posibles averturas, además realizamos para más seguridad un sellado con escoch alrededor de todo el recipiente.

Se conecto la manguera de escape de los gases de la fermentación de la tapa del recipiente hacia un envase pequeño pet con contenido de agua, como se muestra en las fotografías uno y dos.



Fotografía 1 y 2. Proceso del sellado del biodigestor casero

3.4.8 formulación de las dosis de biol aplicadas y de los elementos enriquecedores para el biol

De acuerdo a lo recomendado por Duran (2009), y hogares juveniles (2010), el biol es bastante eficiente al aplicarlo a una cantidad de 300 litros de biol puro con 300 litros de agua, lo que significa 600 litros/ha, por lo tanto recomienda aplicarlo al 50% de pureza, en nuestra investigación para observar el efecto que tiene el biol como insecticida repelente, fungicida y en el rendimiento agronómico y económico del brocoli, obtuvimos los siguientes concentraciones que se muestran en el cuadro 10.

Cuadro 10. Concentraciones de biol para los tratamientos

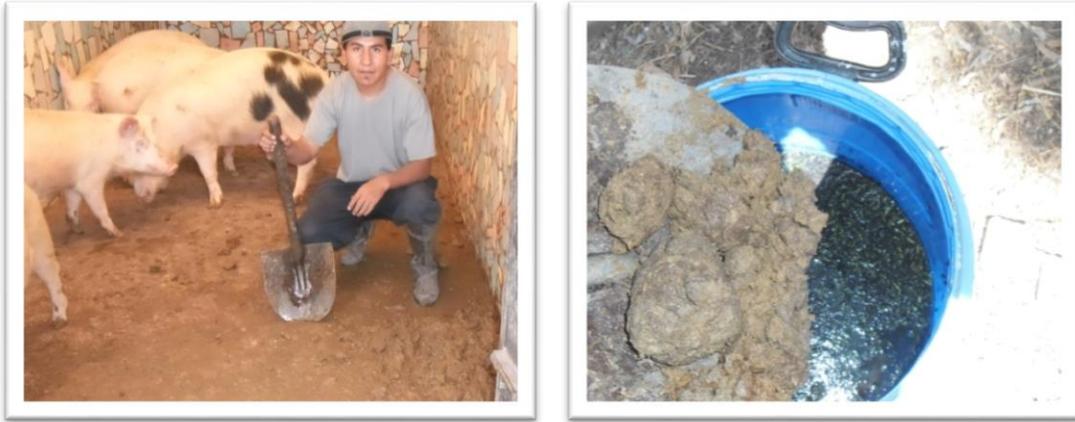
Concentración	Cantidad de biol en litros (soluto)	Cantidad de agua en litros (solvente)	Total de mezcla En litros (disolución)
25%	0,72	2,16	2,88
50%	1,44	1,44	2,88
75%	2,16	0,72	2,88
0%	0	2,88	2,88

3.4.8.1 Dosis de estiércol porcino

El estiércol porcino es la materia prima del biol, y se uso en fresco recolectado directamente de las porquerizas de los cerdos, e incorporados al momento al biodigestor casero, para su fermentación anaeróbica. La cantidad de estiércol usada fue de 7,5 kg en 30 litros de agua de pozo, según lo recomienda Hogares Juveniles (2010), mezclado todo muy bien.

3.4.8.2 Dosis de levadura de cerveza

Un ingrediente esencial usado para la preparación del biol es la levadura de cerveza, que contiene microorganismos activadores de los procesos de fermentación y los ayuda a arrancar con mucha fuerza según nos menciona Duran (2009), la dosis o cantidad de levadura de cerveza usada en nuestra preparación fue de 158 g.



Fotografía 3 y 4. Recolección e incorporación del estiércol porcino



Fotografía 5. Aplicación de la levadura de cerveza al biodigestor

3.4.8.3 Dosis de alfalfa

La alfalfa es una importante fuente de nitrógeno, además de contener fitoreguladores muy beneficiosos para la planta aplicados en forma foliar, se los adiciono en forma picada en un 5% de cantidad del peso total de la biomasa, ósea

del peso total del estiércol porcino, según nos recomienda Sánchez (2003), por tanto se uso 375 gramos de alfalfa picada.



Fotografía 6. Picado de la alfalfa

Fotografía 7. Incorporación de la alfalfa

3.4.8.4 Dosis de viseras de pescado

Las viseras de pescado son una importante fuente de fosforo que enriquecen todo tipo de fertilizantes líquidos por tanto es recomendable utilizarlos en su preparación de acuerdo a Sánchez (2003), para nuestro ensayo utilizamos 1 kg de viseras de pejerrey procedentes del Lago Titicaca, municipio de Taraco, con el fin de dar un mínimo aporte de fosforo al biol.



Fotografía 8. Recolección de las viseras de pescado

3.4.9 Preparación del sustrato para la almaciguera

Para que el prendimiento de los plantines sea exitoso, es necesario tener un sustrato suelto, por tanto se utilizó 3 partes de tierra del lugar, 2 partes de estiércol ovino y 4 partes de arena fina extraída de la zona, luego se procedió a desinfección del sustrato, con 10 litros de agua hervida, para eliminar la presencia de patógenos que puedan perjudicar su normal desarrollo.

3.5. Almacigado

En dos cajas de madera de 50 x 60 x 25 centímetros se realizó el almacigado del brócoli, a tres centímetros de distancia entre semillas, a una profundidad de 3 a 4 milímetros de profundidad tapándolas superficialmente con ayuda de un palito pequeño, sin causar compactación.

Posteriormente se regó con mucho cuidado de no remover las semillas con el agua, posteriormente se cubrió las cajas con un pedazo de agrofilm para protegerlo del frío en las noches y pueda mantener mejor el calor, este procedimiento se lo realizó durante los primeros seis días.

Se regó por tres días continuos en las mañanas, posteriormente día por medio hasta llegar el día 17.



Fotografía 9. Almacigado de la variedad De Ccico y Calabrese

3.5.1 Trasplante

A partir del quinto día ya se observó la presencia de algunos plantines en las dos variedades almacigadas.

A los 17 días del almacigado las plántulas en su gran mayoría ya tenían de 3 a 4 hojas verdaderas, momento óptimo para el trasplante al lugar definitivo donde el cultivo terminara su desarrollo.

Se hizo hoyos en los surcos a una profundidad de 12 centímetros con ayuda maderas, a una distancia de 40 centímetros entre plantas y a 2 centímetros de distancia de los emisores aproximadamente, para posteriormente introducir los plantines.

Se extrajo las plántulas de brócoli de las cajas almacigueras con ayuda de una espátula a una profundidad de 12 centímetros aproximadamente con mucho cuidado de no romper las raíces, se sacó una por una cada plántula, se la depositó en una bandeja para luego introducir los plantines a los hoyos, hasta el nudo o cuello vital de la planta. Con ayuda de nuestras manos apisonamos un poco alrededor de la planta, para sellar cualquier cavidad que hubiera en el suelo, se procedió de esta manera con todas las plántulas.

Todo este procedimiento se realizó al atardecer cuando el calor es más templado y todo el ambiente es óptimo para el trasplante.

3.5.2 Delimitación de la parcela experimental

Una vez realizado el trasplante, se procedió a la división de las unidades experimentales con cuerdas de algodón, de acuerdo a la distribución que se hizo en el diseño experimental, además se colocó los marbetes respectivos a cada unidad experimental, indicando el tratamiento que le corresponde.

Luego de que las plantas cumplieron 14 días de trasplante, se realizó la elección al azar de las plantas para muestreo, 4 en cada unidad experimental y se les designó un pequeño mar veteado que indica el número de observación para que no se confunda con las demás plantas.

3.5.3 Aplicación del biol en las unidades experimentales

Se realizó la aplicación del biol a las unidades experimentales con una mochila aspersora de 20 litros de capacidad, a partir del día 15 después del trasplante, con intervalos de 15 días teniendo en total 5 aplicaciones en todo el ciclo, según lo exige los tratamientos ya mencionados anteriormente.

3.5.4 Toma de datos en las unidades experimentales

La toma de datos se realizó cada 15 días, siempre un día antes de cada aplicación de biol a los tratamientos, y se hizo una última toma de datos el día anterior a la cosecha del cultivo, de acuerdo a las variables consideradas para el estudio.

3.5.6 Labores culturales

Para un mejor desarrollo de la planta es necesario llevar a cabo correctamente las labores culturales en el cultivo y así evitar la proliferación de malezas, plagas y enfermedades del cultivo.

El control de malezas o desmalezado se realizó en forma manual y con ayuda de algunas chontillas cada 15 días en todas las unidades experimentales para evitar la competencia de nutrientes, agua y luz con el cultivo y también para evitar las plagas hospedadas que viven en estas malezas, debemos aclarar que no se usó ningún control químico para el control de malezas, debido a la característica ecológica que se hizo de la investigación.

Se realizó el refalle a los 6 días del trasplante, que por diferentes razones no prendieron y se marchitaron. El refalle fue aproximadamente de un 4% de los plantines.

Se procedió a hacer tres escardas superficiales en todo el ciclo del cultivo con el fin de dar una buena aireación a las raíces y mantener un flujo constante en el suelo. No se hizo ningún tipo de control químico más que la aplicación del biol foliar, como controlador.

3.6 Programación del riego

La programación de riego se realiza de acuerdo a los requerimientos del cultivo, a las condiciones edáficas y climáticas del lugar de estudio, como se explica más adelante.

3.6.1 Determinación lámina neta reducida (Zn red.)

La lámina neta reducida es más utilizada en sistemas de riego donde el porcentaje de suelo mojado total son menores al 50% en toda la parcela, por ello es más común su utilización en sistemas de riego localizado.

Con esta ecuación conoceremos cuanto de agua vamos necesitar para regar el cultivo en total en todas sus fases, para ello primeramente hallaremos la lámina neta con la ecuación número (2), y esta a su vez nos servirá para hallar la frecuencia de riego, y junto a la ecuación del evapotranspiración, hallaremos la lámina neta reducida con la ecuación (3).

$$Znc = Fr * Etc \quad (3)$$

3.6.2 Determinación de la frecuencia de riego

El riego localizado se caracteriza por operar a bajas frecuencias, menores a 3 días, la determinación de la frecuencia depende del tipo de cultivo, tipo de suelo y el clima (Pizarro 1986).

Algunos autores lo denominan como intervalo entre dos riegos consecutivos, expresado en días, y la obtendremos dividiendo la lámina neta ecc (2), sobre la evapotranspiración de cultivo ecc (1).

$$FR = \frac{zn}{Eto * Kc} \quad (6)$$

Esta fórmula nos responderá la incógnita de cuando regar el cultivo en intervalos de días.

3.6.3 Determinación de la lámina bruta reducida

La lámina bruta reducida es la cantidad total de agua utilizada en el riego, contando las necesidades del cultivo y las pérdidas por percolación, escorrentía, transpiración y otro tipo de pérdidas que pueden suceder en el sistema.

Utilizando la ecuación (3), y con una eficiencia de aplicación de 0,9 hallamos la lamina bruta reducida con la ecuación (5). Y esta su vez nos servirá para hallar el volumen de agua por planta con la ecuación (13) donde A es la distancia entre emisores y la distancia entre laterales en m².

$$Lbc = \frac{Znc}{Ea} \quad (5)$$

$$Vol = A * Zbc \quad (13)$$

3.6.4 determinación del tiempo de riego

Esta ecuación nos determinara el tiempo de riego en horas que debemos regar al cultivo, en los días ya determinados anteriormente y la hallaremos mediante la ecuación (7).

$$TI = \frac{V}{n * qe} \quad (7)$$

3.7 Evaluación del sistema de riego

Para realizar un buen manejo de la instalación, es necesario conocer lo más preciso posible las cantidades de agua netas aportadas por el riego.

La evaluación del sistema de riego localizado se realizo una vez que las cintas de goteo estuvieron en el lugar de definitivo para el cultivo.

3.7.1 determinación del coeficiente de uniformidad de distribución (CU)

De acuerdo a Vermeiren (1986), La uniformidad de las cantidades de agua aplicada se mide por el coeficiente de uniformidad Cu expresado casi siempre en porcentaje.

Una vez instalado todo el sistema de riego, se procedió a realizar el sub muestreo de la unidad, eligiendo los cuatro laterales más representativos, y de cada lateral elegido se escogió también para su evaluación los cuatro emisores más representativos, a los cuales se les realizó el evaluó correspondiente.

Hallamos el caudal de los emisores mediante el método del volumen llenado en vasos colectores, en un tiempo de 2 minutos cronometrados, con tres repeticiones cada uno, en total 48 muestreos para los 16 emisores.

Se sacaron las medias y con estos datos se procedió a hallar el coeficiente de uniformidad con la ecuación (8), y se halló el caudal del emisor mediante la fórmula (9).

$$CU = \frac{q_{25}}{q_m} \times 100 \quad (8)$$

$$Q_e = \frac{vol}{T} \quad (9)$$

Una vez hallados los resultados de la evaluación, procedimos a llevarlos al cuadro 10, Para poder clasificarlos dentro de un rango de calidad, y determinar el grado de aceptabilidad o no de la uniformidad del sistema de riego.

Cuadro 11. Clasificación de los coeficientes de uniformidad en %.

Grado de aceptabilidad	Uniformidad estadística (Us)	Coeficiente de uniformidad (CU)
Excelente	100-95	100-94
Bueno	90-85	87-81
Normal	80-75	75-68
Mala	70-65	62-56
inaceptable	<60	<50

Fuente: Pizarro (1997) citado por serrano (et.al.)

3.7.2 Evaluación del coeficiente de variación (CV)

El coeficiente de variación de fabricación (CV) depende del diseño del emisor, de los materiales utilizados en su fabricación, del cuidado y tolerancia utilizados en el proceso.

De acuerdo a serrano (s.f.), el coeficiente de variación (CV), se puede obtener a partir de los valores de caudal medidos en una muestra de goteros instalados en el proyecto, a través de la relación estadística:

$$CV = \frac{s}{q_a} \quad (12)$$

Para evaluarlo se utilizo una línea de emisores, con el fin de que las pérdidas de carga no den lugar a diferencias de presiones apreciables entre los emisores y poder medir el caudal en cada uno de ellos de forma simultánea.

Después con los datos de caudal del emisor más bajo y el caudal promedio de todos los emisores, se hallo la desviación típica estándar mediante la ecuación (11), posteriormente con la ecuación (12) hallamos el coeficiente de variación.

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (q_i - q_a)^2}{n-1}} \quad (11)$$

Para determinar el grado de calidad del gotero después de su evaluación, llevaremos los resultados obtenidos al cuadro 11, para poder clasificarlo y así determinar así su porcentaje de uniformidad aceptable o no.

Cuadro 12. Clasificación de goteros según el coeficiente de variación

Cualidad del gotero (uniformidad)	Coeficiente de variación (CV)
Excelente	< 0.05
Bueno	0.05 a 0.07
Normal	0.07 a 0.11
Malo	0.11 a 0.15
Pésimo	> 0.15

Fuente: (Solomon, 1997) citado por Pimentel (1997), citado por Serrano (et. al.)

3.7.3 Evaluación del bulbo húmedo (BH)

Según Vermeiren (1986), indica que otro aspecto de la evaluación de una red de riego localizado consiste en verificar la proporción del suelo que participa en un intercambio activo de agua y elementos nutritivos.

En riego localizado moja solamente una fracción del suelo, hay que prever un mínimo de superficie mojada para que el sistema radical se desarrolle normalmente. Para hallar la superficie mojada por los emisores, se eligió al azar también emisores representativos en un lateral de la parcela.

- Inicialmente se eligió 4 emisores pertenecientes a un solo lateral pero separados por una distancia relativa.
- Posteriormente se inicio el riego tomando 4 diferentes tiempos de riego, 30, 60, 90 y 120 minutos respectivamente.
- A cada tiempo determinado se le midió el área mojada superficial con ayuda de una regla metálica, posteriormente se midió la profundidad húmeda en el suelo, para ello se hizo pequeñas calicatas en medio del are mojada, y con ayuda de una regla metálica se midió la profundidad de humedecimiento del emisor en el tiempo determinado.
- Se hizo este procedimiento en los cuatro emisores, a los 30, 60, 90 y 120 minutos respectivamente.

$$\mathbf{BH} = \frac{\mathbf{S}}{\mathbf{a*b}} * \mathbf{100} \quad (16)$$

Donde: S = superficie mínima mojada
axb = marco de plantación

Los valores recomendados son: cultivos herbáceos 50%, cultivos leñosos 33%.

3.7.4 Determinación de la eficiencia de aplicación

Para hallar la eficiencia de aplicación de un sistema de riego se requiere hacer uso de los datos de C.U. que lo obtendremos también con la evaluación, además se requiere la relación de transpiración R.T. en porcentaje.

De acuerdo a Medina (1988), citado por Miranda (2003), señala que la eficiencia en riego por goteo, depende solamente de la uniformidad de aplicación y de la relación de transpiración (RT), porque el riego humedece solo un círculo alrededor de la planta por lo que la evaporación es nula, entonces las pérdidas se reducen a la percolación profunda. Por lo tanto la fórmula que usaremos para hallar la eficiencia de aplicación será:

$$Ea = CU * RT \quad (20)$$

Donde: Ea = eficiencia de aplicación en %
 CU = coeficiente de uniformidad en %
 RT = relación de transpiración %

El coeficiente de uniformidad que usaremos será la misma que hallaremos en la evaluación de los emisores según nos indica la ecuación (9), según el mismo autor señala que la evaluación en campo de la RT es especialmente difícil por efecto de variaciones de presión dentro del bulbo húmedo, por lo que recomienda usar como dato aproximado del 10%, por lo tanto este dato será usado para hallar la eficiencia de aplicación.

3.8 Análisis económico

Para el análisis de costos parciales de los tratamientos, se empleó la metodología de evaluación económica sugerida por Perrin et al (1988), que recomienda el análisis de los beneficios brutos, beneficios netos, rendimientos y así obtener la relación beneficio/costo y rentabilidad. Los resultados fueron ajustados al 10% por efecto del nivel de manejo multiplicando el precio de mercado por la cantidad de producto de cada tratamiento, determinando el beneficio bruto.

Entonces: **$IB = R * PV$**
 IB = Ingreso bruto
 R = Rendimiento
 PV = Precio de venta

Restando a al ingreso bruto los costos de producción, obtuvimos el beneficio neto, con los cuales se realizó la curva de beneficios netos.

Entonces: **BN = IB – CP**

BN = beneficio neto

IB = ingreso bruto

CP = Costo de producción

Interpretación del C/B

B/C > 1 Los ingresos económicos son mayores a los gastos de producción, lo que significa que es rentable.

B/C = 0 los ingresos económicos solo cubren los costos de producción.

B/C = < el proyecto no es rentable

Estos datos de beneficio/costo nos servirán para medir la capacidad de generar rentabilidad por cada unidad de moneda gastada.

El análisis de costos parciales se la realiza para recomendar al agricultor cual es el mejor tratamiento en el estudio realizado en la gestión agrícola 2013 la cual se utilizara para mejorar sus ingresos económicos.

En la elaboración del análisis económico, se considero la pérdida del 10% (rendimiento ajustado), para obtener los costos de producción, se calculo de acuerdo a los insumos utilizados para cada tratamiento los que derivaron en costos diferentes entre cada tratamiento.

3.9 Variables de respuesta

3.9.3 Variables para la determinación de eficiencia de aplicación por goteo

3.9.3.1 Coeficiente de uniformidad (CU).

Determinaremos el coeficiente de uniformidad de aplicación del sistema de riego, hallando el caudal de los emisores de una subunidad elegida y representativa de sistema de riego, a los cuales se les realizo una prueba de coeficiente de uniformidad al inicio del cultivo.

3.9.3.2 Coeficiente de variación (CV)

El coeficiente de variación nos determina la variación de los caudales de los emisores debido a la fabricación, para ello hallamos los caudales de varios emisores elegidos de la unidad y de ellos tomaremos el caudal más bajo encontrado y el promedio de los demás caudales y mediante la ecuación de la desviación estándar, hallaremos el CV.

3.9.3.3 bulbo húmedo (BH)

Esta evaluación nos determina el área mojada por los emisores en campo, para ello tomaremos dos emisores distintos separados a más de un metro de distancia, el primero será sometido a una hora de aplicación, el segundo emisor será sometido a dos horas de aplicación y hallaremos el área mojada en m² y divididos por el área de húmeda del emisor multiplicados por el cien por ciento obtendremos el porcentaje de suelo húmedo. La filtración vertical se medirá haciendo una pequeña calicata cerca al emisor con ayuda de una picota con mucho cuidado.

3.9.3.4 Eficiencia de aplicación (Ea)

La eficiencia de aplicación nos determina el porcentaje de la aplicación del agua en el cultivo, es muy importante esta variable en la evaluación del riego por goteo, porque nos da como resultado cuán bien o mal estamos aprovechando el agua de riego en el cultivo, si existen grandes o menores pérdidas de agua por efecto de percolación, escorrentía, evaporación o pérdidas por mal manejo de las cintas de riego u otros accesorios en la aplicación.

3.9.2 Variables para la evaluación del biol

3.9.2.1 Incidencia de plagas en el cultivo

Realizamos un muestreo de plantas por simple conteo para determinar el efecto que tiene las diferentes concentraciones de biol, en la presencia de plagas como el pulgón del brócoli (*Aphididae*), y también de la mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*) en el cultivo.

Se realizó un estudio de las propiedades químicas del biofertilizante foliar (nitrógeno, fósforo, potasio, PH, y conductividad eléctrica), elaborado para el presente estudio.

3.9.1 Variables agronómicas

3.9.1.1 Altura de planta (cm)

A objeto de determinar la altura que alcanzaron las plantas en la fase de madurez fisiológica de las pellas del brócoli, se tomaron 4 plantas al azar en cada unidad experimental para su evaluación, se evaluó esta variable tomando en cuenta desde la base del tallo hasta el ápice superior en forma recta en cada unidad experimental con la ayuda de una cinta métrica, en cada planta muestra elegida.

3.9.1.2 Diámetro de tallo

Es posible evaluar los efectos de los tratamientos en el cultivo de brócoli, midiendo el diámetro de tallo, para ello también fue evaluado en las 4 plantas elegidas en cada unidad experimental, cada 15 días a partir del trasplante, y hasta la cosecha, para medir esta variable se utilizó un calibrador o vernier,

3.9.1.3 Número de hojas

Una variable muy importante para evaluar el efecto del biofertilizante, es el número de hojas, para ello se determinó el número de hojas por planta a la cosecha, se tomaron en cuenta las 4 plantas muestreadas en cada unidad experimental, para ello se realizó el conteo de hojas uno por uno en cada planta.

3.9.1.3 Diámetro de la inflorescencia (cm)

Se midió el diámetro de la inflorescencia en las 4 plantas elegidas en cada unidad experimental, un día antes de la cosecha, para ver si existen diferencias entre tratamientos, con la ayuda de un calibrador vernier.

3.9.1.4 Peso de la inflorescencia sin hojas (g)

Se peso la pella principal en el momento de la cosecha cortando el tallo con 2 o 3 hojas protectoras de la pella, con la ayuda de una balanza de precisión para ser tabulado posteriormente.

3.9.4. Variables económicas

3.9.4.1 Rendimiento

El rendimiento es cantidad de producción por unidad de superficie, dependiente de la calidad de suelo, disponibilidad de agua etc. llevamos los resultados de rendimiento a kg/ha del producto comestible.

3.9.4.2 Beneficio bruto

Es la cantidad de dinero que nos genera la producción, sin descontar los gastos que se realizo en toda la producción, para ello usamos la formula:

$$\mathbf{IB = R * PV}$$

IB = Ingreso bruto

R = Rendimiento

PV = Precio de venta

3.9.4.3 Beneficio neto

Restando a al ingreso bruto los costos de producción del cultivo a lo largo de todo el ciclo, obtuvimos el beneficio neto, para ello usamos la formula:

$$\mathbf{BN = IB - CP}$$

BN = beneficio neto

IB = ingreso bruto

CP = Costo de producción

3.9.4.4 Relación beneficio/costo

El análisis de costos parciales se la realiza para recomendar al agricultor cual es el mejor tratamiento en el estudio realizado en la gestión agrícola 2013 la cual se utilizara para mejorar sus ingresos económicos.

Estos datos de beneficio/costo nos servirán para medir la capacidad de generar rentabilidad por cada unidad de moneda gastada y se obtiene de dividir el ingreso bruto sobre el costo de producción.

3.9.4.5 Rentabilidad

La rentabilidad se calcula con la cantidad generada y la cantidad que se ha necesitado para generarla y la obtenemos de dividir el ingreso neto sobre el ingreso bruto multiplicado por cien. Este resultado nos cual de los tratamiento tubo mejor rentabilidad en porcentaje.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Análisis de suelos

A continuación en el cuadro 12, se muestra los resultados obtenidos del análisis de suelos (IBTEN, 2013), tomadas a una profundidad de 20 cm aproximadamente.

Cuadro 13. Resultados del análisis de suelo

Comp. Físico/químico	Unidad	Resultado
Arena	%	48
Arcilla	%	28
Limo	%	24
Clase textural	FYA	Franco arcilloso arenoso
Grava	%	16,7
PH		6,6
Conductividad eléctrica	dS/m	0,743
Materia orgánica	%	1,85
Nitrógeno total	%	0,78
Fosforo asimilable	ppm	27,7
Saturación de bases	%	98,76
Calcio	Meq/100	4,87
Magnesio	Meq/100	1,78
Sodio	Meq/100	0,31
Potasio	Meq/100	0,70
Total bases	Meq/100	7,11

Fuente. IBTEN (2013).

El suelo presenta una clase textural franco arcilloso arenoso con una regular cantidad de cationes, buen porcentaje de micro y macro poros, aunque por la presencia de arcilla y limo, la capacidad de infiltración de agua en el suelo es lenta, tanto vertical como horizontalmente.

La saturación de bases fue de 98,76%, lo que muestra una alta fertilidad del suelo y buena disponibilidad de nutrientes.

La conductividad eléctrica presento un valor de 0,743 menor a 2 mmhons/cm del rango de referencia, este dato nos muestra la poca ausencia de sales en el suelo, lo que es ideal para el cultivo. El porcentaje de materia orgánica fue 1,85%, es considerada alta, por lo que es buena en contenido de microorganismos y la estructura del suelo, además que tiene una buena capacidad e retención de agua.

El contenido de nitrógeno según el análisis de suelos es de 0,78 considerado como alto según nos indica Chilon (1997), esto es esencial para el cultivo, ya que los requerimientos de nitrógeno son elevados tanto al inicio como al final del ciclo. El Biol Porcino enriquecido con alfalfa, aumenta el contenido de nitrógeno para la disposición del cultivo produciendo una lenta liberación de nutrientes del material orgánico y posteriormente transformado en nitratos para una mejor asimilación por las plantas, durante su actividad fisiológica y en la formación de nuevos tejidos.

4.1 Resultados de la evaluación al sistema del riego

Con los datos obtenidos en la parcela de investigación, se evaluó las características más importantes del sistema de riego por goteo que a continuación presentamos.

4.1.1 Coeficiente de uniformidad (CU)

Se halló el coeficiente de uniformidad del sistema de riego, mediante las ecuaciones (8), (9) respectivamente y obtuvimos un 91,5% de uniformidad de riego de los emisores, esto nos indica que el sistema funciona con una excelente uniformidad, esto puede deberse principalmente a que los métodos de riego por goteo distribuyen el agua directamente a la planta y además tienen una alta uniformidad de descarga en el suelo, también otro aspecto muy influyente en la uniformidad es el manejo correcto de la parcela, especialmente en la buena nivelación del terreno, el cuidado de revisar siempre si existen fugas en las cintas de goteo por algún accidente o corte, lo que afecta en los caudales de los goteros, también la buena instalación del sistema de distribución de riego (tubos primarios, secundarios, terciarios), es muy importante para poder alcanzar coeficientes de uniformidad como se alcanzo en el presente trabajo.

De acuerdo a Medrano (2006), el coeficiente de uniformidad que halló en su sistema de riego fue de 95% considerado también excelente, atribuyéndole también su alta uniformidad a la topografía del lugar y a la buena nivelación del terreno, además menciona que no es tan necesario el uso de reguladores rompe

presiones para alcanzar una alta uniformidad de los goteros, sino bastaría con un buen manejo de la parcela.

Rózales (2004), en su trabajo de investigación sobre laminas de riego en el cultivo de cebollas, halló un coeficiente de uniformidad del 90,7% en su sistema de riego, afirmando que este aspecto influyó positivamente en la buena producción de su cultivo, además de otros aspectos.

En la investigación realizada por Vera (2004), halló un coeficiente de uniformidad de 92,4% en su sistema de riego por goteo, situándolo como excelente dentro de un rango de calificación, el mencionado autor le atribuye a un excelente manejo de su sistema, además menciona que el uso la aplicación de diferentes presiones en el sistema le llevo a obtener estos resultados.

4.1.2 Coeficiente de variación (CV)

El coeficiente de variación con respecto a la fabricación de los emisores fue del 3%, lo que significa que existe una variación del 3% en la descarga entre caudales de los goteros que viene dado por los fabricantes, siendo un porcentaje aceptable dentro del límite aceptable para coeficientes de variación debido a la fabricación. Consideramos que este resultado obtenido se debe esencialmente a que las cintas de goteo tienen aproximadamente 3 años de antigüedad, y tenían muy pocas fugas debidas a cortes u otros accidentes, además del manejo uniforme del terreno lo que también influye mucho en la uniformidad de descarga de los goteros.

Los resultados obtenidos por Medrano (2006), sobre el coeficiente de variación en su estudio fue de 2,73% lo que lo ubica también dentro de un rango aceptable, contra un 3% del fabricante, se puede afirmar que también realizó un buen manejo de su parcela y de todo el sistema de riego en general.

4.1.3 Bulbo húmedo (BH)

Los datos obtenidos sobre la evaluación del bulbo húmedo del presente trabajo se presentan en el cuadro 24, donde se midió el radio húmedo o mojado superficialmente por el emisor, además de la profundidad humedecida medidos en

centímetros, a distintos tiempos medidos mediante la apertura del suelo y pequeñas calicatas, donde hallamos humedad máxima a una profundidad de 17,5 centímetros de suelo verticalmente y de 20,6 centímetros de humedad horizontalmente en un tiempo de 120 minutos, un tiempo promedio para evaluar bulbo húmedo.

Cuadro 14. Determinación del bulbo húmedo

Tiempo (min.)	Radio húmedo	Diámetro	Profundidad
30	7,5	15	6,2
60	8,4	16,8	13
90	10	20	15,3
120	10,3	20,6	17,5

Fuente: datos propios de campo.

Como podemos observar en el cuadro 24, el comportamiento del agua en la parte horizontal del suelo fue relativamente lento, ya que en dos horas de riego recién cubrió un poco más de 10 centímetros de radio, considero que se debió al suelo de textura franco arcilloso arenoso del terreno de estudio, ya que el agua se desplaza más lentamente y mas horizontalmente en suelos de carácter arcilloso, al contrario de suelos de carácter arenoso donde el agua tiene una mayor rapidez de avance en profundidad y más corto en avance de suelo mojado horizontalmente. Se observa también que con el paso del tiempo la velocidad de infiltración del agua es menor tanto vertical como horizontalmente, esto se debe a que cuanto más húmedo esta el suelo, la velocidad de infiltración del agua disminuye, debido a que el suelo se va saturando lentamente según lo menciona también Fuentes (1998).

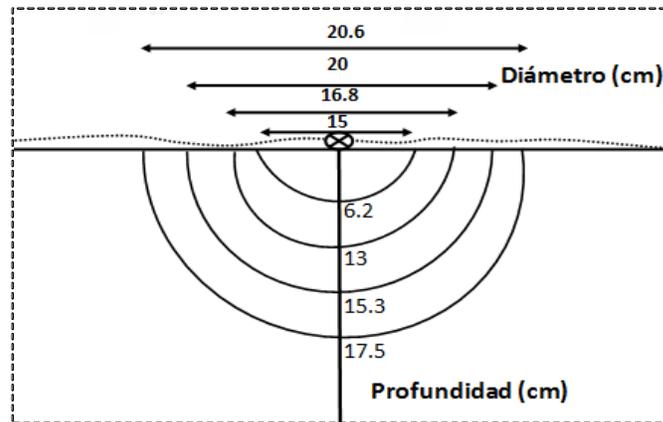


grafico 5. Comportamiento vertical y horizontal de la emisión del agua por el gotero en el suelo

La distribución horizontal del agua desde el emisor, se debe al movimiento por capilaridad, mientras que el movimiento vertical del agua en este tipo de suelo se debe también al movimiento por capilaridad, pero principalmente por gravedad.

De acuerdo a Luque (2004), en su trabajo de evaluación de riego por goteo en hortalizas, obtuvo resultados de infiltración vertical de 20 centímetros, y horizontalmente de 9,3 centímetros en un tiempo de 120 minutos, como se observa se asemeja a nuestros resultados obtenidos, esto porque los tipos de suelo en ambos casos son de carácter arcilloso.

En la investigación realizada por Medrano (2006), sobre la influencia de frecuencias de riego por goteo en el cultivo de clavel halló profundidades máximas de humedad de 25, 24 y 23 cm en un tiempos de 0.55, 1.13, y 1.41 horas respectivamente, menciona que el suelo y las frecuencias de riego tuvieron mucha influencia en este aspecto.

Vera (2004), obtuvo 18 cm de humedad verticalmente en 120 minutos, y 40 cm de humedad horizontalmente en un tiempo de 120 minutos y le atribuye este comportamiento a las características arcillosas del suelo, puesto que el desplazamiento horizontal del agua fue mayor que el vertical, debido a su suelo arcilloso.

Cuadro 15. Bulbo húmedo

Tiempo (min.)	Radio (cm.)	Prof. (cm.)
30	13	7
60	22	13
90	34	16
120	40	18

Fuente: Vera (2004).

4.1.4 Eficiencia de aplicación (Ea)

La eficiencia de aplicación encontrada en nuestra evaluación fue del 91,5% esto significa que el manejo de la parte de aplicación del cultivo se encuentra de un rango aceptable, por lo tanto el sistema de aplicación del riego se encuentra en condiciones normales, no existe gran pérdida de agua ya sea por percolación, por evaporación, escorrentía o por un mal manejo de las tuberías y las cintas de goteo, este dato significa que el 91,5% del agua aplicada al cultivo se aprovecha eficientemente y que solo el 8,5% del agua se pierde por las razones ya descritas.

Nuestros resultados obtenidos, coinciden con los hallados por Fabiani (2003), donde evaluó a dos sub unidades de su sistema de riego por goteo, y obtuvo eficiencias de aplicación de, 91,2% y 90,5% lo que demuestra también que tuvo una alta eficiencia en el manejo del agua en su trabajo de investigación, y que solo tuvo pérdidas de menos del 10% ya sea percolación, escorrentía, o equipo de riego defectuoso.

4.2 resultados de la evaluación agronómica

Presentamos a continuación los resultados de la investigación, en base a datos obtenidos en campo, su posterior análisis de varianza y su respectiva prueba de Duncan.

4.2.1 Altura de planta (cm)

El análisis de varianza para la altura de planta se presenta en el cuadro 13, donde se observa que para la variabilidad entre bloques nos da como resultado significativo, mientras que para las demás fuentes de variabilidad nos da como resultado no significativo.

Cuadro 16. Análisis de varianza para la altura de planta

FV	GL	SC	CM	Fc (SIG)	Ft (5%)	SIG.
Bloque	3	504,09	168,03	20,548742	3,1	*
Variedad	1	3,38	3,38	0,4133473	4,1	NS
Ferti.Org.	3	35,3275	11,775833	1,4400914	3,1	NS
Varié*Ferti	3	73,0825	24,360833	2,9791375	3,1	NS
Error	21	171,72	8,1771428			
Total	31	787,6				
C.V.	5,803288					

El coeficiente de variación para la parcela, tiene un valor igual a 5,8% estos valores asume el buen manejo de las unidades experimentales, además que los datos estadísticos son confiables tal como lo señala Ochoa (2009), citado por Mamani (2014).

$$C.V.=5,8\%$$

La diferencia entre altura de planta en campo, numéricamente tubo diferencias mínimas a excepción del tratamiento 5 que tuvo un largo de tallo de 53,8 cm, mientras que el promedio para el resto de tratamientos fue de 48,5 cm, esto nos deja como diferencia de más de 5 cm.

A través del análisis de varianza en el cuadro 13, interpretamos que en el caso de la variabilidad entre bloques hubo una diferencia significativa (*) por lo que se entiende que hubo efecto de los bloques de la parcela para el crecimiento de la altura de planta considerando que el manejo de las unidades experimentales fueron adecuadas. Además observamos que no existen diferencias significativas (NS), en las fuentes de variabilidad para, las diferentes variedades de brócoli y las concentraciones de biol, lo que nos muestra que no tuvieron efecto directo en el crecimiento de la altura de planta, asumiéndose que tuvimos un buen manejo de las unidades experimentales.

La diferencia existente entre bloques se debió principalmente a la variabilidad de viento que existe en la carpa solar, ya que por el lado oeste se tiene una zona libre de barreras contra el viento, mientras que por el lado este de la carpa existe

protección o barreras antropicas contra el viento, lo que bien nos pudo llevar a la diferencia de crecimiento en las plantas.

En la investigación realizada por Mamani (2014), sobre el efecto de 3 densidades de siembra en el cultivo de brócoli Para la altura de planta, encontró una diferencia notoria entre las variedades Pirata y De Cicco, siendo la diferencia mucho menor entre las tres densidades de siembra planteada, de cada variedad. La variedad De Cicco obtuvo un resultado promedio de 88,9 centímetros de altura, mientras que la variedad Pirate obtuvo 60,9 centímetros de altura, esto según el autor por efecto directo de la variedad y no así por la densidad de siembra.

El comportamiento, de la altura de planta al momento de cosecha, se puede apreciar en el grafico 5, notándose la diferencia de 5 centímetros, entre el tratamiento 5 perteneciente a la variedad Calabrese y los demás 7 tratamientos correspondientes a la variedad De Cicco y Calabrese respectivamente.

Mendoza (1999), en un estudio sobre plantación y abonamiento orgánico en brócoli, encontró alturas superiores de planta en los tratamientos que contenían mayor cantidad de estiércol (200, 240 y 280 kg/ha), en cuanto a las diferentes densidades de plantación, obtuvo mejores resultados en el cultivo que tubo menor densidad de plantas por hectárea.

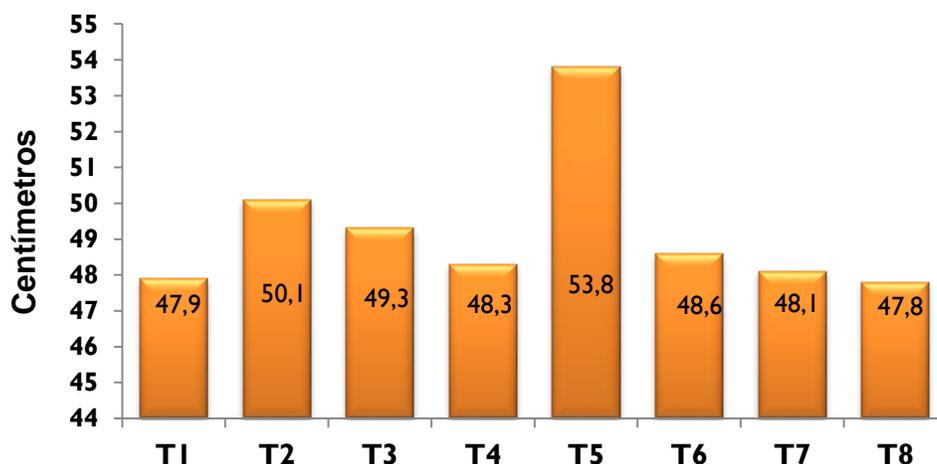


Grafico 6. Altura de planta en cm, en los 8 tratamientos

En el grafico 5, observamos que los tratamientos 1, 2, 3 y 4, que corresponden a la variedad De Cicco existe una diferencia de 3 centímetros de altura entre la

planta más pequeña (T1 al 25%) y la planta más grande (T2 al 50%), lo que nos demuestra que en campo si hubo diferencias relativas en la altura de planta, siendo de más crecimiento el tratamiento 5 de la variedad Calabrese.

Entre tanto en los tratamientos 5, 6, 7 y 8 pertenecientes a la variedad Calabrese nos muestra que hubo una diferencia de cinco centímetros entre la planta mayor (T5 al 25%) y la planta más pequeña (T8 0%), asumiendo que tuvimos un buen manejo de la parcela, consideramos que la diferencia se debe más a la variedad Calabrese y no tanto a las dosis de biol, esto comparando con los resultados con la variedad De Cicco.

Por su parte Martínez (2006), encuentra en su trabajo sobre evaluación de biol líquido con hojas de platanillo en el cultivo de brócoli, que uno de sus tratamientos salió significativo en cuanto a la altura de planta con respecto a los demás tratamientos, obteniendo una altura de 64,6 centímetros perteneciendo a la variedad De Cicco, y de 51.4, 57.4, 58,4 centímetros como los demás tratamientos no significativos, y le atribuye estos resultados a la presencia de nutrientes más concentrados en el biol y su buena asimilación de planta, mientras que los datos más bajos fueron por la menor concentración de biol aplicado.

El comportamiento, de la altura de planta a lo largo del ciclo se puede apreciar en el grafico 6, notándose que en todos los tratamientos tubo una constante de crecimiento, exceptuando el tratamiento cinco quien muestra mayor desarrollo.

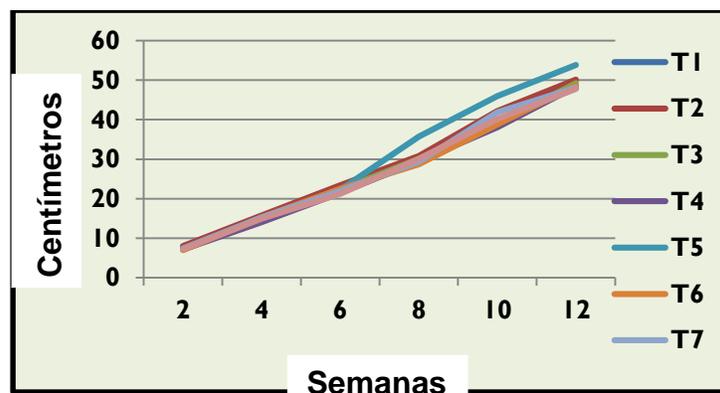


Grafico 7. Comportamiento del crecimiento de planta en todo el ciclo para todos los tratamientos

En el grafico 6, observamos que los tratamientos 1, 2, 3, 4, 6, 7 y 8 tuvieron una altura máxima de planta menor a 50 cm a la cosecha, mientras que el tratamiento cinco se destaca claramente de los otros tratamientos especialmente desde la sexta semana en su crecimiento, llegando hasta una altura de casi 54 cm.

Para la comparación de medias entre los efectos de las concentraciones de biol y las variedades, se realizo la prueba de Duncan al 5% (cuadro 14), mediante esta prueba identificaremos cual de los tratamientos tubo mayor altura la final del ensayo.

Cuadro 17. Prueba Duncan, para altura de plantas

Tratamientos	Promedio (cm)	Prueba de Duncan $\alpha = 0.05$
T5	53,8	a
T2	50,1	b
T3	49,3	b
T6	48,6	b
T4	48,3	b
T7	48,1	b
T1	47,9	b
T8	47,8	b

Según la prueba de Duncan que se encuentra en el cuadro 14, existe una diferencia significativa entre el tratamiento 5 con un promedio de 53,8 cm, con respecto a los demás tratamientos, mientras que entre los tratamientos 2, 3, 6, 4, 7, 1 y 8, no existe diferencias significativas.

4.2.2 Numero de hojas

El análisis de varianza para el numero de hojas se presenta en el cuadro 15, donde se observa que para la variabilidad entre bloques nos da como resultado significativo, mientras que para las demás fuentes de variabilidad nos da como resultado no significativo.

Cuadro 18. Análisis de varianza para número de hojas

FV	GL	SC	CM	Fc (SIG)	Ft (5%)	SIG.
Bloque	3	96,4803125	32,1601042	26,6720846	3,1	*
Variedad	1	0,2628125	0,2628125	0,21796438	4,1	NS
Ferti.Org.	3	2,4103125	0,8034375	0,66633344	3,1	NS
Varié*Ferti.	3	7,3003125	2,4334375	2,01817913	3,1	NS
Error	21	25,3209375	1,20575893			
Total	31	131,774688				
C.V.	4,07400087					

El coeficiente de variación para la parcela, tiene un valor igual a 4,07% este valor muestra el buen manejo de las unidades experimentales, además que los datos estadísticos son confiables tal como lo señala Ochoa (2009), mencionado por Mamani (2014).

$$C.V.=4,07\%$$

De acuerdo al análisis de varianza según el cuadro 15, deducimos que en el caso de la variabilidad entre bloques hubo una diferencia significativa (*) por lo que se entiende el buen efecto de los bloques de la parcela para el número de hojas, mientras que no existen diferencias significativas (NS) en las fuentes de variabilidad para las diferentes variedades de brócoli y las concentraciones de biol, por lo que se entiende que a cualquier concentración de biol y con cualquier variedad ya sea De Cicco o Calabrese, estadísticamente las alturas de plantas son iguales y no tendrían ningún efecto directo en el número de hojas, considerando que el manejo de la parcela no tuvo ningún inconveniente.

Por otro lado en el trabajo realizado por Gutiérrez (2005), sobre el cultivo de diferentes variedades de brócoli a distintos marco de siembra, hallo un promedio máximo de 14 hojas por tratamiento hasta el momento de la cosecha en las variedades Green Storm y Montecristo, atribuyéndole este resultado a la alta densidad de siembra sobre estas plantas, mientras que en la variedad Pirata obtuvo 12 hojas en cada repetición, los promedios más bajos en número de hojas, como se entenderá estos resultados contradicen la tendencia de tener un número mayor de hojas a distancias más amplias, Gutiérrez afirma que esto se debe a que las plantas a marcos e siembra más cortos, tienden a tener hojas más pequeñas

pero en un número mayor, por otro lado a distancias de siembra más amplias el cultivo crece con hojas mucho mas grandes pero en una numero regular.

El comportamiento, del número de hojas al momento de cosecha, se puede apreciar en el grafico 7, notándose la diferencia de un centímetro, entre el tratamiento 4, 5 y 6 contra los tratamientos 1, 2, 3, 7 y 8 correspondientes a la variedad De Cicco y Calabrese respectivamente también.

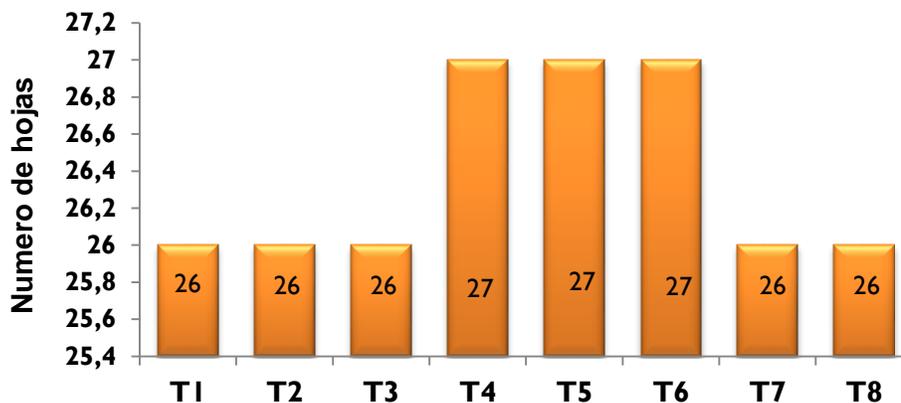


Grafico 8. Numero de hojas, en los 8 tratamientos

Como se observa en el grafico 7, los tratamientos 1, 2, 3 y 4 que pertenecen a la variedad De Cicco, existiendo una diferencia de una hoja entre todos los tratamientos, atribuimos esta diferencia a la homogeneidad en la semilla y al buen manejo agronómico del cultivo, donde las concentraciones de biol no tuvo ningún afecto considerable en el numero de hojas.

De igual manera en los tratamientos 5, 6, 7 y 8, pertenecientes a la variedad Calabrese tiene una deferencia de una hoja entre ellas, demostrando que no hubo efecto de la variedad ni del biofertilizante en el número de hojas, esto se debe a la homogeneidad genética de la semilla y de el manejo agronómico correcto de la parcela.

De acuerdo a Mamani (2014), tampoco encuentra diferencias significativas en el numero de hojas entre las variedades De Cicco y pirata al momento de la cosecha según su investigación realizada sobre el efecto de densidades de siembra en el cultivo de brócoli , le atribuye este resultado a las características genéticas de cada variedad y también al afecto de las distancias de siembra, las que fueron

adecuadas, además las condiciones dentro de la carpa solar como; la temperatura y el riego homogéneos de los diferentes tratamientos, observándose así un normal desarrollo de hojas, esto puede coincidir parcialmente con nuestros resultados ya que el manejo tanto de el riego, la temperatura, se manejaron lo más uniforme posible obteniendo una producción aceptable.

El comportamiento, del número de hojas a lo largo del ciclo se puede apreciar en el grafico 8, donde observamos que todos los tratamientos al momento de la cosecha se encuentran entre 26 y 27 hojas.

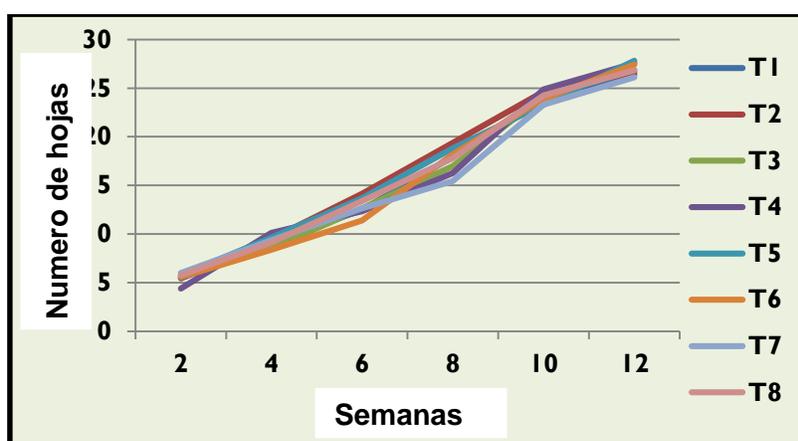


Grafico 9. Comportamiento del número de hojas en todo el ciclo para todos los tratamientos

En el grafico 8, observamos que el tratamiento 4 empezó las primeras dos semanas con 4 hojas, la menor en todos los tratamientos, también los resultados nos muestran que el tratamiento 6 y 7 tuvieron 11 y 12 hojas respectivamente, siendo las más bajas e todos los tratamientos.

Para la comparación de medias para el numero de hojas, se realizo la prueba de Duncan al 5% (cuadro 16), mediante esta prueba identificaremos cual de los tratamientos tubo mayor numero de hojas final del ensayo.

Cuadro 19. Prueba Duncan, para el número de hojas

Tratamientos	Promedio (cm)	Prueba de Duncan $\alpha = 0.05$
T5	27,8	b
T4	27,5	b
T6	27,4	b
T3	26,8	b
T8	26,8	b
T2	26,6	b
T1	26,4	b
T7	26,1	b

Según la prueba de Duncan no existe una diferencia significativa entre ninguno de los tratamientos con respecto al número de hojas al momento de la cosecha.

4.2.3 Diámetro de tallo (cm)

El análisis de varianza para el diámetro de tallo (cm) se presenta en el cuadro 17, donde se observa que para la variabilidad entre bloques, las fertilización líquida foliar y nos da como resultado significativo (*), mientras que para las demás fuentes de variabilidad como ser el efecto de las variedades nos da como resultado no significativo (NS).

Cuadro 20. Análisis de varianza para el diámetro de tallo

FV	GL	SC	CM	Fc (SIG)	Ft (5%)	SIG.
Bloque	3	3,205	1,06833333	15,3139932	3,1	*
Variedad	1	0,08	0,08	1,14675768	4,1	NS
Ferti.Org.	3	0,765	0,255	3,6552901	3,1	*
Varié*Ferti.	3	0,785	0,26166667	3,75085324	3,1	*
Error	21	1,465	0,0697619			
Total	31	6,3				
C.V.		8,65982918				

El coeficiente de variación para la parcela, tiene un valor igual a 8,6% estos valores asume el buen manejo de las unidades experimentales, además que los datos estadísticos son confiables tal como lo señala Ochoa (2009), citado por Mamani (2014).

$$C.V.=8,6\%$$

De acuerdo al análisis de varianza cuadro 17, deducimos que en el caso de la variabilidad entre bloques hubo una diferencia significativa (*) causando un efecto en el desarrollo del diámetro de tallo, la causa principal sería la influencia del viento en el bloque 1 lo que trae un perjuicio relativo en el desarrollo de la planta, también el efecto de las diferentes concentraciones del biofertilizante aplicado al cultivo, especialmente en la variedad Calabrese, donde se encontró diferencias de 0,8 cm de diámetro entre los tratamientos 5, 6, 7 y 8, respectivamente.

Interpretamos que no existen diferencias significativas (NS), en las fuentes de variabilidad para, las diferentes variedades de brócoli por lo que se entiende que no tuvieron efecto directo en el diámetro de tallo, asumimos que esto se debe a la igualdad de las propiedades genéticas de la semilla en las dos variedades, a la uniformidad de riego del cultivo, a las buenas labores culturales que se realizó en el cultivo durante todo su ciclo.

Con respecto al diámetro de tallo en la investigación de Mamani (2014), sobre el efecto de 3 densidades de siembra en las variedades de brócoli De Cicco y Pirata observo una diferencia notoria entre las dos variedades, donde la variedad Pirata tenía mayor diámetro de tallo en comparación a la variedad De Cicco, presentando un promedio de 2,31 cm, siendo la misma superior a la variedad De Cicco con media igual a 1,80 cm esta diferencia le atribuye a las características genéticas de la variedad Pirata las cuales fueron favorables en el desarrollo de diámetro de tallo, en ambiente atemperado, puesto que la variedad mencionada obtuvo el mayor diámetro.

El comportamiento, del diámetro de tallo al momento de cosecha, se puede apreciar en el gráfico 9, notándose la diferencia de menos de un cm, entre todos los tratamientos en general.

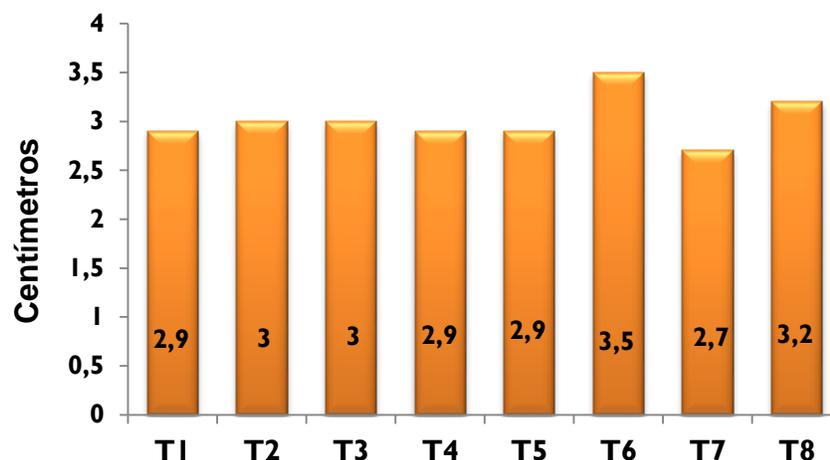


Grafico 10. Diámetro de tallo, en los 8 tratamientos

En el grafico 9, observamos que no existen diferencias de diámetro en la variedad De Cicco (tratamientos 1, 2, 3 y 4), por lo que no hubo ningún efecto de las concentraciones de biol en esta variable, mientras que en la variedad Calabrese tenemos diferencias de 0,8 cm entre tratamientos, siendo el tratamiento 6 el mayor desarrollo en toda la parcela, una vez más vemos que las concentraciones al 25 y 50% en la variedad Calabrese tienen mayor rendimiento de todos los tratamientos, asumimos que esto se debe a la calidad de la semilla, al manejo homogéneo del cultivo y principalmente al afecto positivo del biofertilizante aplicado.

en la investigación de Mendoza (1999), sobre el comportamiento agronómico del cultivo de brócoli bajo diferentes densidades de siembra con abonamiento de estiércol, obtuvo un diámetro mayor de 4.33 cm por efecto de una dosis alta de estiércol (96.200 kg/ha), y una densidad baja de cultivo, al contrario el diámetro menor que encontró fue de 3.99 cm de tallo, a una cantidad de estiércol aplicado (57.700 kg/ha), es claro que los diámetros de tallo hallados por este autor son superiores a los hallados en nuestro trabajo de investigación, y posiblemente sea por la gran diferencia de rendimientos que hay debido al manejo tradicional y ecológico de los cultivos.

Nuestros resultados se pueden comparar con los obtenidos por Gutiérrez (2005), en su trabajo realizado sobre el cultivo de tres diferentes variedades de brócoli a distintos marcos de siembra, donde menciona que obtuvo diámetros promedios de

3.88 cm, en la variedad Green Storm a un marco de siembra pequeño, mientras que en sus variedades Montecristo y Pírate hallo diámetros mucho menores, aun cuando se hallaban a un marco de siembra más amplio, según el autor esto se debe a las características genéticas del cultivar y su manejo.

El comportamiento, del diámetro del tallo durante el todo el ciclo del cultivo se puede apreciar en el grafico 10, donde observamos que el tratamiento 1, 4, 5 y 7 llevo a tener 2,9 cm de diámetro, y los demás tratamientos superan los 3 cm.

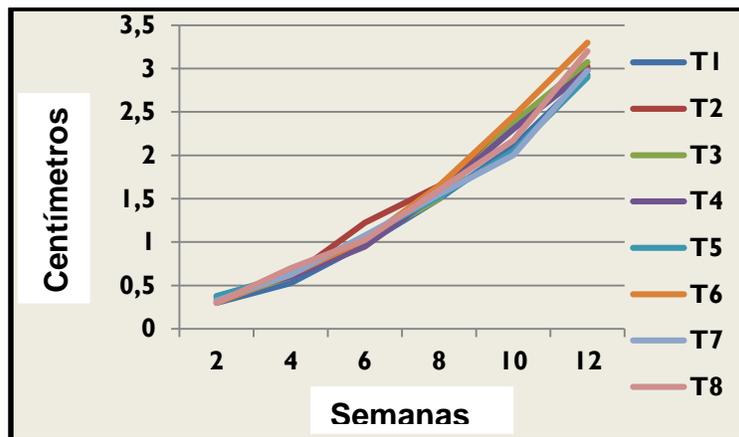


Grafico 11. Comportamiento del diámetro de tallo en todo el ciclo

En el grafico 10, observamos que el tratamiento 6 llevo a tener 3,3 cm el mayor diámetro de todos los tratamientos, en cuanto a los demás tratamientos hubo una tendencia de diámetro similar entre ellos a lo largo de todo el ciclo de cultivo, como se muestra en el grafico 10.

Para la comparación de medias para el diámetro de tallo, se realizo la prueba de Duncan al 5% (cuadro 18), mediante esta prueba identificaremos cual de los tratamientos varia de los demás y el efecto que tubo.

Cuadro 21. Prueba Duncan, para el diámetro de tallo

Tratamientos	Promedio (cm)	Prueba de Duncan $\alpha = 0.05$
T6	3,55	a
T8	3,21	a
T3	3,07	a
T2	3,02	b
T4	2,95	b
T7	2,91	b
T5	2,93	b
T1	2,92	b

Según la prueba de Duncan en el cuadro 18, vemos que el T6, T8, T3, con un promedio 3,55 3,21 3,07 no tienen diferencia entre ellas, pero sí tiene una diferencia con los tratamientos 2, 4, 7, 5, 1 con un promedio inferior a 3,02.

4.2.4 Diámetro de inflorescencia a la cosecha (cm)

El análisis de varianza para el diámetro de inflorescencia (cm) se presenta en el cuadro 19, donde observamos que los resultados nos dan como significativo (*) entre bloques y para la variedad de brócoli frente a las diferentes dosis de biol, mientras que para las demás fuentes de variabilidad nos da como resultado no significativo (NS).

Cuadro 22. Análisis de varianza para el diámetro de inflorescencia

FV	GL	SC	CM	Fc (SIG)	Ft (5%)	SIG.
Bloque	3	40,6709375	13,5569792	12,7686303	3,1	*
Variedad	1	0,6328125	0,6328125	0,59601396	4,1	NS
Ferti. Org.	3	5,8359375	1,9453125	1,83219106	3,1	NS
Varié*Ferti.	3	12,3434375	4,11447917	3,87521899	3,1	*
Error	21	22,2965625	1,06174107			
Total	31	81,7796875				
C.V.	8,34127564					

El coeficiente de variación para la parcela, tiene un valor igual a 8,3% estos valores asume el buen manejo de las unidades experimentales, además que los datos estadísticos son confiables.

$$C.V.=8,3\%$$

De acuerdo al análisis de varianza cuadro 19, hallamos que existe variabilidad entre las dos variedades de brócoli y en las concentraciones de biofertilizante foliar (*), por lo que se entiende que hubo efecto en la diferencia del diámetro de inflorescencia para estas variables, teniendo como promedio en los tratamientos de la variedad De Cicco de 12,1 cm, mientras en la variedad Calabrese tenemos 12,5 cm corroborando la significancia de los resultados obtenidos en el cuadro de análisis de varianza, y entre las diferentes concentraciones de biol tenemos para la c1 13 cm, c2 12,1 cm, c3 12,3 cm y para la c4 11,8 cm, mostrando el buen manejo de las unidades experimentales y las concentraciones de aplicadas, Por otro lado no encontramos variabilidad o diferencias significativas (NS), entre los bloques y entre las variedades frente a las concentraciones, estos no tuvieron efecto directo en el diámetro de inflorescencia, debido al manejo uniforme de la parcela, al riego oportuno y las condiciones climáticas favorables de la zona de ensayo.

Al respecto del diámetro de inflorescencia al momento de la cosecha, Martínez (2006), en su trabajo de evaluación de biol líquido foliar en base de hojas de platanillo, encuentra al tratamiento 3 de su investigación como el de máximo rendimiento de 13,5 centímetros perteneciendo a la variedad De Cicco, atribuyéndole este resultado a la alta concentración de micronutrientes en el biol en este tratamiento, ya que este elemento químico favorece al desarrollo de la parte floral del brócoli, mientras que los diámetros hallados para los demás tratamientos fueron de 11.3, 9.7, 7.8 centímetros respectivamente.

El comportamiento, del diámetro de inflorescencia al momento de cosecha, se puede apreciar en el grafico 11, notándose la diferencia de 2,5 cm entre los tratamientos 8 y 5 correspondientes a la variedad Calabrese, y los demás tratamientos se encuentran dentro de este rango mencionado.

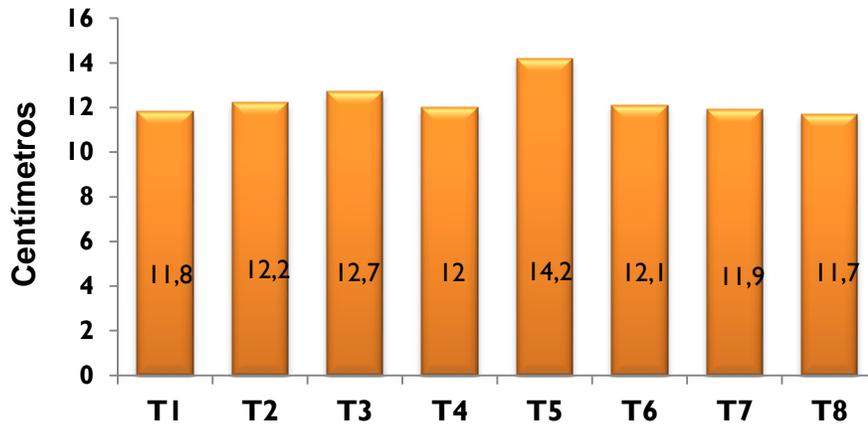


Gráfico 12. Diámetro de inflorescencia, en los 8 tratamientos

Observamos en el gráfico 11, que los diámetros para los tratamientos son 1, 2, 3 y 4 pertenecientes a la variedad De Cicco, tienen 11,8 cm, 12,2 cm, 12,7 cm, 12 cm, respectivamente, teniendo como promedio 12,1 cm, mientras que para los tratamientos 5, 6, 7 y 8 los diámetros son 14,2 cm, 12,1 cm, 11,9 cm, 11,7 cm, respectivamente con un promedio de 12,5 cm, teniendo una diferencia de entre variedades de 0,4 cm. El tratamiento que tubo menor crecimiento fue el T8 con 11,7 cm, y el de mayor crecimiento fue el T5 con 14,2 cm.

Según Mendoza (1999), en su trabajo sobre el efecto de abonamiento orgánico y diferentes densidades de plantación en el cultivo de brócoli, encontró un diámetro mayor de inflorescencia al momento de la cosecha de 15.81 cm según el autor por la alta dosis de estiércol y una baja densidad de plantación (280 kg/ha, 57.700 pl./ha), mientras que como menor diámetro de inflorescencia hallado fue de 12,18 cm en todo su estudio, y de acuerdo al autor se debe principalmente al tratamiento que tubo (200 kg/ha, 96.200 pl/ha).

Para la comparación de medias para el diámetro de inflorescencia, se realizó la prueba de Duncan al 5% (cuadro 20), mediante esta prueba identificaremos cual de los tratamientos varía de los demás y cuales son similares.

Cuadro 23. Prueba Duncan, para el diámetro de inflorescencia entre tratamientos

Tratamientos	Promedio (cm)	Prueba de Duncan $\alpha = 0.05$
T6	3,55	a
T8	3.21	a
T3	3,07	a
T2	3,02	a
T4	2,95	a
T7	2,91	a
T5	2,93	a
T1	2,92	a

Según el cuadro 20, se observa que los promedios de los tratamientos no tienen diferencias estadísticas, por tanto todos los tratamientos son iguales en el rendimiento de diámetro de inflorescencia.

Por su parte Mamani (2014), determinó que existieron diferencias altamente significativas entre los diámetros hallados en las variedades Pirata y De Cicco aplicadas bajo 3 densidades de siembra en ambiente atemperado, encontrando a la variedad Pirata con un diámetro promedio de 12,5 cm y a la variedad De Cicco con un 8,98 cm de diámetro, la autora de la investigación asume que el comportamiento de la variedad Pirata a una densidad de 30x40 cm entre curcos y plantas respectivamente, (tratamiento a mayor densidad de siembra), tiene el mayor desarrollo del diámetros de inflorescencia, esto debido a las características, de la variedad y al espacio que tenían entre ellas para su desarrollo, puesto que contaban con mayor área de suelo y por ende mayor cantidad de nutrientes del suelo y agua.

4.2.5 Peso de inflorescencia a la cosecha (g)

El análisis de varianza para el peso de inflorescencia (g), se presenta en el cuadro 21, donde se observa que para la variabilidad entre bloques y entre variedades nos da como resultado significativo, y que para las demás fuentes de variabilidad obtuvimos no significativo.

Cuadro 24. Análisis de varianza para el peso de inflorescencia

FV	GL	SC	CM	Fc (SIG)	Ft (5%)	SIG.
Bloque	3	12881,0134	4293,67115	7,21604955	3,1	*
Variedad	1	2710,32031	2710,32031	4,55503112	4,1	*
Ferti. Org.	3	2749,06094	916,353646	1,54004652	3,1	NS
Varié*Ferti.	3	970,858437	323,619479	0,54388287	3,1	NS
Error	21	12495,3541	595,01686			
Total	31	31806,6072				
C.V.	27,628038					

El coeficiente de variación para la parcela, tiene un valor igual a 27% este valor asume el buen manejo de las unidades experimentales, además que los datos estadísticos son confiables tal como lo señala Ochoa (2009), mencionado por Mamani (2014).

$$C.V.=27,6\%$$

Según los resultados obtenidos al análisis de varianza cuadro 21, observamos que en el caso de la variabilidad entre bloques y variedades, hubo una diferencia significativa (*) por lo que se entiende que hubo efecto de los bloques de la parcela y de las variedades de brócoli para el peso de inflorescencia, atribuimos esta variabilidad al manejo agronómico y a factores externos como el viento que sopla por el lado oeste de la carpa, lo que influyo en una reducción relativa del desarrollo del cultivo, mientras que por el lado este no existe viento debido a la presencia de barreras antropicas en el lugar, en cuanto a las diferencias entre variedades (peso promedio de variedad De Cicco 79 gramos y peso promedio variedad Calabrese 97,4 gramos), atribuimos este resultado la variabilidad genética de las dos semillas de ensayo, además de haber tenido un comportamiento fisiológico diferente al momento de la absorción de nutrientes del suelo y foliares.

En el estudio realizado por Gutiérrez (2005), sobre diferentes cultivares de brócoli bajo diferentes marcos de siembra, no encuentra diferencias estadísticas en los pesos de inflorescencia al momento de la cosecha, ya que este análisis realiza un análisis global y no diferencia los cultivares, pero aclara que si existieron

diferencias numéricas en los diámetros hallados de inflorescencia, debido principalmente a los distintos marcos de siembra.

El comportamiento, del peso de inflorescencia al momento de cosecha, se puede apreciar en el grafico 12, notándose una diferencia de 48,5 gramos, entre el tratamiento 4 y 5 correspondientes a la variedad De Cicco y Calabrese respectivamente.

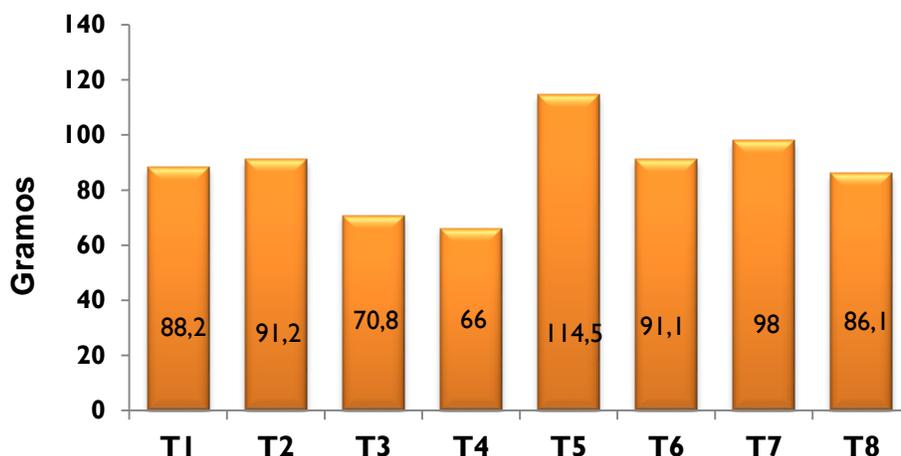


Grafico 13. Peso de inflorescencia, en los 8 tratamientos

De acuerdo al grafico 12, observamos que la variedad De Cicco, tuvo los más bajos rendimientos en cuanto al peso de inflorescencia, obteniendo el T1, T2, T3 y T4 como promedio 79 gramos, mientras que el promedio de peso para los T5, T6, T7 y T8 pertenecientes a la variedad Calabrese es de 97,4 gramos, nótese la diferencia de 18,4 gramos entre variedades. También vemos que el T4 tuvo el más bajo rendimiento con 66 gramos, y el T5 obtuvo el más alto rendimiento con 114,5 gramos, sacando una diferencia de más de 48 gramos.

De acuerdo a Martínez (2006), quien realizo una investigación el cultivo de brócoli aplicando 3 diferentes concentraciones de biol a base de hojas de platanillo, encuentra pesos promedios de 272 g, 205 g, 177 g y 119 g en sus 4 tratamientos, teniendo el tratamiento testigo el peor rendimiento con un peso de 119.5 g, mientras que tratamiento con mejor resultado según su investigación fue el tratamiento 3 con un peso de 272 g y asume que este resultado se debe al aporte

de micronutrientes presentes en el abono líquido preparado, cuyas concentraciones varían de 1 a 3 kilos de platanillo.

Para la comparación de medias para el peso de inflorescencia entre variedades, se realizó la prueba de Duncan al 5% (cuadro 22), mediante esta prueba identificaremos si hay diferencias significativas estadísticamente de esta variable.

Cuadro 25. Prueba Duncan, para el peso de inflorescencia entre variedades

Variedades	Promedio (gr)	Prueba de Duncan $\alpha = 0.05$
De Cicco	82,04	a
Calabrese	94,88	b

Según el cuadro 22, se observa que la variedad De Cicco con promedio de 82,04 g tiene una diferencia significativa con respecto a la variedad Calabrese con un promedio de 94,88.

Según Toledo (2006), encuentra diferencias altamente significativas estadísticamente, en su investigación sobre diferentes variedades de brócoli (Híbrido Pírate, Waltham 29), igualmente para el factor estudiado sobre de distintos marcos de siembra, halla también diferencias altamente significativas, debidas principalmente según el autor a la gran diferencia que hay sobre el acceso a luz, nutrientes, agua y a la competencia que existe en marcos de siembra más pequeños. Mientras que para distintos abonos orgánicos no obtuvo diferencias significativas estadísticamente.

4.3 Resultados de la evaluación al biol

4.3.1 Incidencia de la mosca blanca y el pulgón verde en el cultivo

Realizamos un conteo simple de la presencia de pulgones del brócoli y de moscas blancas en las pellas de las plantas muestreadas durante en 6 fechas en todo el ciclo del cultivo.

Como se observa en los cuadro 23, el efecto de la aplicación del biol al cultivo como repelente del pulgón y de la mosca blanca, fueron efectivas totalmente, no se apreció presencia significativa en ninguna fase del ciclo del cultivo, a excepción de 8 moscas blancas en el bloque 4 en los tratamientos 6, 1, 7, y en el bloque 3 en el tratamiento 7, pero considerando la poca cantidad moscas blancas encontradas en las hojas en la 3^{ra} fecha únicamente, consideramos que no tiene significancia alguna, por tanto el efecto del biol como repelente a estas plagas es totalmente exitoso en un 99%.

Cuadro 26. Presencia de pulgones y mosca blanca en el cultivo 22 de agosto

BLOQUE 4			BLOQUE 3			BLOQUE 2			BLOQUE 1		
Nº	pul	mo									
T8			T1			T2			T1		
1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
2	0	0	2	0	0	2	0	0	2	0	0
3	0	0	3	0	0	3	0	0	3	0	0
4	0	0	4	0	0	4	0	0	4	0	0
T4			T5			T5			T2		
1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
2	0	0	2	0	0	2	0	0	2	0	0
3	0	0	3	0	0	3	0	0	3	0	0
4	0	0	4	0	0	4	0	0	4	0	0
T3			T7			T4			T7		
1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0
2	0	0	2	0	1	2	0	0	2	0	0
3	0	0	3	0	0	3	0	0	3	0	0
4	0	0	4	0	0	4	0	0	4	0	0
T7			T8			T8			T6		
1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0
2	0	1	2	0	0	2	0	0	2	0	0
3	0	0	3	0	0	3	0	0	3	0	0
4	0	0	4	0	0	4	0	0	4	0	0
T1			T2			T7			T8		
1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
2	0	1	2	0	0	2	0	0	2	0	0
3	0	0	3	0	0	3	0	0	3	0	0
4	0	0	4	0	0	4	0	0	4	0	0
T6			T6			T1			T3		
1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
2	0	1	2	0	0	2	0	0	2	0	0
3	0	2	3	0	0	3	0	0	3	0	0
4	0	0	4	0	0	4	0	0	4	0	0

De acuerdo a Alavi (2013), técnico del asilo “San Ramón” asegura que la incidencia de pulgones en el cultivo de brócoli es la plaga que más afecta a este

cultivo en carpas solares, especialmente en la pella y que causa serios problemas económicos, incluso se puede llegar a perder toda la cosecha, por ello nos indica que hay la necesidad de contar con un plaguicida que no afecte al producto y no pierda la calidad de ecológico, que es como se distribuye este producto al mercado paceño.

Es claro que el pulgón es la plaga más importante en el cultivo de brócoli tanto el cultivos protegidos como a la intemperie. Cuando el pulgón ataca ala pella, esta se pierde en su totalidad, porque aunque se llegue a matar al insecto con desinfectantes este no llega a desprenderse fácilmente de la pella, por lo que es desechado para la alimentación humana.

En el trabajo realizado por Uribe S., Jesús K., Uribe M., menciona que se han realizado ensayos sobre el uso de lixiviados de desechos de banana, para el control de plagas como la Sigatoka negra en bananas de la variedad Dominico hartón, se han obtenido buenos resultados a concentraciones de 10, 25, 50 y 75% del lixiviado, llegando a reducir la presencia de plagas en un 30 y 40% en comparación del testigo que registro un 100% de infestación. En nuestro país no existen muchas investigaciones acerca del uso de fertilizantes orgánicos como controladores de plagas, mientras si podemos encontrar imbestigaciones sobre el uso de bioplaguicidas a base de hierbas naturales aromáticas y a base de toxinas de plantas.

4.4 Resultados del análisis de costos parciales

4.4.1 Rendimiento en (kg/ha) entre tratamientos

El análisis de varianza para el rendimiento se presenta en el cuadro 26, donde se observa que para la variabilidad entre bloques y entre variedades nos da como resultado significativo (*), y que para las demás fuentes de variabilidad obtuvimos no significativo (NS).

Cuadro 27. Análisis de varianza para el rendimiento

FV	GL	SC	CM	Fc (SIG)	Ft (5%)	SIG.
BLOQUE	3	6,8202625	2,27342083	7,23362544	3,1	*
VARIADADES	1	1,4878125	1,4878125	4,73395783	4,1	*
FERTI. ORG.	3	1,4787625	0,49292083	1,56838744	3,1	NS
VARIED*FERTI.	3	0,4775625	0,1591875	0,50650664	3,1	NS
ERROR	21	6,5999875	0,31428512			
TOTAL	31	16,8643875				
C.V.	27,5569342					

El coeficiente de variación para la parcela, tiene un valor igual a 27,5% estos valores asume el buen manejo de las unidades experimentales, además que los datos estadísticos son confiables tal como lo señala Ochoa (2009), citado por Mamani (2014).

$$C.V.=27,5\%$$

Según los resultados obtenidos al análisis de varianza cuadro 26, observamos que en el caso de la variabilidad entre bloques y variedades, hubo una diferencia significativa (*) por lo que se entiende que hubo efecto de los bloques de la parcela y de las variedades de brócoli para el rendimiento del cultivo, atribuimos esta variabilidad a la presencia de viento y mas frio del lado oeste de la carpa, lo que causo una reducción en su crecimiento y su desarrollo en los bloques 1 y 2. En cuanto a la variabilidad entre variedades (De Cicco y Calabrese), atribuimos este resultado diferencia genética de las dos semillas que hace que sus rendimientos no sean iguales, al igual que su fisiología y comportamiento en la parcela de imbestigacion.

En el estudio realizado por Martínez (2006), sobre la aplicación de abonos líquidos aplicados vía foliar en el cultivo de brócoli, encontró diferencias significativas entre bloques y tratamientos, hallando promedios de 10500 kg/ha como mayor rendimiento y 9500 kg/ha como el de menor rendimiento en la variedad Banzai tardío, teniendo similares resultados en sus repeticiones.

Los rendimientos de todos los tratamientos, se puede apreciar en el grafico 14, notándose una diferencia grande de 1677 kg, entre el tratamiento 4 y 5 correspondientes a la variedad De Cicco y Calabrese respectivamente.

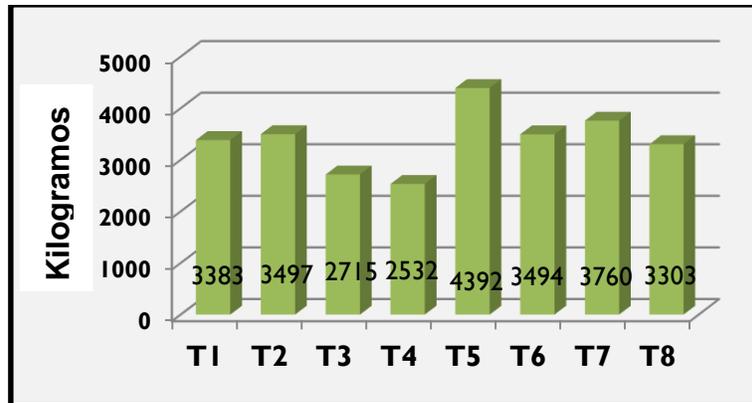


Grafico 14. Rendimiento en kg/ha para los 8 tratamientos

Según el grafico 14, observamos que el tratamiento con menor rendimiento de todos es el T4, con 2532 kg/ha perteneciente a la variedad De Cicco, mientras que el tratamiento con mayor rendimiento fue el T5 con 4392 kg/ha perteneciente a la variedad Calabrese, los demás tratamientos se encuentran dentro de ese rango. Consideramos que esto se debe a la diferencia genética de las variedades, su fisiología y comportamiento diferente en la parcela, si bien el crecimiento de la planta, número de hojas, diámetro de tallo, etc, tuvieron comportamientos similares, es posible tener diferencias significativas en el rendimiento de inflorescencia como se ve en este caso.

Los rendimientos del brócoli hallados en la investigación por Mamani (2014), usando las variedades Pírate fue de 17300 kg/ha y De Cicco, con 10900 kg/ha, atribuyéndole estas diferencias de rendimientos a las características genéticas de las semillas, sin embargo no hallo diferencias significativas entre diferentes densidades de siembra.

4.4.2 Rendimiento en (kg) entre variedades

Los rendimientos obtenidos por variedades, se puede apreciar en el cuadro 27, notándose una diferencia significativa entre la variedad De Cicco y Calabrese respectivamente.

Cuadro 28. Análisis de varianza para el rendimiento entre variedades

FV	GL	SC	CM	Fc (SIG)	Ft (5%)	SIG.
BLOQUE	3	46317987	15439329	0,11007055	9,28	NS
VARIADADES	1	1972098	1972098	3,32126412	2,16	*
ERROR	3	420802717	140267572			
TOTAL	7	469092802				
C.V.	7,2321341					

Como en los anteriores variables, los resultados de la variedad Calabrese tienen un mejor rendimiento frente a la De Cicco, consideramos que estos resultados se deben a la buena calidad genética de la semilla, u su buena adaptación a la carpa solar y las aplicaciones de biol.

Sobre el rendimiento del cultivo entre variedades, en el trabajo realizado por Mamani (2014), sobre el efecto de tres densidades de siembra en las variedades, De Cicco y Pírate, encontró rendimientos significativos, la variedad De Cicco con 10900 kg/ha mientras que la variedad Pírate con 17300 kg/ha, y considera que este resultado se debe a las diferencias genéticas de cada semilla empleada.

Como se observa en el cuadro 27, existe una diferencia significativa entre las variedades Calabrese y De Cicco, considerando que las labores culturales y el riego, fueron manejados en forma homogénea, estamos seguros que la diferencia de rendimientos se debe a la calidad genética de las semillas.

El comportamiento del rendimiento según las variedades, se puede apreciar en el gráfico 15, notándose una diferencia grande de 670 kg, entre la variedad De Cicco y Calabrese en la pella principal a la cosecha.

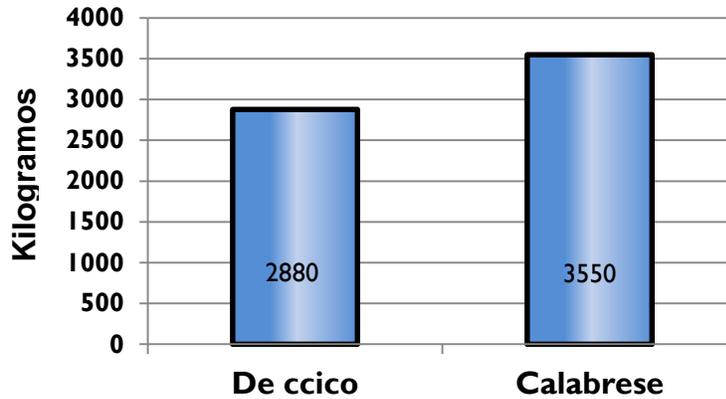


Grafico15. Rendimiento entre variedades

El grafico 15, Nos muestra que el rendimiento más alto se encuentra en la variedad Calabrese con 3550 kg/ha, mientras que la variedad De Cicco con 2880 kg/ha fue el más bajo de los rendimientos de pella principal al momento de la cosecha.

En el ensayo de Toledo (2006), sobre aplicación de abonos orgánicos a distintas densidades en brócoli, obtuvo rendimientos de 12000 kg/ha a una densidad de 0,50 m entre surcos y 0,50 m entre plantas como mayor rendimiento, y le atribuye este resultado a la menor competencia de nutrientes entre otras plantas debido al marco de siembra superior a los demás.

De acuerdo a Martínez (2006), en su investigación en brócoli aplicando fertilizantes foliares en la variedad Banzai, encontró 15600 kg/ha como promedio, que según el autor es aceptable para esa variedad.

4.4.3 Beneficio Bruto

A un precio a la venta en la ciudad igual para las dos variedades de brócoli se tiene el siguiente el análisis económico para el beneficio bruto y se muestra en el grafico 16, con un ajuste del rendimiento obtenido en peso de pella restándole un 5 %, con el fin de eliminar la sobreestimación del ensayo.

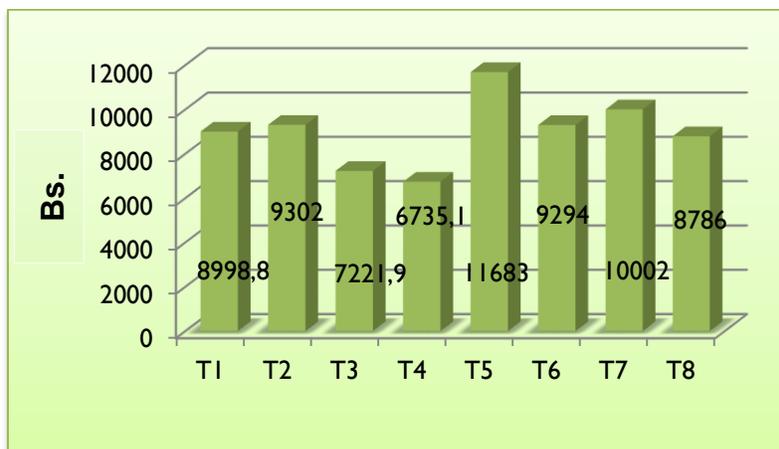


Gráfico 16. Beneficio bruto por tratamiento

Observamos que el tratamiento con mayor beneficio bruto es el tratamiento 5 perteneciente a la variedad Calabrese, con un ingreso de 11683 bs por ha, mientras que el tratamiento 4, que pertenece a la variedad De Cicco tiene el ingreso bruto más bajo con 6735 bs por ha.

Según Toledo (2006), en su trabajo sobre aplicación de diferentes densidades de brócoli, obtuvo como máximo ingreso bruto de 13700 bs, y de 12600 bs como mínimo ingreso.

De acuerdo a Callisaya (2000), utilizando diferentes densidades de aplicación de roca fosfórica como fertilizante en el cultivo de brócoli, obtuvo beneficios brutos de máximo de 3900 bs con una aplicación de 100 kg/ha de roca fosfórica y como mínimo de -5629 bs, con 500 kg/ha de roca fosfórica, siendo este último el que causó una pérdida económica.

4.4.4 beneficio neto

Para los costos de producción por tratamiento, se toma el mismo valor para todos, esto debido a que los gastos tuvieron una mínima diferencia de costo, tanto en el costo de semilla, de biofertilizante que parte de una sola materia prima al igual que los enriquecedores.

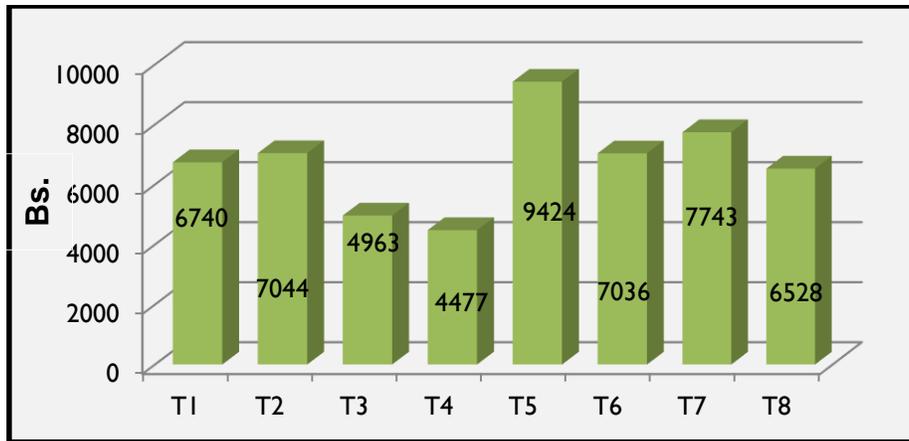


Grafico 17. Beneficio neto por tratamiento

Los beneficios netos más convenientes del ensayo son del tratamiento 5 con 9424 bs por ha, y el tratamiento 7 con 7036 bs por ha pertenecientes a la variedad Calabrese, lo que nos muestra el buen rendimiento económico que nos trae, a diferencia de la variedad De Cicco que tiene los beneficios netas más bajos en el tratamiento 4 con 4477 bs y el tratamiento 3 con 4963 bs.

4.4.5 Relación beneficio/costo

La cantidad de dinero que retorna por cada unidad monetaria invertida durante el periodo o beneficio/costo, se encuentra en el grafico 18, donde se observa la diferencia clara, entre el tratamiento 5, con 5,17 bs como el más alto y el tratamiento 4, con 2,98 bs de beneficio/costo como el tratamiento que más baja relación tuvo.

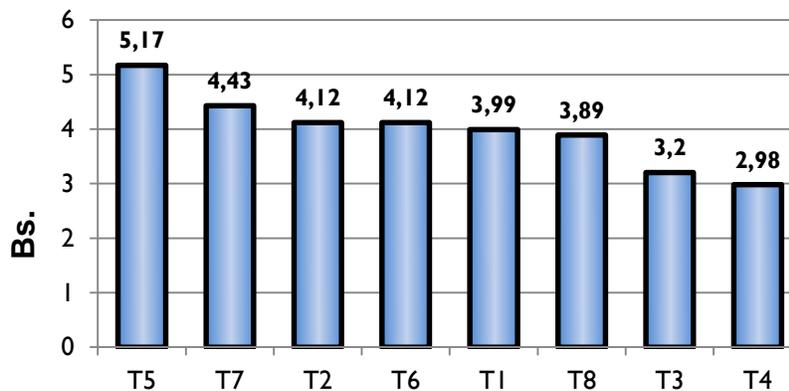


Grafico18. Relación beneficio/costo

Como observamos en el grafico 18, el tratamiento 5, es el que mayor beneficio nos da de todo el ensayo, con una relación de beneficio/costo de 5,17 bs, esto significa que por cada 1 bs invertido en la producción vamos a ganar 5,17 bs, lo que es muy rentable para el agricultor.

Mientras que el tratamiento 4, nos da una relación de beneficio/costo de 2,98 bs, esto quiere decir, que por cada 1 bs invertido recuperaremos o ganaremos 2.98 bs, aunque es el tratamiento que menor ganancia nos da, desde el punto de vista económico es bastante rentable en su producción. Los demás tratamientos 7, 2, 6, 1, 8 y 3 son igualmente rentables pero en menor cantidad.

4.4.6 Relación beneficio/costo por variedades

La relación beneficio/costo entre variedades es significativa, con una diferencia de 0,9 bs, es claro que la variedad Calabrese es la que se comporto mucho mejor que la variedad De Cicco en el aspecto de rendimiento, al igual que en otras variables la variedad Calabrese es la más beneficiosa económicamente para un productor.

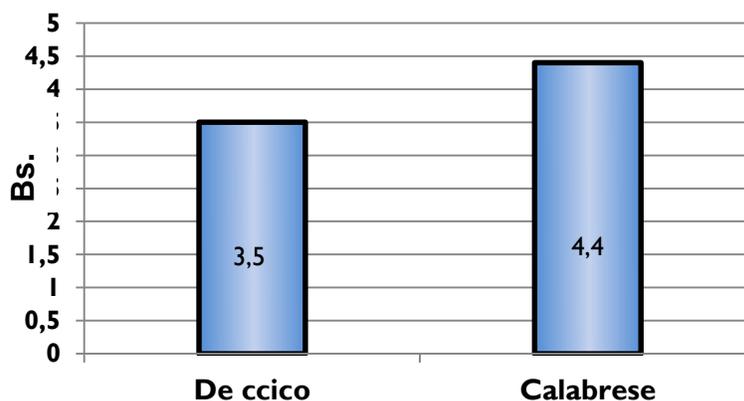


Grafico19. Beneficio/costo por variedades

En el grafico 19, se ve claramente la superioridad de beneficio/costo de la variedad Calabrese, que tiene una ganancia de 4,4 bs por cada 1 bs invertido, mientras que en la variedad De Cicco por cada inversión de 1 bs nos generara 3,5 bs, que aunque es menor que la variedad Calabrese, igual tiene una ganancia aceptable para el productor.

4.4.7 Rentabilidad

En el grafico 20, observamos la rentabilidad obtenida de todos los tratamientos del ensayo, donde observamos que hay una diferencia de 219% entre el tratamiento 5 de mayor rendimiento y el tratamiento 4 de menor rendimiento.

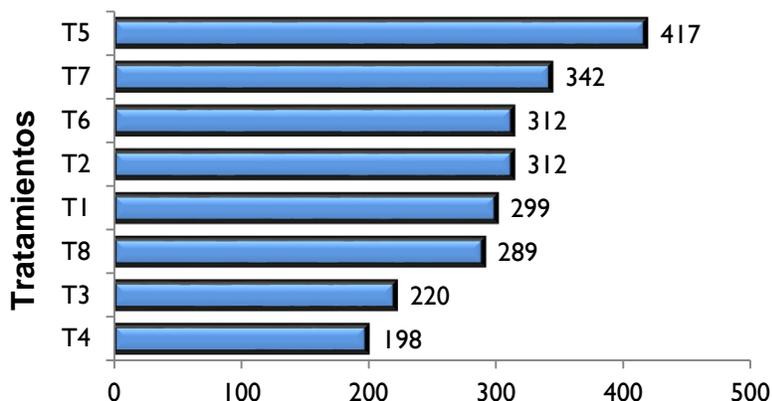


Grafico 20. Rentabilidad

De acuerdo al grafico 20, la rentabilidad del tratamiento 5 que pertenece a la variedad Calabrese, fue de 417%, esto se debe al manejo uniforme de la parcela en las labores culturales, a los factores como el riego efectivo que tubo y la aplicación del biofertilizante, pero más principalmente a la calidad de semilla empleada. Vemos también que los demás tratamientos tienen buena rentabilidad en su producción incluyendo al tratamiento 4 que fue el de menor porcentaje con un 198% de rentabilidad perteneciente a la variedad De Ccico.

4.4.8 Rentabilidad entre variedades

El comportamiento, de la rentabilidad entre las dos variedades al momento de cosecha, se puede apreciar en el grafico 21, notándose una diferencia de 83%, entre el tratamiento la variedad De Cicco y Calabrese respectivamente.

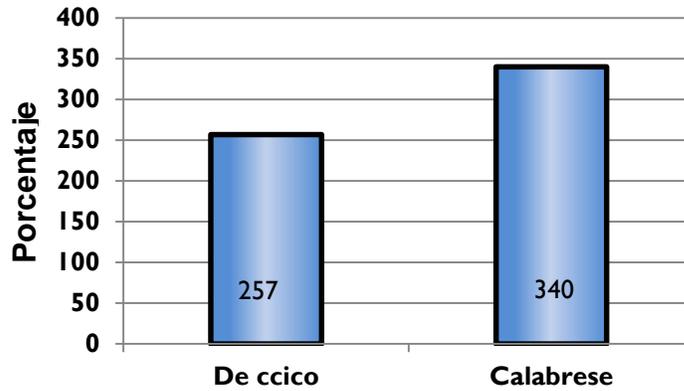


Grafico21. Rentabilidad entre variedades

Como se observa en el grafico 21, la rentabilidad que existe en las dos variedades son aceptables, la variedad De Cicco con 257% de rentabilidad, la variedad Calabrese con un 340% de rentabilidad, lo que nos demuestra que a pesar de que los rendimientos en cultivos orgánicos son más bajos frente a los cultivos tradicionales, aquí se demuestra que es igual o más rentable producir hortalizas orgánicas, debido principalmente al alto precio que tiene en el mercado, y además a la baja inversión que tiene, el tamaño pequeño de la pella de un cultivo ecológico tampoco es un inconveniente en su comercialización, ya que la calidad de este lo supera enormemente y no le afecta al precio.

En la investigación realizada por Callisaya (2000), sobre la aplicación de roca fosfórica en la variedad Pírate de brócoli, encontró un rendimiento promedio de 4630 kg/ha.

5. CONCLUSIONES

De acuerdo a los análisis de los resultados y discusión sobre las variables estudiadas referidas al efecto de las diferentes concentraciones de biol en el cultivo de brócoli, se enuncian las siguientes conclusiones.

El coeficiente de uniformidad hallado en el sistema de aplicación fue del 91,5% lo que influyo directamente en la relativa homogeneidad del crecimiento del cultivo especialmente en las primeras fases. De igual manera la eficiencia de aplicación (Ea) hallada fue del 91,5%, aceptable dentro de lo que es el sistema de riego por goteo, y que tuvo una decisiva influencia en la uniformidad de altura de tallo, diámetro de tallo y el numero de hojas y principalmente en el mayor aprovechamiento de agua para riego.

El coeficiente de variación (CV), entre los emisores del sistema de aplicación fue del 3%, porcentaje aceptable dentro de los rangos que son permitidos para la variación de emisión debido a la fabricación de estos accesorios. Esta baja variación influyo parcialmente a no tener grandes diferencias en el desarrollo y crecimiento de las plantas del cultivo, si bien hubo algunas plantas que se destacaron por tener mayor desarrollo y crecimiento, se les puede atribuir también a otros factores que les influenciaron como ser la genética de la semilla, la mayor absorción del fertilizante, la competencia de luz, etc.

Como la eficiencia de aplicación del sistema nos dio como resultado 91,5% tuvimos un muy buen manejo del agua, llegando a perder solamente el 8,5% por perdidas por percolación.

Según los datos hallados en esta investigación acerca del bulbo húmedo, llegando a una distancia de radio máxima de 20,6 cm, y una profundidad de 17,5 cm, se puede afirmar que la infiltración del agua tanto vertical y horizontal fue de mediano alcance, y no como se esperaba que tuviera especialmente en la profundidad, es claro que esto se debe a la mayor cantidad de presencia de arcilla y limo en el suelo que juntos suman el 52%.

Con respecto al comportamiento agronómico de las dos variedades brócoli frente al biol podemos concluir que en las cuatro primeras variables de respuesta (altura de planta, número de hojas, diámetro de tallo y diámetro e inflorescencia), no fueron afectadas en su rendimiento por el biol, ya que los análisis de ANVA para estos salieron no significativos (NS), asumimos que es por causa del potencial genético de las semillas, que a pesar de haber diferentes concentraciones de fertilizantes, tuvieron un comportamiento casi homogéneo. Mientras que el caso del peso de inflorescencia si tuvimos un resultado significativo, concluyendo que hubo efecto del biol en el rendimiento de la inflorescencia y que al final tiene mayor importancia económica para un agricultor.

Entre tanto para la variabilidad entre las diferentes concentraciones de biol en los 8 tratamientos, tampoco se halló valores estadísticos significativos, concluyendo que se debe al manejo uniforme de la parcela y correcto, además del riego constante y homogéneo entre todo el cultivo, y de la relativa homogeneidad en las variables climáticas en el lugar del ensayo. Pero si se obtuvo un resultado significativo (*), en el diámetro de tallo, esto quiere decir que el tratamiento 6, con una concentración del 50% de biol, perteneciente a la variedad Calabrese, tuvo un mejor aprovechamiento y mejor rendimiento en la parcela, y además como se observa en otras variables este tratamiento está entre las que mejor rindieron en la parcela.

Mientras que la variabilidad entre las concentraciones y las dos variedades, tuvieron efectos significativos en las variables de diámetro de tallo y diámetro de inflorescencia, asumimos que fue por causa de la buena absorción del biol y del manejo aceptable del cultivo a lo largo de todo el ciclo del cultivo. Para la altura de planta, número de hojas y peso de inflorescencia no hubo efecto alguno de las concentraciones, según se observa en los cuadros de análisis de varianza.

El biol como controlador de plagas o más específicamente como un repelente del pulgón del brócoli y contra la mosca blanca tuvo un efecto positivo desde el inicio de trasplante en el cultivo, en las dos primeras fechas de toma de datos no se encontró ni un solo insecto en el cultivo en ninguno de los bloques ni unidades

experimentales, recién en la tercera fecha de toma de datos se encontró seis moscas blancas en los tratamientos 7, 1 y 6 del bloque cuatro, y dos moscas blancas en el tratamiento 7 del bloque tres, y no se encontró presencia alguna de pulgones ni en los tallos, hojas y mucho menos en la inflorescencia del brócoli, se concluye que el biol porcino aplicado vía foliar en el cultivo de brócoli, es un efectivo repelente de las plagas del pulgón (*Aphididae*), y la mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*), llegando a un 99 % de efectividad en el control de estas plagas.

Considerando que el pulgón verde es uno de las plagas que más perjuicios económicos causa a los agricultores especialmente en el cultivo de hortalizas de hojas y flor tanto en cultivos protegidos y a la intemperie, los resultados obtenidos en este ensayo son muy importantes, y contribuyen parcialmente al conocimiento y control de estas plagas muy perjudiciales.

Como ya vimos en la parte de resultados, el tratamiento 5, perteneciente a la variedad Calabrese a un 25% del biofertilizante, fue el tratamiento que mejores resultados económicos tubo, con un rendimiento de 4392 kg/ha, además de tener mejor beneficio neto con 9424 bs/ha, un una relación de beneficio/costo de 5,17 bs, esto significa que por cada peso invertido se recuperara 4,17 bs, como se ve tiene un alto beneficio económico para el productor. El tratamiento 7 fue el segundo en tener mejores resultados económicos, perteneciente a la variedad Calabrese, a un 75% del biofertilizante, fue el segundo mejor rendimiento con 3760 kg/ha, un beneficio neto de 7743 bs/ha además de tener un beneficio/costo de 4,43 bs. En general la variedad Calabrese tuvo mejor desempeño en cuanto a desarrollo agronómico, a rendimiento de pella, mejor comportamiento con el biofertilizante foliar, pues obtuvo mejores rendimientos económicos en el ensayo, por tanto la variedad Calabrese rinde mucho mejor que la variedad De Ccico en cuanto se refiere a esta investigación.

6. RECOMENDACIONES

Sería recomendable en el aspecto del sistema de riego, probar la aplicación del biofertilizante líquido por medio del sistema de riego, también a distintas concentraciones, para ver el grado de asimilación por la planta y también si tiene o no el mismo efecto repelente contra plagas, que es uno de los aspectos que más importancia tendría para el agricultor además de las ya mencionadas anteriormente.

Realizar investigaciones sobre la aplicación de biofertilizantes orgánicos líquidos mediante el método de riego por aspersión, especialmente para cultivos de hoja, y de flor, que son los que más aprovecharían el fertilizante mediante este método.

Debido al efecto positivo que tuvo el biofertilizante en la variedad Calabrese al 50% del biol, sería importante realizar un estudio más profundo de este tratamiento con otras variedades de brócoli e incluir a otras variedades del cultivo de la familia de las Brassicaceae, por ejemplo el coliflor (*Brassica oleracea* var. *botrytis*), repollo (*Brassica oleracea* var. *viridis*), col de brúcelas (*Brassica oleracea* var. *Gemmifera*), etc., que tienen un precio aceptable en el mercado y que serían muy significativo económicamente para los productores de este cultivo.

También sería importante realizar investigaciones sobre cultivos asociados de brócoli y otras hortalizas de hoja o raíz para que la absorción de nutrientes del suelo sea equilibrado, aplicando también biofertilizantes líquidos, que como ya dijimos la absorción de nutrientes es más rápido vía foliar que los nutrientes tomados del suelo.

sería también recomendable ampliar esta investigación hacia otros cultivos que se ven seriamente afectados por estas plagas, como ser el cultivo de vainita (*Phaseolus vulgaris*), de tomate (*Lycopersicon esculentum*), de morrón (*Capsicum annum*), con la mosca blanca, lechuga (*Lactuca sativa*), coliflor (*Brassica oleracea* var. *botrytis*), y demás hortalizas, además sería muy importante realizar esta investigación en cultivos a la intemperie en las diferentes zonas productoras de nuestro departamento y país.

Otro aspecto que sería muy importante para investigar, sería evaluar el efecto de vióles realizados con estiércol fresco de distintos animales de granja como ser de ovino, camélido, bovino y de animales menores, para ver su capacidad repelente contra plagas importantes en hortalizas y cultivos anuales.

Como los mejores rendimientos agronómicos y económicos se obtuvieron de la variedad Calabrese, sería importante realizar un estudio de validación de estos resultados obtenidos, frente a la misma variedad y frente a otras variedades como ser la variedad Pírate, Banzai y la variedad Legaccy, que son las variedades que también tienen buenos resultados agronómicos y económicos en nuestro medio en ambientes protegidos, obviamente con las mismas condiciones de manejo, especialmente en la aplicación del fertilizante líquido foliar.

7. LITERATURA CITADA

ABCAGRO. El cultivo del brócoli, (s.f.). Chile. Consultado el 15 de marzo disponible en www.abcagro.com

AGUILAR, J. C. E, 2011. Apuntes de agricultura orgánica. Universidad autónoma de Chiapas- México D.F.

ALAVI E. (2013). Técnico Agrónomo del asilo “San Ramón” entrevista personal. La Paz-Bolivia.

AOPEB, 1998. Normas básicas para la agricultura ecológica en Bolivia. Quinta edición. La Paz – Bolivia. p. 10.

APARICIO, C. 2000. Purines orgánicos. Consultado el 20 de febrero. Disponible en <http://www.reddehuertas.org>

ARMAS, de R. ORTEGA, D. RODAS, R. 1988. Fisiología vegetal. Editorial Pueblo/Educación, La Habana-Cuba, pp. 118, 128, 131, 134.

BONAR, A. s.f. como cultivar hortalizas. Editorial Blúmer. Barcelona-España. p. 28.

BURT, T. 2000. Riego por Goteo y Micro aspersion para Árboles, Vides y Cultivos Anuales. Consultado el 25 agosto 2007. Disponible en: <http://www.itrc.org/riego/riego.htm>

C.E.D.E.C.O., 2005. Preparación y uso de abonos orgánicos y sólidos. San José-Costa Rica disponible en www.cedeco.or.cr

CALA, O. 2004. Efecto de distintas fuentes de materia orgánica con policultivos en tomate (*licopersicum esculentum*). Tesis de grado. U.M.S.A. Fac. De Agronomía. La Paz-Bolivia.

CALZADA B. J., 1970. Métodos estadísticos para la investigación. 3ª Edición. Editorial Jurídica S.A. Lima, Perú. 643p.

CHILON, E. 1986. Edafología: practicas de campo y laboratorio. Publicaciones Phawañani. Serie guías de laboratorio. La Paz–Bolivia. p. 39 – 43.

DAKER, A. 1984. Irrigación drenaje y agua en la agricultura. Bastos S. A. rio de Janeiro-Brasil. 543 P.

DURAN, R. F., 2009. Abonos Lombricultura y compostaje. Editorial grupo latino editores. Bogotá-Colombia. 8-20 p.

FABIANI, M. E. 2003. Comparación de los métodos de riego por goteo y tradicional en el cultivo de lechuga (*lactuca sativa*). Tesis de grado. U.M.S.A. Fac. De Agronomía. La Paz-Bolivia.

FAO, 2005. Uso del agua agrícola. 26 agosto 2007. Disponible en: <http://www.fao.org/ag/esp/revista/0511sp2.htm>

FAO, 2006. Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de requerimientos de agua de los cultivos. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep>

FAO., 1980. La horticultura comercial. Editorial Francesa. Roma Italia. 15 p.

FERSITI, A. 1979. Horticultura practica. Segunda Edición. Editorial Diana. México D.F. 279 p.

FUENTES, L. 1983. Los abonos el libro del alumno. Dirección general de investigación y capacitación agraria. Madrid-España. 105 P.

FUENTES, Y. J. 1998. Curso de riego para regantes. Editorial Mundi-Prensa. Madrid-España., 159 p.

GIL, J., KHAN L., Y HERNÁNDEZ, R. 2002. Evaluación del comportamiento hidráulico de varios emisores importados para riego por goteo. Universidad Del Oriente. México D.F. pp. 64 – 72.

GUTIERREZ, C. Z. F. 2005. Cultivares de brócoli (*brassica oleracea* var. *itálica*). Tesis de grado. U.M.S.A. Fac. De Agronomía. La Paz-Bolivia. pp. 25, 40, 45, 54.

HARTMANN, L. F. 1990. Invernaderos y ambientes atemperados. Editorial Offset Bolivian Ltda. EDOBOL. La Paz-Bolivia. 30 p.

HOGARES JUVENILES CAMPESINOS, 2010. Manual de Agricultura Alternativa. Editorial Lexus. Bogotá-Colombia. 31 p.

I.B.T.E.N. 2003. Análisis físico químico de abonos orgánicos líquidos. Centro de investigaciones nucleares, división química. Ministerio de desarrollo sostenible y planificación. La Paz-Bolivia.

LAURA, E. P. Y MCSORLEY, R., 2000. Principios Ecológicos en Agricultura. Editorial Graficas Rogar, Madrid-España, pp. 314-315.

LUQUE, Q. R. M. 2004. Evaluación de los métodos de riego por goteo y microaspersión en espinaca (*espinaca oleracea*), y lechuga suiza (*valeriana lacusta*), en walipini. Tesis de grado. U.M.S.A. Fac. De Agronomía. La Paz-Bolivia.

MAMANI, R. V. P. 2014. Evaluación de tres densidades de siembra en dos variedades de brócoli (*brassica oleracea*) en ambiente atemperado en el centro experimental de cota cota. Tesis de grado. U.M.S.A. Fac. De Agronomía. La Paz-Bolivia.

MARTI, J. (2007), diseño de biodigestores, La Paz-Bolivia, pp. 35.

MARTINEZ, O. S. T. 2006. Evaluación del abono líquido en el manejo ecológico del cultivo de brócoli (*brassica oleracea* var. *itálica*). Tesis de grado. U.M.S.A. Fac. De Agronomía. La Paz-Bolivia. pp 60-68.

MEDRANO, V. R. R. 2006. Influencia de la frecuencia de riego por goteo en la calidad de producción del clavel (*Dianthus cariophyllus*), comercial bajo carpa solar. Tesis de grado. U.M.S.A. Fac. De Agronomía. La Paz-Bolivia.

MENDOZA, L. J. 1999. Densidad de plantación y abonamiento orgánico en brócoli (*brassica oleracea* var. *Itálica*), bajo carpa solar. Tesis de grado. U.M.S.A. Fac. De Agronomía. La Paz-Bolivia.

MOYA, T. J. A. 1994. Riego localizado y fertirrigacion. Editorial Mundi-Prensa. Madrid-España, 214 P.

OSPINA, M. 1995. Enciclopedia Agropecuaria Terranova. Editorial Terranova limitada. Bogotá-Colombia. pp. 306-307.

PASCUALI, J. OCHOA, R. QUINO, E. MIRANDA, R. RUIZ, P. PAYE, R. 2007. Edafología, fertilidad de suelos, fertirrigacion, hidroponía, y fertilización foliar en la investigación agronómica. Apuntes de cátedra. U.M.S.A. fac. De agronomía.

PORCO, CH. Y TERRAZAS H., 2009. Horticultura Aplicaciones Prácticas. Biblioteca facultad de agronomía., La Paz-Bolivia. 8 p.

PROYECTO DE AUTOGESTION DEL AGUA EN LA GRICULTURA. 2005. Cursos de riego para agricultores. Editorial Artes Graficas Palermo S.L. palermo-España.7 P.

RODRIGUEZ, F. 1989. Fertilizantes y nutrición vegetal. De A.G.T. editor S.A. México D.F. pp. 123-125.

RODRIGUEZ, S. F. 1987. Riego por goteo. Editorial A.G.T. S.A. Distrito Federal, México. 71 p.

RONEN, E. 2010. Fertilización foliar: otra forma exitosa de nutrir las plantas. Consultado el 15 de febrero del 2014. Disponible en <http://www.fertilizando.com/articulos/fertilizacion>

ROZALES, C. E. D. 2004. Fertirrigacion y láminas de riego en cultivo de cebolla bajo riego por goteo. Tesis de grado. U.M.S.A. Fac. De Agronomía. La Paz-Bolivia.

SÁNCHEZ, R. C. 2003. Abonos Orgánicos Lombricultura. Editorial Ripalme. Lima-Perú. 58 p.

SÁNCHEZ, R. C. 2004. Cultivo y Comercialización de Hortalizas. Editorial Ripalme. Lima-Perú. 135 p.

SEMTA, 1992. Construcción de invernaderos pozos y estanques. Editorial talleres gráficos HISTOL. La Paz-Bolivia. 11 p.

SERRANO, C. G. s.f. Ingeniería del Riego y Drenaje. La Paz-Bolivia. 171 p.

SILGUY DE, C.1994. La agricultura biológica. Técnicas eficaces y no contaminantes. Editorial Acribia S. A. Zaragoza-España. pp. 2-26.

SOBRINO I. E, y SOBRINO V. F. 1989. Tratado horticultura herbácea. Editorial Aedos. Barcelona-España. 44-45 p.

SUASACA, B. A., CCAMAPAZA B. C., HUANACUNI J. T. 2009. Producción manejo de abonos orgánicos. Puno- Perú. Disponible en www.agropuno.gob.pe

SUQUILANDA, M. 1996. Fertilidad orgánica. Editorial tecnioffset. C. Quito-Ecuador. 79 p.

TOLEDO, Y. R. J. 2006. Evaluación agronómica en variedades de brócoli (brassica oleracea var. Itálica), bajo abonos orgánicos y densidades de siembra. Tesis de grado. U.M.S.A. Fac. De Agronomía. La Paz-Bolivia. pp. 52- 55.

TROBISCH, SCHILLING. 1970. Aplicación de la fertilización foliar. Consultado el 15 de febrero de 2014. Disponible en <http://www.fertilizando.com/articulos/fertilizacion>

VALADEZ, J. 1998. Producción de hortalizas. Editorial Limusa S.A. Octava edición. México D.F. pp. 47-48.

VERA, O. L. A. 2004. Comportamiento agronómico de 4 variedades de cebolla (allium cepa l.), en dos distanciamientos de plantación, bajo riego por goteo. Tesis de grado. U.M.S.A. Fac. De Agronomía. La Paz-Bolivia.

VERMEIREN L., JOBLING G. A. 1986. Riego localizado. Roma-Italia. 1-13. P.

ANEXOS

Anexo 1. Datos de temperaturas máximas °C promedio de 2004 a 2012 en la zona de estudio

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2004	19,8	20,6	23,3	24,3	24,5	19,9	19,1	19,9	21,3	23,2	23,4	****
2005	20,5	20,3	22,8	21,4	22,2	20,1	20,4	21,1	20,3	21,2	22,2	22,5
2006	19,3	21,5	21,2	20,6	20,1	19,6	20,3	20,5	21,4	23,2	22,6	22,0
2007	22,4	21,6	21,4	21,5	21,6	20,7	19,5	22,4	20,1	22,5	23,1	21,9
2008	20,4	20,7	20,9	21,0	21,5	21,0	21,2	22,2	22,4	22,3	24,1	22,4
2009	21,6	22,0	21,0	21,4	20,9	21,0	19,5	21,9	21,9	22,3	22,3	20,9
010	21,0	20,6	21,3	22,4	21,1	21,6	21,4	22,4	22,0	21,8	23,4	22,4
2011	21,9	19,4	19,9	21,3	20,7	20,8	20,1	20,9	20,5	22,1	23,2	21,5
2012	20,3	19,4	20,2	19,8	21,4	19,9	19,5	20,7	22,8	23,4	23,3	22,0
MEDIA	20,8	20,7	21,3	21,5	21,6	20,5	20,1	21,3	21,4	22,4	23,1	21,9

Anexo 2. Datos de temperaturas mínimas °C promedio de 2004 a 2012 en la zona de estudio

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2004	9,1	8,7	8,5	7,8	3,6	2,0	2,2	3,1	5,6	7,2	7,4	****	****
2005	9,2	8,9	9,0	7,1	3,7	1,9	2,3	3,2	5,1	7,4	7,9	8,9	6,2
2006	8,5	8,4	8,9	7,1	2,6	2,7	1,3	3,8	4,7	7,1	8,1	8,6	6,0
2007	8,0	6,3	5,8	6,0	4,8	4,0	2,5	3,1	4,2	6,5	7,6	7,3	5,5
2008	7,3	7,6	7,9	7,2	5,8	4,1	2,8	4,3	6,0	7,1	8,2	7,3	6,3
2009	8,1	8,3	8,4	7,9	5,9	3,6	3,4	4,4	4,4	6,4	8,6	7,7	6,4
2010	7,8	8,1	8,3	8,2	4,6	3,5	3,8	4,8	6,4	7,2	8,2	8,4	6,6
2011	8,4	7,5	8,0	7,7	5,2	4,3	4,0	4,8	5,1	6,5	7,0	7,6	6,3
2012	7,5	6,8	7,3	7,1	5,4	3,3	3,3	3,8	5,5	7,0	6,9	6,6	5,9
SUMA	73,9	70,6	72,1	66,1	41,6	29,4	25,6	35,3	47,0	62,4	69,9	62,4	49,2
MEDIA	8,2	7,8	8,0	7,3	4,6	3,3	2,8	3,9	5,2	6,9	7,8	7,8	6,2

Anexo 3. Datos de temperaturas medias °C de 2004 a 2012 en la zona de estudio

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2004	14,4	14,6	15,9	16,0	14,0	10,9	10,6	11,5	13,4	15,1	15,4	****
2005	14,9	14,6	15,9	14,2	13,0	11,0	11,3	12,2	12,7	14,3	15,0	15,7
2006	13,9	15,0	15,1	13,9	11,4	11,1	10,8	12,2	13,0	15,2	15,4	15,3
2007	15,2	13,9	13,6	13,7	13,2	12,4	11,0	12,7	12,2	14,5	15,3	14,6
2008	13,9	14,2	14,4	14,1	13,7	12,6	12,0	13,2	14,2	14,7	16,2	14,9
2009	14,8	15,2	14,7	14,7	13,4	12,3	11,5	13,2	13,1	14,4	15,4	14,3
2010	14,4	14,3	14,8	15,3	12,8	12,6	12,6	13,6	14,2	14,5	15,8	15,4
2011	15,1	13,4	13,9	14,5	13,0	12,5	12,0	12,8	12,8	14,3	15,1	14,6
2012	13,9	13,1	13,8	13,5	13,4	11,6	11,4	12,3	14,2	15,2	15,1	14,3
MEDIA	14,5	14,3	14,7	14,4	13,1	11,9	11,5	12,6	13,3	14,7	15,4	14,9

Anexo 4. Datos de precipitación pluvial en mm de 2001 a 2012 en la zona de estudio

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2001	166,5	93,5	66,0	29,7	18,5	5,2	9,6	31,0	14,8	61,0	13,1	87,6
2002	79,6	104,0	109,4	29,7	13,6	9,7	37,5	9,2	37,0	95,2	37,5	70,9
2003	137,0	123,6	85,6	16,6	5,8	0,6	2,3	7,6	27,6	28,9	23,2	100,1
2004	211,8	69,4	49,6	8,7	6,0	5,3	15,3	13,3	26,2	18,3	77,9	68,5
2005	109,5	59,9	29,6	22,3	0,0	0,0	1,0	0,0	46,5	76,4	76,2	52,8
2006	173,6	89,6	69,7	18,0	2,0	0,0	0,0	17,0	13,2	34,1	77,3	122,0
2007	123,9	98,4	93,7	61,8	12,2	0,0	28,0	0,1	43,4	21,1	38,7	140,1
2008	211,5	66,4	37,7	3,4	12,6	9,8	5,7	4,5	10,6	35,0	20,8	118,2
2009	88,2	115,3	37,6	20,5	3,6	0,0	9,9	3,6	27,2	36,8	60,8	110,4
2010	194,2	190,6	66,6	21,4	58,0	0,0	19,6	4,8	5,1	39,6	4,3	53,5
2011	51,1	128,9	55,7	0,3	10,5	0,0	12,8	0,0	24,3	35,0	13,4	81,7
2012	83,5	132,5	50,9	43,6	1,7	18,1	5,7	1,2	1,0	24,6	66,6	80,6
MEDIA	136,9	95,8	62,5	23,7	10,3	4,7	10,5	8,8	19,8	43,1	39,9	86,6

Anexo 5. Costos de producción del brócoli

DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO BS.	COSTO PARCIAL BS.
1. ALMACIGADO				
Cajones de almacigado	unidad	2	5	10
Semilla var. d./c.	onza	1	60	60
Mano de obra	horas	4	8	32
Seguimiento y control	horas	6	8	48
2. TRASPLANTE				
Preparación terreno	jornal	2	40	80
Instalación cintas goteo	jornal	1	40	40
Mano de obra trasplante	jornal	1	40	40
3. FERTILIZACION				
biol	litros	40		137
4. LABORES CULTURALES				
Refalle	jornal	1	40	40
Raleo	jornal	1	40	40
Deshierbe	jornal	4	40	160
Escarda	jornal	3	40	120
Aplicación fertilizante org.	jornal	5	40	125
5. EQUIPO DE CAMPO				
Mochila aspersora 20l	horas	15	5	75
Chontillas	pieza	2	20	40
Bidones	pieza	2	10	20
6. COSECHA				
corte	jornal	1	40	40
embolsado	jornal	1	20	20
7. COSTO SISTEMA DE RIEGO				917
8. COSTO CARPA SOLAR				708
TOTAL COSTO PRODUCCION				2258

Anexo 6. Costos de producción del biol

DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIDAD BS.	COSTO PARCIAL BS.
INSUMOS				
Alfalfa	amarro	5	3	15
Viseras de pescado	gramos	-	-	-
Levadura cerveza	gramos	-	-	-
Estiércol porcino	kilos	-	-	-
Agua de pozo	litros	-	-	-
MATERIAL DE PREPARACION				
Turril (50 L.)	pieza	1	60	60
Manguera	metros	1	4	4

Silicona	pieza	5	2	10
Vela	pieza	1	4	4
Plástico	metro	3	10	30
Liga	metro	4	2	8
Scoch	Unidad	1	6	6
TOTAL COSTO PRODUCCION				137

Anexo 7. Costos de instalación del sistema de riego

DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIDAD BS.	COSTO PARCIAL BS.
Llaves de paso	pieza	1	30	30
Poli tubo	Metro	50	6	300
Acoples codo	Unid.	6	8	48
Acoples en te	Unid.	1	12	12
Cintas de goteo	metro	320	2	640
Tarrajas	Pieza	1	75	75
Palanca de control	Pieza	1	35	35
Cables	Metro	8	4	32
Termometro	pieza	1	120	120
Tapones	pieza	2	4	8
Goma conector	pieza	22	5	110
Bomba de agua 2 Hp electric	pieza	1	2500	2100
MANO DEOBRA				
Técnico	Jornal	1	70	70
Obreros	Jornal	2	45	90
Sub total				4170
vida útil	años			4
Costo anual	bs			917

Anexo 8. Calculo del sistema de riego por goteo

DISEÑO DE RIEGO POR GOTEO	
Sistema:	fijo
cultivo: brócoli	
Fecha de trasplante	9 de julio
Distancia entre plantas (m)	0,40 m
Distancia entre hileras (m)	0,60 m
Profundidad radicular efectiva	0,4 m
Área:	
14,4 * 16.6 (m)	239 m ²

Emisor	
Emisores integrales de polietileno	
Diámetro de cinta de goteo	0,025 m
Distancia entre emisores	0,20 m
Distancia entre laterales	0,60 m
Caudal por emisor q_e	1 L/h
Presión de servicio	10 Hs (mca)
Longitud cinta de goteo	16,4 m
Suelo	
Suelo: franco arcilloso arenoso	
Profundidad radicular de cultivo	350 mm
Eficiencia de aplicación (E_a)	90 %
Factor de agotamiento	0,6
Humedad a cc	0,36
Humedad a pmp	0,18
D.aparente	1,35 g/cm ³
Evapotranspiración	
Kc julio	0,61
Kc agosto	1,01
Kc septiembre	0,90
Evapotrans. Máxima de cultivo	3,77 mm/día/m ²
Diseño agronómico	
Lamina neta $Z_n = (H_{cc} - H_{pmp}) * prof * f * (d_{ap} / d_r)$	58,32 mm/día/m ²
Lamina bruta $Z_b = Z_n / E_a$	64,8 mm/día/m ²
Frec. Riego $F_r = Z_n / E_{tc}$	15,4 días
La característica del riego por goteo es la operación a bajas frecuencias menor a 3 días, por tanto asumiremos para nuestro trabajo 2 días de intervalo.	
Lamina neta reducida $Z_{nc} = F_r * E_{tc}$	7,55 mm/día/m ²
Lamina bruta reducida $z_{bc} = Z_{nc} / E_a$	8,39 mm/día/m ²
Área por planta dist pls.=0,4m dist hileras=0,6 m	0,24 m
Volumen por planta $Vol = A * Z_{bc}$	2,01 lit.
Tiempo de riego $Tr = Vol * (n * q_e)$	1,0073 hrs.=64,43 min
Número de unidades operacionales	1
Numero de cintas de goteo por unidad operacional	20
Numero de emisores por cinta de goteo	80
Caudal unitario $Q_u = (A * Z_{bc}) / Tr$	23,147 Lit. seg/ ha
Caudal modular $Q_m = (A * Z_{bc}) / Tr$	0,553 Lit. seg/ 239m ²

Anexo 9. Toma de datos de las variables agronómicas y de las variables para el biol

1ra TOMA DE DATOS 24 DE JULIO

Altura de planta						numero de hojas					
VARIEDAD		BLOQUES				VARIEDAD		BLOQUES			
		I	II	III	IV			I	II	III	IV
deccico	b1	8,3	4,5	8,6	8,3	deccico	b1	5,5	4	5,5	6,75
	b2	7,5	6,9	9,1	8,6		b2	6	6	5	5
	b3	6,6	5,5	7,8	8,8		b3	6	4	5,75	6,75
	b4 tes	6,5	4,4	8,2	9,2		b4 tes	4	3	6	4,5
calabre	b1	8,1	5,2	7,1	9,1	calabrece	b1	5,5	5,5	4,5	7,5
	b2	7,5	5,1	7,1	8		b2	6,5	2,7	7	6
	b3	7,5	6,5	7,5	8		b3	6	8	5	5
	b4 tes	8,1	4,3	8,5	7,9		b4 tes	6	5	4,5	7,5

Diámetro de tallo						numero de pulgones					
VARIEDAD		BLOQUES				VARIEDAD		BLOQUES			
		I	II	III	IV			I	II	III	IV
deccico	b1	0,3	0,3	0,3	0,3	deccico	b1	0	0	0	0
	b2	0,4	0,4	0,3	0,3		b2	0	0	0	0
	b3	0,3	0,3	0,3	0,4		b3	0	0	0	0
	b4 tes	0,4	0,4	0,4	0,3		b4 tes	0	0	0	0
calabre	b1	0,4	0,4	0,4	0,3	calabrece	b1	0	0	0	0
	b2	0,3	0,3	0,3	0,3		b2	0	0	0	0
	b3	0,4	0,3	0,3	0,3		b3	0	0	0	0
	b4 tes	0,4	0,3	0,3	0,2		b4 tes	0	0	0	0

2ra TOMA DE DATOS 8 DE AGOSTO

Altura de planta						numero de hojas					
VARIEDAD		BLOQUES				VARIEDAD		BLOQUES			
		I	II	III	IV			I	II	III	IV
deccico	b1	13,3	12,1	17,6	16,5	deccico	b1	9	10,5	6,5	10
	b2	15,9	12,2	17,3	17,6		b2	9	9,5	9,5	10
	b3	14,9	11,5	16	16,4		b3	8,5	8,5	9,5	7,5
	b4 tes	14,3	10,9	16	15		b4 tes	12	9,5	9,5	9,5
calabre	b1	15	10,5	17,5	17,7	calabre	b1	8,5	10,5	10,5	9
	b2	15,1	11,4	16,7	17,8		b2	8	9	8	8,5
	b3	14,1	12,1	17,2	17,5		b3	10	9,5	9	9
	b4 tes	14,5	11,8	16,6	16,8		b4 tes	9,5	9	9	9

Diámetro de tallo						numero de pulgones					
VARIEDAD		BLOQUES				VARIEDAD		BLOQUES			
		I	II	III	IV			I	II	III	IV
deccico	b1	0,6	0,6	0,5	0,4	deccico	b1	0	0	0	0
	b2	0,6	0,6	0,6	0,6		b2	0	0	0	0
	b3	0,7	0,7	0,6	0,4		b3	0	0	0	0
	b4 tes	0,6	0,8	0,5	0,5		b4 tes	0	0	0	0
calabre	b1	0,8	0,6	0,6	0,5	calabre	b1	0	0	0	0
	b2	0,8	0,6	0,6	0,5		b2	0	0	0	0
	b3	0,6	0,8	0,5	0,6		b3	0	0	0	0
	b4 tes	0,7	0,8	0,7	0,6		b4 tes	0	0	0	0

3ra TOMA DE DATOS 22 DE AGOSTO

Altura de planta						numero de hojas					
VARIEDAD		BLOQUES				VARIEDAD		BLOQUES			
		I	II	III	IV			I	II	III	IV
deccico	b1	21,5	18,6	25,8	23,6	deccico	b1	11,5	14,5	10,5	13,5
	b2	22,4	19,7	27,9	23,6		b2	12,5	16,5	14	13,5
	b3	21,7	17,4	26,4	23,7		b3	13	15,5	12,5	9,5
	tes	20,8	17,2	26,7	21,1		b4 tes	12,75	12,5	12	12,5
calabre	b1	21,6	16,9	25,8	24,6	calabre	b1	13	15	13,8	13
	b2	20,5	18,8	27,8	23		b2	10,5	12,5	11,5	11
	b3	19	19,5	27,6	21,7		b3	13	14,5	11,5	11,5
	tes	19,1	19,6	26,1	20,1		b4 tes	13	12,5	13,5	14,5

Diámetro de tallo						numero mosca blanca					
VARIEDAD		BLOQUES				VARIEDAD		BLOQUES			
		I	II	III	IV			I	II	III	IV
V1 deccico	b1	1,0	1,1	0,9	0,9	V1 deccico	b1	0	0	0	0
	b2	1,2	1,1	1,2	1,4		b2	0	0	0	0
	b3	1,0	0,9	1,2	1,0		b3	0	0	2	0
	b4 tes	0,9	1,2	0,9	0,8		b4 tes	0	0	0	0
V2 calabre	b1	1,2	1,3	0,9	0,9	V2 calabre	b1	0	0	0	3
	b2	0,9	1,1	1,1	1,0		b2	0	0	0	2
	b3	1,0	1,2	1,0	1,1		b3	0	0	0	0
	b4 tes	1,1	0,9	1,2	0,9		b4 tes	0	0	0	0

4ra TOMA DE DATOS 7 DE SEPTIEMBRE

Altura de planta						numero de hojas					
VARIEDAD		BLOQUES				VARIEDAD		BLOQUES			
		I	II	III	IV			I	II	III	IV
deccico	b1	27,9	25	35,7	31	deccico	b1	19,5	22,5	20,8	9
	b2	29,5	25,1	35,7	32,9		b2	17,5	28	21,5	10,5
	b3	29,6	25	33,1	32,7		b3	17,5	21,8	12,8	16
	b4 tes	29,9	25,8	29,7	32,7		b4 tes	10,8	18,5	20,8	15
calabre	b1	35,9	40,2	34,1	32,8	calabre	b1	16	18,8	23,5	17
	b2	28,5	24	32,9	29,6		b2	18,5	18,5	20	15,75
	b3	26,7	26	34	30,8		b3	16	16	15	14,75
	b4 tes	27,5	24,8	35,8	32,1		b4 tes	21	17,8	17,8	14,75

Diámetro de tallo						numero de pulgones					
VARIEDAD		BLOQUES				VARIEDAD		BLOQUES			
		I	II	III	IV			I	II	III	IV
V1 deccico	b1	1,6	1,5	1,6	1,4	V1 deccico	b1	0	0	0	0
	b2	1,6	1,5	1,4	2,1		b2	0	0	0	0
	b3	1,6	1,5	1,5	1,5		b3	0	0	0	0
	b4 tes	1,8	1,6	1,4	1,5		b4 tes	0	0	0	0
V2 calabre	b1	1,6	1,5	1,6	1,4	V2 calabre	b1	0	0	0	0
	b2	1,8	1,7	1,5	1,6		b2	0	0	0	0
	b3	1,6	1,6	1,4	1,6		b3	0	0	0	0
	b4 tes	1,9	1,5	1,5	1,6		b4 tes	0	0	0	0

5ra TOMA DE DATOS 23 DE SEPTIEMBRE

Altura de planta						numero de hojas					
VARIEDAD		BLOQUES				VARIEDAD		BLOQUES			
		I	II	III	IV			I	II	III	IV
deccico	b1	34,3	33,6	48,7	42,6	deccico	b1	24,6	26,5	25	20,5
	b2	35,9	37,7	51,3	43,9		b2	25	27	25	21,5
	b3	35,5	35,6	42,8	41,8		b3	25	25,8	26	20
	b4 tes	32,6	33,9	41,9	43,7		b4 tes	26,5	27	25,5	20,5
calabre	b1	46,7	49,7	43,5	43,9	calabre	b1	20	28,5	25	19,75
	b2	35,9	33,8	45,7	39,9		b2	21	28,5	24,5	21,5
	b3	35,8	37,7	51,5	42,4		b3	19	27	24,8	22,5
	b4 tes	34,7	39	43,2	43,9		b4 tes	24,5	25,5	25,5	21,5

Diámetro de tallo **numero de pulgones**

Diámetro de tallo						numero de pulgones					
VARIEDAD		BLOQUES				VARIEDAD		BLOQUES			
		I	II	III	IV			I	II	III	IV
deccico	b1	2,4	2,3	2,2	1,8	deccico	b1	0	0	0	0
	b2	2,5	2,3	2,1	1,9		b2	0	0	0	0
	b3	2,6	2,5	2,3	1,9		b3	0	0	0	0
	b4 tes	2,7	2,3	2,1	1,8		b4 tes	0	0	0	0
calabre	b1	2,7	2,4	2,0	2,0	calabre	b1	0	0	0	0
	b2	2,6	2,1	2,0	2,6		b2	0	0	0	0
	b3	2,7	2,1	2,1	2,0		b3	0	0	0	0
	b4 tes	2,5	2,6	2,3	1,8		b4 tes	0	0	0	0

6ra TOMA DE DATOS COSECHA 13 DE OCTUBRE

Altura de planta						numero de hojas					
VARIEDAD		BLOQUES				VARIEDAD		BLOQUES			
		I	II	III	IV			I	II	III	IV
deccico	b1	42,3	43,9	54,8	50,9	deccico	b1	28	27	27	23,6
	b2	44,5	45,9	54,5	55,8		b2	27	28	27	24,5
	b3	41,8	46,1	56,2	53,1		b3	27,5	28,5	28,5	23
	tes	42,9	44,9	52,9	52,7		b4 tes	28,5	29	27	25,7
calabre	b1	53,9	56,8	52,8	51,8	calabre	b1	28	31,5	27,5	24,25
	b2	46,3	43,9	53,9	50,5		b2	25,3	30,5	28,5	25,5
	b3	43,8	44,6	54,2	49,9		b3	27,7	28	25,7	23
	b4 tes	40,7	44,5	53,9	52,1		b4 tes	26,8	29,5	27	24

Diámetro de tallo **numero de pulgones**

Diámetro de tallo						numero de pulgones					
VARIEDAD		BLOQUES				VARIEDAD		BLOQUES			
		I	II	III	IV			I	II	III	IV
deccico	b1	3,1	3,1	3,1	2,4	deccico	b1	0	0	0	0
	b2	3,2	3,2	3,5	2,2		b2	0	0	0	0
	b3	3,6	3,3	2,9	2,5		b3	0	0	0	0
	b4 tes	3,5	3,1	2,9	2,4		b4 tes	0	0	0	0
calabre	b1	3,4	2,9	2,6	2,7	calabre	b1	0	0	0	0
	b2	3,6	2,9	3,5	3,2		b2	0	0	0	0
	b3	3,8	2,5	3,1	2,5		b3	0	0	0	0
	b4 tes	3,9	3,5	3	2,4		b4 tes	0	0	0	0

Diámetro de inflorescencia**peso de inflorescencia**

VARIEDAD		BLOQUES				VARIEDAD		BLOQUES			
		I	II	III	IV			I	II	III	IV
deccico	b1	12,4	9,7	12,3	13	deccico	b1	59,6	42,4	135	115,8
	b2	12,5	11,3	12,5	12,5		b2	80,4	68,5	131	85,5
	b3	13,4	9,5	15,4	12,7		b3	75	40,2	88,9	79,2
	testi	11,9	11	13,9	11,4		B4 tes	48,9	68,8	65,9	80,6
calabre	b1	13,7	12,6	16,7	13,9	calabre	b1	79,5	65,9	211	102,4
	b2	13,1	12,5	13,2	9,8		b2	68,2	101	97,2	98,7
	b3	12,2	10	14,2	11,2		b3	88,5	92,5	126	85,5
	testi	12,2	10,4	13,5	10,7		B4 tes	90,5	67,4	104	82,6

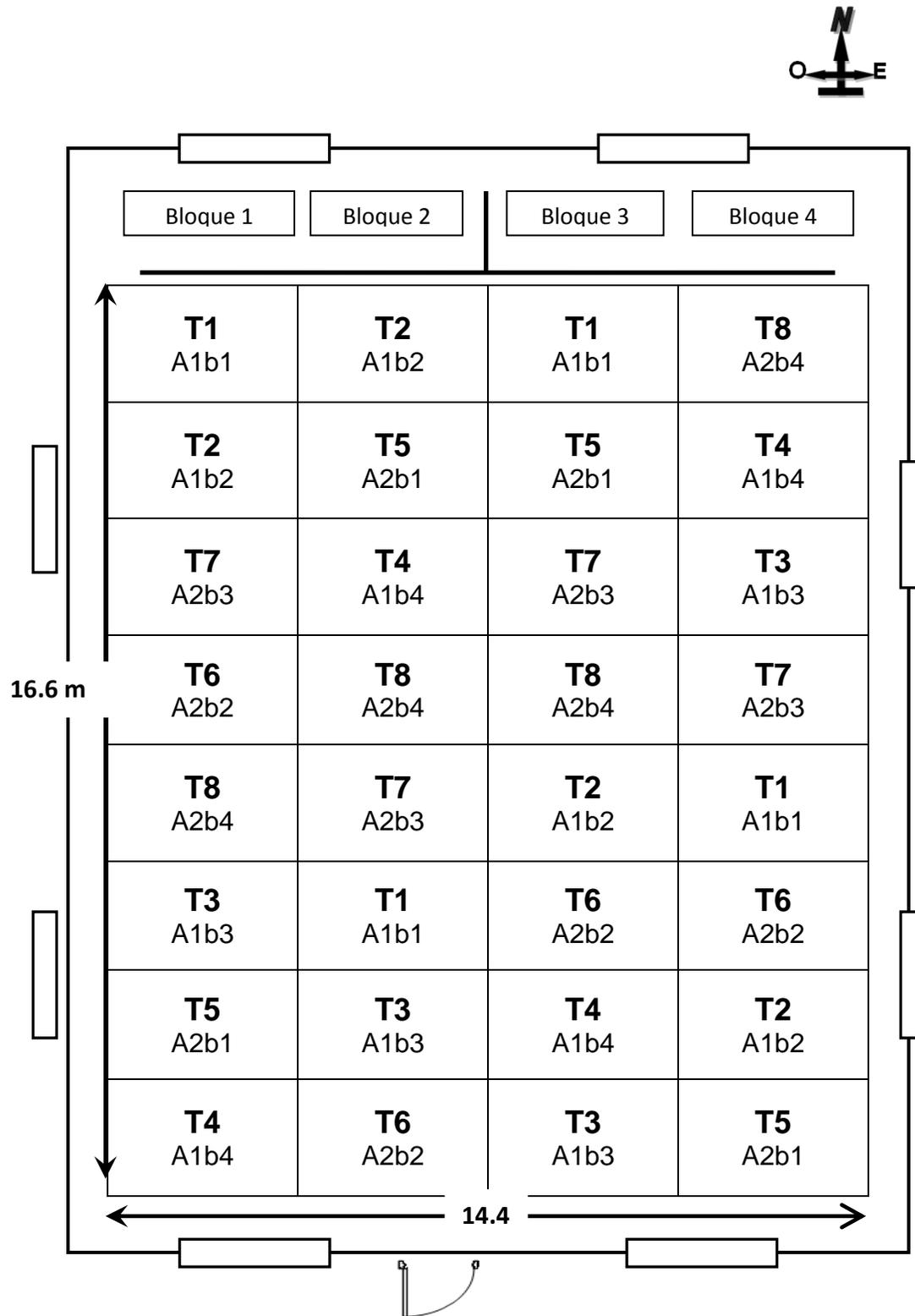
Numero de mosca blanca

VARIEDAD		BLOQUES			
		I	II	III	IV
deccico	b1	0	0	0	0
	b2	0	0	0	0
	b3	0	0	0	0
	b4 tes	0	0	0	0
calabrece	b1	0	0	0	0
	b2	0	0	0	0
	b3	0	0	0	0
	b4 tes	0	0	0	0

Anexo 10. Toma de datos para la evaluación del sistema de riego

Nº EMISOR	Q ML/HORA	Q/LIT	TI/HORA	Q L/HORA
1	32	0,032	0,03333333	0,96
2	32,5	0,0325	0,03333333	0,975
3	32	0,032	0,03333333	0,96
4	31	0,031	0,03333333	0,93
5	32,5	0,0325	0,03333333	0,975
6	29,5	0,0295	0,03333333	0,885
7	32	0,032	0,03333333	0,96
8	32,1	0,0321	0,03333333	0,963
9	32,1	0,0321	0,03333333	0,963
10	31,5	0,0315	0,03333333	0,945
11	32,2	0,0322	0,03333333	0,966
12	32,5	0,0325	0,03333333	0,975
13	30	0,03	0,03333333	0,9
14	30	0,03	0,03333333	0,9
15	30	0,03	0,03333333	0,9
16	30	0,03	0,03333333	0,9

Anexo 11. Croquis de la distribución de los tratamientos en la parcela



Anexo 12. Análisis físico químico de suelos



MINISTERIO DE EDUCACION

INSTITUTO BOLIVIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA NUCLEAR
CENTRO DE INVESTIGACIONES Y APLICACIONES NUCLEARES
UNIDAD DE ANÁLISIS Y CALIDAD AMBIENTAL

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE SUELOS

INTERESADO : **ALFREDO COPARI YUJRA**
PROCEDENCIA : **Departamento LA PAZ,**
Provincia MURILLO,
ACHUMANI - ASILO SAN RAMÓN

NO SOLICITUD: **085/2013**
FECHA DE RECEPCION : **04 / Mayo / 2013**
FECHA DE ENTREGA : **27 / Mayo / 2013**

DESCRIPCIÓN : **MUESTRA DE SUELO - Asilo San Ramón**

Nº Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método	
161-01 /2013	T E X T U R A	ARENA	48	%	Hidrómetro de Bouyoucos
161-02 /2013		ARCILLA	28	%	Hidrómetro de Bouyoucos
161-03 /2013		LIMO	24	%	Hidrómetro de Bouyoucos
161-04 /2013		CLASE TEXTURAL	FYA	-	Hidrómetro de Bouyoucos
161-05 /2013		GRAVA	16.7	%	Gravimetría
161-06 /2013	CARBONATOS LIBRES	P	-	Reacción ácida	
161-07 /2013	pH en agua 1:5	6.59	-	Potenciometría	
161-08 /2013	pH en KCl 1N, 1:5	6.16	-	Potenciometría	
161-09 /2013	Conductividad eléctrica en agua, 1:5	0.743	dS/m	Conductancia	
161-10 /2013	C A T I O N E S D E	Acidez de cambio (Al+H)	0.09	meq/100 g	Volumetría
161-11 /2013		Calcio	4.87	meq/100 g	Absorción atómica
161-12 /2013		Magnesio	1.78	meq/100 g	Absorción atómica
161-13 /2013		Sodio	0.31	meq/100 g	Emisión atómica
161-14 /2013		Potasio	0.70	meq/100 g	Emisión atómica
161-15 /2013		Total de bases	7.11	meq/100 g	Suma de base
161-16 /2013		C. I. C.	7.20	meq/100 g	Volumetría
161-17 /2013	SATURACIÓN BÁSICA	98.76	%	Cálculo matemático	
161-18 /2013	Materia Orgánica	1.85	%	Walkley Black	
161-19 /2013	Nitrógeno total	0.78	%	Kjeldahl	
161-20 /2013	Fósforo asimilable	27.71	ppm	Espectrofotometría UV-Visible	

OBSERVACIONES.- ** Cationes de Cambio extraídos con acetato de amonio 1N.
C.I.C. Capacidad de Intercambio Catiónico.
CARBONATOS LIBRES; A: Ausente, P: Presente, PP: Presente en gran cantidad

CLASE TEXTURAL

F : Franco Y : Arcilloso
L : Limoso YA : Arcilloso Arenoso
A : Arenoso FYA : Franco Arcilloso Arenoso

FA : Franco Arenoso YL : Arcilloso Limoso
AF : Arenoso Franco FYL : Franco Arcilloso Limoso
FY : Franco Arcilloso FL : Franco Limoso



RESPONSABLE DE LABORATORIO

JORGE CHUNGARA C.

Anexo 13. Análisis físico químico del biol



MINISTERIO DE EDUCACION

INSTITUTO BOLIVIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA NUCLEAR
CENTRO DE INVESTIGACIONES Y APLICACIONES NUCLEARES
UNIDAD DE ANÁLISIS Y CALIDAD AMBIENTAL

ANALISIS FISICO QUIMICO DE BIOL

INTERESADO : *ALFREDO COPARI YUJRA*

NO SOLICITUD: *208 / 2013*

PROCEDENCIA : *Departamento LA PAZ,*

FECHA DE RECEPCION : *30 / Mayo / 2013*

Provincia: MURILLO

FECHA DE ENTREGA : *28 / Junio / 2013*

MACRODISTRITO 5, SUR ACHUMANI.

Nº Factura : 7933 / 13

U. M. S. A. - FACULTAD DE AGRONOMÍA

DESCRIPCIÓN : *MUESTRA DE BIOL : San Ramón*

Nº Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método
564-02 /2013	Nitrógeno	1,96	%	Kjeldahl
564-03 /2013	Fósforo	0,027	ppm	Espectrofotometría UV-Vis
564-04 /2013	Potasio	0,031	ppm	Emisión atómica
564-05 /2013	pH	6,18	-	Potenciometría
564-06 /2013	Conductividad Eléctrica	4,020	mS/cm	Conductancia
564-07 /2013	Materia seca	2,20	%	Gravimetría
564-08 /2013	Humedad	97,80	%	Gravimetría

OBSERVACIONES,- Resultados en base húmeda.



RESPONSABLE DE LABORATORIO

JORGE CHUNGARA C.

$x = 2,16$ lit. biol puro
 150 lit. agua ----- $10000m^2$
 x ----- $48m^2$
 $x = 0,72$ lit. agua

3.4.8.1 Dosis de estiércol porcino

200 lit. agua pozo----- $50kg$ de estiércol
 30 lit. agua ----- x , $x = 7,5$ kg de estiércol

3.4.8.2 Dosis de levadura de cerveza

85 lit. agua----- $0,450$ kg de levadura de cerveza.
 30 litros----- x , $x = 0,158$ kg de levadura de cerveza.

3.4.8.3 Dosis de alfalfa

$7,5$ kg de estiércol----- 100%
 $X=?$ ----- 5%
 $X = 0,375$ kg de alfalfa picada