

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERIA AGRONÓMICA



TESIS DE GRADO

**EVALUACIÓN DEL METODO DE RIEGO POR GOTEO, AUTOCOMPENSANTE Y
TURBULENTO EN LA PRODUCCION DE DOS VARIEDADES DE ALFALFA CUF-101
Y PATRIARCA (*Medicago sativa*) EN AMBIENTE ATEMPERADO EN LA ESTACIÓN
EXPERIMENTAL PATACAMAYA**

VIDAL FERNANDEZ COARITI

LA PAZ - BOLIVIA

2023

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE AGRONOMIA
CARRERA DE INGENIERIA AGRONOMICA**

**EVALUACIÓN DEL MÉTODO DE RIEGO POR GOTEO, AUTOCOMPENSANTE Y
TURBULENTO EN LA PRODUCCIÓN DE DOS VARIEDADES DE ALFALFA CUF-101
Y PATRIARCA (*Medicago sativa*) EN AMBIENTE ATEMPERADO EN LA ESTACIÓN
EXPERIMENTAL PATACAMAYA**

*Tesis de Grado presentado como requisito
parcial para optar el título de
Ingeniero Agrónomo*

VIDAL FERNANDEZ COARITI

Asesor:

MSc. Zenón Martínez Flores

.....

MSc. Rolando Céspedes Paredes

.....

Tribunal examinador

MSc. Marcelo Tarqui Delgado

.....

MSc. Fanny Bertha Arragan Tancara

.....

MSc. Wily Marco Flores Mancilla

.....

APROBADA:

Presidente tribunal Examinador

La paz – Bolivia
2023

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a Dios por darme la fuerza y permitirme seguir mi camino, a mi papá Lucio Fernández Choquehuanca Q.E.P.D. que desde el cielo me da su bendición y guía mi camino, a mi mamá Benédicte Coariti por haberme dado la vida y fortaleza con todas sus acciones de firmeza, a Zoe y Ema que son mi fortaleza para seguir creciendo en mi vida profesional, a mi tío Ramiro Coariti por todos los momentos de apoyo brindado, a mis hermanos y primos que siempre me dieron palabras de aliento para culminar la carrera.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradece a Dios por darme la oportunidad de culminar este trabajo de investigación y darme las fuerzas en los momentos difíciles en mi vida.

A la universidad Mayor de San Andrés por abrirme las puertas y darme la oportunidad de terminar una carrera profesional.

A la facultad de agronomía por brindarme sus ambientes y permitirme enriquecer mis conocimientos con los docentes que me formaron para poder desenvolverme en la vida como profesional.

A la estación experimental Patacamaya por permitirme realizar este trabajo de investigación y darme las condiciones necesarias para desarrollar la misma.

A la escuela de riegos y su director MSc. Rolando Céspedes Paredes por ser mi asesor y abrirme las puertas de la E.R.A. para que pueda desarrollar cualidades las cuales me servirán en la vida profesional, también agradecer por darme consejos y sugerencias como profesional y como amigo.

Al MSc. Zenón Martínez por aceptar ser mi asesor y guiarme para la culminación de la tesis con consejos técnico los cuales me sirvieron para emplearlos en la tesis.

A si mismo agradecer al tribunal examinador compuesto por el MSc Marcelo Tarqui, MSc Fanny Bertha Arragan, MSc. Wily Flores, por sus observaciones, recomendaciones y tiempo empleado para la mejora del documento final.

Y finalmente un agradecimiento especial a mi familia, por todo su apoyo, cariño, amor brindado, así mismo por darme la oportunidad de tener una profesión.

A todos mis compañeros de la Facultad de Agronomía y la Estación Experimental Patacamaya por haberme brindado su amistad y apoyado en los buenos y malos momentos..... Gracias a todo.

INDICE

1. INTRODUCCION.....	1
2. ANTECEDENTES	3
3. OBJETIVOS.....	4
3.1. Objetivo General.....	4
3.2. Objetivos Especifico	4
4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	5
4.1. Origen de la alfalfa	5
4.1.1. Importancia de la alfalfa como forraje	5
4.1.2. Producción de la alfalfa en Bolivia	6
4.2. Requerimiento agroecológico del cultivo.....	6
4.2.1. Suelo.....	6
4.2.2. Temperatura	6
4.2.3. Clima.....	7
4.2.4. Siembra	7
4.2.5. Densidad de siembra	7
4.2.6. Cosecha	7
4.2.7. Altura de corte.....	8
4.2.8. Rendimiento	8
4.3. Importancia del agua.....	9
4.3.1. Riego	9
4.3.2. Riego suplementario.....	9
4.4. Métodos de riego	10
4.4.1. Riego localizado.....	10
4.4.2. Riego por goteo	10

4.5. Componentes del método de riego por goteo	11
4.5.1. Cabezal de riego.....	11
4.5.2 Filtros de anillos.....	12
4.5.3. Inyector Venturi	12
4.6. Red de Distribución	12
4.6.1. Cintas de Goteo.....	13
4.6.2. Emisores.....	13
4.6.3. Dispositivos de control.....	14
4.7. Diseño de riego por goteo.....	15
4.7.1. Diseño agronómico	15
4.7.2. Diseño hidráulico	15
4.8. Coeficiente de uniformidad de riego.....	15
4.9. Uniformidad de distribución (UD)	16
4.10. Balance hidrico	16
4.11. Velocidad de infiltración básica.....	16
4.12. Costos/beneficios	17
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
5.1. Ubicación geográfica	18
5.1.2. Topografía.....	19
5.1.3. Suelo.....	19
5.2. Características climáticas.....	20
5.2.1. Temperatura	20
5.2.2. Precipitación.....	21
5.2.3. Granizo	21
5.2.4. Heladas	21

5.2.5. Sequia.....	22
5.3. Materiales.....	22
5.3.1. Material biológico	22
5.3.2. Material de laboratorio.....	22
5.3.3. Material de campo.....	23
5.3.4. Material de gabinete	23
5.4. Metodología	23
5.4.1. Procedimiento de campo	23
5.5. Modelo lineal aditivo	24
5.5.1. Diseño experimental.....	24
5.5.2. Diseño de parcelas divididas DBA.	24
5.6. Croquis experimental.....	25
5.7. Instalación del método de riego por goteo.....	25
5.7.1. Instalación de cabezal de riego.....	25
5.7.2. Instalación de la línea de distribución.....	26
5.7.3. Instalación de la línea secundaria o ramales	27
5.7.4. Instalación de la cinta de goteo	27
5.8. Velocidad de infiltración	30
5.8.1 La infiltración acumulada (Icum).....	31
5.9. Humedad del suelo.....	32
5.10. Balance hídrico	32
5.11. Diseño agronómico	33
5.12. Labores culturales	33
5.12.1. Cosecha	34
5.13. Variables de respuesta	34

5.13.1. Variables de repuesta en la planta.....	34
5.14 variables para riego.....	37
5.14.1 Volumen aplicado	37
5.14.2 Lamina aplicada en el ciclo vegetativo	38
5.14.3. Determinación del caudal de las cintas de goteo	38
5.14.4 Evaluación del coeficiente de uniformidad.....	38
5.14.5. Evaluación de la uniformidad de distribución	39
5.15. Variable costo/beneficio	40
5.15.1. Análisis costos de producción.....	40
6. RESULTADOS Y DISCUSIONES	42
6.1. Producción de alfalfa	42
6.1.1. Altura de planta.....	42
6.1.2. Rendimiento de materia verde	44
6.1.3. Rendimiento materia seca	45
6.2. Parámetros de evaluación del riego por goteo.....	48
6.2.1. Coeficiente de uniformidad y coeficiente de distribución	48
6.3. Análisis económico de los costos de producción.....	50
6.3.1. Costos fijos y costos variables	50
7. Conclusiones.....	54
8. Recomendaciones	56
9. Revisión bibliográfica	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Volumen de agua aplicado	37
Tabla 2 Lámina de agua.....	38
Tabla 3 Análisis de varianza altura de planta	42
Tabla 4 Análisis de varianza para materia verde	44
Tabla 5 Análisis de varianza para materia seca	45
Tabla 6 Evaluación de UD y CU para cinta de riego autocompensante.....	49
Tabla 7 Evaluación de UD y CU para cinta de riego turbulento	50
Tabla 8 Costos variables y fijos para cada tratamiento.	51
Tabla 9 Precios de venta y comercialización.....	52
Tabla 10 Beneficio brutos de producción.....	52
Tabla 11 Ganancia neta por tratamiento aplicado	52
Tabla 12 Beneficio neto para tratamientos	53

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de ubicación	19
Figura 2 Superficie del área experimental.....	23
Figura 3 Croquis experimental	25
Figura 4 Cabezal de riego.....	26
Figura 5 Línea de distribución.....	27
Figura 6 Instalación de las cintas de goteo	27
Figura 7 Equipo infiltrómetro.....	30
Figura 8 Recolección de datos.....	35
Figura 9 Toma de datos MV y MS	36

INDICE DE GRAFICAS

Grafica 1 Crecimiento de planta vs tiempo	43
Grafica 2 Comparación de medias Duncan variedad /rendimiento de Materia seca.....	46
Grafica 3 Rendimiento de MV y MS de dos variedades	47
Grafica 4 Volumen aplicado y distribución del agua	49
Grafica 5 Volumen aplicado y distribución del agua	50

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Análisis de varianza altura de planta. programa inostad.....	63
Anexo 2 Análisis de varianza rendimiento materia verde. programa infostad.....	63
Anexo 3 Análisis de varianza rendimiento de materia seca. programa infostad.....	64
Anexo 4 Excel para pluviometría en cinta de goteo turbulento	64
Anexo 5 Excel para pluviometría de la cinta PC.....	65
Anexo 6 Costosa fijos para la cinta turbulenta.....	65
Anexo 7 Costos variables para la variedad cuf-101	66
Anexo 8 Costos variables para la variedad patriarca.....	66
Anexo 9 Diseño agronómico Nt, Fr, Tr.....	67
Anexo 10 Velocidad de infiltración	67
Anexo 11 Características técnicas en catálogo de la cinta PC	68
Anexo 12 Características técnicas en catálogo de la cinta turbulenta	68

RESUMEN

Debido a las necesidades de los productores del altiplano y los efectos del cambio climático con una serie de anomalías: como ciclo irregular de lluvias, periodos de sequía largo, el trabajo de investigación se realizó como una alternativa para estos efectos, el cual consistió en la evaluación del método de riego por goteo, autocompensante y turbulento, en la producción de dos variedades de alfalfa (*Medicago sativa*), cuf 101 y patriarca en un ambiente atemperado, con los objetivos específicos, de: evaluar el efecto de las cintas de goteo en la producción de dos variedades de alfalfa, evaluar el desempeño de las cintas de riego por goteo turbulento y autocompensante y determinar el costo/beneficio.

Por otra parte, las variables de repuesta fueron, altura de planta, rendimiento en MV y MS, lamina aplicada, parámetros de evaluación para las cintas y el beneficio costo para la implementación del mismo en una superficie de 20m².

Al realizar la evaluación se determinó una lámina aplicada por las cintas de goteo autocompensante y turbulento de 56 y 44 mm respectivamente.

Para altura de planta con $p < 0.01$ no se encontró una diferencia significativa en cuanto al crecimiento con el uso de ambas cintas, nos indica que cada factor es independiente uno del otro.

Por otra parte, para la variable rendimiento en materia verde no se tuvo una diferencia significativa al aplicar dos diferentes cintas de goteo, pero se tuvo un promedio de rendimiento para la variedad cuf-101 de 13.304 Tn/Ha y la variedad patriarca de 11.254Tn/Ha.

En cuanto a la materia seca se tuvo una diferencia altamente significativa en variedades donde la variedad cuf-101 obtuvo un rendimiento de 3.18 tnMS/ha con la aplicación de la cinta autocompensante y con la cinta turbulento de 2.93 tnMS/ha siendo esta variedad la mejor en cuanto a rendimientos.

En cuanto a los parámetros obtenidos en la evaluación de ambas cintas se tiene un (CU) entre el 75-100% y de una (UD) entre un 90-95%, respectivamente lo que quiere decir que estas cintas tuvieron un buen funcionamiento y son aptos para cultivos de alto valor.

Finalmente, en el beneficio/costo se pudo obtener un Bs 0.15 de ganancia por cada boliviano invertido para la variedad cuf-101 quien fue la que mejor rendimiento obtuvo en cuanto a materia seca, también cabe mencionar que dicho valor es bajo ya que, para la instalación, adquisición de este método los precios fueron elevados.

ABSTRACT

Due to the needs of the producers of the altiplano and the effects of climate change with a series of anomalies: such as irregular cycle of rainfall, periods of long drought, the research work was carried out as an alternative for these effects, which consisted of the evaluation of the drip irrigation method, self-compensating and turbulent, in the production of two varieties of alfalfa (*Medicago sativa*), cuf 101 and patriarch in a tempered environment, with the specific objectives, of: evaluating the effect of drip tapes on the production of two varieties of alfalfa, evaluating the performance of turbulent and self-compensating drip irrigation tapes and determining the cost/benefit.

On the other hand, the response variables were, plant height performance in MV and MS, applied sheet, evaluation parameters for the tapes and the cost benefit for the implementation of the same in an area of 20m². When carrying out the evaluation, a sheet applied by the self-compensating and turbulent drip tapes of 56 and 44 mm respectively was determined.

For plant height with $p < 0.01$ no significant difference was found in terms of growth with the use of both tapes, indicating that each factor is independent of each other. On the other hand, for the variable yield in green matter there was no significant difference when applying two different drip tapes, but there was an average yield for the cuf-101 variety of 13,304 Tn/Ha and the patriarch variety of 11,254Tn/Ha. As for the dry matter, there was a highly significant difference in varieties where the cuf-101 variety obtained a yield of 3.18 tnMS / ha with the application of the self-compensating tape and with the turbulent tape of 2.93 tnMS / ha being this variety the best in terms of yields. As for the parameters obtained in the evaluation of both tapes, there is a (CU) between 75-100% and one (UD) between 90-95%, respectively, which means that these tapes had a good performance and are suitable for high value crops. Finally, in the benefit / cost it was possible to obtain a Bs 0.15 profit for each Bolivian invested for the cuf-101 variety who was the one that obtained the best performance in terms of dry matter, it is also worth mentioning that this value is low since, for the installation, acquisition of this method the prices were high.

1. INTRODUCCION

En los últimos tiempos a raíz de los efectos causados por el cambio climático, en el Altiplano Boliviano, el clima presenta una serie de anomalías: como ciclo irregular de lluvias, periodos de sequía largo, días con bajas temperaturas, heladas frecuentes, que provocan daños y pérdidas entre los agricultores y criadores de ganado de altura a partir de los 3500 msnm, con incidencia incluso en el desarrollo de forrajes adaptados.

La escases del agua en las zonas áridas y semiáridas del altiplano son limitaciones para el desarrollo agrícola, para el futuro inmediato la utilización eficiente del agua será una habilidad del regante capacitado, basados en conocimientos de ingeniería y tecnología para su funcionamiento y manejo de sistemas de riego individual.

Cada año los agricultores buscan mejorar la forma en que suministran agua a su cultivo tratando de ser lo más eficientes posible. Para optimizar este recurso, es necesario considerar todas las pérdidas que se pueden dar en su almacenamiento, conducción y aplicación a las parcelas (Vélez, 2005) citado por (Laura, 2014).

Por lo mencionado antes para Laura y López (2016) el riego por goteo reduce la exigencia de agua y los costos de operación lo que constituye en la mejora de la aplicación del agua a la planta.

Por lo tanto, el método de riego por goteo representa un ahorro de agua de 30 y 50 % con respecto al riego por aspersión e inundación, debido que la aplicación de agua en el RG es de bajo volumen, además de que la pérdida de agua por evaporación directa del suelo y por percolación profunda es mayor en el sistema de inundación. (Montemayor y otros, 2010).

Después de los 80's, en todo el mundo fue desarrollándose el riego como una ciencia evolutiva de tal manera que las técnicas año con año, son cada vez mejores porque conjunto ahorro de agua, ahorro de energía y al ser extensivas abaratan los costos, con un aumento en la producción importante. (Cisneros, 2003).

Por lo mencionado, en la investigación se realizó la comparación de dos tipos de cinta de goteo autocompensante y turbulento sobre el rendimiento de dos variedades de alfalfa en ambiente atemperado que son variedades de categoría 9 no dormantes de producción constante como una alternativa para los productores de la zona.

2. ANTECEDENTES

En una investigación realizada en México se encontró diferencia significativa en altura de planta y mayor eficiencia de uso del agua (UEA): 128% con un rendimiento de 23.86 tn/ha con 190.4 cm de agua aplicada (Fimbres & Navarrete, 2010).

Según Salazar (2022) obtuvo rendimientos de 26,56 tn/ha MV, y altura de 40.22cm con una lámina aplicada de 299,46mm en condiciones de riego por aspección y a campo abierto en los predios de la estación experimental Patacamaya.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

Evaluar el efecto del riego por goteo turbulento y autocompensante en la producción de dos variedades de alfalfa.

3.2. Objetivos Especifico

- 1.- Evaluar el cultivo de alfalfa con el uso de dos cintas de riego por goteo, autocompensante y turbulento.
- 2.- Evaluar el desempeño de las cintas de riego por goteo turbulento y autocompensante.
- 3.- Determinar el costó/beneficio de la producción de dos variedades de alfalfa por el método de riego por goteo autocompensante y turbulento.

4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

4.1. Origen de la alfalfa

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es una leguminosa perenne de origen asiático, vivas y de porte erecto, de raíz pivotante muy desarrollada con numerosas raíces secundarias posee una corona de donde emergen brotes, que dan origen a los tallos erguidos y consistente que soportan el follaje. Las hojas son de borde aserrada con inflorescencias en racimos de color azul o purpura que nacen en las axilas de las hojas. El fruto es una legumbre indehisciente que contiene de 2 a 6 semillas arriñonadas (Sánchez, 2004) citado por (Callisaya, 2018).

La alfalfa llega en el siglo XVI a América del Sur proveniente de Irán y Asia Menor. Con 32 millones de hectáreas, es la leguminosa más empleada como forraje en el mundo (Bouton, 2001) citado por (Flores, 2015).

Pozo (1983) citado por Torrez (2010) también indica que el área de origen de la alfalfa es Asia Menor y Sur del Cáucaso, luego se difunde abarcando la zona de Turquía, Siria, Irak, Irán, Afganistán y parte occidental de Pakistán.

4.1.1. Importancia de la alfalfa como forraje

Según Delgado (1998) citado por Bosque y otros (2014) La alfalfa es utilizada como forraje en la alimentación de animales, por sus propiedades nutritivas y de palatabilidad, puede llegar a fijar 450 kg de proteína bruta/ha/año coadyuva en la fertilidad del suelo, se constituye en una alternativa si es sembrada con otros cultivos exigentes en nitrógeno

Por otra parte, Muslera (1983) indica que la alfalfa desempeña un papel muy importante entre los cultivos por el suministro de nitrógeno, que puede conseguir directamente del aire, además siendo el cultivo que produce más nitrógeno por hectárea y de gran calidad por el alto valor de sus aminoácidos esenciales para la nutrición animal y humana citado por (Torres, 2010).

4.1.2. Producción de la alfalfa en Bolivia

Según el INE. (2013) en base al censo agropecuario de 2013 la paz cuenta con una superficie de 33006,33 ha con producción de alfalfa para forraje con un rendimiento de 1148,33Kg/ha, Oruro con una superficie de 19542,75 ha y un rendimiento de 1000,42kg/ha y Potosi con una superficie de 2620,22ha y un rendimiento de 2139,02kg/ha sin riego de forma a secano (solo lluvia).

4.2. Requerimiento agroecológico del cultivo.

4.2.1. Suelo

Según Meneses (1996) la alfalfa requiere suelos profundos, permeables, de textura franca o franco arenoso, con subsuelo permeables, de buena fertilidad, pH cercano al neutro y con buena disponibilidad de humedad. No se desarrolla en suelos con pH inferior a 5.6 debido a las limitaciones que la acidez provoca a la supervivencia y multiplicación de las bacterias (*Rhizobium meliloti*), que son específicas para la fijación del nitrógeno en simbiosis con las leguminosas.

Aitken (1987) menciona que para obtener una buena producción forrajera y sea prospera es mejor tener suelos profundos, ricos en materia orgánica con un pH de 7,5 a 8, ricos en calcio y suelos sueltos. Citado por (Salazar, 2022).

4.2.2. Temperatura

Según INEGI (2012) la semilla de alfalfa germina a una temperatura de 2 a 3 °c, siempre que las demás condiciones ambientales lo permitan. A medida que se incrementa la temperatura la germinación es más rápida cuando alcanza un rango óptimo de los 28 a 30 °c. si la temperatura es superior a los 38 °c resulta letal para la plántula.

Cuando llega el invierno detiene su crecimiento hasta la llegada de la primavera cuando comienza a rebrotar existen temperaturas que resisten temperaturas de -10°C la temperatura media anual para la producción forrajera este entorno a los 15°C siendo el rango óptimo de 18 a 28 °c según la variedad (INEGI, 2012).

4.2.3. Clima

La alfalfa es una especie que se adapta a una gran variedad de climas, encontrándose praderas de este forraje en altitudes comprendidas entre 700 y 4000 m s. n. m., con temperaturas que oscilan entre los 15 a 25°C en el día y de 10 a 20°C en la noche (Cadena y Clavijo, 2011). citado por (Flores, 2015).

4.2.4. Siembra

IBTA (1987) considera que las bajas temperaturas del invierno en el altiplano, las siembras se deben realizar al comienzo de la época lluviosa máximo hasta el treinta de diciembre. Por su parte Huayta y Cabrera (1997) señalan que en zonas altas sin riego se debe sembrar la primera quincena de enero. Citado por (Salazar, 2022).

Delgadillo y Mendieta (1996) mencionan que la profundidad óptima de siembra es uno de los factores importantes para tener éxito en el establecimiento de la alfalfa, por su pequeño tamaño las semillas deben ser sembradas a profundidades entre 0.5 a 3 cm, mismas que se realizan al voleo o en surcos.

4.2.5. Densidad de siembra

Según Meneses (1996) citado por (Salazar, 2022) la cantidad de semilla de alfalfa a utilizarse depende de la calidad de la semilla, preparación del terreno, condiciones de humedad y temperatura, técnicas de siembra, formas de aprovechamiento del cultivo y la época de siembra. Sin embargo, sugiere utilizar de 10 – 15 kg/ha en caso de realizarse corte y 15 a 20 kg/ha para pastoreo con ganado.

4.2.6. Cosecha

Condori (1998) citado por Morales, (2016) explica que el corte se realiza cuando las plantas alcanzan un 10% de floración, pero es evidente que la alfalfa difícilmente florece a los 3600

m.s.n.m. por esta razón, el corte se debe realizar observando el rebrote basal que debe estar entre los 4 a 5 cm de altura.

Prieto (2004) señala que una vez que la alfalfa ha sido establecido, se procede a cosechar cuando la población de plantas presenta entre 10 y 15% de floración, en caso de no presentarse la floración se debe verificar que en la corona presenta brotes en un 5%, esto puede variar por las condiciones de clima, riegos aplicados y al tipo de suelo. Citado por (Salazar, 2022).

4.2.7. Altura de corte

El rebrote no depende solamente de las reservas de carbohidratos de la raíz sino también de la parte aérea residual. La alfalfa cortada alta deja en la planta tallos ramificados y yemas que permiten el rebrote continuado. La altura de corte resulta un factor crítico si se corta frecuentemente en estados tempranos de crecimiento, pues implica una reducción en el rendimiento y una disminución de la densidad de plantas del alfalfar a causa de las insuficientes reservas acumuladas en los órganos de almacenamiento, la máxima producción se obtiene con menores alturas de corte y cortadas a intervalos largos (Infoagro, 2018).

4.2.8. Rendimiento

Crowder (1960) indica que, bajo condiciones óptimas de fertilidad del suelo y humedad, la producción de forraje es excelente donde se han llegado a cosechar 25 tn/ha de forraje seco en un año en los valles. Durante periodos prolongados de sequía y la falta de irrigación el crecimiento puede suspenderse.

CIPCA (2001) los rendimientos de alfalfa pueden llegar a obtenerse entre 5,5 – 15 tn/ha de materia seca en el altiplano, todo dependiendo de la humedad del suelo y riego puede llegar a producir entre uno a tres cortes por año. citado por (Salazar, 2022).

4.3. Importancia del agua

Según la FAO (2008) en el siglo XXI la explotación del agua dulce duplicó con creces la tasa del crecimiento demográfico. Actualmente se extraen alrededor de 3839 km³ de agua para consumo humano, de lo cual el sector agrícola se lleva la parte de un 70 %. Pero la sed de la agricultura no es sostenible a largo plazo. Ante la intensa competencia de los usuarios urbanos e industriales, y la realidad cada vez más evidente de que el consumo humano de agua está poniendo en peligro la eficacia de los ecosistemas de la tierra, el sector debe incrementar considerablemente el volumen de producción por unidad de agua utilizada.

4.3.1. Riego

La palabra riego proviene del latín rigare, que significa esparcir agua sobre una superficie, el objetivo que se pretende con el riego es suministrar agua a los cultivos, de forma eficiente y sin alterar la fertilidad del suelo, el agua adicional a la precipitación necesaria para el crecimiento óptimo de los cultivos, así también para cubrir las necesidades de lavado de sales, de forma que evite su acumulación en el perfil del suelo, asegurando la sostenibilidad del regadío (Losada, 2005).

Para Cisneros (2005) En términos generales, éste consiste en la aplicación artificial del agua al terreno para que las plantas (cultivos) puedan satisfacer la demanda de humedad necesaria para su desarrollo.

Según Chipana (2003) el riego consiste en aportar agua a los cultivos por medio del suelo para satisfacer sus necesidades hídricas que no fueron cubiertos mediante la precipitación. Se utiliza en la agricultura en general citado por (Cespedes, 2020).

4.3.2. Riego suplementario

El riego suplementario, una tecnología que permite suministrar agua a los cultivos durante períodos de déficit hídricos en zonas semiáridas, subhúmedas e incluso húmedas, propensas a sequías periódicas, donde el aporte de una determinada lámina de agua a un determinado cultivo

permite satisfacer las necesidades hídricas en un ciclo vegetativo supliendo así las precipitaciones realizadas por la naturaleza.

4.4. Métodos de riego

Según (Cisneros 2003) Los métodos de riego pueden ser considerados como la forma en que el riego es aplicado al suelo para el desarrollo de los cultivos. Estos pueden ser:

- a) Riego superficial o gravedad
- b) Riego por aspersión
- c) Riego por goteo, localizado o micro riego
- d) Riego subterráneo

4.4.1. Riego localizado

Según Santos Pereira, de Juan Valero, Picornell Buendia, & Tarjulo Martin-Benito, (2010) Se denomina riego localizado, o micro riego a un riego a presión en el que el agua es aplicada a la parte de la parcela cultivada en la que se desarrollan las raíces de las plantas.

La aplicación del agua en riego localizado, a semejanza del riego por aspersión, exige una red de tuberías principales, secundarias, terciarias, ramales porta emisores; normalmente, enterradas, a excepción de los ramales.

4.4.2. Riego por goteo

Chipana (2003) expone que el riego por goteo es el agua aplicada al suelo en una frecuencia bastante alta para satisfacer las necesidades inmediatas de la planta, manteniendo el suelo siempre en valores altos de potencial, es decir, el contenido de humedad del suelo se mantiene próximo a capacidad de campo citado por (Laura, 2014).

Según Hualla (2019) El riego por goteo, consiste en aplicar el agua gota por gota, directamente al pie de cada planta. El agua es llevada a través de tuberías o mangueras plásticas, que se distribuyen en toda la parcela a lo largo de cada surco.

García et al. (2010) citan las ventajas y desventajas del riego por goteo, las cuales son nombradas a continuación:

Ventajas

Menores pérdidas de agua Cultivos en condiciones óptimas de absorción

Requiere poca mano de obra

Adaptable a todo tipo de suelos y topografía

Posibilidad de automatización

Desventajas

Obstrucción en los emisores (requiere de un buen equipo de filtración en el cabezal)

Mayores costos de instalación

Hay que hacer un análisis inicial de agua.

4.5. Componentes del método de riego por goteo

Fuentes (1998) citado por (Laura 2014) da a conocer los componentes fundamentales de una instalación de riego por goteo, los cuales son:

Cabezal de riego

Red de distribución

Mecanismos emisores de agua

Dispositivos de control

4.5.1. Cabezal de riego

Mendoza (2013) describe el cabezal de riego, el cual está conformado por un conjunto de dispositivos para el bombeo, control, e inclusión de fertilizantes y automatismos del sistema de riego, también incluye el funcionamiento de cada uno de ellos citado por (Laura, 2014).

4.5.2 Filtros de anillos

Son de forma cilíndrica y el elemento filtrante es un conjunto de anillos con ranuras impresas sobre un soporte central cilíndrico y perforado.

4.5.2.1 Principio de funcionamiento

El agua es filtrada al pasar por los pequeños conductos formados entre dos anillos consecutivos. La calidad del filtrado dependerá del espesor de las ranuras. Se pueden conseguir, según el número de ranuras, hasta una equivalencia a una malla de 200 mesh. Estos filtros son muy compactos y resistentes, admitiendo presiones de trabajo de hasta 10 atm. Los filtros de anillos, al igual que el resto de los elementos de filtrado, no deben provocar pérdidas de carga excesivas en la red. Las pérdidas de carga con un filtro limpio, para su caudal de funcionamiento, deben ser del orden de 2 mca y se debe proceder a su limpieza cuando dicho valor alcance los 5 mca. (Laura, 2014).

4.5.3. Inyector Venturi

Los inyectores del tipo Venturi son también muy populares y sencillos; son operados por la presión de agua del sistema, no necesitándose fuentes externas de energía. Sin embargo, también provocan una pérdida de carga necesaria para que pueda funcionar. La capacidad de succión varía entre 40 y 100 l/h, según la presión de entrada, necesitando un caudal mínimo de agua a través de la bomba entre 0,3 y 1,2 m³ /h. (Laura, 2014).

4.6. Red de Distribución

Es el conjunto de tuberías que alimentan a las subunidades y a todos los sectores desde el nudo de cabecera de la red. Las tuberías que se utilizan en riego localizado son normalmente de plástico, siendo los materiales más frecuentes el PVC (cloruro de polivinilo) y el PE (polietileno) (Laura, 2014).

4.6.1. Cintas de Goteo

Según Hualla (2019) son las que se conectan a la red de conducción a través de la mini válvula y van formando una red de distribución en toda la parcela a lo largo de las hileras o surcos del cultivo. Las cintas y/o micro tubos permiten emitir caudales de 1 a 2 litros/hora por cada gotero (ubicados cada 0.20 a 0.60 m) dependiendo el tipo de cinta a utilizar y el tipo de cultivo. Existen diferentes tipos de cintas y micro tubos utilizados; la selección de materiales depende del cultivo y tamaño de la superficie de riego.

4.6.2. Emisores

Fuentes (1998) menciona, los emisores o goteros son los dispositivos por medio de los cuales se aplica el agua al suelo. Dado que el agua que circula en los laterales de riego posee presión, los goteros disipan la presión del agua de tal forma que sale a la atmósfera sin presión, en forma de gota.

Chipana (2003) señala un aspecto vital en la fabricación de los goteros, estos deben estar diseñados para emitir caudales bajos a presiones relativamente altas. Citado por (Laura, 2014).

4.6.2.1 Clasificación de los emisores en método de riego por goteo

Por su instalación en la tubería

En línea. - Son aquellos goteros que se instalan cortando la tubería e insertando los extremos del gotero, en los sitios de corte. El agua circula por el interior del gotero, que forma parte de la conducción.

Sobre la línea (goteros de botón o goteros pinchados). - se instalan en la tubería en un orificio realizado con un equipo de perforación, estos goteros se pueden colocar en tuberías de distintos diámetros.

En integración o integrados. - estos goteros se implantan en la tubería de polietileno durante el proceso de extrusión de la misma, con distintos espaciamientos (30 cm, 50 cm, etc.) y distintos

caudales, van termo soldados en el interior. En ocasiones los diámetros de las tuberías con goteros integrados son diferentes a los usuales, lo que obliga a utilizar elementos de conexión especiales.

Cintas de riego. - otra clase especial de riego por goteo es la cinta de riego que es una tubería integral de paredes delgadas con orificios en la misma cinta o goteros termo soldados en su interior.

b) Por su comportamiento hidráulico

Normales o estándar. - Son goteros que cuanto mayor sea la presión existente más caudal de agua arrojan. Este tipo de goteros a su vez pueden ser de conducto largo, laberinto, orificio, también son denominados turbulentos.

Autocompensantes. - Son goteros que mantienen el caudal más o menos constante, aunque varíe la presión de entrada, dentro de un determinado rango de presión, al que se denomina intervalo de compensación. Son indicados para lugares donde hay grandes diferencias de presión debidas a desniveles topográficos (ejm. tierras de laderas) o cuando existen a lo largo de la tubería lateral grandes pérdidas de carga.

4.6.3. Dispositivos de control

Son los elementos que permiten regular el funcionamiento de la instalación. Estos elementos son contadores, manómetros, reguladores de presión o de caudal, etc.

López et al. (1998) se refiere a algunos elementos de control que se encuentran en el cabezal de bombeo nombrados anteriormente.

4.6.3.1. Manómetros

Para realizar un buen manejo de riego es indispensable conocer las presiones existentes, tanto en los diferentes elementos que componen el cabezal como en puntos singulares de la red de riego. El objetivo principal de la medida de la presión es garantizar el correcto funcionamiento de la instalación, detectar las posibles averías, nos permite saber en qué momento se deben limpiar los filtros, etc. (López et al.1998).

4.7. Diseño de riego por goteo

Cisneros (2003) señala que el diseño de una instalación de riego localizado tiene suma importancia ya que de él depende el buen funcionamiento del sistema de riego. Para lo cual el proceso de diseño se divide en dos fases, diseño agronómico del riego, donde determinamos la cantidad de agua que tiene que conducir con capacidad para el mes de máximas necesidades, y el diseño hidráulico donde se calculan las dimensiones y ubicación de conducciones y componentes para que puedan satisfacerse las necesidades agronómicas.

Chucya (2008) añade un tercer componente más a los ya establecidos anteriormente, es decir, a parte de diseñar la parte agronómica e hidráulica también toma en cuenta el diseño del cabezal de bombeo.

4.7.1. Diseño agronómico

Permite conocer las necesidades de agua en épocas en que el cultivo requiere mayor cantidad, y en función de ese valor se determinarían las dimensiones de los componentes de la instalación de riego. Es esencial que esta instalación sea capaz de suministrar la suficiente cantidad de agua al cultivo cuando sus necesidades sean máximas (Fernández 2010).

4.7.2. Diseño hidráulico

En el diseño de un sistema de riego los cálculos hidráulicos se realizan posteriormente al diseño agronómico Saldarriaga (2008). En el diseño hidráulico se determina en primer lugar la subunidad de riego, donde se tiene en cuenta la tolerancia de presiones y caudales, pérdidas de carga, diámetros de tuberías, etc. Posteriormente se diseña la unidad de riego, el trazado y diámetros de tuberías primarias y secundarias y el cabezal de riego.

4.8. Coeficiente de uniformidad de riego

Chucya (2008) La uniformidad tiene como indicadores la uniformidad de distribución (DU), la uniformidad estadística (Us) y nombrado anteriormente el coeficiente de uniformidad (CU)

Tarjuelo et al. (2010) Este es un indicador que evalúa que tan bien (o mal) se distribuye el agua en la superficie regada por los emisores.

Es una medida de la capacidad del sistema de entregar el mismo volumen de agua a través de los emisores y no una medida de que también se distribuye el agua dentro de la zona radicular (García et al. 2010).

4.9. Uniformidad de distribución (UD)

Tarjuelo (2005) indican que la UD es un término útil para poner un valor numérico de la uniformidad de aplicación para sistemas de riego agrícolas. De acuerdo con Fernández (2010) en términos generales, si la UD es pobre, algunas plantas estarán sub irrigadas y otras sobre irrigadas, lo cual generará un crecimiento pobre y el aumento de plagas, una clasificación de la UD propuesta por estos autores.

4.10. Balance hídrico

Vargas (2019) menciona que toda unidad hidrológica, sea una cuenca superficial o subterránea, recibe aportaciones de agua y descarga un volumen de agua, además de que contiene otra cantidad de agua variable. Estos tres elementos deben equilibrarse a lo largo de una determinada unidad de tiempo. La expresión cuantitativa de este equilibrio constituye el balance hídrico.

4.11. Velocidad de infiltración básica

Según Reichardt (1990) consiste en el juego de dos cilindros metálicos de 30 y 50 cm de diámetro respectivamente y 33 cm de largo en ambos. Estos cilindros fueron enterrados a 15 cm en el suelo, con ayuda de un nivel, un combo y una viga, cuidando de que queden nivelados. El espacio que queda en el centro del cilindro se colocó un nylon cubriendo todo el cilindro posterior se llenó con agua y los espacios entre los dos cilindros se llenaron con agua. Una vez llenado con agua se sacó el nylon y se registró todos los datos de acuerdo a la planilla, el tiempo transcurrido

en función al volumen de agua que infiltró en el suelo. A partir de los datos de campo se calcularon los diversos datos de infiltración en el programa Excel, expresados en mm/h.

4.12. Costos/beneficios

Según Anailys (2017) El análisis del costo-beneficio es un proceso que, de manera general, se refiere a la evaluación de un determinado proyecto, de un esquema para tomar decisiones de cualquier tipo. Ello involucra, de manera explícita o implícita, determinar el total de costos y beneficios de todas las alternativas para seleccionar la mejor o más rentable.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Ubicación geográfica

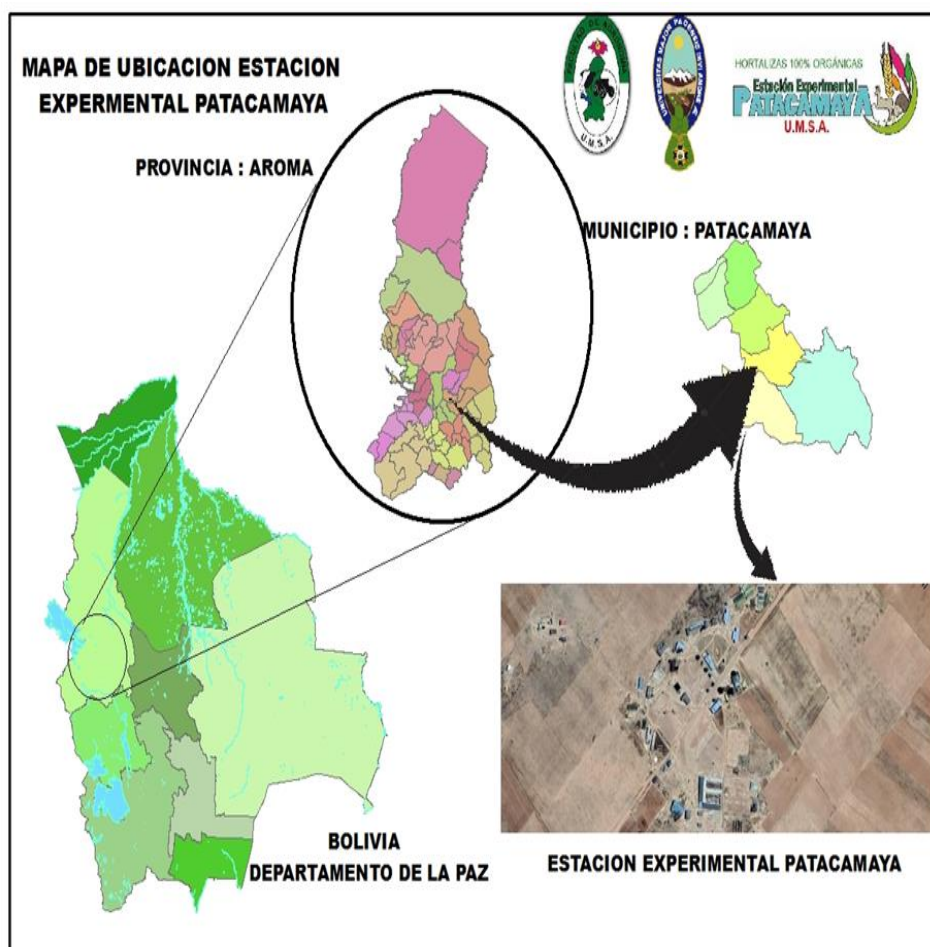
El Municipio de Patacamaya es la Quinta Sección de la Provincia Aroma del departamento de La Paz, se sitúa a una distancia de 101 kilómetros de la sede de gobierno, por la carretera interdepartamental La Paz – Oruro, al sudeste de la capital del Departamento de La Paz, el cantón de Patacamaya se encuentra a una altitud que oscila de 3785 a 3899 msnm. (PTDI, 2016-2020).

Patacamaya, geográficamente está situado entre las coordenadas: 17° 05' - 17° 20' de latitud sur, 67° 45' - 68° 07' de longitud oeste se encuentra ubicada al centro de la provincia Aroma, de acuerdo a las Cartas del Instituto Geográfico Militar. (PDM, 2006- 2010).

La E.E. Patacamaya, dependiente de la facultad de agronomía UMSA, se sitúa a una distancia de 4.51 kilómetros del Municipio de Patacamaya. En la actualidad la E.E. Patacamaya administra 71.57 ha, para diferentes rubros como la agricultura y ganadería y últimamente la transformación de diferentes productos.

En la figura 1 se muestra un mapa de ubicación donde se realizó el trabajo de investigación.

Figura 1
Mapa de ubicación



Ubicación Estación Experimental Patacamaya (elaboración propia).

5.1.2. Topografía

La E.E. Patacamaya tiene una topografía de 0 a 2% de pendiente, con el mayor porcentaje de la superficie es casi plana. (PTDI, 2016-2020).

5.1.3. Suelo

Según Vargas (2018) indica que el lugar donde se encuentra la parcela de investigación es un suelo uniforme con una textura franco arcillo – arenosa, con un 21,2 % de grava; estructura migajosa; no adhesiva y poco plástico en mojado, friable en húmedo, friable en seco, gran cantidad de poros; muchas raíces muy finas a finas; suelos con un pH neutro, un moderado contenido de materia orgánica (2,07 %). Suelos con buen contenido de nitrógeno.

5.2. Características climáticas

Los factores climatológicos están en función a la zona latitudinal a cada una de las zonas de la Tierra que dependen de su latitud y en las que los paralelos notables o principales dividen a la superficie terrestre. La variedad de relieves que presenta la cordillera occidental, la existencia de zonas planas, la circulación de los vientos y otros, que determinan características climatológicas propias de la región, que en general son frías. Durante el año se manifiesta una estación lluviosa que va de diciembre a marzo, la época seca de junio a agosto y sus correspondientes periodos de transición entre septiembre a noviembre. (PTDI, 2016-2020).

La región, presenta condiciones climáticas rigurosas, con un clima frío y seco de manera generalizada, temperaturas medias anuales que descienden drásticamente y precipitaciones medias anuales bajas, este aspecto es típico de estas zonas Altiplánicas. Asimismo, las direcciones de los vientos son variados, a esto se suma las ondulaciones existentes en diferentes lugares de Patacamaya, que condicionan esta situación de alguna manera. Por este mismo hecho existen formaciones de microclimas, con características propias en espacios relativamente grandes. (PTDI, 2016-2020).

Dentro del municipio presentan dos microclimas identificados como Clima Semiárido de verano templado e invierno templado y Clima Subhúmedo Seco de verano e invierno cálido. (PTDI, 2016-2020).

5.2.1. Temperatura

La estacionalidad térmica es moderada. Durante el periodo 2006 a 2016 la temperatura media en el municipio fue de 9,7°C; siendo la temperatura máxima media alcanzada de 18,7°C; mientras que la temperatura mínima media para el mismo periodo es de 0,7°C. (PTDI, 2016-2020).

5.2.2. Precipitación

La distribución temporal de las precipitaciones pluviales es muy similar en todo el territorio, con un patrón decreciente de Norte a Sur, caracterizándose como un régimen típicamente mono modal con veranos húmedos e inviernos secos.

La precipitación pluvial anual varía entre 350 mm a 480 mm, el promedio para el municipio de Patacamaya es de 389,19 mm. La época húmeda de acuerdo a los datos registrados se encuentra entre los meses de octubre a marzo, en términos estacionales se puede establecer el periodo lluvioso entre los meses de octubre a marzo que concentra más del 68% de las precipitaciones, y el periodo de estiaje entre los meses de abril a septiembre, siendo los meses de junio y julio los de menor precipitación anual. (PTDI, 2016-2020).

5.2.3. Granizo

Es la precipitación de aguas solidificadas que se forma a una temperatura de 0°C, esto ocurre cuando la formación de las nubes es de cúmulonimbus 2000 a 4000 m. En la Plan de Desarrollo Municipal Patacamaya 2006 - 2010 16 atmósfera, es uno de los fenómenos naturales climáticos que causa serios daños en la agricultura, debido a 0 20 40 60 80 100 120 PP (mm/mes) al impacto físico que presenta este tipo de precipitación con los cultivos. (PTDI, 2016- 2020).

5.2.4. Heladas

La presencia de este fenómeno natural climático, ocasiona grandes efectos negativos en los diferentes cultivos del altiplano, en la cuenca del altiplano la ocurrencia de estas es muy frecuente, llegando a alcanzar 120 días de heladas al año (Zonisig, 1998).

Son pocas las estaciones que registran meses libres de heladas, en Patacamaya y Calamarca tienen de 4 a 5 meses libres. La ocurrencia de heladas coincide con el inicio de la época de crecimiento de las plantas, por lo que genera reducción en los rendimientos de los cultivos del lugar. (PTDI, 2016-2020).

5.2.5. Sequia

Este fenómeno natural, se presenta con mayor intensidad en gran parte del altiplano, la época seca es en los meses de mayo, junio, julio, agosto, septiembre durante estos meses se sufre la deficiencia de agua, situación que afecta a la agricultura, actividades domésticas, pecuarias y otras. La ocurrencia de sequías al igual que las heladas, tienen una tendencia a aumentar hacia el Sur del altiplano y hacia el occidente, siendo los periodos más susceptibles los meses de mayo a noviembre. (PTDI, 2016-2020).

5.3. Materiales

5.3.1. Material biológico

En este trabajo se utilizó material biológico, la alfalfa en dos variedades cuf 101 de California EEUU y patriarca de Córdoba Argentina.

Variedades no dormantes 8,9 y 10.- son aquellas que no detienen su crecimiento en momentos extremos como otoño o invierno, crecen todo el año; pueden obtenerse hasta 12 cortes por año (León et al., 2018) Citado por (Caiza, 2021).

Variedades no dormantes (León et al., 2018):

- | | |
|-----------------|-------------------|
| - Abunda verde | - Caliverde |
| - Cuf 101 | - Flor Morada |
| - Génesis | - Moapa |
| - Super Granada | - WL 525 |
| - WL 516 | - WL 612 y WL 442 |
| - Super Lechera | - SW-14 |

5.3.2. Material de laboratorio

En este trabajo de investigación se utilizaron los siguientes materiales:

Vasos de aluminio, balanza digital, mufla, probeta, cilindros de metal.

5.3.3. Material de campo

Tuberías, cintas de goteo autocompensante y turbulentos, accesorios de instalación flexómetro, cámara fotográfica, tablero, cinta de agua, pluviómetros, barreno muestreador de suelo, manómetro, recipiente, manguera.

5.3.4. Material de gabinete

Computadora, material de escritorio.

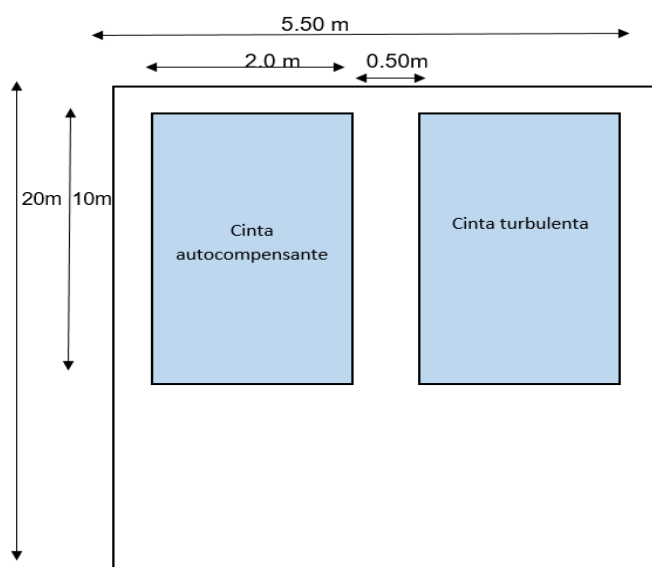
5.4. Metodología

Según Hernández et al. (2014), dentro de la metodología utilizada para la investigación es cuantitativo, descriptivo y comparativo, lo que nos sirven para recoger, analizar, y encontrar los resultados obtenidos.

5.4.1. Procedimiento de campo

El trabajo de investigación se realizó en la estación experimental de Patacamaya, en el año 2022 en los meses de febrero a marzo donde se realizó la evaluación al segundo corte en un ambiente atemperado. En la siguiente figura 2 se muestra las dimensiones del área de estudio.

Figura 2
Superficie del área experimental



Dimensiones de parcela (elaboración propia).

5.5. Modelo lineal aditivo

5.5.1. Diseño experimental

Este es un diseño experimental combinado que resulta útil cuando al estudiar simultáneamente varios factores, alguno o algunos de ellos deben ser aplicados sobre unidades experimentales relativamente grandes, pudiéndose aplicar el otro o los otros en unidades experimentales menores, dentro de las unidades mayores. El caso más sencillo es aquél en el que se tienen sólo dos factores, asignando los niveles de uno de ellos a las unidades mayores y los niveles del otro a las subunidades. Rodríguez (1991) citado por Vicente (2001),

El ensayo fue analizado en un Diseño de parcelas divididas con dos factores: lámina y variedad, con apoyo del programa (INFOSTAT 2010), de acuerdo al siguiente modelo lineal aditivo:

5.5.2. Diseño de parcelas divididas DBA.

$$Y_{ijk} = \mu + \lambda_k + \alpha_i + \varepsilon_{ij} + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Y_{ijk} = Una observación cualquiera del experimento

μ = Media general del estudio

λ_k = Efecto del k-ésimo bloque/repeticiones

α_i = Efecto fijo del i-ésimo nivel del factor (A)-tipos de cinta a goteo

ε_{ij} = Error de parcela mayor o error del factor A

β_j = Efecto fijo del j-ésimo nivel del factor (B)-variedad de alfalfa

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto fijo de interacción del i-ésimo nivel del factor A

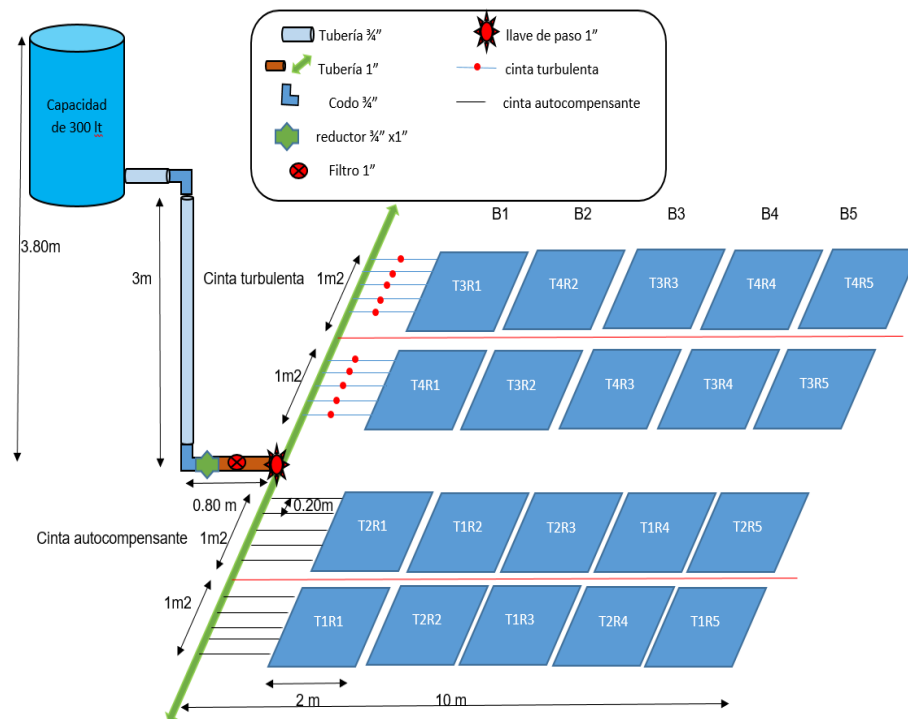
por j-ésimo nivel del factor B (tipos de cinta * variedad)

ε_{ijk} = Error experimental (0, σ_e^2).

5.6. Croquis experimental

El trabajo de investigación se realizó con dos variedades y dos tipos de cintas de goteo que se distribuyeron con 5 repeticiones como se muestra en la figura 3 a continuación.

Figura 3
Croquis experimental



Ubicación de las unidades experimentales (elaboración propia).

5.7. Instalación del método de riego por goteo

Para la instalación del riego por goteo se contó con una estructura de muros con una plataforma de 3m² y una elevación de 3m desde la base hasta la plataforma donde se instaló el reservorio de agua (tanque) con una capacidad de 300 L, la cual es abastecida por una fuente de agua que es un pozo perforado que se encuentra a 1 km de distancia desde ese punto hasta el tanque con un desnivel aproximado de 7 m el cual por efecto de la gravedad llega a alimentar al reservorio.

5.7.1. Instalación de cabezal de riego

Para el buen funcionamiento del método de riego por goteo se comenzó por la instalación del cabezal de riego por goteo.

Se instaló el cabezal de riego por goteo, colocando un filtro de anillas para capturar las impurezas que pueda llevar el agua y los diferentes accesorios de tubería para su instalación, utilizando las materiales in situ que transportaran el agua hasta el ramal donde se instalaran las cintas de goteo.

En la figura 4, se muestra el cabezal de riego con el componente principal que es el filtro en este caso un filtro de mallas con sus accesorios para realizar la captura de impurezas y evitar el taponamiento de los emisores.

Figura 4
Cabezal de riego



Accesorios principales para el correcto funcionamiento del método de riego por goteo.

5.7.2. Instalación de la línea de distribución

Se realizó la instalación de la línea de distribución con un diámetro de 1 pulgada, la cual al ingreso consta con una llave de paso con unión universal para controlar el flujo del agua, la cual en un punto definido se colocaría una tee de la misma medida para la distribución hacia los ramales.

5.7.3. Instalación de la línea secundaria o ramales

En la figura 5, se muestra la instalación de las tuberías secundaria con los accesorios adecuados para la instalación de un sistema de riego por goteo in situ.

Figura 5
Línea de distribución



Accesorios de para una línea de distribución.

Se realizó la instalación de dos ramales utilizando la tee con un diámetro de 1 pulgada con una distancia de 2.30 m cada una donde se realizó las perforaciones de un diámetro de 16 mm distanciados de 20 cm entre cada perforación.

5.7.4. Instalación de la cinta de goteo

Las cintas de goteo fueron instaladas con los siguientes accesorios todos de 16 mm de diámetro. comenzando con la junta bilabial seguida de una válvula de regulación (llave de paso) donde se incorporó las cintas de goteo con una distancia de 10 m y una separación entre cintas de 0,20 m cada una y sellando al final con un terminal de cinta de goteo a rosca para ambas cintas, en la figura 6 se muestra la prueba hidráulica e instalación de las cintas de goteo con los accesorios utilizados in situ.

Figura 6
Instalación cintas de goteo



Instalación de los accesorios y cintas del riego por goteo.

5.7.4.1. Características de la cinta autocompensante (Naan PC)

Aplicaciones.

- Solución ideal para riego en terrenos topográficamente complicados, o en donde se requieran laterales largos.

- Para riego preciso de huertos, cultivos a campo abierto e invernaderos

Estructura y características.

Línea de goteo de 16 mm y 20 mm de polietileno con goteros integrados de presión compensada.

- Entradas y salidas de agua dobles por gotero.
- Nuevo diafragma de silicona que asegura un rendimiento estable y preciso con diversas calidades de agua, productos químicos y fertilizantes.
- Filtro individual doble y mecanismo de lavado que brinda auto limpieza y una máxima resistencia al taponamiento (jain irrigation, 2020).

5.7.4.2. Características de cinta turbulento (turbo tape)

Estructura y características.

- Fabricado con materiales plásticos virgen de alta calidad.

- Hacen que la tubería sea duradera y que ofrezca la mayor resistencia a las agresiones medioambientales.

- Amplio laberinto resistente a las obturaciones. El diseño turbulento e hidrodinámico del amplio asegura el flujo continuo de agua y hace que el emisor sea altamente resistente a las obturaciones.

Aplicaciones.

- Ideal para el riego de cultivos en línea poco espaciados como caña de azúcar, algodón, bananos, fresas, lechugas, repollos, tomates, guindillas (ajies), melones, pepinos, floricultura, verduras y especias.

- Para el riego en invernaderos y umbráculos (casas malla)

- RGS (riego por goteo subterráneo) y riego superficial

- Emisor autolimpiante. Emisor de pared inferior flexible, que se expande y empuja cualquier partícula que tienda a bloquear el paso del agua.

- Segmentos de filtro de doble entrada que permiten la entrada de agua desde dos lados opuestos manteniendo el flujo constante y sin obstrucciones.

- Múltiples y pequeños filtros de entrada actúan como un elemento filtrante que impide la entrada de partículas.

- Dos bandas amarillas paralelas ayudan a una fácil instalación asegurando una posición vertical de las salidas.

- Excelente coeficiente de variación (CV), que asegura la máxima uniformidad de las prestaciones en el campo.

- Filtración recomendada 130 micras (120 mesh).

- Diámetros de tubería disponibles en: 12, 16, 17, 19, 20, 22, y 25 mm.

En los anexos 11 y 12 se muestra las características técnicas para el funcionamiento de ambas cintas (jain irrigation , 2020).

5.8. Velocidad de infiltración

Esta prueba se realizó con la finalidad de determinar a la velocidad de infiltración básica la cual nos permite saber la capacidad del suelo de retener el agua regada en un tiempo determinado. Esta se realizó con el método de anillos infiltrometros, la cual duro un tiempo de 2 horas y 34 minutos. En el caso específico de los anillos infiltrometros de acuerdo a la metodología propuesta por la FAO, la cual consistió en utilizar 2 anillos concéntricos de hierro galvanizado con un espesor de 3 mm, las medidas del anillo interno son de 38 cm de diámetro y 30 cm de alto, el anillo externo mide 80 cm de diámetro y 30 cm de alto como se presenta en la figura 7.

Figura 7
Equipo infiltrometro



Instalación y prueba de infiltración en el área experimental

Se ubicaron los anillos a 10 cm de profundidad se llenó el primer anillo exterior con agua, posteriormente se tapó con plástico el anillo central para evitar que se altere la superficie del suelo cuando se vierta el agua, una vez estabilizado el nivel del agua se procedió a elaborar una planilla con tiempos predeterminados para la lectura de lámina infiltrada en los tiempos dispuestos. La velocidad de infiltración se determinó con la ecuación de kostiakov que expresa la infiltración en un punto.

$$I = a * t^b * \left(\frac{mm}{h}; \frac{mm}{min}\right)$$

Donde:

I = Velocidad de Infiltración (mm h-1, mm min-1)

a= Coeficiente de velocidad de infiltración en un tiempo igual a 1 (mm/min^(1+b)).

T = Tiempo de infiltración (h o min.)

b = Exponente sin dimensiones, es negativo y con valor que va de 0 a 1.

5.8.1 La infiltración acumulada (Icum)

$$Icum = 60 * b * t^{b-1} mmh^{-1}$$

Donde:

t = tiempo de infiltración (h o min):

60 = factor que transforma los minutos a horas. Infiltración básica:

$$Ib = a * 60(-1 * 60 * b)^b$$

Donde:

a y b = Parámetros que son determinados mediante la hoja logarítmica o regresión lineal.

La infiltración del agua en los suelos varía, debido a los tipos de textura, porosidad y el grado de compactación o remoción del suelo. En la parcela de estudio la infiltración fue la siguiente: como se muestra en el anexo 10 donde la velocidad de infiltración que corresponde se puede observar la interacción de las variables; lamina infiltrada y velocidad de infiltración, denotando que a medida que incrementa el tiempo de infiltración del agua en el suelo, la tasa de infiltración va disminuyendo hasta llegar a ser constante. Esto se determinó cuando el intervalo de tiempo que tardo en infiltrar a una distancia predeterminada fue constante ahí se detuvo el tiempo, llegándose a obtener 29.48mm/h en un suelo de textura franco arcillo-arenoso.

5.9. Humedad del suelo

Para la humedad del suelo se obtuvieron muestras del mismo a 20 cm de profundidad con un barrenador, las cuales fueron extraídas de 4 puntos, para luego ser puestas en bolsas y llevadas al laboratorio donde se homogenizó y realizó el cuarteado de los mismos de donde se tomó 3 muestras para su posterior pesaje de “suelo húmedo” en una cantidad de 50gr, la cual se introdujo a la mufla a 105 °C por 24 hrs hasta obtener el peso constante de las muestras, estos valores se llevaron a la fórmula siguiente:

$$\%Hg = \frac{msh - mss}{mss} * 100$$

Donde

%Hg: porcentaje de humedad gravimétrica

Msh: masa de suelo húmedo

Mss: masa de suelo seco

Variable de respuesta

5.10. Balance hídrico

Se realizó el balance hídrico para el cultivo de alfalfa, para el segundo corte utilizando la fórmula de Bladney Criadle la cual es adecuada para la investigación donde nos pide parámetros que se pueden obtener y utilizar las cuales se remplazaron en la siguiente fórmula:

$$f = p(0.46 * t + 8.13)$$

Donde

f = factor de Bladney Criddle

p = horas de luz por día expresadas como porcentaje del total anual.

t = es el promedio de temperaturas máximas y mínimas diarias en °C del mes examinado.

seguidamente se procedió a calcular la Etc con la siguiente formula escogiendo la Kc del cultivo. replazando en la siguiente formula:

$$Etc = Kc * Eto$$

Donde

Etc = evapotranspiración de cultivo.

Kc = coeficiente del cultivo.

Eto = evapotranspiración potencial o de referencia.

5.11. Diseño agronómico

En el diseño agronómico nos permitió determinar las necesidades hídricas totales del cultivo, el mismos se realizó con los cálculos de acuerdo al requerimiento hídrico de la planta previo balance hídrico, los datos obtenidos en el balance nos sirvieron para poder realizar los cálculos en las fórmulas que se muestran en el anexo 9 de acuerdo a las características del área del cultivo los cuales se remplazaron en las fórmulas utilizadas por (Carrazón. 2007).

5.12. Labores culturales

Las labores culturales se realizaron con la finalidad de evitar la proliferación de hierbas que puedan competir con el cultivo y afectar en su desarrollo estas labores consistieron en el deshierbe de las parcelas y el riego en cada una de estas.

El deshierbe dentro de las parcelas se realizó de forma manual para evitar que el cultivo tenga competencia por nutrientes, por otra parte, el deshierbe de los alrededores del a parcela se realizó con azadones al observar abundancia de hiervas las cuales fueron extraídas desde la raíz.

El riego se realizó de acuerdo al requerimiento hídrico del cultivo previo cálculo de un balance hídrico y tomando en cuenta las características de las dos cintas de goteo.

5.12.1. Cosecha

La cosecha se realizó manualmente utilizando una hoz a una altura del suelo de 5 cm, esta labor se realizó cuando las plantas de las parcelas en general se encontraban en un 10 % de floración ya que esa etapa es donde la planta tiene un alto porcentaje de proteínas y nutrientes y un mínimo de fibra. Las muestras se tomaron de un 1 m² de cada una de las unidades experimentales del centro de cada una de estas para evitar el efecto de borde, luego estas fueron embolsadas en bolsas nylon y llevada a laboratorio para su análisis y determinación del rendimiento en materia verde y materia seca.

5.13. Variables de respuesta

Las variables respuesta de este trabajo de investigación fueron obtenidos en el segundo corte, para evitar el efecto de otros factores de instalación al ser siembra nueva, podrían variar los datos del primer corte los cuales no serían representativos. Los datos fueron tomados en el periodo de febrero a marzo del 2022 los mismos fueron realizados de acuerdo a la metodología empleada.

Dentro de las variables de repuesta se tomaron los siguientes datos.

Altura de planta

Rendimiento materia verde

Rendimiento materia seca

Caudal

Coefficiente de uniformidad

Variables de costo/beneficio

5.13.1. Variables de repuesta en la planta

Las evaluaciones de las variables de respuesta se las realizaron cada semana, los meses de febrero, marzo para el segundo corte. La altura de planta, rendimiento en materia verde y materia

seca fueron obtenidas al realizar el corte respectivo. Cada variable de respuesta fue evaluada de diferente manera como se describe a continuación:

5.13.1.1. Altura de planta

La altura de planta se registró cada semana durante 2 meses, en la figura 8 se observa la forma de medición tomando tres plantas al azar por unidad experimental, midiéndose las plantas muestreadas desde la base de la corona hasta el ápice de la planta sin estirarlas para que no existan datos erróneos por apreciaciones equivocadas al momento de la medición

Figura 8
Recolección de datos



Medición de la variable altura de planta.

5.13.1.2. Rendimiento materia verde, materia seca

Para la determinación del rendimiento de materia verde se obtuvo de las muestras que se tomaron de un 1 m² de cada una de las repeticiones en el centro de las unidades experimentales para evitar el efecto de borde, luego estas fueron embolsadas y llevada a laboratorio para su análisis y determinación del rendimiento en materia verde el cual se obtuvo con la ayuda de una balanza de precisión en gramos la cantidad de cada unidad experimental, una vez obtenida la MV de cada UE se procedió a pesar 100 gr de esta, para luego poder meterlas en sobres de papel e introducirlas

a la mufla a una temperatura de 65 °c por el tiempo de 72 hrs hasta encontrar un peso constante el cual sería la materia seca, para ello los datos obtenidos se llevaron a la siguiente formula por Reyes (2010).

$$RSM = PHTM * \left(\frac{PSSM}{PHSM} \right) * 10$$

Donde:

RMS = Rendimiento de materia seca (tn/ha).

PHTM = Peso húmedo de la muestra (kg) del área de cosecha (m²).

PSSM = Peso seco de la submuestra (g).

PHSM = Peso húmedo de la submuestra (g).

10 = Factor de transformación (tn/ha).

Para la interpretación de esta variable necesariamente se debe hablar en unidades métricas de rendimiento Kg/Ha o Tn/Ha, esto no necesariamente quiere decir que se midió la totalidad de la superficie o Ha ya que solo son pequeñas unidades de muestreo la que se tomen en cuenta de la parcela en producción.

Figura 9
Toma de datos MV y MS



Determinación de la variable MS= materia secaMV=materia verde.

5.14 variables para riego

5.14.1 Volumen aplicado

En la tabla 1, se muestran valores del volumen aplicados por cada cinta de riego por goteo.

Tabla 1
Volumen de agua aplicado

Tipo de cinta	Qe (l/s)	Pc (br)	Qe (l/h)	Qe/t	Vc 1 y 2	N° citas	Vt*r (l)	Vt*r m ³	Va m ³	Z frecuencia 7 dias (mm)
Autocompensant	0,0002	0,3	0,73	0,42	13,86	10	138,6	0,14	1,12	6,93
turbulento	0,00015	0,3	0,57	0,33	10,89	10	108,9	0,11	0,88	5,44

Elaboracion propia: Volúmenes aplicados, Qe=caudal del emisor, Ve=volumen de emisor, Pc=presión de la cinta Z=lamina de riego, m3=metros cúbicos, l=litros, mm=milímetros, t=tiempo, Vt=volumen total.

Para la cinta autocompensante un emisor tubo un caudal de descarga de 0.000202 L/s y la cinta turbulenta de 0.000158 L/s, siendo estos un caudal por hora de 0.73 y 0.57 L/h respectivamente, la descarga de cada cinta fue de 0.42 y 0.33 L por un tiempo de riego (35min) a una presión del sistema de 0.3 bares.

Cada cinta consta de un largo de 10 m con una separación entre emisores de 0.30 m con 33 emisores cada cinta, por lo tanto, cada cinta emitía un volumen de 13.86 y 10.89 L respectivamente,

Por otra parte, cada sub unidad tiene 10 cintas en una superficie de 20 m², teniendo un volumen emitido para cada riego de 138.9 y 108.9 L respectivamente.

Por otra parte, en una frecuencia de riego de 7 días y en 8 eventos de riego se tuvo un volumen de 1120 L para la cinta autocompensante y de 880 L para la cinta turbulenta en una superficie de 20 m².

5.14.2 Lámina aplicada en el ciclo vegetativo

La cantidad de lámina aplicada en la investigación se calculó de acuerdo al caudal de cada cinta de goteo en función al tiempo de riego y requerimiento hídrico del cultivo como se muestra en la tabla 2, los valores se detallan a continuación.

Tabla 2
Lámina de agua

cinta de goteo	Zt (mm)	Z/riego (mm)
Autocompensante	56	6,93
Turbulento	44	5,44

Elaboracion propia: Zt=Lámina total, Z=lamina por riego.

5.14.3. Determinación del caudal de las cintas de goteo

Se determinó el caudal para cada sub unidad realizando mediciones en 3 repeticiones en tres lugares diferentes para cada cinta en un tiempo de 5 min sacando un promedio utilizando la siguiente formula: (Carrazón, 2007).

$$Q = \frac{V \text{ m}^3}{t \text{ s}}$$

Donde

Q = caudal

V = volumen

t = tiempo

5.14.4 Evaluación del coeficiente de uniformidad

Para la evaluación de la uniformidad de distribución se realizó mediante el método de pluviometría bajo la norma mexicana de 4x4 con 16 puntos de muestreo donde se instaló pluviómetros de un diámetro de 11.5 cm y una altura de 10cm instalándose al inicio, al 1/3, al 2/3

y al final en los laterales como en las cintas de cada sub unidad de riego, una vez instalado se puso en funcionamiento la evaluación se realizó en un tiempo de 5 min, los volúmenes obtenidos en los pluviómetros fueron recolectados en probetas graduadas para medirlo en mm y posteriormente llevados a mm/s, posterior a eso llevados a planillas Excel, de ahí que se seleccionaron los valores más bajos en un 25% del total de los valores obtenidos para luego emplear la siguiente fórmula para los datos recolectados:

Donde se aplica la fórmula propuesta por Merriam y Keller (1978). para hallar el coeficiente de uniformidad de caudales.

$$CU = \frac{1 - \text{prom}(xi - m)}{Xiprom} * 100$$

Donde

Xi-m = es la media del 25% de los valores más bajos de volúmenes de agua recibidos por las plantas, de todas las medidas realizadas en campo.

Xi = es la media de todos los volúmenes de agua recogidos en campo.

CU = coeficiente de uniformidad.

5.14.5. Evaluación de la uniformidad de distribución

Para la evaluación del coeficiente de uniformidad se realizó mediante el método de pluviometría bajo la norma mexicana de 4x4 con 16 puntos de muestreo donde se instaló pocillos de un diámetro de 11.5cm y una altura de 10cm instalándose al inicio, al 1/3, al 2/3 y al final en los laterales, de la misma forma se instalaron los pocillos a lo largo de las cintas. La evaluación se realizó en un tiempo de 5min los datos fueron obtenidos mediante probetas graduadas y registradas en planillas donde también se utilizó la siguiente formula:

$$UD = \left(\frac{q25\%}{qmed} \right) * 100$$

Donde

$q_{25\%}$ = es la media del 25% de los valores más bajos de volúmenes de agua recibidos por las plantas, de todas las medidas realizadas en campo.

q_{med} = es la media de todos los volúmenes de agua recogidos en campo.

UD = coeficiente de uniformidad de riego de la sub unida evaluada en campo.

5.15. Variable costo/beneficio

5.15.1. Análisis costos de producción

El análisis económico se realizó sobre la base del beneficio/costo (B/C), para las cintas de riego, para una superficie de 20 m².

Los costos fijos (CFa), fueron conformados, por el costo del establecimiento de la parcela, la compra e instalación del método de riego.

Los costos variables (CV) fueron estructurados por la operación del método de riego, donde el costo total (CT), se determinó por la suma de ambos costos.

$$CT = CFa + CV$$

Donde

CT : Costos totales

CFa : Costos fijos anuales

CV : Costos variables

Según Yupanqui (2006). A la red de conducción y todo el accesorio del método de riego fue asignada una vida útil de 8 años respectivamente, según las recomendaciones de fábrica, en cambio a la parcela fue asignada de 10 años de utilidad, donde el B/C fue analizado según las recomendaciones. citado por (Salazar, 2022).

El precio de campo de la Alfalfa se determinó según la recomendación hecha por Reyes (2001) extrayendo de cada unidad el precio de mercado, el costo de la cosecha, transporte y la

comercialización del producto, mediante la siguiente relación matemática: citado por (Salazar, 2022).

$$PCQ = PMQ - CU \text{ ctc}$$

Donde

PCQ : Precio de campo del producto.

PMQ : Precio de mercado del producto.

CU ctc : Costo unitario de cosecha, transporte y comercialización.

6. RESULTADOS Y DISCUSIONES

6.1. Producción de alfalfa

6.1.1. Altura de planta

En la tabla 3, se muestran los resultados obtenidos con el ANVA.

Para efectos de la evaluación del experimento se realizaron los análisis de varianza correspondientes y las pruebas de media Duncan o rango múltiple según el caso, considerando un valor de $P \leq 0.05$.

Tabla 3
Análisis de varianza altura de planta

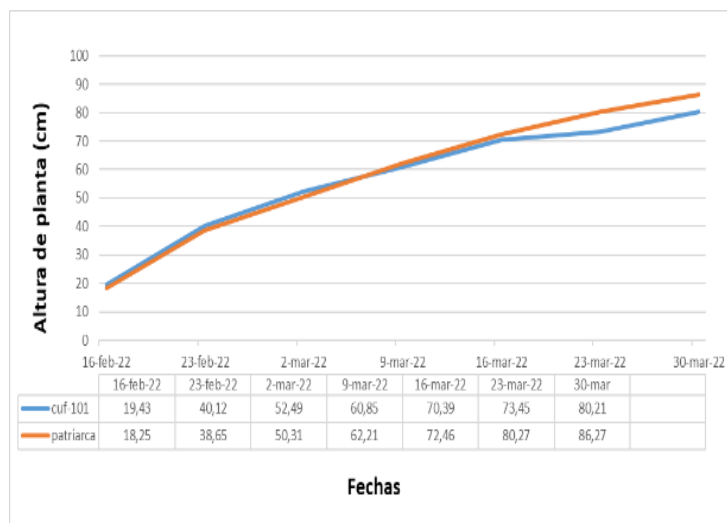
F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	1040,08	11	94,55	0,36	0,9392	
Bloque	228,96	4	57,24	0,98	0,5092	
Tipode cinta	190,65	1	190,65	3,25	0,1458	NS
Bloque*tipocinta	234,66	4	58,66	0,22	0,917	
Variedades	237,57	1	237,57	0,91	0,3679	NS
Cinta*variedad	148,24	1	148,24	0,57	0,4726	NS
Error	2087,17	8	260,9			
Total	3127,25	19				

Elaboración propia: FV= fuente de variación; *= significativo; **=altamente significativo ($p < 0.01$); NS= no significativo.

Analizando la tabla 3, con respecto a la variable altura de crecimiento no se detectó una diferencia significativa a un nivel ($p \leq 0.0$) en tipos de cinta de goteo, variedades y tampoco así en interacción (tipos de cinta por variedad) lo que indica que cada factor es independiente uno del otro

En la gráfica 1 nos muestra la altura en cuanto al crecimiento al segundo corte por semana, donde se puede observar una altura máxima de la variedad patriarca de 86.27cm y la variedad cuf-101 con 80,21 cm.

Grafica 1
Crecimiento de planta vs tiempo



Elaboración propia: Crecimiento de planta en el tiempo de evaluación segundo corte.

En la gráfica 1, se observa la tendencia en el crecimiento donde la variedad cuf-101 en las tres primeras semanas tiene un rebrote mayor o más rápido después de la cosecha a diferencia de la variedad patriarca. A medida que pasa el tiempo con los volúmenes emitidos por las cintas, la variedad cuf-101 detiene su crecimiento, pero la variedad patriarca continúa con la misma velocidad de crecimiento. Esto nos da a entender que la variedad cuf-101 retiene el crecimiento para poder incrementar en el desarrollo de las hojas, lo que se puede comprobar en el rendimiento de materia verde y materia seca a continuación.

Según Recabado y Vila (2008), indican que los elevados niveles de β -caroteno (precursores de la vitamina A) influyen en la producción de materia seca de hojas y tallos las cuales son gran alimento para el ganado el cual es menor en la mayoría de los pastos.

Se atribuye a la asimilación fotosintética de cada planta y la humedad presente en el suelo la cual proporciona beneficios sobre los tejidos del follaje (hoja y tallo) manteniéndose turgente, verde y grande lo cual refleja la calidad del forraje (Tarqui, 2005).

6.1.2. Rendimiento de materia verde

Tabla 4 ANVA para rendimiento en MV (kg/ha) de dos variedades de alfalfa con dos cintas de riego por goteo.

Tabla 4
Análisis de varianza para materia verde

F.V.	SC	gl	CM	F	P valor	Significancia
Modelo	245238,6	1	22294,42	0,77	0,6635	
Bloques	35492,7	4	8873,18	0,39	0,81	
tipo de cinta	46851,2	1	46851,2	2,04	0,2262	NS
bloques*tipcinta	91758,3	4	22939,58	0,79	0,5612	
Variedad	58536,2	1	58536,2	2,03	0,1925	NS
Cinta *variedad	12600,2	1	12600,2	0,44	0,5276	NS
Error	231234,6	8	28904,33			
Total	476473,2	19				
Cv	14,13					

Elaboración propia: FV= fuente de variación; *= significativo; **=altamente significativo; NS= no significativo.

En el trabajo realizado para la variable rendimiento en materia verde se obtuvo un coeficiente de variación de 14.13% lo que nos indica que los datos recolectados son confiables y fueron manejados adecuadamente.

Para esta variable no se detectó una diferencia significativa a un nivel ($p \leq 0.01$) en tipos de cinta de goteo, variedades y tampoco así en interacción de (tipos de cinta por variedad) lo que indica que cada factor es independiente uno del otro.

6.1.3. Rendimiento materia seca

Tabla 5 ANVA para rendimiento en MS (kg/ha) de dos variedades de alfalfa con dos cintas de riego por goteo.

Tabla 5
Análisis de varianza para materia seca

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	6,39	11	0,58	6,68	0,0061	
Bloques	0,13	4	0,03	0,28	0,8784	
tipo de cinta	0,08	1	0,08	0,7	0,4491	NS
bloques*tipocinta	0,45	4	0,11	1,3	0,3485	
Variedad	5,66	1	5,66	65,05	<0,0001	**
cinta*variedad	0,07	1	0,07	0,86	0,381	NS
Error	0,7	8	0,09			
Total	7,09	19				

Elaboración propia: FV= fuente de variación; *= significativo; **=altamente significativo; NS= no significativo.

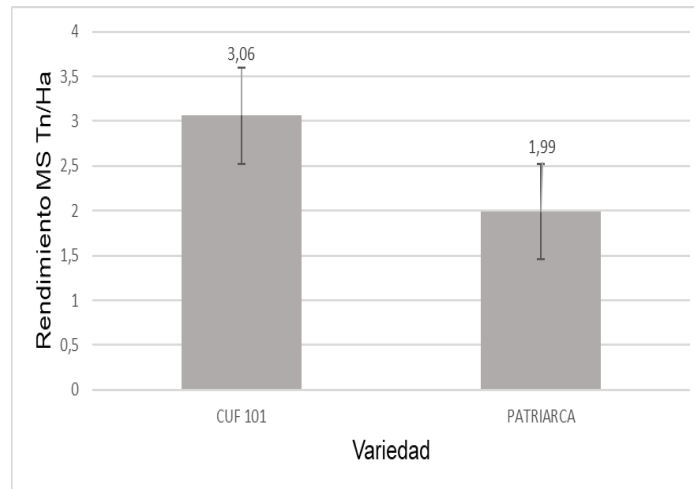
En la tabla 5, para la variable rendimiento en materia seca no se detectó una diferencia significativa a un nivel ($p\text{-valor} \leq 0.01$) en tipos de cinta de goteo y tampoco así en interacción de (tipos de cinta por variedad) pero si en el factor variedad lo que indica que cada factor es independiente uno del otro para la verificación de tal efecto se procedió a realizar la comparación de medias a través de la prueba Duncan para este factor.

El coeficiente de variación para esta variable fue de 11.68%, este valor al ser menor al 30%, los datos para esta variable fueron manejados de forma adecuada y son confiables.

En la gráfica 2, se presenta la comparación de medias Duncan, donde se muestra la variable rendimiento en materia seca con el factor variedad.

Grafica 2

Comparación de medias Duncan variedad /rendimiento de Materia seca



Elaboración propia: rendimiento de dos variedades en materia seca.

En la gráfica 2, se observa que la variedad cuf-101 tuvo una diferencia altamente significativa ($p \leq 0.01$) en rendimiento de MS con 3,06 t/ha, respecto a la variedad patriarca con 1.99Tn/Ha, dando da a entender que esta variedad se adaptó al ambiente y expreso su potencial genético quedando demostrado que esta variedad tiene más follaje llega a retener más sales minerales (sabia) por ende a tener mayor rendimiento, lo que por el contrario no sucedió así con la variedad patriarca.

Según Marchsner (1995) es esencial para la disolución y transporte de nutrientes en el ámbito radicular de la planta; el mismo que puede aver originado una mayor asimilación de nutrientes, para dar lugar a una mayor producción de materia seca. Citado por (Tazola, 2007).

En una investigación realizada en la estación experimental Patacamaya se obtuvo un rendimiento de 4.76 tn/ha MS con riego de 4 horas a campo abierto (Salazar, 2021).

En investigaciones realizadas por Tazola (2007) muestra resultados obtenidos en Viacha, con la aplicación de diferentes láminas de riego, hasta 10,4 tn/ha MS, logrados, en función a los diferentes tratamientos aplicados con láminas de riego. Este valor fue obtenido durante una campaña agrícola de 4 cortes.

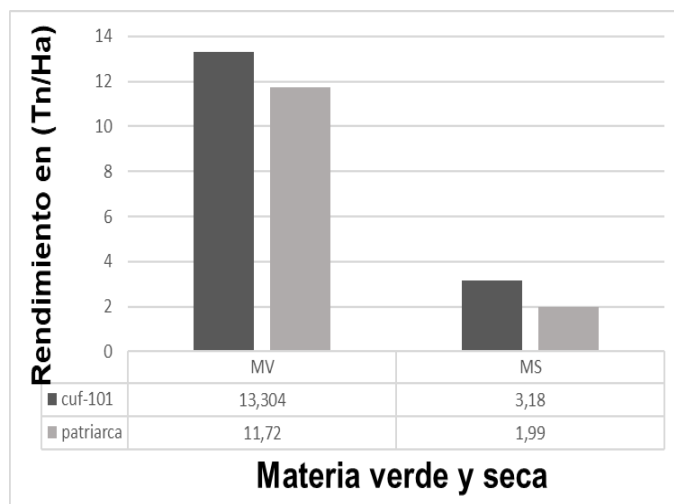
Según encuestas realizadas por el (INE 2010) indica que el rendimiento promedio anual a nivel La Paz fue de 6.397 Tn Ms/ha. Por su parte (MDRyT 2011) señala que los datos obtenidos del rendimiento promedio anual fueron de 6.321 Tn Ms/ha. citado por (Morales. 2012).

Por tanto, la importancia y utilidad de mantener la humedad y temperatura en el suelo nos brinda buenos rendimientos en el cultivo de alfalfa. Para la FAO (2010) un buen aprovechamiento de humedad por parte del cultivo tiende a dar buenos rendimientos.

En la grafica 3, se muestran la comparacion en el rendimiento en Tn/Ha de materia seca y verde para las dos variedades.

Grafica 3

Rendimiento de MV y MS de dos variedades



Elaboración propia: promedios de rendimiento en Tn/Ha de MV y MS.

En la figura 3, se muestra el rendimiento de las dos variedades en Tn/Ha, teniendo como resultados más significativos la variedad cuf-101=13.304 y 3.18 de materia verde y seca respectivamente, los resultados obtenidos se atribuyen a las capacidades de la variedad de utilizar el agua de una manera más eficiente, transformar y absorber los nutrientes para un buen desarrollo de la misma tomando en cuenta los factores ambientales en los que se establecieron ambas variedades.

Por otra parte, SEFO (2010) indica que los cultivos de alfalfa con buenas condiciones tienden a desarrollarse y crecer favorablemente produciendo un buen rendimiento en materia seca, importante para la conservación del forraje.

Al respecto Martínez (2005) reporta que el incremento del rendimiento se puede duplicar o inclusive cuadruplicar dependiendo del cultivo, la región y las condiciones que se le brinda.

Según la prueba de Duncan para método de riego sobre el rendimiento de biomasa foliar de alfalfa, primer corte, se puede observar que existe una superioridad del método de riego por goteo respecto al método por aspersión (Maquera, 2014).

6.2. Parámetros de evaluación del riego por goteo

Para la elección de una cinta de goteo, depende de la presión de trabajo, caudal, espesor de pared, esa información se tiene en las especificaciones técnicas de cada cinta, donde se muestra los coeficientes de uniformidad para diferentes usos de riego.

6.2.1. Coeficiente de uniformidad y coeficiente de distribución

6.2.1.1 Relación entre CD y UD de la cinta de goteo autocompensante

De acuerdo a Keller y Bliesner (2000) se recomienda los siguientes valores: $UD < 60\%$ ($CU < 75\%$) considerados bajos para cultivos extensos, así como forrajeras. $UD > 75\%$ ($CU > 84\%$) es recomendado para cultivos de alto valor.

En la tabla 6, se describen los resultados de la evaluación de los Coeficientes de Uniformidad de Christiansen (CU) y Uniformidad de distribución en el cuarto inferior (UDci), obtenidos de la cinta de goteo en 5 min de evaluación para determinar la pluviometría.

Tabla 6
Evaluación de UD y CU para cinta de riego autocompensante

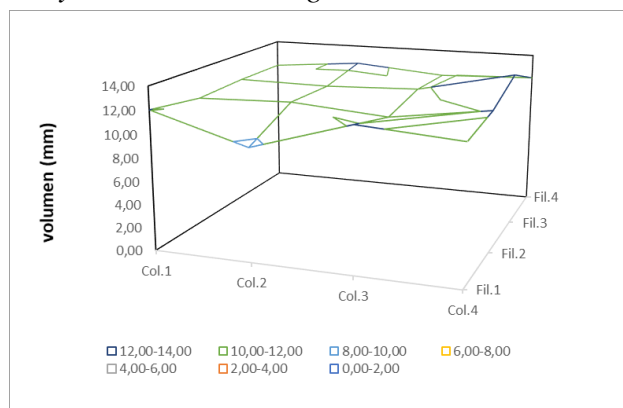
Caudal	UD (%)	CD (%)	Zb(mm)
0,00073m ³ /h	92,82	76,6	6,08

Elaboración propia: valores de comparación, CU=coeficiente de uniformidad y UD= uniformidad de distribución.

Observando los valores obtenidos en la evaluación de la sub unidad de riego se tiene un valor de UD>92.82% y un CU>76.6% estos valores de acuerdo con Keller y Bliesner (2000) se recomienda los siguientes valores UD > 75% (CU > 84%) es recomendado para cultivos de alto valor. Quiere decir que los valores que se observan estan en un rango aceptable y se puede decir que es recomendable utilizar esta cinta de riego por goteo para cultivos de alto valor.

En la gráfica 4, se muestra la forma de distribución del agua y los volúmenes aplicados realizados en la evaluación de pluviometría para la cinta autocompensante.

Grafica 4
Volumen aplicado y distribución del agua



Elaboración propia: distribución de volúmenes aplicado por la cinta autocompensante

6.2.1.2. Relación entre CD y UD de la cinta de goteo turbulento

En la tabla 7, se describen los resultados de la evaluación de los Coeficientes de Uniformidad de Christiansen (CU) y Uniformidad de distribución en el cuarto inferior (UD), obtenidos de la cinta de goteo turbulento en 5 min de evaluación por el método de pluviometría.

Tabla 7
Evaluación de UD y CU para cinta de riego turbulento

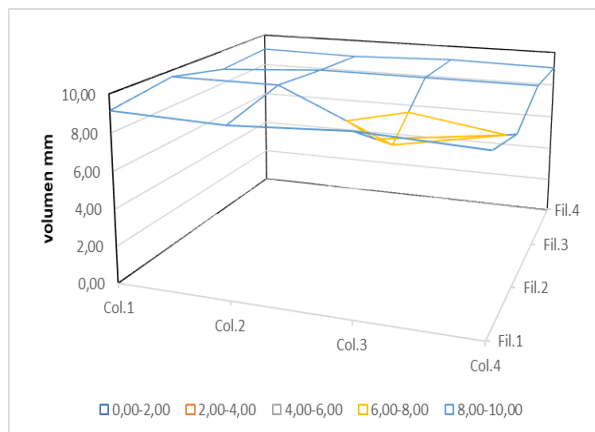
Caudal	UD (%)	CD(%)	Zb (mm)
0,00057m ³ /h	91,61	100	4,75

Elaboración propia: valores de comparación CU=coeficiente de uniformidad y UD= uniformidad de distribución. Zb=lamina bruta.

Observando los valores obtenidos en la evaluación de la sub unidad de riego se tiene un valor de UD>91.61% y un CU>100% se encuentra en el rango de excelente se puede decir que es recomendable utilizar esta cinta de riego por goteo para cultivos de alto valor.

En la siguiente figura 6, se muestra la forma de distribución del agua y los volúmenes aplicados realizados en la evaluación de pluviometría para la cinta turbulenta.

Grafica 5
Volumen aplicado y distribución del agua



Elaboración propia: distribución de volúmenes aplicado por la cinta turbulenta.

6.3. Análisis económico de los costos de producción

Los costos de producción de la alfalfa, bajo riego por goteo, fueron analizados con los costos fijos y costos variables en base al beneficio/costo.

6.3.1. Costos fijos y costos variables

Los costos fijos de la producción de alfalfa fueron conformados por los costos de establecimiento del ambiente, la adquisición e instalación del método de riego, en cambio los costos

variables de producción fueron conformados por los gastos en mano de obra, roturado, compra de insumos, los gastos de operación y el mantenimiento del método de riego.

6.3.1.1. Costos totales de producción

En la tabla 8, se observa los datos de los costos fijos, costos variables para cada cinta, variedad (tratamiento) y el costo total de producción.

Tabla 8
Costos variables y fijos para cada tratamiento.

Cinta de goteo	variedad	Cf(Bs)	Cv (Bs)	Ct(Bs)
cinta pc.	cuf-101	38,06	200,75	238,81
cinta pc.	Patriarca	38,06	189,75	227,81
Cintaturb.	cuf-101	43,73	200,75	244,48
Cintaturb.	Patriarca	43,73	189,75	233,48

Elaboración Propia: Cf=costo fijo, Cv=costo variable costo total=Ct.

En la tabla 8, se observa los costos totales de producción tomando en cuenta los costos fijos de adquisición e instalación del sistema de riego para ambas sub unidades tomando en cuenta la vida útil de los material, herramientas y accesorios donde se considerando un ciclo productivo de 8 cortes al año.

Por otra parte, tambien se observan los datos de costos variables por tratamiento para la producción de alfalfa, tomando en cuenta la determinación de la mano de obra, el cual se realizó en jornales, como también el costo de semillas, el costo total variable por tratamiento llega 200.75 Bs. para los tratamientos 1, 3 y de 189.75 Bs. para los tratamientos 2 y 4, para los cuales se tomó en cuenta el 10% de los imprevistos, tomando en cuenta las pérdidas a la cosecha.

6.3.1.2. Precio de venta

En la tabla 9, se muestran los datos de precios en campo extrayendo los precios de cosecha y comercialización.

Tabla 9
Precios de venta y comercialización

Especie	Bs/Kg	Precio de venta Bs/Kg		
		Transporte y comercialización	Mercado	Campo
alfalfa	Cosecha 0,1	0,14	2	1

Elaboración propia precios de venta en campo y mercado del cultivo de alfalfa.

6.3.1.3. Valor bruto de producción

En la siguiente tabla 10, se observa el valor bruto de producción realizado por tratamiento y en un área determinado por la investigación.

Tabla 10
Beneficio brutos de producción

Detalle	produccion total Kg/20m2	precio de venta (Bs)	Beneficio bruto (Bs)
cuf-101	489.6	2	979.2
patriarca	318.4	2	636.8

Elaboración propia: beneficio bruto de producción para los tratamientos.

El valor bruto o beneficio bruto está en función al precio de comercialización con el que conto la investigación para la superficie de estudio se observa que la variedad cuf-101 tiene el mayor o mejor beneficio con 55.56 bs de beneficio.

6.3.1.4. Ganancia neta

Tabla 11
Ganancia neta por tratamiento aplicado

Detalle	Beneficio bruto	Costo total	Ganancia neta
cuf-101	979.2	483.29	495.91
patriarca	636.8	461.29	175.51

Elaboración propia: ganancia neta de producción.

Observando los valores se puede decir que la ganancia neta es negativa puesto ya que se sabe que el riego por goteo es uno de los métodos más costosos en cuanto a su instalación y accesorios.

6.3.1.5. Relación beneficio/costo

En la siguiente tabla 11 se observa el beneficio costo para las variedades utilizando una cinta de goteo.

Tabla 12
Beneficio neto para tratamientos

Detalle	Beneficio bruto	Costo total	Beneficio neto
cuf-101	979.2	483.29	2
Patriarca	636.8	461.29	1.38

Elaboración propia: beneficio/Costo neto para tratamientos.

Para el análisis del Beneficio/costo, la tabla 12 muestra una mayor factibilidad económica de la producción con la variedad cuf 101 utilizando la cinta de goteo autocompensante, al registrarse un B/C de 2 esto quiere decir que por cada boliviano invertido se retribuye 1 bs por cada kilogramo de materia seca producida para la variedad cuf-101 y un B/C= 1,38 bs para la variedad patriarca, este dato se obtuvo considerando un ciclo productivo de 8 corte para ambas variedades.

7. Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos en el trabajo de investigación se llega a las siguientes conclusiones:

Al momento de realizar el análisis de varianza en altura de planta al utilizar dos tipos de cintas de riego por goteo en dos variedades de alfalfa, en cuanto a su altura de crecimiento al segundo corte no se encontró diferencias significativas.

Se observó que la variedad cuf-101 detiene su crecimiento llegando a tener una altura máxima de 80,21 cm y la variedad patriarca de 86.27cm con una lámina aplicada por la cinta autocompensante de 56 mm.

Para el rendimiento en materia verde no se encontró diferencia significativa en ninguna de los factores en análisis donde las medias para cada factor son relativamente iguales.

También se puede mencionar que para la interacción entre la cinta autocompensante y la variedad cuf-101 se tiene un rendimiento de 13.304 Tn/ha con una lámina de riego aplicada de 56mm lo que nos indica que esta variedad al retener su crecimiento y tener el agua disponible en el suelo lo utiliza para poder desarrollar la parte foliar.

Para la metería seca se pudo obtener resultados altamente significativos para el factor variedad donde los mejores rendimientos se lograron con la variedad cuf-101 con ambas cintas de riego y diferentes láminas de agua llegando a obtener un rendimiento de 3.18Tn MS/Ha con la cinta autocompensante y de 2.94Tn MS/Ha con la cinta turbulento, demostrando mejor rendimiento en las condiciones ambientales a los que se sometieron.

Por otra parte, mencionar que las láminas de riego aplicadas por cada cinta fueron diferentes, para la cinta autocompensante de 56mm y para la cinta turbulenta de 44mm.

En los parámetros de evaluación para las cintas de goteo autocompensante y turbulento presenta un coeficiente de uniformidad de 76.6% y de 100% respectivamente y una uniformidad de distribución de 92.82% y 91.61% respectivamente, estos valores indican el funcionamiento adecuado de las sub unidades, estos datos nos indican que el sistema de riego es adecuado para cultivos de alto valor y así también para forrajes.

La relación B/C para este estudio muestra una mayor factibilidad económica de la producción con la variedad cuf-101 utilizando la cinta de goteo autocompensante, al registrarse un B/C de 2 esto quiere decir que por cada boliviano invertido se retribuye 1 bs por cada kilogramo de materia seca producida para la variedad cuf-101, lo que resulta ser una remuneración económica significativa para el productor. este dato se obtuvo considerando un ciclo productivo de 8 corte para ambas variedades.

8. Recomendaciones

En función a los resultados y conclusiones realizadas en la investigación podemos realizar las siguientes recomendaciones.

Realizar un estudio de validación de los resultados obtenidos para verificar y comparar los mismos.

Realizar un estudio de un ciclo productivo en las mismas condiciones en superficies más grandes y en comunidades aledañas a la zona.

Realizar una investigación con variedades que ya hayan sido incorporadas en la zona o variedades mejoradas de Bolivia para determinar el comportamiento de las mismas.

Realizar investigaciones a campo abierto con las mismas variedades que se utilizaron en esta investigación para dar mayores alternativas en cuanto a variedades.

Para la instalación de este sistema de riego las instalaciones de las líneas primarias secundarias deben estar fijas y utilizar un cabezal de fertirrigación para la incorporación de abonos líquidos que permitan mejorar los rendimientos y así elevar el beneficio/costo para los productores.

9. Revisión bibliográfica

Anailys Aguilera , D. (2017). El costo-beneficio como herramienta de decisión en la inversión en actividades científicas. *Cofín Habana*, 329.

Bosque Sanches, H. D., Taboada Belmonte, G. C., Aparicio Porres, j. J., Qiroga Sossa, M., Quiroga Agilar, J., Huanca Aruquipa , M. D., . . . Morales Alcon, V. (2014). Cultivos de alfalfa en ele altiplano norte (municipio de pucarani). *Instituto de Investigacion Agropecuaria y Recursos Naturales (IIAREN)*, 10.

Caiza Campo, M. C. (2021). Evaluación del efecto de un repolarizador celular a diferentes concentraciones, en el cultivo de alfalfa (*Medicago sativa* var. CUF 101), a través de parámetros productivos. *Trabajo de Titulación modalidad Proyecto de Investigación*. UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR, Quito.

Callisaya Catari, J. C. (2018). “APLICACIÓN DE TRES LÁMINAS DE AGUA CON RIEGO POR ASPERSIÓN EN EL CUTIVO DE LA ALFALFA EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE CHOQUENAIRA - LA PAZ”. *Tesis de grado*. UMSA, La paz.

Carrazón Allocén, J. (2007). *Manual práctico para el diseño de sistemas de minirriego*. Impresiones Industriales.

Chucya P., (2008). Diseño hidráulico. Proyecto subsectorial de riego - PSI. Visitado: febrero, 2014. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/6739600/DisenoHidraulico-Ing#logout>

Cespedez A paza , R. (2020). *EVALUACION DE LA PRODUCCION Y LA CALIDAD NUTRITIVA DE LA CEBADA (*Hordeum vulgare*) COMO FORRAJE VERDE, CON LA ALICACION DE RIEGO Y BIOL EN LA ESTACION EXPERIMENTAL CHOQUENAIRA*. Universidad Mayor de San Andres, La paz, Bolivia.

Cisneros Almanza , R. (2005). *APUNTES DE LA MATERIA DE RIEGOS Y DRENAJE*. SAN LUIS POTOSI.

Cisneros Almanza, R. (2003). *APUNTES DE LA MATERIA DE RIEGO Y DRENAJE*. CENTRO DE INVESTIGACION Y ESTUDIOS DE POSGRADO Y AREA AGROGEODÉSICA, SAN LUIS POTOSI.

Condori, J. (s.f.). Produccion y manejo de la alfalfa (*Medicago sativa* L.) bajo los sistemas tradicionales y tecnicos en dos comunidades de la provincia ingavi- La paz . *Tesis de grado*. UMSA, La paz.

Cowder , L. (1960). Gramineas y leguminosas. *Boletin tecnico*. Ministerio de agricultura, Bogota, Colombia.

FAO (Organización de la Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación), 2008. Riego y Drenaje: Evapotranspiración del cultivo. N°, 56. Roma, Italia. 276 p.

FAO. (2010). Las principales hortalizas de hoja. *Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación*, 429.

Fernández R., et al., 2010. Manual de riego para agricultores: modulo 4. Riego localizado. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. Sevilla – España. 154 p.

Fimbres Fontes, A., & Navarrete Miranda, J. R. (2010). Efecto del agu y nitrogeno en alfalfa (*Medicago sativa*) bajo riego por goteo. *BIOTecnica*, 36.

Flores Delgado, D. F. (2015). LA ALFALFA (*Medicago sativa*): ORIGEN, MANEJO Y PRODUCCIÓN. *CONEXAGRO JD*, 30.

García M., et al., 2010. Curso de riego y drenaje: riego localizado., facultad de agronomía. Montevideo UY. Consultado 19-03-2014. Disponible en: <http://www.fagro.edu.uy/~hidrologia/riego/RIEGO%20LOCALIZADO.pdf>

Garrido Agilar, R. G. (2020). PROPUESTA DE UN SISTEMA DE RIEGO PRESURIZADO SEMI AUTOMATIZADO PARA MEJORAR LAS CONDICIONES CLIMATICAS EN

PRODUCCION DE HORTALIZAS EN INVERNADERO. *PROYECTO DE INVESTIGACION*.

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA, PUYO, ECUADOR.

Hualla Limachi, L. (2019). SISTEMA DE RIEGO TECNIFICADO.

INE. (2013). Ficha resumen censo agropecuario. *Censo agropecuario*. BOLIVIA.

INEGI. (2012). *Importancia y distribución de los cultivos perennes en los Estados Unidos Mexicanos. Censo Agropecuario 2007*. Guadalajara, Mexico: INEGI.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICAS , I. (2013). CENSO AGROPECUARIO. *FICHA RESUMEN CENSO AGROPECUARIO*. BOLIVIA.

jain irrigation . (2020). *naandanjain*. Obtenido de jain irrigation: www.naandanjain.com

Laura Apaza, G. (2014). COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO RELACIONADO A LA UNIFORMIDAD DE APLICACIÓN MEDIANTE EL MÉTODO DE RIEGO POR GOTEO EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE CHOQUENAIRA. *TESIS DE GRADO* . UMSA, LA PAZ , BOLIVIA.

Laura Apaza1., G., & López Blanco1, C. (2016). EVALUACIÓN DE LA UNIFORMIDAD DE UN SISTEMA PRESURIZADO DE RIEGO POR GOTEO PARA CULTIVOS DE ZONAS ALTO-ANDINAS DE BOLIVIA. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 8.

MAQUERA MOLLINEDO, L. A. (2014). “EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL SISTEMA DE RIEGO TECNIFICADO EN EL CULTIVO DE ALFALFA (*Medicago sativa* L.) EN VILCALLAMI-JULI”. *tesis de grado*.

Martinez, J. (s.f.). *Acolchado en Hortalizas*. Facultad de Agronomía, La paz.

Mendoza A., 2013. Riego por goteo. CENTA (centro nacional de tecnología agropecuaria y forestal). El Salvador. Visitado marzo 2014. Disponible en: <http://centa.gob.sv/docs/guias/riego/Riego%20por%20Goteo%202013>.

Meneses, R., Waaijbergen, H., & Piérola, L. (1996). Las leguminosas en la agricultura boliviana: revisión de información (No. 635.65 L521). Proyecto Rhizobiología Bolivia (CIAT-CIF-PNLG-CIFP-WAU), Cochabamba (Bolivia).

Montemayor Trejoa, J. A., Aguirre Aguiluz, H. W., Olague Ramírez, J., Román López, A., Rivera González, M., Preciado Rangel, P., . . . Yescas Coronado, P. (2010). Uso del agua en la alfalfa (*Medicago sativa*) con riego por goteo subsuperficial. *Rev Mex Cienc Pecu*, 147.

Morales Mamani, A. M. (2012). COMPORTAMIENTO DE 12 VARIEDADES DE ALFALFA (*Medicago sativa*) BAJO COBERTURA DE POLIETILENO, EN QUIPAQUIPANI, PROVINCIA INGAVI DEL DEPARTAMENTO DE LA PAZ. *Tesis de grado*. UMSA, La Paz.

PTDI, P. T. (2016-2020). GOBIERNO AUTÓNOMO MUNICIPAL DE PATACAMAYA. Patacamaya-La Paz.

Plevich, J., Delgado, A., Saroff, C., Tarico, J., Crespi, R., & Barotto, O. (2012). El cultivo de alfalfa utilizando agua de perforación, agua residual urbana y precipitaciones. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 4.

Rocabado, M., & Vila, J. (2008). "Cultivo de alfalfa dormante en regiones de la puna de Bolivia". 5-10.

Salazar Argandoña, W. R. (2022). EFECTO DE DOS LÁMINAS DE RIEGO POR ASPERSIÓN SOBRE LA PRODUCCIÓN DE ALFALFA (*Medicago sativa* L.), EN DIFERENTES CORTES EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL PATACAMAYA. *Tesis de grado para optar al grado de ingeniero agronomo*. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.

Santos Pereira, L., de Juan Valero, J. A., Picornell Buendía, M. R., & Tarjulo Martín-Benito, J. M. (2010). *EL RIEGO Y SUS TECNOLOGÍAS*. Lisboa: Editora Europea-America.

Saldarriaga J., 2008. Hidráulica de tuberías. Ed Alfa omega.

SEFO. (2010). Compendio electrónico de publicaciones del CIF “La Violeta”. *Centro de investigación en forrajes*.

Tarqui, M. (2005). Efecto del riego por aspersión en el establecimiento y producción de tres variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en dos métodos de siembra en la estación experimental Belén”. *Tesis de grado*. Universidad Mayor de San Andres, La paz.

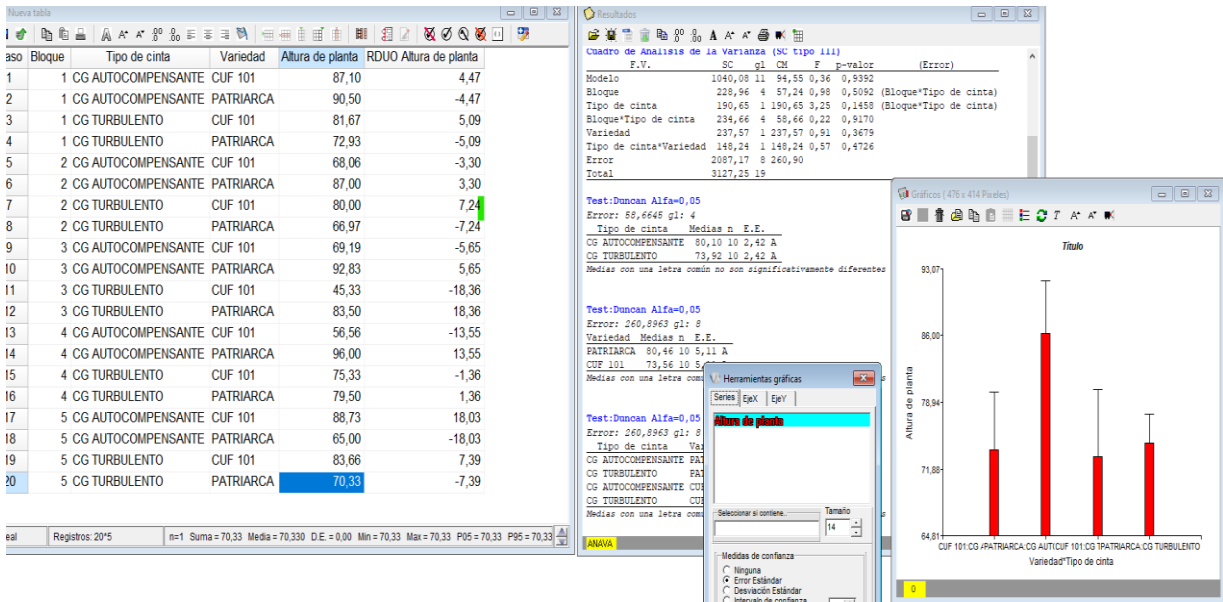
Tarjuelo J., et al., 2010. El riego y sus tecnologías. Lisboa, Portugal. 296 p. Vermeiren L. Y Jobling, G. A. 1986. Riego Localizado. Estudio FAO No. 36. Roma, Italia.

Tazola Quispe, V. (2007). EVALUACION DE LA PRODUCCION DE UNA PRADERA DE ALFALFA(*Medicago sativa* l.)ASOCIADA CON FESTUCA *Festuca arundinaceae* Scherb.) BAJO DIFERENTES LAMINAS DE RIEGOY PROFUNDIDADES DE APLICACION DE FOSFORO EN CHOQUENAIRA(Viacha prov. ingavi). *Tesis de grado*. UMSA, La paz.

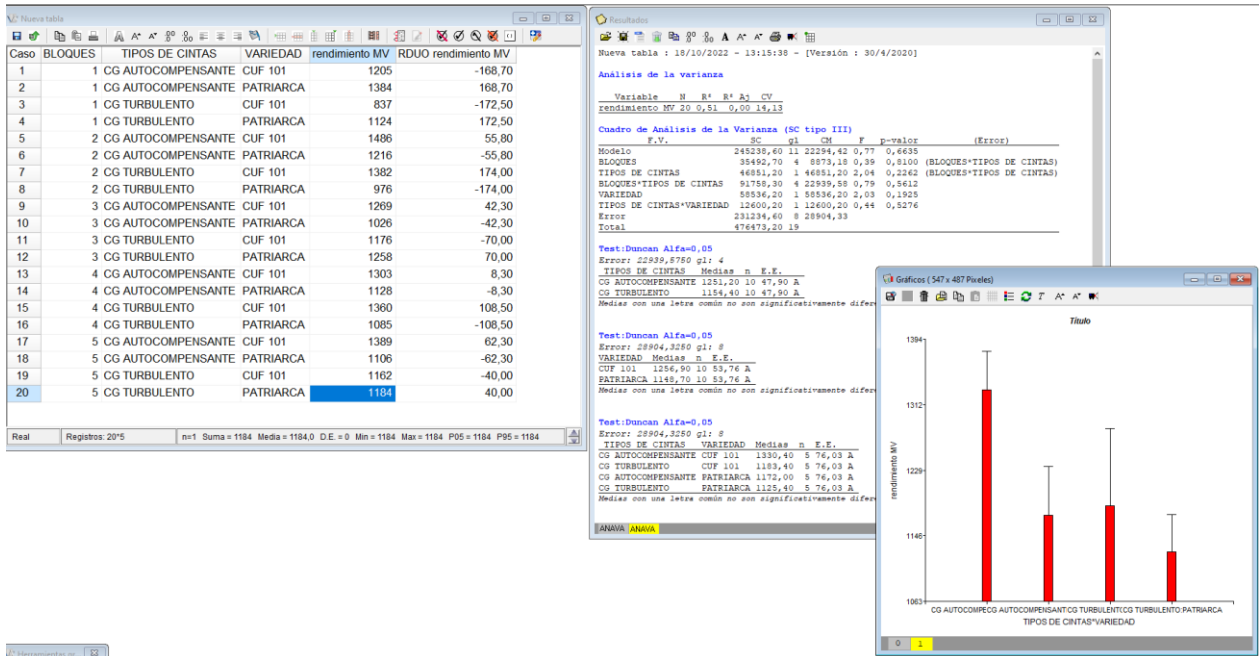
Torres Mamani , M. (2010). Influencia del estiercol de ovino en el rendimiento de materia seca en cuatro variedades de alfalfa (*medicago sativa* l.) quipaquipani, viachA. *Tesis de grado*. Universidad Mayor de San Andres, La paz, Bolivia.

ANEXOS

Anexo 1 Análisis de varianza altura de planta. programa infostad

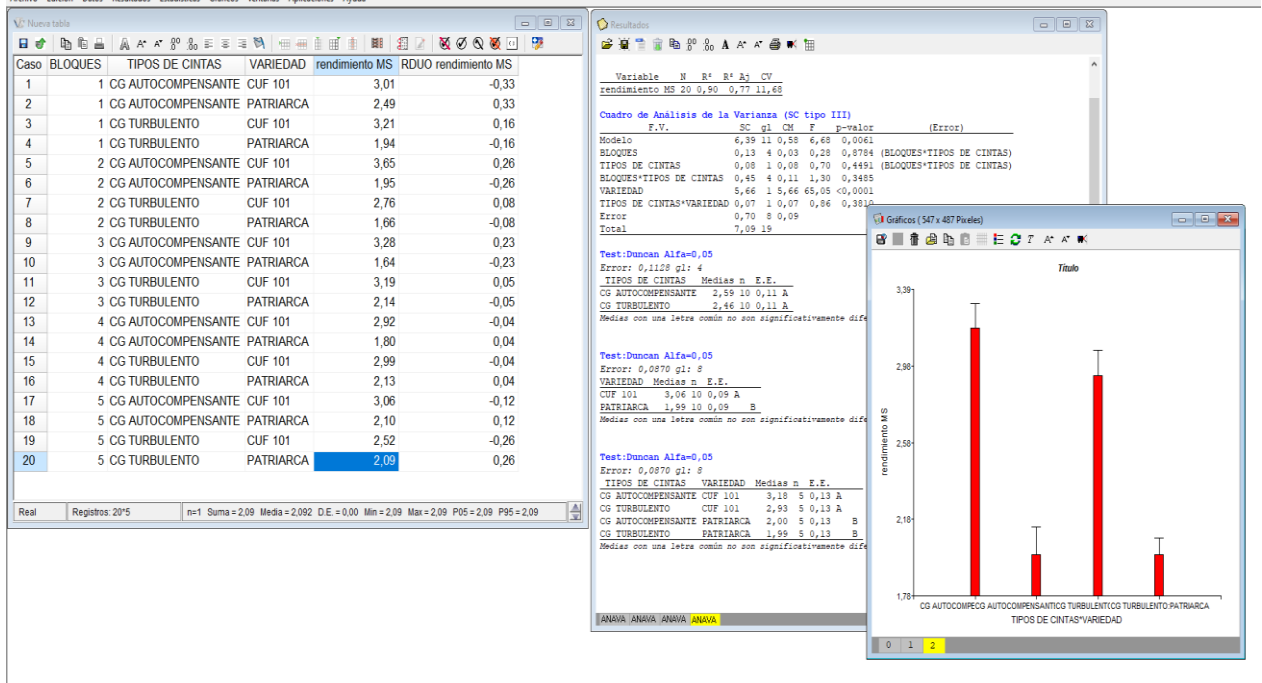


Anexo 2 Análisis de varianza rendimiento materia verde. programa infostad



Anexo 3

Análisis de varianza rendimiento de materia seca. programa infostad



Anexo 4

Excel para pluviometría en cinta de goteo turbulento

N	Sin ordenar X (mm)	Ordenados Xi (mm)	m	Xi - m	
1	9,15	9,63	8,96	0,67	
2	9,63	9,63	8,96	0,67	
3	8,86	9,25	8,96	0,29	
4	9,05	9,25	8,96	0,29	
5	8,96	9,25	8,96	0,29	
6	9,63	9,25	8,96	0,29	
7	9,25	9,15	8,96	0,19	
8	8,96	9,15	8,96	0,19	
9	9,25	9,05	8,96	0,09	
10	6,94	9,05	8,96	0,09	
11	9,25	8,96	8,96	0,00	
12	9,15	8,96	8,96	0,00	
13	8,96	8,96	8,96	0,00	
14	8,09	8,86	8,96	-0,10	
15	9,25	8,09	8,96	-0,87	
16	9,05	6,94	8,96	-2,02	
17	0,00				
18	0,00				
19	0,00				
20	0,00				
Promedio		8,96		0,00437	
		143,43			
Promedio		8,96			
# Pluviómetros		16			
#Pluviometro 25%		4			

	Caudal de la cinta	0,57 l/h	0,00057 m3/h
	Tiempo de aplicación	0,5 h	
Espaciamiento entre emisores	0,3 m		
espaciamiento entre cintas	0,2 m		
Ip=	0,0095 m/h	9,50 mm/h	
Zb=	4,75 mm	Zb= Ta*Ip	
Uniformidad de distribución	UD = (x.inf/Prom.total)*100		
	UD=	91,61 %	
Coficiente de uniformidad	CU= 100*(1-prom(Xi-m))/prom		
	CU=	100,0 %	

Anexo 5

Excel para pluviometría de la cinta PC

Excel para pluviometría de la cinta PC

N	Sin ordenar	Ordenados Xi (mm)	m	Xi - m				
1	12,04	13,58	8,96	4,62	Promedio	11,69		
2	11,37	12,27	8,96	3,31	# Pluviometr	16		
3	11,56	12,17	8,96	3,21	#Pluviometr	4		
4	11,56	12,14	8,96	3,18	Promedio 1/4 inferior	10,85 mm		
5	9,63	12,04	8,96	3,08				
6	11,62	11,85	8,96	2,89				
7	11,46	11,75	8,96	2,79				
8	12,26	11,62	8,96	2,66	caudal del emisor	0,73 l/h	0,00073 m3/h	
9	12,17	11,56	8,96	2,60	Tiempo de aplicación	0,5 h		
10	10,95	11,56	8,96	2,60	Espaciamiento entre emisores	0,3 m		
11	11,75	11,56	8,96	2,60	espaciamiento entre cintas	0,2 m		
12	11,56	11,56	8,96	2,60	$Ip=qs/EI*Eg$	$Ip= 0,0122$ m/h	12,17 mm/h	
13	11,56	11,46	8,96	2,50	$Zb= Ta*Ip$	$Zb= 6,08$ mm		
14	12,14	11,37	8,96	2,41				
15	13,58	10,95	8,96	1,99	Uniformidad de distribución	$UD = (x.inf/Prom.total)*100$		
16	11,85	9,63	8,96	0,67				
17	0,00				UD=	92,82 %		
18	0,00							
19	0,00							
20	0,00				Coefficiente de uniformidad	$CU= 100*(1-prom(Xi-m))/prom$		
Promedio		11,69		2,73188				
		187,07			CU=	76,6 %		

Anexo 6

Costosa fijos para la cinta turbulenta

Detalle cinta turbulento	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (Bs)	costo total (Bs)	año de vida util	costo fijo (Bs)
tanque	conjunto	1	300	300	15	20
politubo 1"	metros	6	5,5	33	10	3,3
filtro de anillas 1"	conjunto	1	130	130	10	13
llave de paso 1"	pieza	1	25	25	10	2,5
llave con union universal 1"	pieza	3	45	135	10	13,5
gromed	pieza	20	2	40	10	4
conector con llave	pieza	20	12	240	10	24
cinta de riego turbulento	metros	100	1,3	130	10	13
terminales de cinta	pieza	20	3	60	10	6
teflon	piezas	12	2	24	10	2,4
barra de pvc 1"	barra	1	75	75	10	7,5
tapon de 1"	pieza	2	5	10	10	1
tee 1"	pieza	2	10	20	10	2
codo 1"	pieza	2	10	20	10	2
Costo total de la red de conduccion y distribucion				1242		114,2
Total depreciacion anual						114,2
Numero de meses						12
Depreciacion mensaul						9,51666667
Ciclo de produccion						8
Costo fijo total						76,133333

Anexo 7

Costos variables para la variedad cuf-101

costos variables				
C costos de forraje				
variedad cuf-101				
Detalle variedad cuf-101	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total
semilla (cuf-101/patriarca)	Kg	1	200	200
roturado	Jornal	1	50	50
rastreado surcado	Jornal	1	50	50
siembra chorrocontinuo	Horas /Trabajo	1	15	15
deshierbe	Jornal	1	25	25
cosecha	Jornal	1	25	25
total costos variable parcial				365
impresvistos 10%				36,5
total costos variables				401,5

Anexo 8

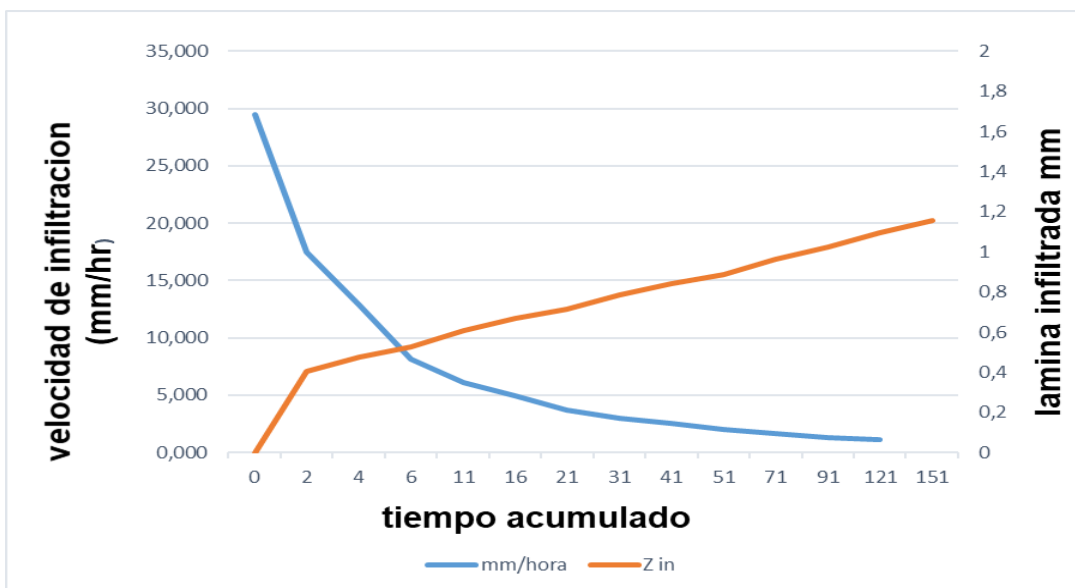
Costos variables para la variedad patriarca

Detalle variedad patriarca				
semilla	Kg	1	180	180
roturado	Jornal	1	50	50
rastreado surcado	Jornal	1	50	50
siembra chorrocontinuo	Horas /Traba	1	15	15
deshierbe	Jornal	1	25	25
cosecha	Jornal	1	25	25
total costos variable parcial				345
impresvistos 10%				34,5
total costos variables				379,5

Anexo 9
Diseño agronómico Nt, Fr, Tr.

Diseño agronomico					
Nn = Etc -PPEf					
ppef = 0					
Etc critico =		5,66	mm/dia		
NECESIDADES TOTALES					
N TOTAL =	$Nn/((1-K)*CU)$				
Nn =	necesidad neta (mm/dia)				
k =	perdida por eficiencia		0,1		
CU =	coeficiente de uniformidad		90%		
N Total =	6,987654321	mm/corte			
FRECUENCIA DE RIEGO =	N total/Etc				
FRECUENCIA DE RIEGO =		1,23	dias		
	asumido	1	dias		
tiempo de riego =	$(ETc/1000)/(qe*N/(Ep*Eh))$				
Etc =	evapotranspiracion del cultivo (mm/dia)				
qe =	caudal del emisor de la cinta de goteo	0,7	lt/h	0,0007	m3/h
N =	numero de emisores	1			
Ep =	distancia entre plantas	0,05	m		
Eh =	distancia entre hileras	0,2	m		
		0,08086	horas=	4,85143	min

Anexo 10
Velocidad de infiltración



Anexo 11
Características técnicas en catálogo de la cinta PC

Nombre del producto	Espesor de pared (mm)	OD (mm)	ID (mm)	Caudal nominal (l/h)	Rango de regulación de presión (bar)	Presión máxima (bar)	KD	Tipo de conector
NaanPC 16/1.1	0.90	15.7	13.9	1.2	0.5-3.0	3.0	0.7	Conexión dentada 16
	1.00	15.9		1.2	0.5-3.5	3.5	0.7	
	1.15	16.2		1.1	0.5-3.5	3.5	0.7	
NaanPC 16/1.6	0.90	15.7	13.9	1.6	0.5-3.0	3.0	0.7	
	1.00	15.9		1.6	0.5-3.5	3.5	0.7	
	1.15	16.2		1.6	0.5-3.5	3.5	0.7	
NaanPC 16/2.2	0.90	15.7	13.9	2.3	0.5-3.0	3.0	0.7	
	1.00	15.9		2.3	0.5-3.5	3.5	0.7	
	1.15	16.2		2.2	0.5-3.5	3.5	0.7	
NaanPC 16/3.5	0.90	15.7	13.9	3.5	0.7-3.0	3.0	0.7	
	1.00	15.9		3.5	0.7-3.5	3.5	0.7	
	1.15	16.2		3.5	0.7-3.5	3.5	0.7	
NaanPC 20/0.95	1.00	19.7	17.7	0.95	0.7-3.0	3.0	0.9	Conexión dentada 20
	1.20	20.1		0.95	0.7-3.5	3.5	0.9	
NaanPC 20/1.6	1.00	19.7	17.7	1.6	0.5-3.0	3.0	0.9	
	1.20	20.1		1.6	0.5-3.5	3.5	0.9	
NaanPC 20/2.2	1.00	19.7	17.7	2.3	0.5-3.0	3.0	0.9	
	1.20	20.1		2.2	0.5-3.5	3.5	0.9	
NaanPC 20/3.8	1.00	19.7	17.7	4.0	0.5-3.0	3.0	0.9	
	1.20	20.1		3.8	0.5-3.5	3.5	0.9	

16 mm

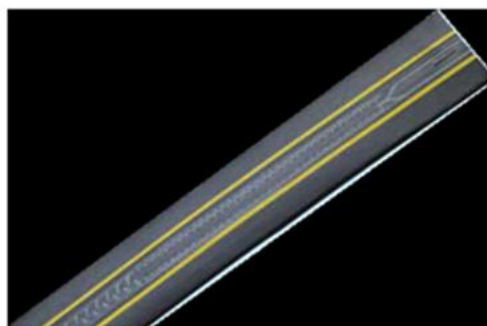


1.1 l/h



Anexo 12
Características técnicas en catálogo de la cinta turbulenta

TURBO TAPE Datos Técnicos.						
Diámetro Nominal (mm)	Espesor de Pared		OD (mm)	ID (mm)	Máxima presión de trabajo (bar)	Máxima presión de lavado (bar)
	(mm)	(mil)				
12	0.15	6	12.1	11.8	1.1	1.7
12	0.20	8	12.2	11.8	1.5	2.3
12	0.25	10	12.3	11.8	1.8	2.7
12	0.30	12	12.4	11.8	2.2	3.3
12	0.38	15	12.6	11.8	2.7	4.1
12	0.45	18	12.7	11.8	3.3	5.0
12	0.50	20	12.8	11.8	3.6	5.4
12	0.60	24	13.1	11.8	4.5	6.8
16	0.13	5	16.15	15.9	0.6	1.0
16	0.15	6	16.2	15.9	0.6	1.2
16	0.20	8	16.3	15.9	1.1	1.7
16	0.25	10	16.4	15.9	1.4	2.1
16	0.30	12	16.5	15.9	1.6	2.4
16	0.38	15	16.7	15.9	2.0	3.0
16	0.45	18	16.8	15.9	2.4	3.6
16	0.50	20	16.9	15.9	2.7	4.1
16	0.60	24	17.2	15.9	3.4	5.1



TURBO TAPE Caudales y Separación				
Distancia entre Salidas (cm)	Caudales a 0.7 bar		Caudales a 1 bar	
	l/h/100m	l/h/outlet	l/h/100m	l/h/outlet
0.50 l/h a 0.7 bar				
10	500	5.9	0.5	0.59
15	330	3.9	0.5	0.59
20	250	2.9	0.5	0.59
30	170	2.0	0.5	0.59
0.85 l/h a 0.7 bar				
10	850	10.0	0.85	1.00
15	570	6.7	0.85	1.00
20	430	5.0	0.85	1.00
30	280	3.3	0.85	1.00
0.95 l/h a 0.7 bar				
10	950	11.2	0.95	1.12
15	630	7.5	0.95	1.12
20	480	5.6	0.95	1.12
30	320	3.7	0.95	1.12
1.1 l/h a 0.7 bar				
10	1100	13.0	1.1	1.30
15	730	8.6	1.1	1.30
20	550	6.5	1.1	1.30
30	370	4.3	1.1	1.30

