

CAPITULO I

1. INTRODUCCION

La cebolla (*Allium cepa*, L) es una de las hortalizas de mayor consumo en Bolivia. El negocio de la cebolla representa un movimiento anual de 93 mil toneladas aproximadas al año en una superficie de 9409 ha, su comercialización genera un valor aproximado de 13 a 15 millones de dólares anuales.

El agua es un recurso que los últimos años se fue más escaso, debido a los cambios climáticos por lo cual se tuvo que buscar alternativas del manejo adecuado del agua. El recurso agua está sometido a una demanda cada vez más incrementada en su volumen requerido, ya sea para abastecimiento urbano, industrial y agrícola.

En la actual producción de cebolla en la Zona Del Rio San Juan Del Oro una de las debilidades que se presentan es que no se optimiza el uso del agua, ya que actualmente se utiliza un sistema tradicional donde se desperdicia grandes volúmenes, esto sumado a la disminución cada vez mayor de la disponibilidad de agua para riego, hace ver la necesidad de optimizar más, es decir hacer más eficiente el riego en los cultivos.

Los riegos tecnificados son utilizados para la optimización de agua según INTA, la variación de la eficiencia en función del método de riego es de la siguiente manera riego por gravedad 30 – 70%, por aspersión 80 – 85 %, por goteo mayor a 90 %.

Tomando en cuenta estos antecedentes, se ha visto la necesidad de probar la efectividad del método de riego por goteo en el cultivo de cebolla, como principal cultivo de la zona de Rio San Juan del Oro, como una alternativa para optimizar el uso de agua.

1.2 JUSTIFICACION

En la zona de Rio San Juan Del Oro, debido al cambio climático se produjo una disminución importante en los principales caudales de abastecimiento de agua que son destinados para la agricultura por lo tanto se produjo un problema importante en la zona.

Por lo cual se debe buscar formas de utilizar el agua eficientemente, uno de ellos métodos de riego tecnificados que ayuden a utilizar eficientemente el agua.

Con el presente trabajo se buscará generar información sobre cómo se comportaría el cultivo de la cebolla utilizando el método de riego por goteo y en qué medida se podría optimizar el uso del agua, información que sería de mucha utilidad para los productores de cebolla de la zona.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Comparar el rendimiento productivo de dos variedades de cebolla (sivan y mizqueña) utilizando dos métodos de riego (goteo y gravedad) en la zona del Rio San Juan Del Oro.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Comparar el rendimiento de la cebolla, mediante la producción con cada método de riego (goteo y gravedad) con cada variedad (sivan y mizqueña).

- Desarrollar un diagnóstico de la cantidad de agua utilizada en cada método de riego (goteo y gravedad).
- Realizar un análisis económico costo beneficio en cada método de riego (goteo y gravedad).

1.4. HIPOTESIS

La implementación de un método de riego por goteo en el cultivo de cebolla en la zona del Rio San Juan Del Oro mejorará el aprovechamiento eficaz de agua, lo cual repercutirá en la disminución de cantidad de agua utilizada y una mayor producción.

CAPITULO II

2. MARCO TEORICO

2.1. ORIGEN DE LA CEBOLLA

Según. (Montes y Holle 1990, Sarita 1991, Acosta et al. 1993). El origen primario de la cebolla se localiza en Asia central, y como centro secundario el Mediterráneo, pues se trata de una de las hortalizas de consumo más antigua. Las primeras referencias se remontan hacia 3.200 a.C. pues fue muy cultivada por los egipcios, griegos y romanos. Durante la Edad Media su cultivo se desarrolló en los países mediterráneos, donde se seleccionaron las variedades de bulbo grande, que dieron origen a las variedades modernas. La distribución en América, fue introducida por los viajeros colonizadores en el 1492.

2.2. LA CEBOLLA EN BOLIVIA

En Bolivia se desarrolla aclimatada en casi todas las zonas geográficas, con preferencia en los valles y quebradas húmedas, protegidas y de clima templado (Chuquisaca, Cochabamba, Tarija, Valle grande, etc.).

2.3 CLASIFICACIÓN TAXONOMICA DE LA CEBOLLA

Según (Reis 1982), a la cebolla (*Allium cepa L.*), le corresponde la siguiente clasificación taxonómica:

Reino: Vegetal.

Phylum: Embriofita.

División: Tracheophyta.

Sud División: Anthophyta.

Clase: Angiospermae.

Orden: Liliiflorales.

Familia: Liliaceae

Nombre científico: *Allium cepa L.*

Nombre común: Cebolla

2.4 MORFOLOGÍA Y ANATOMÍA DE LA CEBOLLA

2.4.1 Genética

La genética determina el comportamiento básico y la apariencia de toda variedad. Si bien el ambiente y las prácticas culturales interactúan con la genética para determinar el rendimiento final. La genética es la que sienta la base para cualidades tales como tamaño del bulbo, forma, color, uniformidad, firmeza, capacidad de almacenamiento, etc.

La cebolla tiene un número cromosómico de $2n = 16$ y solamente es conocida bajo condiciones de cultivo, (Sobrino, 1992).

2.4.2 Sistema radicular

El sistema radicular de la cebolla es pobre, consta de 20 a 200 raíces, desarrollándose en los primeros 35 a 60 centímetros del suelo.

Las raíces de las cebollas se renuevan constantemente, donde alcanzan su mayor desarrollo durante la madurez. (Guenkov 1969).

2.4.3 Bulbo

Cando están dadas las condiciones óptimas de fotoperiodo y temperatura, se inicia la formación y desarrolló el bulbo. Este periodo conlleva el engrosamiento de las vainas de las hojas y el almacenamiento en ellas las sustancias nutritivas de reserva media que continua el desarrollo del bulbo. (Acosta et al. 1993)

2.4.4 Tallo

La cebolla presenta dos tipos de tallos. Un verdadero situado en la base de los bulbos, de donde brotan las yemas, las hojas y las raíces y el otro tallo que brota de escapo floral. Durante el primer año de vida de la planta, el tallo alcanza de 0.5 a 1.5 centímetros, con un diámetro de 1,5 a 2.0 centímetros. (Huerres y Caraballo 1988)

2.4.5 Hojas

Las hojas de las cebollas están constituidas por una parte basal. Las hojas son cilíndricas, huecas, algunas veces cerosas y están formadas por vaina que se antepone unas con otra. Las hojas constan de dos partes: el limbo y la vaina.

Los conjuntos de hojas formadas forman el falso tallo en su parte superior y en la parte inferior el bulbo. Generalmente, desarrollan una hoja de 1 a 9 días (Montes y Holle 1990).

2.4.7 Semilla

La semilla de la cebolla presenta dos caras, la primera de color blanquecino y lisa, en su primer desarrollo; luego se torna negra, rugosa, con un diámetro de unos tres milímetros y 4 milímetros de largo. Costa de un tegumento seminal, endospermo, embrión. (Guenkov 1967).

2.5 FISILOGIA DE LA FORMACION DEL BULBO

Existen factores que actúan en la forma interactiva en la formación, desarrollo y maduración de la cebolla.

2.5.1 Fotoperiodo

La cebolla necesita para la formación, desarrollo y maduración de los bulbos 12 a 16 horas/luz considerando la especie de días largos o cortos.

En resumen, la cebolla en cuanto a la formación, desarrollo y maduración de los bulbos se clasifica en:

- Cultivares de días cortos o precoces. Cundo requiere entre 10 a 11.5 horas /luz.
- Cultivares de días intermedios. Son aquellos que requieren entre 11.6 a 13.5 horas /luz.
- Cultivares de días largos o tardíos. Son aquellos que necesitan más de 13.6 horas /luz. (Guenkov 1969 Montes y Holle 1990)

2.5.2 Temperatura

Es el factor importante en la formación y maduración delos bulbos. La temperatura óptima para el cultivo de la cebolla está entre los 20 a 30 °C.

2.5.3 Altitud

La cebolla se adapta a varias altitudes, cultiva desde niveles del mar hasta los 3000 m.s.n.m.

2.5.4 Humedad relativa

Los climas húmedos son poco recomendables y se observa que en los veranos lluviosos los bulbos son algo más dulces, pero de peor conservación.

La cebolla para tener un crecimiento óptimo requiere una humedad relativa del 70 al 75 %.

2.5.5 Suelos

La cebolla es una planta que prefiere suelos profundos, ricos en materia orgánica, cálidos, soleados y no calcáreos. En terrenos pedregosos, poco profundos, mal labrados y en los arenosos pobres, los bulbos no se desarrollan bien y adquieren un sabor fuerte. Es muy sensible al exceso de humedad y medianamente sensible a la acidez. El pH óptimo para su cultivo se ubica en un rango que está entre 6.0 y 6.8. No tolerando un pH altamente ácido.

Los suelos aptos para el cultivo de la cebolla perla deben ser: sueltos y livianos arcillo-arenosos o franco-arcillosos, con buen contenido de materia orgánica y buen drenaje. Se prefieren suelos aluviales orgánicos y franco-arenosos.

2.6 MANEJO AGRONOMICO

2.6.1 Construcción de Semilleros o Almacigos

Gran parte del éxito de la producción de cebollas en general, está basado en sus primeras etapas de desarrollo. El cultivo debe iniciar con plantas totalmente libre de enfermedades y vigorosas.

En la construcción de almacigos se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Localización
- Suelo
- Riego
- Control de plagas y enfermedades
- Control de malezas
- Fertilización

2.6.2 Trasplante

Debe comenzar cuando los plantines tienen un tamaño de aproximadamente 25 cm de largo y 5-6 cm. de cuello.

Una vez que la planta ha adquirido el desarrollo para el trasplante, se procede a su arranque manual; este debe hacerse con la tierra en condiciones de humedad, de forma que se evite que queden las raíces desnudas, la operación de arranque puede hacerse levantando las plantas con una pala, después se disponen en manojos, se despunta las raíces 5 cm y las hojas para que queden de 15 cm y así están preparadas para el trasplante, (Sobrino, 1992).

2.6.3 Densidad de Plantación

Para Dogliotti et al. (2011), se debe aclarar que la densidad de plantación se refiere al número de plantas por unidad de superficie y marco de plantación es el arreglo espacial de esas plantas, o sea la distancia promedio entre plantas y entre filas, Acosta et al. (2005), reportan que el incremento de la densidad de plantas adelanta la fecha de madurez, incrementa el porcentaje de radiación interceptada y el rendimiento total de bulbos y reduce el número de hojas verdes, número de anillos y tamaño de los bulbos. Así también indica que la respuesta a la distancia de siembra depende, principalmente de los siguientes factores: características del genotipo, método de siembra, condiciones ambientales de la región (clima y suelo), propósito del cultivo, eficiencia económica y del sistema de riego.

Viloria et al. (2003), establecen que, al aumentar la distancia de plantación, el rendimiento aumenta hasta un punto límite por encima del cual se mantiene el mismo rendimiento o comienza a declinar.

Razuri et al. (2005), indican que, a partir de los análisis sobre el rendimiento, el factor distancia entre plantas sólo afecta el tamaño de la cebolla y no el peso por hectárea y afecta significativamente los caracteres fisiológicos.

La cebolla tiene arraigamiento superficial, de manera que con distintas densidades de plantación se puede inducir, en determinados estados de crecimiento y desarrollo, una competencia diferencial por los nutrientes, el agua del suelo, la luz y el espacio físico. Por lo tanto, el rendimiento y la calidad del bulbo se verán afectados por el manejo de las densidades y el riego, (Lipinski et al. 2002).

2.6.4 Cuidados culturales

Los cuidados durante el cultivo son los riegos y la eliminación de malas hierbas. La limpieza de malas hierbas es imprescindible para obtener una buena cosecha, ya que pueden establecer una fuerte competencia con el cultivo, especialmente en este caso, por el corto sistema radicular de la cebolla, (Sobrino, 1992).

El último riego, no debe darse muy próximo a la recolección y se hará hasta 20 días antes, con el fin de que los bulbos tengan menor contenido de agua y se conserven mejor, (Sobrino, 1992).

2.6.5 Cosecha

Un aspecto importante en el caso de la cosecha, es la determinación del momento en que debe hacerse. Sobre este tema hay distintas costumbres por parte de los productores de cebolla. En todo caso, el síntoma más empleado ha de apreciarse en las hojas. Se puede esperar que estén totalmente agostadas o que las plantas tengan dos o tres hojas exteriores secas, o bien que el cuello se doble, (Sobrino, 1992).

El índice de madurez adecuado para cosechar la cebolla, es cuando presenta entre un 50 % y un 80 % de hojas dobladas. La cosecha debe ser cuidadosa y normalmente se realiza a mano, halando los bulbos por las hojas. Se debe cortar el follaje más arriba del cuello y los utensilios de cosecha deben estar limpios para evitar la propagación de enfermedades, (Rodríguez et al., 1998).

2.7 CONTROL FITOSANITARIO DEL CULTIVO

En el actual concepto de manejo integrado de enfermedades, se intenta controlar las variables medioambientales para usar pesticidas como un arma más para conseguir un cultivo sano, pero no como única arma.

Las principales variables ambientales que deben integrarse al manejo de plagas son:

- Distancia de plantación.
- Época de plantación.
- Fertilización.
- Riego.
- Ventilación del cultivo.
- Presencia de enemigos naturales de las plagas.
- Rotación de cultivos.

ENFERMEDADES

MILDIU (Peronospora destructor)

Condiciones predisponentes para el desarrollo de la enfermedad:

Temperaturas: 12 – 24°C con humedad relativa mayor a 95% en época de primavera.

Síntomas:

Aparición de lesiones con esporulación de color café-violáceo en las hojas verdes, estas lesiones progresan un color amarillo pálido y produciéndole quiebre de la hoja el punto de la lesión.

Control integrado

- Uso de fungicidas preventivos y curativos
- Uso de una adecuada densidad de plantación

BROTRYTIS SQUAMOSA

Condiciones predisponentes

T°12 A 24 °C por 60 a 74 horas

H.R.: mayor a 70% o 24h de follaje mojado en clima seco sobre 24°C se detiene.

Control integrado

- Manejo de la densidad de plantación en variedades tempranas.
- Eliminar descartes de la cosecha anterior.
- Aperción con fungicidas en invierno y primavera.

PUDRICIÓN BASAL (Fusarium oxisporum f sp. cepae).

Condiciones predisponentes

- Suelos con falta de oxígeno
- Suelos sin rotación de cultivos
- Temperaturas menores a 15°C, con un óptimo entre 25 y 28 °C

Daños a las plantas por ataque de mosca de la cebolla por nematodos.

MOHO NEGRO (Aspergillus niger).

Condiciones predisponentes:

H.R. superior a 76%, bastan 6 a 12 h con agua libre para que se desarrolle la infección

La temperatura óptima es de 17°C

Control integrado:

- Corte temprano del riego
- Cosecha mecánica, con suelo seco.
- Curado en condiciones secas
- Uso de semillas libre de enfermedades

INSECTOS QUE CAUSAN DAÑOS AL CULTIVO DE LA CEBOLLA

MOSCA DE LA CEBOLLA (*Delia platura*, *Delia antiqua*)

Las larvas de esta mosca ocasionan daños desde la almaciguera hasta un mes de la plantación.

Generalmente los ataques severos ocurren cuando se han acumulado desechos de cosechas.

Control integrado

- Control preventivo
- Eliminar descartes de cebollas
- Aplicar insecticidas al suelo

TRIPS DE LA CEBOLLA (*Thrips tabaci*).

Este insecto daña las hojas de la cebolla, por donde se produce la infección de otros patógenos.

Control integrado

Uso de insecticidas con equipo de alta presión.

2.8 EL RIEGO

Según Moreno (1984) el riego es la práctica de la ingeniería más adecuada para aumentar la eficiencia de agua y la productividad de la tierra, permitiendo regular la aplicación de agua a los requerimientos de los cultivos.

Según Grassi (1998) el objetivo fundamental del riego es mejorar las condiciones y calidad de vida. Ello implica perfeccionar las condiciones económicas y sociales de los beneficiarios, como el ambiente en el cual se desenvuelve sus actividades.

2.8.1 Necesidades de agua

La necesidad de agua se puede dividir en dos aspectos: el primero es la necesidad neta del cultivo, o uso- consumo. El segundo corresponde a los requerimientos brutos de riego, donde la eficiencia del sistema de riego.

En relación a la necesidad neta, esta corresponde a la Evapotranspiración y se refiere al agua usada por la planta en la transpiración, crecimiento y aquella evaporada directamente desde el suelo adyacente, incluyendo el agua depositada por lluvia y rocío, que se evapora sin ser utilizada por el sistema de la planta. Se mide normalmente en mm/día o mm/mes.

2.8.2 Función del agua en la planta:

- Interviene en la fotosíntesis y en la respiración.
- Traslado y/o transporte de nutrientes y fotosintetizados.
- Responsable de la turgencia de las hojas.
- Regula la temperatura de la hoja.

2.8.3 Requerimiento de riego en los cultivos

La estimación de la demanda de agua, a través de cualquier sistema de riego, depende en gran medida del conocimiento de la cantidad de agua que consumen los cultivos y del momento oportuno para aplicarla, con el objetivo de no perjudicar su rendimiento.

Por lo tanto, el agua evapotranspirada debe reponerse periódicamente al suelo para no dañar el potencial productivo de la planta por estrés hídrico. Diversas metodologías se han propuesto para su determinación, debiendo considerarse siempre que la evapotranspiración depende, entre otros aspectos, de las condiciones climáticas, tipo y estado de desarrollo del cultivo, así como de la disponibilidad de agua del suelo.

2.8.4 Métodos de Riego

En la agricultura existes varios métodos de regar entere ellos tenemos a los siguientes:

1. Riego por gravedad
2. Riego por aspersion
3. Riego por goteo

2.8.5 Riego por Gravedad (surcos)

Según Jorge Sandoval H. (1989) el método de riego por gravedad, consiste en hacer correr el agua desde una a sequia madre, por pequeños regueros desde los puntos más altos a los más bajos de la superficie cultivada.

La eficiencia de riego de este sistema varía de 30 a 70 por ciento de acuerdo a la conducción y otros factores.

2.8.6 Riego por Goteo

Según Gómez (1979), el riego por goteo se ha concebido así, como una manera de entregar agua a las plantas en cantidad suficiente pero la estrictamente necesaria para que tengan un desarrollo óptimo; así también, García y Briones (1997), indican que el objetivo óptimo de un apropiado manejo de la irrigación es el de maximizar las eficiencias y minimizar los requerimientos de mano de obra y capital para un sistema de riego, tanto como sea posible y, al mismo tiempo mantener un ambiente favorable para el crecimiento de la planta, a fin de maximizar el rendimiento del cultivo.

2.8.61 Eficiencia del método de riego por goteo

Debido a la alta frecuencia de los riegos, se pueden obtener eficiencias muy altas. La eficiencia en el uso del agua se define como el rendimiento del cultivo por unidad de agua aplicada. Las investigaciones hechas por García y Briones (1997), indicaron que la eficiencia en el uso del agua podría ser aumentada en un 50 % o más usando un riego por goteo en lugar de un riego por superficie.

2.8.6.2 Componentes de riego por goteo

- Depósito de agua
- Bomba
- Cabezal (sistemas de filtros, inyectoros y otros controles)
- Tubería de conducción PVC
- Líneas de regantes (Cintas –Mangueras)
- Válvulas (Presión, Purgado, Seccionamiento)

2.8.6.2 Ventajas del sistema de riego por goteo Según Gómez (1979), las ventajas son:

1. El fin perseguido en su desarrollo ha sido el ahorro de agua, ésta es la característica más destacada del sistema.
2. No cabe duda de que por el sistema de humedecer solamente la parte de terreno ocupada por la planta: -
 - Se fuerza a la planta a desarrollar sus raíces en esa masa de tierra
 - No se pierde agua mojando otros espacios de terreno, que se mantienen secos durante todo el período de cultivo.

- Las arvenses que podrían crecer en esos espacios no usan el agua, contribuyendo la evapotranspiración a la atmósfera
3. Otra ventaja que se puede apuntar al riego por goteo es su facilidad de dosificación.
 4. La pequeñez de los orificios de goteo exige un filtrado prácticamente perfecto del agua, y con este filtrado desaparecen no solo las arvenses, sino sus semillas.
 5. Mediante el riego por goteo puede practicarse la aplicación localizada de abonos complementando perfectamente la aplicación localizada de agua. En efecto, todos los recursos que se pone a disposición de la planta quedan situados en la zona de pelos absorbentes de la raíz, y por tanto la planta los aprovecha con gran facilidad.
 6. En cuanto a la sencillez de explotación, las exigencias de mano de obra son reducidas.
 7. Posible uso de agua salina: debido al mantenimiento de una presión osmótica baja se reduce el esfuerzo de la planta para obtener agua cuando ésta es salina.
 8. Una rápida maduración: experimentos en tomate, uva, remolacha azucarera, para nombrar sólo algunos cultivos han demostrado una temprana maduración a la obtenida con otros sistemas de riego.
 9. Minimiza la formación de costras en la superficie del suelo: un problema significativo en algunos suelos es la formación de una superficie costrosa dura.

10. Mejora la penetración de las raíces: el alto promedio de humedad que se mantiene con un riego por goteo puede aliviar el problema de algunos suelos cuya penetración es mínima o imposible con un bajo contenido de humedad.
11. Puede operar en suelos con muy baja tasa de infiltración: teóricamente, el agua puede ser aplicada con un sistema de riego por goteo a tasas tan pequeñas como 0.025 cm/hora, con el correspondiente decrecimiento de las posibilidades de escurrimiento de agua en estos suelos.
12. Ahorro en pesticidas y control de ciertos patógenos en las plantas: las partes de las plantas arriba de la superficie del suelo se encuentran completamente secas bajo un sistema de riego por goteo. Reduciendo la incidencia de hongos y otras pestes que dependen de un ambiente húmedo, (García y Briones, 1997).

2.8.6.3 Desventajas del sistema de riego por goteo

Según García y Briones (1997), es axiomático que, al corresponderle muchas ventajas a los sistemas de riego por goteo existan también algunas desventajas. De otra manera, todos los sistemas de riego serían realizados eventualmente por este método. Los siguientes son algunos problemas que se presentan en los sistemas de riego por goteo.

1. Sensibilidad a taparse: las pequeñas aperturas de los emisores o goteros los hacen extremadamente sensibles a taparse.
2. Peligros de salinidad: aunque los sistemas de riego por goteo pueden ser operados con agua de cierta salinidad, debe ser manejado apropiadamente. De otra manera, las sales pueden depositarse dentro de la zona radicular si existe un cambio de dirección del flujo.

3. Problemas con la distribución de la humedad: existe la evidencia de que no todos los cultivos responden bien a una sola localización de región de humedad.
4. Suelo seco y formación de polvo durante las operaciones mecánicas: esto se debe a que sólo una parte del total del campo de cultivo recibe agua durante el riego y la mayor parte permanece seca creando los problemas antes mencionados.
5. Alta especialización y habilidad para el diseño, instalación y mantenimiento.
6. Alto costo comparado con los sistemas de superficie o los sistemas portátiles de aspersión.
7. El riego por goteo no funciona bien con agua sin filtrar. Según el tipo de boquillas el inconveniente puede ser un leve obstáculo o un verdadero problema (Gómez, 1979).

2.9 CONCEPTOS PRELIMINARES DE RIEGO

2.9.1 Capacidad de campo (C.C.)

Es la cantidad de agua que el suelo es capaz de retener en condiciones naturales después de un riego profundo o lluvia intensa. En laboratorio se determina en una olla de presión. Se coloca la muestra saturada de agua sobre un plato poroso y se le aplica presión a $1/3$ Atm, hasta que cesa de drenar la olla, y se determina la humedad del suelo.

2.9.2 Punto de marchitez permanente (P.M.P.)

Es el contenido de humedad del suelo, a la cual la planta no puede extraer agua de éste, y si se riega la planta no se recupera. Es decir, la fuerza con que está retenida el agua en el suelo es mayor a la fuerza que puede hacer la planta para extraerla. En laboratorio se asocia a una presión de 15 atm. Se determina colocando las muestras en un plato de presión, éstas se colocan saturadas sobre un plato poroso, se somete a la presión indicada y cuando cesa de drenar agua se determina la humedad.

2.9.5 Humedad aprovechable

El agua que queda retenida en el suelo entre Capacidad de Campo y Punto de Marchitez Permanente

2.9.6 Evaporación

Según Castañón (2000), la evaporación representa el paso del agua, del estado líquido al estado de vapor. También se la conoce como el agua evaporada por el terreno adyacente, por la superficie del agua o por la superficie de las hojas de las plantas.

2.9.7 Transpiración

Para García y Briones (1997), la transpiración es la evaporación del agua de la superficie de la planta hacia la atmósfera o dentro de los espacios intercelulares y después por difusión a través de las estomas hacia la atmósfera.

La transpiración está en función del tipo de la planta, del poder evaporante de la atmósfera, del grado de la humedad del suelo.

2.9.8 Coeficiente de cultivo

Leroy S. (1980). Define como coeficiente de cultivo (K_c) la relación entre la demanda de agua del cultivo mantenido a niveles óptimos (ETA) y la demanda del cultivo de referencia (ETP) es decir:

$$K_c = \text{ETA/ETP}$$

Según la FAO (2006), debido a las variaciones en las características propias del cultivo durante las diferentes etapas de crecimiento, el K_c cambia desde la siembra hasta la cosecha.

2.9.9 Evapotranspiración del cultivo (ET_o)

La FAO (2006), indica que es una medida relacionada con el clima que expresa el poder evaporante de la atmósfera; este concepto se introdujo para estudiar la demanda de evapotranspiración de la atmósfera, independientemente del tipo y desarrollo del cultivo y de las prácticas de manejo; los únicos factores que afectan ET_o son los parámetros climáticos. Según Cely (2010), la evapotranspiración del cultivo de referencia refleja la verdadera necesidad de agua para los cultivos que deben desarrollarse en condiciones óptimas de humedad.

Según Castañón (2000), es la pérdida de agua de una cubierta vegetal abundante, sin suelo desnudo, sin limitación de suministro hídrico, cuando los factores meteorológicos son los únicos que condicionan dicha evapotranspiración. Los cultivos tipificados son gramíneas o alfalfa. Anteriormente se ha utilizado la denominación de ET_p, evapotranspiración potencial, determinada según el mismo método y su valor se puede considerar equivalente a la ET_o.

2.9.9.1 Métodos para determinar la ETo

Calvache (1997), indica que existen varios métodos para determinar la ETo:

1. Método de Holdridge
2. Método de Thornthwaite
3. Método de Blaney – Cliddle
4. Método de Penman Monteith
5. Evaporación del tanque clase A

2.9.10 Determinación de las láminas de riego

Para Calvache (1998), la lámina de riego se define como la cantidad de agua que se debe aplicar al suelo, dependiendo de la profundidad radicular o de la profundidad a la cual se desea llegar con el riego. Existen dos tipos de cálculos de la lámina de riego denominados lámina neta y lámina bruta, que consideran la eficiencia de aplicación de agua.

2.9.11 Lámina neta de riego

Según Calvache (1998), la lámina neta de riego es la cantidad de agua que se aplica al suelo y que en condiciones ideales es utilizada completamente por el cultivo. Existen dos procedimientos para calcular la lámina neta de riego: el procedimiento edafológico y el procedimiento analítico que se basa en la evapotranspiración real. Para efectos de cálculo y por simplicidad se recomienda utilizar el primer procedimiento.

2.9.12 Lámina bruta de riego

Calvache (1998), señala que normalmente la aplicación de agua no es uniforme, ni perfecta, debido a la heterogeneidad del suelo. Por esta razón es necesario aplicar un poco más de agua para uniformizar el riego hasta la profundidad de las raíces.

Este exceso de agua generalmente se pierde por percolación profunda y por escurrimiento superficial. Se lo considera para efectos de cálculo en la eficiencia de aplicación.

Para calcular la lámina bruta de riego se usa la siguiente ecuación:

$$LB = LN / Ea$$

Donde:

LB = Lámina bruta de riego (mm)

LN = Lámina neta de riego (mm)

Ea = Eficiencia de aplicación (valor < 1)

La eficiencia de aplicación está dada por el método de riego empleado, el grado de tecnificación del mismo, el cuidado en el manejo del agua dentro de la sistematización del terreno y del suelo. Para efecto de cálculo se recomienda usar las eficiencias de riego: para riego por goteo (90-95 %), riego por aspersión (80-90 %), riego por surcos (60-70 %), (Calvache, 1998).

Las láminas de riego se pueden expresar no solamente en espesor (mm) sino también en volumen o caudal, si se considera el área que se va a cultivar y el tiempo en el cual se debe regar. Para esto se emplean las siguientes ecuaciones:

$$Q * t = A * L$$

$$1 \text{ mm} = 1 \text{ dm}^3 / \text{m}^2$$

Donde:

Q = Caudal (dm³/seg)

L = Lámina de agua (mm)

A = Área de riego (m²)

t = Tiempo de riego (segundo, minuto, hora)

2.9.13 Perfil de humedad

Según García y Briones (1997), en la zona radicular de la planta abajo de cada emisor se desarrolla un perfil de humedad. La forma de ese perfil depende de varias características del suelo y está limitado por el flujo horizontal en el suelo.

2.9.14 Ecurrimiento superficial

Es el agua que no penetra en el suelo y sigue superficialmente fuera de la zona a regar. Ej.: agua que se encuentra en época de riego en los caminos.

2.10 RIEGO EN LA CEBOLLA

De la Torre (1999) indica que el cultivo de cebolla, se ha concentrado principalmente en aquellas zonas que disponen riego y de la tecnología apropiada para producir esta hortaliza. Además, señala que el sistema de irrigación más utilizado en el cultivo de la cebolla es por gravedad mediante surcos, pero se está promocionando el uso de riego por goteo, a un costo inicial mayor, aunque con las ventajas que este sistema proporciona podría ser una buena inversión. Algunas hortícolas, incluso, aplican riego por aspersión, pero solo hasta aproximadamente 45 días después del trasplante para no propiciar el ataque de patógenos en el suelo y en el follaje, resultante del humedecimiento intenso.

Los antecedentes relacionados con el riego de cebolla indican, en general, que este cultivo es muy sensible a la humedad del suelo, y que responde positivamente a umbrales altos de humedad, (Lipinski et al., 2002)

Rázuri et al. (2005), reportan que la cebolla es un cultivo que responde bien al riego en todo su ciclo vegetativo, presentando estadios de mayor sensibilidad al déficit de humedad. En el período de formación y crecimiento de los bulbos, una baja disponibilidad de agua en el suelo causa una reducción acentuada en la productividad del cultivo. Además, señalan que, en trabajos de evaluación del cultivo de la cebolla, para diferentes niveles de humedad se ha demostrado que los más altos niveles de agua en el suelo, han dado como resultado mayores rendimientos.

Ramos (1999), indica que el sistema radical de la cebolla es superficial, por lo que el área de exploración de las raíces es muy reducida. En consecuencia, los riegos deben ser frecuentes y si la textura es gruesa, el tiempo de aplicación debe ser reducido para evitar pérdidas de agua y nutrientes por percolación. Por otra parte, el agua por encima de los bulbos, podría favorecer la proliferación de enfermedades fungosas y el amarillamiento de las hojas.

El cultivo de la cebolla debe recibir el agua que requiere, evitando el exceso, tanto para reducir las posibilidades de ataques de hongos y bacterias en condiciones de alta humedad, como para evitar el desperdicio y por ende disminuir el costo. La cebolla no tolera sequías muy prolongadas en especial durante las primeras etapas de crecimiento y cuando los bulbos se encuentran en plena formación, (De la Torre, 1999).

Según Pizarro (1987), otro tópico acerca de los riegos es el aumento que se consigue en la producción debido a la alta frecuencia. Según esa teoría, al mantenerse constantemente en el suelo una humedad elevada, la absorción de agua por las raíces exige un esfuerzo menor a la planta y la producción se desarrolla en mejores condiciones, aumentando los rendimientos.

Con un manejo adecuado del riego y de la fertilización, los rendimientos pueden superar las 40 t/ ha.

La etapa de desarrollo del cultivo más sensible a los déficits hídricos y donde puede provocarse reducciones importantes en el rendimiento es la de formación del bulbo.

Lipinski y Gaviola (2008), mencionan que el cultivo de cebolla respondió en forma lineal y positiva al incremento del riego, no encontrándose efectos negativos en cuanto a deformaciones y podredumbres.

Estrella y León (2000), explican que los requerimientos hídricos de la cebolla son del orden de 650- 700 mm de agua por cosecha.

La cebolla tiene arraigamiento superficial, de manera que con distintas densidades de siembra se puede inducir, en determinados estados de crecimiento y desarrollo, una competencia diferencial por los nutrientes, el agua del suelo, la luz y el espacio físico. Por lo tanto, el rendimiento y la calidad del bulbo se verán afectados por el manejo de las densidades y el riego, (Lipinski et al. 2002).

CAPITULO III

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 LOCALIZACION DE LA ZONA DE ESTUDIO

El presente trabajo de investigación se realizará en la zona del Rio San Juan Del Oro, la zona esta compartida por tres Departamentos, entre ellos cuatro municipios El Puente, Las Carreras, Yunchara, Tupiza.

3.1.1 Ubicación geográfica:

Latitud sud: 21°15'00''

Longitud oeste: 65°12'00''

Altura m/s/n/m: 2345

3.2 Características del de ecosistema

Las características geomorfológicas y condiciones climáticas del medio ambiente predominante determinan la existencia de ecosistema terrestre, dentro las cual se observa interacciones que giran en torno a las actividades de hombre, el suelo y animales, contribuyendo un ecosistema básicamente agroecológico.

3.2.1 Piso ecológico

Se lo determina como valle o cabecera de valle, formando parte de la franja rocosa del cañón cinteño. (PDM Las Carreras)

3.2.2 Tipo climático

Según la clasificación de Koppen, corresponde a semiárido que registra niveles más reducidos de precipitación anual estacionaria, con la mayoría de los meses con déficit de agua. Se registran de 1 a 2 meses de débil excedencia de agua como máximo, entre 6 a 7 meses de déficit hídrico. (Estación meteorológica de El Puente)

3.2.3 Precipitación

Los datos registrados en la estación pluviométrica, se obtiene un valor de precipitación media anual de 322.3 mm. (Estación meteorológica de El Puente)

3.2.4 Temperatura

Las variables temperatura se tomó de la estación de El Puente, dando como resultado una temperatura media anual de 18°C.

3.2.5 Suelos

Los suelos son de uso potencialmente agrícola están dispuestos en terrazas aluviales y playas, y llanuras de depositan un reducido pie de monte.

3.2.6 Vegetación Natural

La cobertura vegetal principalmente de tipo espinoso, conformado por matorrales ralos o densos, complementados con manchas boscosas de mayor densidad al curso de río san juan del oro.

Principales especies nativas:

- Molle (schinus sp.)
- Churqui (acacia sp.)
- Palqui (acacia ferox.)

- Chilca (eurpatorium sp.)
 - Algarrobo (prosopis sp.)
- (Fuente elaboración propia)

3.2.7 Actividad económica

La principal activada que sustenta la economía de los productores de la zona es la agricultura, mayormente cultivos agrícolas como la cebolla, zanahoria, papa, remolacha, etc.

3.2 MATERIALES EXPERIMENTAL

3.2.1 Material de campo

En el campo se utilizaron los siguientes materiales:

- Material de labranza.
- Flexómetro.
- Estacas de madera.
- Bomba.
- Mochila de pulverizar.

3.2.2 Insumos

Los insumos que se utilizaron son los siguientes:

- Semillas del de cebolla rosada híbrido Sivan, de madurez media y alto rendimiento, largo periodo de vida, de forma esferoide.

- Semillas de cebolla rosada Misqueña, de madurez media de rendimiento medio de forma achatada.
- Fertilizantes.
- Fungicidas.
- Sistema de riego por goteo.

3.2.3 Material de recolección y procesamiento de datos

- Cuaderno de campo.
- Material de escritorio.
- Cámara fotográfica.
- Balanzas.
- Calibrador.
- Computadora.

3.3 METODOLOGIA

3.3.1 Diseño Experimental

El diseño experimental que se desarrolló en el trabajo es bloque al azar, bi factorial con cuatro tratamientos y tres repeticiones.

V1= Sivan.

V2 = Mizqueña.

R1 = Riego por gravedad.

R2 = Riego por goteo.

Cuadro de Descripción de Tratamientos

Tratamiento 1 R1V1 (Riego por Gravedad con la Variedad Sivan)

Tratamiento 2 R1V2 (Riego por Gravedad con la Variedad Mizqueña)

Tratamiento 3 R2V1 (Riego por Goteo con la Variedad Sivan)

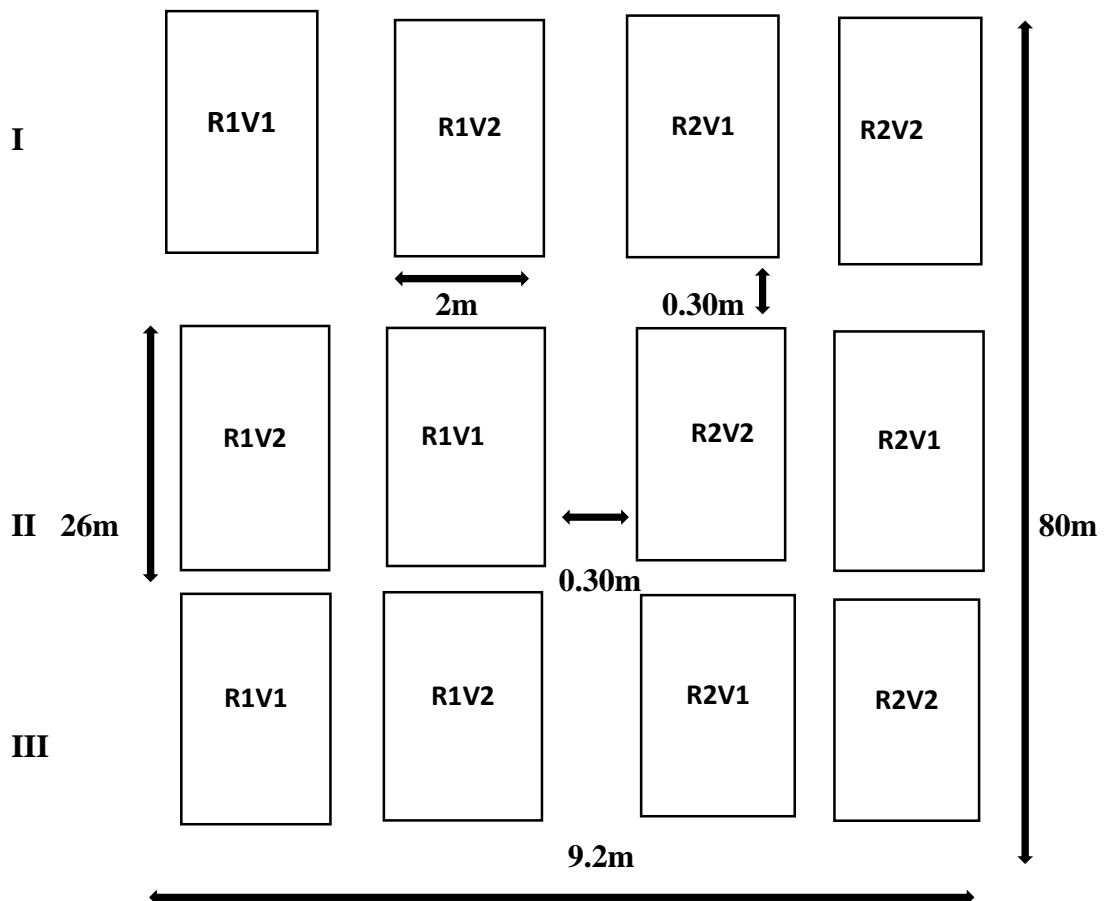
Tratamiento 4 R2V2 (Riego por Goteo con la Variedad Mizqueña)

Cuadro N° 1 Descripción de los tratamientos.

Factores	Niveles	Tratamientos	Replicas	Unidades Experimentales	Variable Respuesta
Método de Riego	R1	R1V1	3	12	Rendimiento (kg)
	R2	R1V2			
Variedad	V1	R2V1			
	V2	R2V2			

CUADRO DE UNIDADES EXPERIMENTALES EN CAMPO

Cuadro N°2 Ubicación de las unidades experimentales en el campo.



3.4 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El procedimiento que se llevó a cabo para evaluar el comportamiento de dos variedades de cebolla en dos métodos de riego en la zona de Rio San Juan Del Oro

3.4.1 Preparación del suelo

La preparación se realizó unos días antes del almacigado en el cual se emplearon un tractor, el cual realizó una arada y posteriormente rastreada con el fin de que este el suelo en buenas condiciones para preparar el almacigado.

3.4.2 Producción de Plantines

Se procedió a la recolección de tierra vegetal que este en descomposición la cual se desinfecto con productos químicos. Posteriormente se procedió a la siembra en un sistema al boleto en hileras continuas para su posterior siembra.

3.4.3 Implementación del ensayo

Una vez que los plantines contaban con la adecuada altura y grosor de tallo, se procedió a realizar el trasplante.

3.4.4 Implementación de riego por goteo

La implementación del sistema se realizó días antes del trasplante, donde se realizó las instalaciones de los distintos componentes del sistema, como la bomba de distribución, cabezal de goteo, tubería de distribución, línea de regantes (cintas) de 0.20m de separación en de goteros y 1 línea en cada cama.

3.4.5 Trasplante

Se realizó alrededor de unos 60 días posteriores al almacigado, previamente se realizó la preparación del terreno en las mejores condiciones, en el método de riego por goteo previamente se realizó el levantamiento de camas de plantación o platabanda de 0.4m de ancho por 80 metros de largo, por lo cual se obtuvo 8 hileras de 0.10m y distanciamiento de planta a planta de 0.10m. En el método de riego por gravedad se realizó un trasplante en un sistema de surcos simples con un distanciamiento de plantación de 0.15m de hileras y 0.10m de planta a planta.

3.4.6 Programación del riego

La programación del riego es la metodología que permite determinar el nivel óptimo de riego a aplicar al cultivo. Esta consiste en establecer la frecuencia ¿Cuándo regar? De acuerdo a las condiciones edafológicas. Una apropiada programación de riego permite optimizar el uso del agua y maximizar la producción.

Para programar el riego es esencial estimar tanto el agua que consumen los cultivos o su evapotranspiración y la cantidad de agua que puede almacenar el suelo explorado por las raíces del cultivo.

La programación del riego es entonces un procedimiento que permite establecer el momento oportuno del riego y cuánta agua aplicar al cultivo.

3.4.6.1 Cálculos de la estimación de la Evapotranspiración de Referencia mediante la fórmula de Hargreaves: (Hargreaves y Samani, 1985)

$$ET_o = 0,0135 (t_{med} + 17,78) R_s$$

ET_o = evapotranspiración de referencia diaria, mm/día

t_{med} = temperatura media,

Rs = radiación solar incidente, convertida en mm/día

Obtención de la Radiación Solar Incidente (Rs)

Samani (2000) propone la siguiente formula:

$$Rs = Ro * KT * (Tmax - Tmin)^{0.5}$$

Obtención de la Radiación solar extraterrestre (Ro)

Ro = Radiación solar Extraterrestre (Ro) MJulios/m²/día

Para corrección en (mm/día) Ro*0.408

$$KT = 0.162$$

Rs = Radiación solar incidente (mm/día)

Utilizamos la Tabla de Radiación solar extraterrestre en mm/día (Allen et al., 1998)

(Original en MJ·m⁻²·día⁻¹; 1 mm/día = 2,45 MJ·m⁻²·día⁻¹)

Datos: Latitud Sur 20°37'57''

Datos obtenidos según la latitud y el mes

El coeficiente KT de la fórmula es un coeficiente empírico que se puede calcular a partir de datos de la presión atmosférica, pero Hargreaves (citado en Samani, 2000) recomienda KT=0,162 para regiones del interior y KT=0,19 para regiones costeras.

En nuestro caso utilizamos KT= 0.162

3.4.6.2 Cálculo de programación de riego: Riego por goteo (cintilla)

$$ETc = ET0 \cdot Kc$$

ETc = Evapotranspiración del cultivo (mm/día)

Kc = Coeficiente de cultivo (adimensional)

ET0 = Evapotranspiración de referencia (mm/día)

Kc fue obtenido de la bibliografía de (Villalobos et al., 2002, adaptado de Doorenbos y Pruitt, 1977, y Allen et al., 1998).

Agua Disponible

El agua disponible se determinó a través de la siguiente ecuación (Ferreyra et al., 1989).

$$AD = ((CC - PMP) * Da * H) / 100$$

AD= Agua Disponible (cm)

CC= Capacidad de campo (%)

PMP= Punto de Marchitez Permanente (%)

Da= Densidad Aparente (gr/cm³)

H= Profundidad del perfil donde crecen las raíces (cm)

Lamina neta

Corresponde al porcentaje del agua disponible que debe consumir la planta para efectuar un riego (Ferreyra, 1989).

Umbral de riego (Ur)

Aproximadamente un 30% del agua disponible es extraída por la planta con facilidad, a medida que se va secando el suelo es más difícil para éstas absorber agua por lo que

se debe regar antes que el contenido de agua llegue a PMP, de esta forma se fija un umbral de riego que es un porcentaje del agua disponible que tiene que consumirse antes de realizar un riego.

$$\mathbf{Ln = (AD * Ur) / 100}$$

Ln= Lamina neta (mm)

AD= Agua Disponible (mm)

Ur= Umbral de Riego (%)

Frecuencia de Riego

La frecuencia de riego se obtiene al dividir el valor de la lámina neta (mm), con la evapotranspiración en mm del cultivo registrado diariamente (Ferreyra, 1989).

$$\mathbf{Fr = Ln / Etc}$$

Fr: Frecuencia de Riego (días)

Ln= Lamina neta (mm)

Etc= Evapotranspiración del cultivo (mm/día)

Necesidades y Tiempo de riego

Precipitación efectiva (FAO)

Para una precipitación mensual (Pm)

Menor de 250 mm:

$Pe = 0.6 Pt - 10$ para $Pt < 75$ mm

Pe =Precipitación efectiva (mm/mes, mm/día)

Pm=Precipitación media mensual (mm/mes)

Necesidades netas diarias de riego

Nn=ETc-Pe

Nn=Necesidades Netas (mm/día)

Etc= Evapotranspiración del cultivo (mm/día)

Pe =Precipitación efectiva (mm/día)

Máximo intervalo entre riegos

Imax (días)= Ln/Nn

Imax (días)= Máximo intervalo entre riegos (días)

Nn=Necesidades Netas (mm/día)

Ln= Lamina neta (mm)

Dosis Neta Ajustada

Dn aj.= I*Nn

Dn aj.= Necesidades Netas Ajustadas (mm/día)

Nn=Necesidades Netas (mm)

Imax (días)= Máximo intervalo entre riegos (días)

Dosis bruta de riego

$$Db = 100 \times Dn_{aj} / Ea$$

Db= Dosis Bruta de Riego (mm)

Dn aj.= Dosis Neta Ajustada (mm)

Ea= Porcentaje de eficiencia de aplicación (%)

Volumen de Agua

$$Va = Db * \text{Área (m}^2)$$

Va= Volumen de agua (m³)

Db= Dosis Bruta de Riego (m)

Tiempo de Riego:

Precipitación del equipo (litros/hora) = (N° emisores/superficie*descarga del emisor (l/hora)) / superficie

Datos:

- 8 camas (ancho 0.40 m*80 m de largo)
- Goteros a 0.20 m de separación
- Gasto de gotero

Calculo de N° de emisores por Área:

Precipitación del Equipo =litros/hora

Tiempo de Riego (horas)= Necesidades de riego (litros)/Precipitación del equipo (litros/hora)

3.4.6.3 Cálculo de programación de riego: Riego por Gravedad (Surcos):

Frecuencia de Riego

Los cálculos previos son similares a riego por goteo.

Dosis bruta de riego

$$Db = 100 \times Dn_{aj} / Ea$$

Db= Dosis Bruta de Riego (mm)

Dn_{aj}= Dosis Neta Ajustada (mm)

Ea= Porcentaje de eficiencia de aplicación (%)

Volumen de Agua

$$Va = Db \times \text{Área} \quad (m^2)$$

Va= Volumen de agua (m³)

Db= Dosis Bruta de Riego (m)

Tiempo de riego:

Agua superficial

$$Q = V \times A \times 0.85 \times 1000$$

Q= Caudal (l/seg)

V= Velocidad del agua (m/seg)

A= Sección de la acequia o canal (m²)

$$V = \text{largo de tramo (m)} / \text{tiempo (seg)}$$

Datos: 1 surco

- Largo del tramos m
- Tiempo de recorrido seg

$$A=a*h$$

A= Sección de la acequia o canal (m²)

a= ancho (m)

h= alto (m)

Datos: 1 surco

- Ancho m
- Alto m

Caudal de 1 Surco

Q= litros/horas

Precipitación de Equipo en (litros/ hora)

Datos:

- Ancho de surco m
- Largo m
- Ancho m
- Caudal por surco litros/hora

Nº de surcos

Caudal Total= litros/hora

Precipitación de equipo=litros/hora

Tiempo de riego (horas)= Volumen de agua (litros)/ Precipitación de equipo (litros/hora)

3.4.7 Labores culturales

Se realizaron las distintas labores culturales como carpidas, aporques y otras que requiera el cultivo.

3.4.8 Control de plagas y enfermedades y malezas

Como en todo cultivo aparecen plagas y enfermedades y malezas que afectan a la producción por lo tanto se tomó las medidas preventivas para que no se produzcas incidencias en la investigación.

3.4.9 Cosecha

La cosecha se realizó aproximadamente unos 150 días luego del trasplante, de forma manual para posteriormente recolectar datos para el desarrollo de resultados y conclusiones.

3.4.10 Las variables a evaluar

- Rendimiento por tratamiento kg o ton por has.
- Posible rentabilidad económica
- Volúmenes de agua requerida en los métodos de riego en el cultivo m³

3.4.11 Datos a tomar

Los datos de cada lectura fueron sometidos al análisis estadístico respectivo con lo que se arribó a los resultados del trabajo, las correspondientes conclusiones y recomendaciones.

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Datos según el análisis de suelo:

prof (cm)	pH 1:5	Da (gr/cc)	CC%	PMP%	A%	L%	Y%	TEXTURA
20	8.4	1.5	32.98	14.65	48	34	18	F

Cuadro N°3 Análisis físico químico de suelo.

Prof.: Profundidad de la muestra

Da: Densidad Aparente

CC: Capacidad de Campo

PMP: Punto de Marchites Permanente

A: Arena

L: Limo

Y: Arcilla

F: Franco

**Datos climáticos recaudados de la Estación Meteorológica de La Torre (Camargo)
con una localización:**

Latitud sud: 20°37'57''

Longitud oeste: 65°12'00''

Altura m/s/n/m: 2345

Cuadro N° 4 Temperaturas medias mensuales

Mes/ Variable	Ago	Sep	Oct	Nov
Temperatura Máxima	27.2	28.8	29.9	29.9
Temperatura Media	16.7	18.7	20.7	21.2
Temperatura Mínima	6.3	8.5	11.4	12.4

4.2 Cálculos de la estimación de la Evapotranspiración Referencia mediante la fórmula de Hargreaves: (Hargreaves y Samani, 1985)

Obtención de la Radiación Solar Incidente (Rs)

Samani (2000) propone la siguiente formula:

Obtención de la Radiación solar extraterrestre (Ro)

Utilizamos la Tabla de Radiación solar extraterrestre en mm/día (Allen et al., 1998)
(Original en MJ·m⁻²·dia⁻¹; 1 mm/día = 2,45 MJ·m⁻²·dia⁻¹)

Datos: Latitud Sur 20°37'57''

Datos obtenidos según la latitud y el mes

El coeficiente KT de la fórmula es un coeficiente empírico que se puede calcular a partir de datos de la presión atmosférica, pero Hargreaves (citado en Semami, 2000) recomienda KT=0,162 para regiones del interior y KT=0,19 para regiones costeras.

En nuestro caso utilizamos KT= 0.162

Mes de Agosto:

$$R_s = R_o * K_T * (T_{max} - T_{min})^{0.5}$$

R_o= Radiación solar Extraterrestre (R_o) MJulios/m²/día

Para corrección en (mm/día) R_o*0.408

$$K_T = 0.162$$

R_s=Radiación solar incidente (mm/día)

$$R_s = 4.8 \text{ mm/día} * 0.162 * (27.2 - 6.3)^{0.5} = 3.5 \text{ mm/día}$$

Se realiza el mismo procedimiento para los siguientes meses obteniendo los siguientes resultados:

Cuadro N° 5 Radiación solar

Mes/variable	Ago	Sep	Oct	Nov
Radiación solar Extraterrestre (R_o)	11.7	13.9	15.8	16.9
Corrección R_o (mm/día)	4.8	5.7	6.4	6.9
Constante K_T= de acuerdo a la ubicación	0.162	0.162	0.162	0.162
Radiación solar incidente(R_s) mm/día	3.5	4.1	4.5	4.7

$$E_{To} = 0,0135 (t_{med} + 17,78) R_s$$

E_{To} = evapotranspiración de referencia diaria, mm/día

t_{med} = temperatura media,

R_s = radiación solar incidente, convertida en mm/día

Mes de Agosto

$$E_{To} = 0.0135 (16.7 + 17.8) * 3.5 = 1.6 \text{ mm/día}$$

Cuadro N°6 Evapotranspiración de referencia

Mes/variable	Ago	Sep	Oct	Nov
Evapotranspiración de referencia (Eto)mm/día	1.6	2.0	2.3	2.5
Dias de Mes	31	30	31	30
Evapotranspiración de referencia (Eto)mm/mes	50.8	61.2	72.1	73.6

4.3 Cálculo de programación de riego: Riego por goteo (cintilla)

$$ETc = ETo \cdot Kc$$

Etc= Evapotranspiración del cultivo (mm/día)

Kc= Coeficiente de cultivo (adimensional)

Eto = Evapotranspiración de referencia (mm/día)

Kc fue obtenido de la bibliografía de (Villalobos et al., 2002, adaptado de Doorenbos y Pruitt, 1977, y Allen et al., 1998).

Mes de Agosto:

$$ETc=1.6*0.75=1.2 \text{ mm/dia}$$

Cuadro N°7 Evapotranspiración del cultivo

Mes/Variable	Ago	Sep	Oct	Nov
Kc	0.75	1.00	1.20	0.75
Eto mm/dia	1.6	2.0	2.3	2.5
Etc mm /dia	1.2	2.0	2.8	1.8

Agua Disponible

El agua disponible se determinó a través de la siguiente ecuación (Ferreyra et al., 1989).

$$\mathbf{AD = ((CC - PMP) * Da * H) / 100}$$

AD= Agua Disponible (cm)

CC= Capacidad de campo (%)

PMP= Punto de Marchitez Permanente (%)

Da= Densidad Aparente (gr/cm³)

H= Profundidad del perfil donde crecen las raíces (cm)

$$\mathbf{AD = (32.98 - 14.65) * 1.5 * 20 / 100 = 5.5 \text{ cm} = 55 \text{ mm}}$$

Lamina neta

Corresponde al porcentaje del agua disponible que debe consumir la planta para efectuar un riego (Ferreyra, 1989).

Umbral de riego (Ur)

Aproximadamente un 30% del agua disponible es extraída por la planta con facilidad, a medida que se va secando el suelo es más difícil para éstas absorber agua por lo que se debe regar antes que el contenido de agua llegue a PMP, de esta forma se fija un umbral de riego que es un porcentaje del agua disponible que tiene que consumirse antes de realizar un riego.

$$\mathbf{Ln = (AD * Ur) / 100}$$

Ln= Lamina neta (mm)

AD= Agua Disponible (mm)

Ur= Umbral de Riego (%)

$$\mathbf{Ln = (55 * 30) / 100 = 16\text{mm}}$$

Frecuencia de Riego

La frecuencia de riego se obtiene al dividir el valor de la lámina neta (mm), con la evapotranspiración en mm del cultivo registrado diariamente (Ferreyra, 1989).

$$\mathbf{Fr = Ln / Etc}$$

Fr: Frecuencia de Riego (días)

Ln= Lamina neta (mm)

Etc= Evapotranspiración del cultivo (mm/día)

Mes de agosto

$$\mathbf{Fr = 16 / 1.2 = 13 \text{ días}}$$

Septiembre= 8 días

Octubre= 6 días

Noviembre = 9 días

Necesidades y Tiempo de riego

Precipitación efectiva (FAO)

Para una precipitación mensual (Pm) Menor de 250 mm:

$$Pe = 0.6 Pt - 10 \text{ para } Pt < 75 \text{ mm}$$

Pe =Precipitación efectiva (mm/mes, mm/día)

Pm=Precipitación media mensual (mm/mes)

Mes de Agosto

$$Pe = 0.6 * 3.1 - 10 = -8.9 \text{ mm/mes} / 31 = -0.3 \text{ mm/mes}$$

Cuadro N°8 Precipitación efectiva

Mes/Variable	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
Presipitacion media (mm/mes)	3.1	7.3	22.4	34.3
Pe mm/mes	-8.9	-5.8	5.6	14.4
Dias del mes	31.0	30	31	30
Pe mm/día	-0.3	-0.2	0.2	0.5

Necesidades netas diarias de riego

$$Nn = ETc - Pe$$

Nn=Necesidades Netas (mm/día)

Etc= Evapotranspiración del cultivo (mm/día)

Pe =Precipitación efectiva (mm/día)

Mes de Agosto

$$N_n = 1.2 - (-0.3) = 1.5 \text{ mm/día}$$

Máximo intervalo entre riegos

$$I_{\max} (\text{días}) = L_n / N_n$$

I_{max} (días)= Máximo intervalo entre riegos (días)

N_n=Necesidades Netas (mm/día)

L_n= Lamina neta (mm)

Mes de Agosto

$$I_{\max} (\text{días}) = 16 / 1.5 = 10.7 \text{ días} = 11 \text{ días}$$

Dosis Neta Ajustada

$$D_n \text{ aj.} = I * N_n$$

D_{n aj.}= Necesidades Netas Ajustadas (mm/día)

N_n=Necesidades Netas (mm)

I_{max} (días)= Máximo intervalo entre riegos (días)

Mes de Agosto

$$D_n \text{ aj.} = 11 * 1.5 = 16.5 \text{ mm}$$

Dosis bruta de riego

$$Db = 100 \times Dn_{aj} / Ea$$

Db= Dosis Bruta de Riego (mm)

Dn aj.= Dosis Neta Ajustada (mm)

Ea= Porcentaje de eficiencia de aplicación (%)

Cuadro N°9 Porcentaje de eficiencia de aplicación.

Método de Riego	Eficiencia de Aplicación %
Goteo (Cintilla)	90
Gravedad (Surco)	45

Según (Antúnez et al., 1999)

Mes de Agosto

$$Db = 100 * 16.5 / 90 = 18.3 \text{ mm} = 0.018 \text{ m}$$

Volumen de Agua

$$Va = Db * \text{Área (m}^2\text{)}$$

Va= Volumen de agua (m³)

Db= Dosis Bruta de Riego (m)

Mes de Agosto

Área= 368m²

Va= 0.018*368= 6.7m³=6734.4 litros

Tiempo de Riego:

Precipitación del equipo (litros/hora) = (N° emisores/superficie*descarga del emisor (l/hora)) / superficie

Datos:

- 8 camas (ancho 0.40 m*80 m de largo)
- Goteros a 0.20 m de separación
- Gasto de gotero: 1 litro/hora

Calculo de N° de emisores por Área:

80m/0.20= 400 emisores por cama

400*8= 3200 emisores por área

Precipitación del Equipo =3200*1= 3200 litros/hora

Tiempo de Riego (horas)= Necesidades de riego (litros)/Precipitación del equipo (litros/hora)

Mes de Agosto

TR= 6734.4 litros/3200 litros/hora=2.1 horas

4.3 Cálculo de programación de riego: Riego por Gravedad (Surcos):

Frecuencia de Riego

Los cálculos previos son similares a riego por goteo.

Dosis bruta de riego

$$Db = 100 \times Dn_{aj} / Ea$$

Db= Dosis Bruta de Riego (mm)

Dn_{aj}= Dosis Neta Ajustada (mm)

Ea= Porcentaje de eficiencia de aplicación (%)

Mes de Agosto

$$Db = 100 * 16.5 / 45 = 36.6 \text{ mm} = 0.036 \text{ m}$$

Volumen de Agua

$$Va = Db * \text{Área} \text{ (m}^2\text{)}$$

Va= Volumen de agua (m³)

Db= Dosis Bruta de Riego (m)

Área= 368m²

$$Va = 0.036 * 368 = 13.2 \text{ m}^3 = 13248 \text{ litros}$$

Tiempo de riego:

Agua superficial

$$Q=V*A*0.85*1000$$

Q= Caudal (l/seg)

V= Velocidad del agua (m/seg)

A= Sección de la acequia o canal (m²)

V = largo de tramo (m)/tiempo (seg)

Datos: 1 surco

- Largo del tramos 1m
- Tiempo de recorrido 8 seg

$$V= 1/8= 0.125 \text{ m/seg}$$

$$A=a*h$$

A= Sección de la acequia o canal (m²)

a= ancho (m)

h= alto (m)

Datos: 1 surco

- Ancho 0.15 m
- Alto 0.05 m

$$A= 0.15*0.05= 0.0075 \text{ m}^2$$

Caudal de 1 Surco

$$Q = 0.125 * 0.0075 * 0.85 * 1000 = 0.079 \text{ litros/seg} = 273.6 \text{ litros/horas}$$

Precipitación de Equipo en (litros/ hora)

Datos:

- Ancho de surco 0.15 m
- Largo 80 m
- Ancho 4.6 m
- Caudal por surco 273.6 litros/hora

Nº de surcos $4.6/0.15 = 30$ surcos

Caudal Total $= 273.6 * 30 = 8208$ litros/hora

Precipitación de equipo $= 8208$ litros/hora

Tiempo de riego (horas) $= \text{Volumen de agua (litros)} / \text{Precipitación de equipo (litros/hora)}$

Tr $= 13248/8208 = 1.6$ horas

Cuadro N°10 Programación y volúmenes de riego por goteo

Diseño Agronómico de Riego por Goteo en el cultivo de la Cebolla				
Mes/Variable	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
Kc	0.75	1.00	1.20	0.75
Eto (mm/día)	1.6	2.0	2.3	2.5
Etc (mm /día)	1.2	2.0	2.8	1.8
Presipitacion Media (mm/mes)	3.1	7.3	22.4	34.2
Dias del Mes	31	30	31	30
Presipitacion Efectiva(mm/mes)	-8.1	-5.6	3.4	10.5
Presipitacion Efectiva(mm/día)	-0.3	-0.2	0.1	0.4
Agua disponible (cm)	5.5	5.5	5.5	5.5
Agua disponible (mm)	55.0	55.0	55.0	55.0
Umbral de Riego (%)	30.0	30.0	30.0	30.0
Lamina Neta (mm)	16.5	16.5	16.5	16.5
Necesidades Netas (mm/día)	1.5	2.2	2.7	1.5
Intervalo de Riegos (días)	11	7	6	11
Necesidades Netas Aj. (mm/día)	16.5	15.4	16.2	15.8
Dosis bruta de riego (mm)	18.3	17.1	18.0	17.6
Dosis bruta de riego (m)	0.02	0.02	0.02	0.02
Volumen de Riego (m³/368m²)	6.75	6.30	6.62	6.46
Volumen de Riego (litros/368m²)	6746.67	6296.89	6624.00	6460.44
Caudal de Sistema (litros/hora)	3200	3200	3200	3200
Tiempo de Riego (horas)	2.1	2.0	2.1	2.0
N° de Riegos por mes	3	4	5	3
Gasto total de riego por mes (m³)	18.9	25.5	33.4	17.5

Cuadro N° 11 Programación y volúmenes de riego por gravedad.

Diseño Agronómico de Riego por Gravedad en el cultivo de la Cebolla				
Mes/Variable	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
Kc	0.75	1.00	1.20	0.75
Eto (mm/día)	1.6	2.0	2.3	2.5
Etc (mm /día)	1.2	2.0	2.8	1.8
Presipitacion Media (mm/mes)	3.1	7.3	22.4	34.2
Dias del Mes	31	30	31	30
Presipitacion Efectiva(mm/mes)	-8.1	-5.6	3.4	10.5
Presipitacion efectiva(mm/día)	-0.3	-0.2	0.1	0.4
Agua disponible (cm)	5.5	5.5	5.5	5.5
Agua disponible (mm)	55.0	55.0	55.0	55.0
Umbral de Riego (%)	30.0	30.0	30.0	30.0
Lmina Neta (mm)	16.5	16.5	16.5	16.5
Necesidades Netas (mm/día)	1.5	2.2	2.7	1.5
Intervalo de Riegos (días)	11	7	6	11
Necesidades Netas Aj. (mm/día)	16.5	15.4	16.2	15.8
Dosis bruta de riego (mm)	33	30.8	32.4	31.6
Dosis bruta de riego (m)	0.03	0.03	0.03	0.03
Volumen de Riego (m3/368m2)	12.1	11.3	11.9	11.6
Volumen de Riego (litros/368m2)	12144.0	11334.4	11923.2	11628.8
Caudal de Sistema (litos/hora)	8532	8532	8532	8532
tiempo de Riego (horas)	1.4	1.3	1.4	1.4
N° de Riegos por mes	3	4	5	3
Gasto total de riego por mes (m3)	34.0	45.9	60.1	31.5

RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación se presenta a detalle el análisis de las variables de estudio, cantidad de agua utilizada en los dos métodos de riego (goteo, gravedad), rendimiento comparativo de acuerdo a los tratamientos y análisis económico de los dos métodos de riego.

4.4 Análisis de la variable de estudio cantidad de agua utilizada.

Mes/Metodo	Consumo Mensual de Agua en m ³ /ha				Volumen
	Ago	Sep	Oct	Nov	Total m ³
Gravedad (Surcos)	925.3	1247.8	1632.3	855.0	4660.34
Goteo (Cintilla)	514.0	693.2	906.8	475.0	2589.08
					2071.26
				Ahorro	
				%	44

Cuadro N°13 Volúmenes de riego y ahorro.

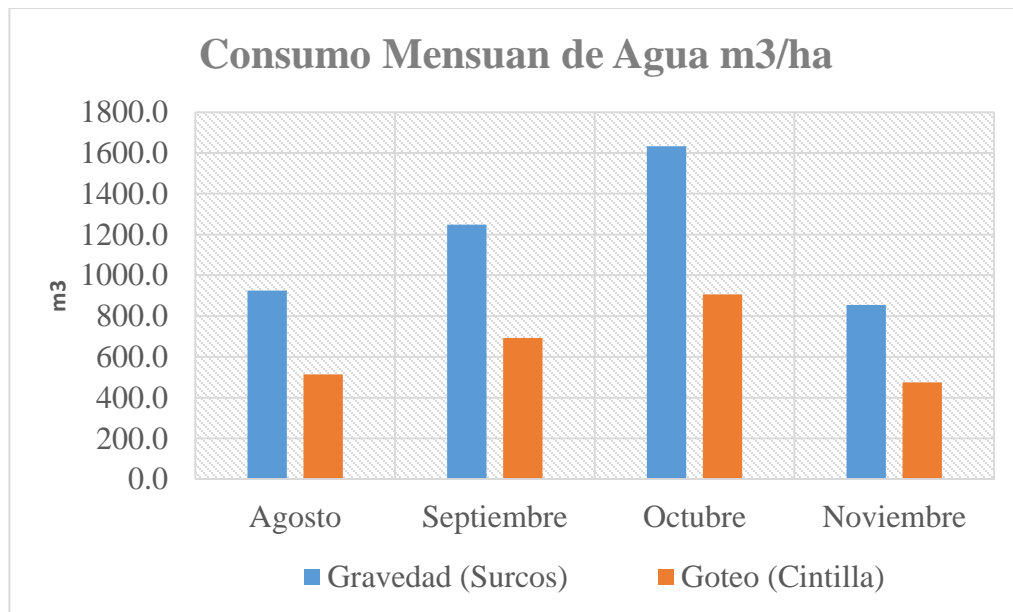


Grafico N°1 Volúmenes de consumo de agua mensuales

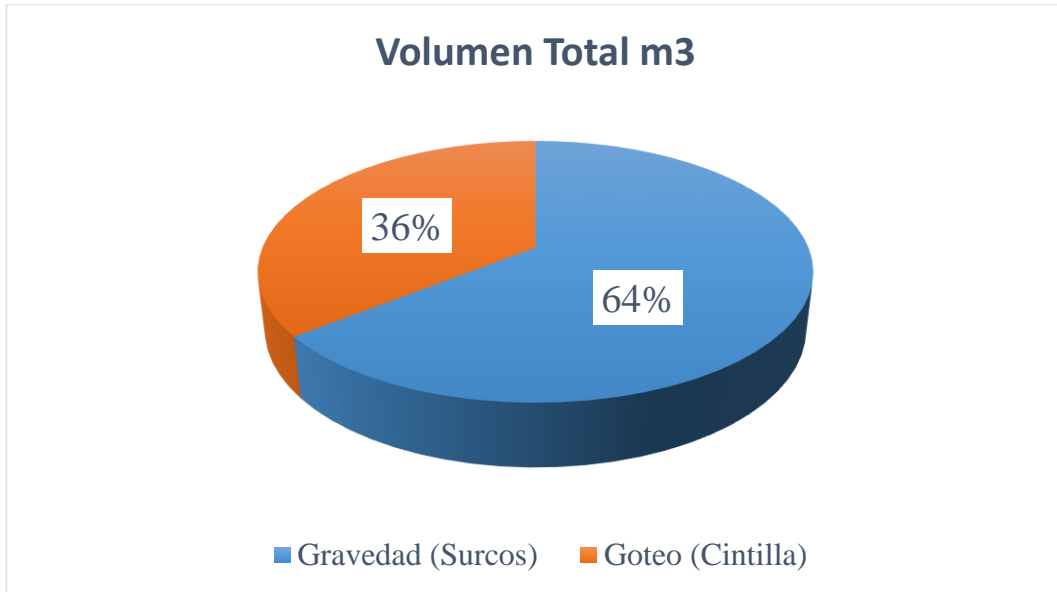


Grafico N°2 Porcentaje de volumen

Cuadro N°14 Balance Hídrico de cultivo de la cebolla

Balance Hidrico				
Mes/variable	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
Presipitacion	3.11	7.26	22.41	34.25
Presipitacion Efectiva	-8.92	-5.80	5.56	14.43
Kc	0.75	1.00	1.20	0.75
Eto	50.83	61.19	72.14	73.59
Etc	38.12	61.19	86.57	55.19
Pref-Etc	-47.04	-66.99	-81.01	-40.76
RH	0	0	0	0
Exeso/Defisif	-47.04	-66.99	-81.01	-40.76
m3/ha	470.39	669.94	810.13	407.58
m3/368m2	17.31	42.88	51.85	26.09

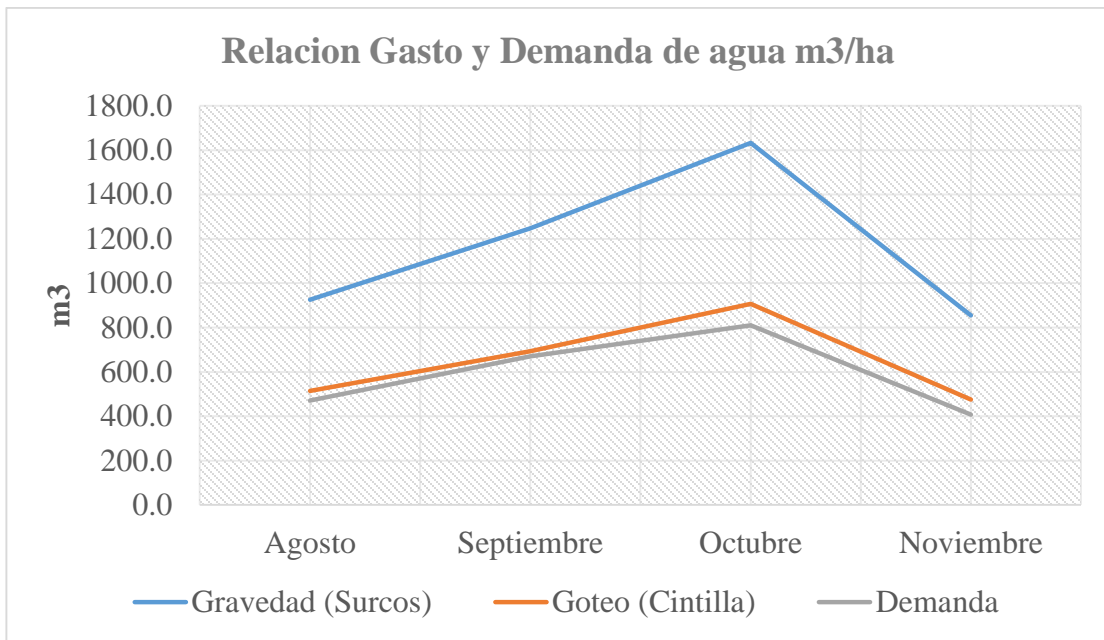


Grafico N°3 Relación Gasto demanda de agua

4.5 Análisis del rendimiento comparativo de acuerdo a los tratamientos

R1: riego por gravedad (surcos)

R2: riego por goteo (cintilla)

V1: variedad sivan

V2: variedad misqueña

Cuadro N°15 Rendimiento por tratamiento

Trat/Rendimiento	Rendimiento qq	Rendimiento kg	Rendimiento en Tn
Trat1 R1V1	30	1500	1.5
Trat2 R1V2	25	1250	1.3
Trat3 R2V1	35	1750	1.8
Trat4 R2V2	29	1450	1.5

Cuadro N°16 Rendimiento por tratamiento en Ton/Ha

Rendimiento en Ton/Ha		
Trat/Rendimiento	Rendimiento en Tn	Rendimiento Ton/Ha
Trat1 R1V1	1.5	81.5
Trat2 R1V2	1.3	67.9
Trat3 R2V1	1.8	95.1
Trat4 R2V2	1.5	78.8

Cuadro N° 17 Rendimiento de tratamientos y replicas

	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3
Trat1 R1V1	11	9	10
Trat2 R1V2	9	7	9
Trat3 R2V1	12	12	11
Trat4 R2V2	10	10	9

Diseños bloques al azar bi factorial

	GL	SC	CM	Fc	Ft 0.05 %	Ft 0.01%
Tratamiento	3	16.92	5.64	8.83	4.76	9.78
Bloques	2	2.17	1.08	1.70	5.14	10.92
Riego	1	5.06	5.06	7.92	5.99	13.75
Variedad	1	7.56	7.56	11.84	5.99	13.75
Riego Variedad	1	0.062	0.062	0.10	5.99	13.75
Error	6	3.83	0.64			
Total	11	22.92				

Conclusiones:

Ft 0.05= 4.76 como $8.83 > 4.76$ se concluye que si hay diferencias entre tratamientos.

Ft 0.05= 5.14 como $1.70 < 5.14$ se concluye que no hay diferencias entre bloques.

Ft 0.05= 5.99 como $7.52 > 5.99$ se concluye que si hay diferencias entre riegos.

Ft 0.05= 5.99 como $11.84 > 5.99$ se concluye que si hay diferencias entre variedades.

Ft 0.05= 5.99 como $0.10 < 5.99$ se concluye no existe diferencias entre la interacción de riego y variedad, es decir no hay un nivel de riego que responda mejor a un nivel de variedad.

PRUEBA DE TUKEY

Cuadro N° 18 Sumatoria y medias de cada tratamiento

	Rep 1	Rep 2	Rep 3	sumatoria	medias
Trat R1V1	11	9	10	30	10.00
Trat R1V2	9	7	9	25	8.33
Trat R2V1	12	12	11	35	11.67
Trat R2V2	10	10	9	29	9.67

Cuadro N°19 Análisis de significancia.

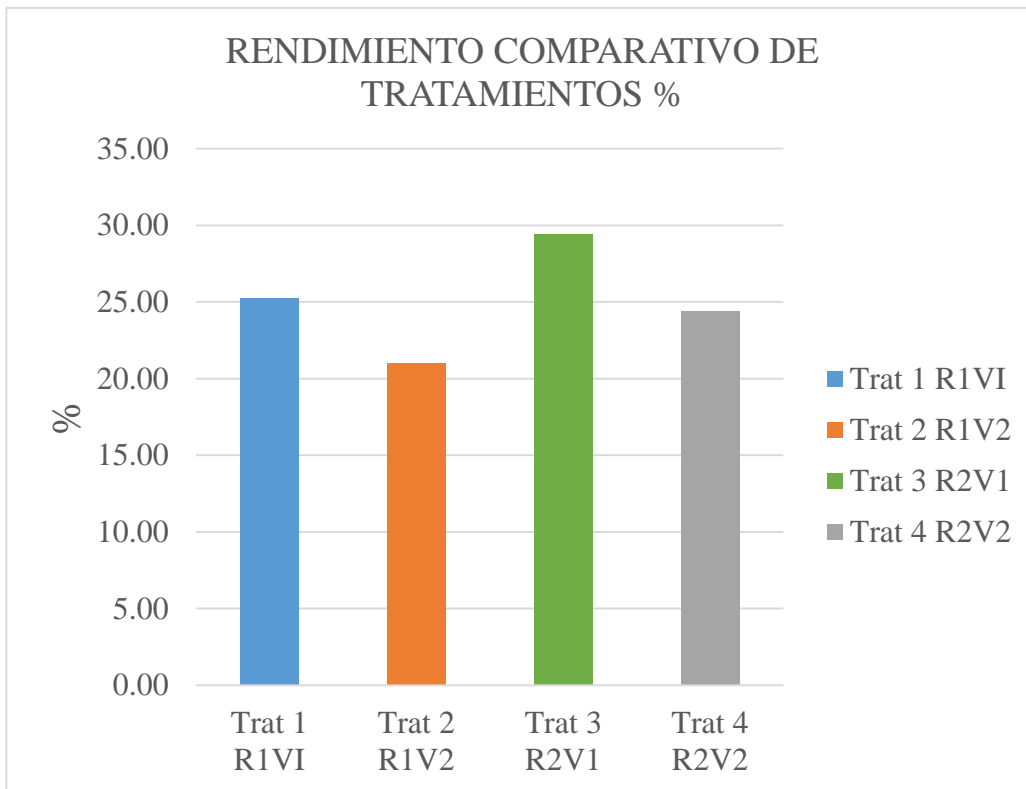
	11.67	10	9.67
8.33	***	***	***
9.67	NS	***	***
10	NS		

NS: No significativo

***: Significativo

Tratamientos	Medias	
Trat R2V1	11.67	a
Trat R1V1	10	a
Trat R2V2	9.67	a
Trat R1V2	8.33	b

Grafico N°4 Rendimiento comparativo de tratamientos.



Tratamiento 1 R1V1 (Riego por Gravedad con la Variedad Sivan)

Tratamiento 2 R1V2 (Riego por Gravedad con la Variedad Mizqueña)

Tratamiento 3 R2V1 (Riego por Goteo con la Variedad Sivan)

Tratamiento 4 R2V2 (Riego por Goteo con la Variedad Mizqueña)

4.6 Análisis económico de cada método de riego

Cuadro N° 20 Análisis costo beneficio de riego por gravedad 1ha

CANTIDAD	TIPO DE LABOR O INSUMO	COSTO UNITARIO	COSTO FINAL bs.
10	Preparacion del suelo	150	1500
1	Almacigado	60	60
22	Semilla Sivan	260	5720
20	Semilla Misqueña	150	3000
1	Surcado	150	150
50	Transplante	50	2500
15	Carpida y aporque	60	900
20	Fertilizante (18-46-00)	250	5000
12	Fertilizante (46-00-00)	170	2040
2	Abonado	50	100
5	Herbecidas	250	1250
80	Fungicidas	70	5600
16	Insepticidas	150	2400
16	Aplicación fitosanitaria	100	1600
15	Riegos	50	750
70	Cosecha	50	3500
Costo total			36070
Ingreso Total bs			119520
Ganacia bs			83450

Cuadro N° 21 Análisis costo beneficio de riego por goteo 1ha

CANTIDAD	TIPO DE LABOR O INSUMO	COSTO UNITARIO	COSTO FINAL bs.
10	Preparacion del suelo	150	1500
1	Almacigado	60	60
22	Semilla Sivan	260	5720
20	Semilla Misqueña	150	3000
1	Surcado	150	150
50	Transplante	50	2500
15	Carpida y aporque	60	900
20	Fertilizante (18-46-00)	250	5000
12	Fertilizante (46-00-00)	170	2040
2	Abonado	50	100
5	Herbécidas	250	1250
80	Fungicidas	70	5600
16	Insepticidas	150	2400
16	Aplicación fitosanitaria	100	1600
70	Cosecha	50	3500
1	Filtro	400	400
250	Minivalbulas	8.5	2125
1	Politubo	800	800
4	Cinta de Goteo	1200	4800
Costo Total bs			43445
Ingreso Total bs			139120
Ganancia bs			95675

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en el presente estudio y tomando en cuenta los objetivos planeados, se llegaron a las siguientes conclusiones:

1. En la evaluación del trabajo de investigación, se concluye que la mayor producción se obtuvo en el tratamiento 3 (Riego por Goteo con la variedad Sivan), con un rendimiento de producción de 95.1 Ton/Ha; siendo una diferencia significativa al resto de los tratamientos.
2. En el diagnóstico de cantidad de agua utilizada se concluye que el menor consumo de agua se observó en el método de Riego por Goteo, con un consumo total por periodo del cultivo de 2089.1 m³; lo cual representa un porcentaje de 36% del consumo total de agua utilizada.
3. Con el análisis económico se concluyó que la mayor ganancia económica, se desarrolló en el método de riego por goteo con una ganancia de 95675 bolivianos por hectárea; lo cual representa el 66% de ganancia respecto a la inversión.
4. En las variedades hay diferencias significativas en rendimiento entre la variedad SIVAN que es de mayor rendimiento que la variedad MIZQUEÑA.

5.2 RECOMENDACIONES

1. Se recomienda utilizar tratamiento T3 que es el método de riego por GOTEJO y la variedad SIVAN que tuvieron el mayor porcentaje de producción con 95 Ton/ha.
2. Con los datos obtenidos se recomienda realizar nuevas investigaciones ya sea en nuevas variedades o en otros cultivos.
3. Analizando en el ámbito económico, se recomienda implementar el método riego por goteo en el cultivo de la cebolla u otros cultivos de la zona, ya que se pudo observar que la inversión en métodos de riego por goteo no son muy elevadas, por lo contrario se observa una mayor producción y una optimización del recurso agua.