



“Por un Desarrollo
Agrario
Integral y Sostenible”

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de Tesis

Evaluación de tres láminas de riego por goteo
(superficial, subsuperficial) y surco en el cultivo de
cebolla (*Allium cepa* L.), Condega, Estelí, 2022

Autores

Br. Kevin Ossiel Mendieta Téllez
Br. Karelia Argentina Mercado Ñamendy

Asesores

Ing. MSc. Henry Alberto Duarte Canales
Ing. Yader Mayquel Barrera Rivera
MSc. Néstor Castellón Pineda

Managua, Nicaragua
Julio, 2022



“Por un Desarrollo
Agrario
Integral y Sostenible”

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de Tesis

Evaluación de tres láminas de riego por goteo (superficial, subsuperficial) y surco en el cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.), Condega, Estelí, 2022

Autores

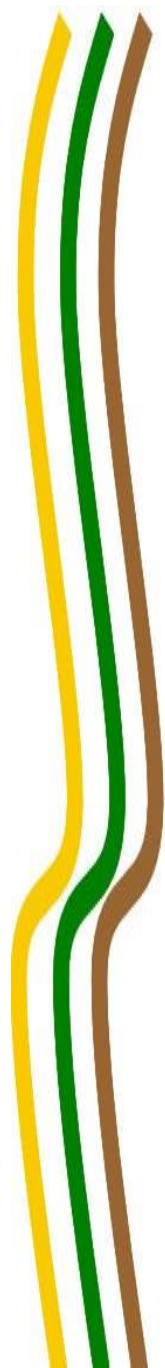
Br. Kevin Ossiél Mendieta Téllez
Br. Karelia Argentina Mercado Ñamendy

Asesores

Ing. MSc. Henry Alberto Duarte Canales
Ing. Yader Mayquel Barrera Rivera
MSc. Néstor Castellón Pineda

Presentado a la consideración del honorable comité evaluador como requisito final para optar al grado de Ingeniero Agrícola

Managua, Nicaragua
Julio, 2022



Hoja de aprobación del honorable Comité Evaluador

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable Comité Evaluador designado por la decanatura de la Facultad de Agronomía como requisito parcial para optar al título profesional de:

Ingeniero Agrícola

Miembros del Comité Evaluador

MSc. Jorge Gómez Martínez

MSc. Javier Ignacio Silva

Presidente

Secretario

Ing. Jorge Luis Obando

Vocal

Lugar y Fecha: Sala Magna FAGRO, 26 de julio, 2022

DEDICATORIA

A:

Dedico esta investigación primeramente a Dios, creador del cielo y la tierra, por haberme guiado por el camino de la sabiduría, esfuerzo, salud y por la dedicación de permitirme culminar exitosamente mis estudios superiores.

A mi madre Karla Téllez, abuela Susana González y a mi papá Ossiell Mendieta, por todo su apoyo incondicional, por inculcar en mí, valores y principios que permitieron con el paso de los años, mi formación como persona y hoy en día como un profesional.

A mi tía Anabell Téllez González (q.e.p.d.), que con todo su amor fijó en mí su confianza, seguridad y apoyo para seguir adelante con esta profesión, por ser el motor no solo mío, sino también de mi familia, a mis hermanos, familiares y amistades, dedico esto a ustedes ya que de una u otra manera contribuyeron en mi formación para que culminara mis estudios como profesional.

Br. Kevin Ossiell Mendieta Téllez

DEDICATORIA

A:

Primeramente a Jehová por estar siempre presente todos los momentos de mi vida a mi madre Rosa Argentina Ñamendy por ser mi mayor motivación , consejera , refugio y nunca dejarme rendir y siempre creer en mí , sin ti nada de esto fuera realidad tú amor incondicional y bendición hoy está presente espero que me alcance la vida para agradecerle .

A mis hermanas María Isabel y Barbara Nohelia por cada aportación , consejo y apoyo brindado.

A mis sobrinas Aryery Isabel y Andrea Nicole por ser mi inspiración de salir adelante familiares, amigos por extender su mano durante este largo camino dándome sus consejos y apoyo y finalmente agradecer esa persona especial que me acompañó desde mi inicio que estuvo siempre que necesite ser escuchada hoy puedo decir si lo he logrado.

Br. Karelia Argentina Mercado Ñamendy

AGRADECIMIENTOS

A:

A Dios por darnos la fuerza, salud, sabiduría y entendimiento, en cada uno de los días transcurridos durante esta etapa de nuestra vida.

A mis padres que dieron todo su apoyo, que estuvieron pendientes de mi cada día, para que no me faltara nada y lograra culminar mis metas.

A nuestros asesores Ing. MSc. Henry Alberto Duarte Canales, Ing. Yader Mayquel Barrera Rivera e Ing. Nestor Castellon, por su apoyo y por darnos la oportunidad de culminar nuestros estudios superiores y sobre todo por su confianza y orientación del trabajo además de que con sus conocimientos y colaboraciones en las diferentes necesidades científicas de este trabajo hicieron posible su culminación.

A la Universidad Nacional Agraria (UNA) y a los docentes que nos compartieron sus conocimientos, que con el paso del tiempo nos ayudara a formarnos como profesionales, por haber dejado su granito de arena y ser un estímulo a querer vivir y seguir aprendiendo cada día de sus aprendizajes,

Al productor Sixto Valle Rivas, que se encuentra vinculado en el proyecto, por el tiempo y el esfuerzo que presentó en todo el trascurso del trabajo de campo y al proyecto del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) por abrir un campo investigativo y por darnos la oportunidad de haber sido participe del proyecto en la zona del corredor seco del país sobre cosecha de agua.

Br. Kevin Ossiel Mendieta Téllez

AGRADECIMIENTO

Principalmente:

Agradezco a Dios por estar presente cada minuto de mi vida nunca dejarme sola siendo así poder salir adelante.

A mi asesor MSc. Henry Alberto Duarte Canales , Ing. Yader Maykel Barrera Rivera e Ing. Néstor Castellón por brindarme conocimientos, consejos, tiempo y confiar en nosotros al hacernos participe de dicho proyecto

A la Universidad Nacional Agraria (UNA) y a los docentes que nos compartieron sus conocimientos, que con el paso del tiempo nos ayudara a formarnos como profesionales, por haber dejado su granito de arena y ser un estímulo a querer vivir y seguir aprendiendo cada día de sus aprendizajes,

Al productor Sixto Valle Rivas, que se encuentra vinculado en el proyecto, por el tiempo y el esfuerzo que presentó en todo el trascurso del trabajo de campo y al proyecto del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) por abrir un campo investigativo y por la oportunidad de haber sido participe del proyecto en la zona del corredor seco del país sobre cosecha de agua.

Br. Karelia Argentina Mercado Ñamendy

INDICE DE CONTENIDO

| SECCIÓN | PÁGINA |
|--|-------------|
| DEDICATORIA | <i>i</i> |
| AGRADECIMIENTOS | <i>iii</i> |
| INDICE DE CUADROS | <i>v</i> |
| INDICE DE FIGURAS | <i>vi</i> |
| INDICE DE ANEXOS | <i>vii</i> |
| RESUMEN | <i>viii</i> |
| ABSTRACT | <i>ix</i> |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. OBJETIVOS | 3 |
| 2.1 Objetivo General | 3 |
| 2.2 Objetivos Específicos | 3 |
| III. MARCO DE REFERENCIA | 4 |
| 3.1. Generalidades del cultivo de cebolla | 4 |
| 3.1.1. Variedad de la cebolla Apollo | 4 |
| 3.1.2. Características botánicas | 5 |
| 3.1.3. Clasificación taxonómica | 5 |
| 3.1.4. Características morfológicas | 6 |
| 3.2. Sistema de Cosecha de agua | 6 |
| 3.2.1. Cosecha de agua | 6 |
| 3.2.2. Estructura de los sistemas de captación de agua | 8 |
| 3.3. Riego localizado | 9 |
| 3.4. Riego por goteo | 9 |
| 3.4.1. Riego por goteo superficial | 10 |
| 3.4.2. Riego por goteo subsuperficial | 11 |
| 3.5. Riego por surco | 12 |
| 3.6. Parámetros de riego | 14 |
| 3.6.1. Capacidad de campo (CC) | 14 |
| 3.6.2. Punto de marchitez permanente (PMP) | 14 |
| 3.6.3. Límite productivo (Lp) | 15 |
| 3.6.4. Densidad aparente (Da) | 15 |
| 3.6.5. Lámina neta (Ln) | 15 |
| 3.6.6. Lámina bruta (Lb) | 15 |
| 3.6.7. Tiempo de riego (Tr) | 16 |
| 3.6.8. Intensidad de aplicación (Ia) | 16 |
| 3.6.9. Infiltración del agua en el suelo | 16 |
| 3.7. Pérdidas de carga en un sistema | 17 |
| 3.7.1. Pérdidas continuas | 17 |
| 3.7.2. Pérdidas localizadas | 17 |

| | |
|--|----|
| IV. MATERIALES Y MÉTODOS | 18 |
| 4.1. Ubicación de estudio | 18 |
| 4.2. Condiciones climáticas de Estelí | 19 |
| 4.2.1. Condiciones climáticas de Condega | 19 |
| 4.3. Suelo | 20 |
| 4.4. Diseño metodológico | 21 |
| 4.5. Diseño y descripción de los tratamientos | 21 |
| 4.6. Manejo agronómico del cultivo de cebolla | 22 |
| 4.6.1. Preparación del suelo | 22 |
| 4.6.2. Semillero | 22 |
| 4.6.3. Trasplante | 22 |
| 4.6.4. Fertilización | 23 |
| 4.6.5. Control de plagas | 23 |
| 4.7. Parámetros de riego por goteo | 23 |
| 4.7.1. Lámina neta de riego | 23 |
| 4.7.2. Lámina bruta (Lb) | 24 |
| 4.7.3. Intensidad de aplicación (Ia) | 24 |
| 4.7.4. Tiempo de riego (Tr) | 24 |
| 4.7.5. Intervalo de riego (Ir) | 25 |
| 4.8. Parámetros de riego por surco | 25 |
| 4.8.1. Capacidad de estanque para el suelo arcilloso (Ce) | 25 |
| 4.8.2. Lámina bruta (Ln) | 26 |
| 4.8.3. Evapotranspiración del cultivo ETc | 26 |
| 4.8.4. Intervalo de riego (Ir) | 27 |
| 4.8.5. Tiempo de riego por surco (Tr) | 27 |
| 4.8.6. Tiempo de avance (Ta) | 27 |
| 4.8.7. Tiempo total de riego (Tt) | 28 |
| 4.9. Pérdidas de cargas por el método de Hazen Williams (1905) | 28 |
| 4.9.1. Pérdidas corregidas con factor de Christiansen | 29 |
| 4.10. Infiltración del agua en el suelo | 29 |
| 4.11. Variables de crecimiento | 30 |
| 4.11.1. Altura de la planta | 31 |
| 4.11.2. Número de hojas | 31 |
| 4.11.3. Diámetro del pseudotallo | 31 |
| 4.12. Variables de rendimiento | 31 |
| 4.12.1. Diámetro ecuatorial (cm) | 31 |
| 4.12.2. Diámetro polar (cm) | 31 |
| 4.12.3. Peso del fruto (g) | 31 |
| 4.13. Análisis de productividad del agua (kgm^3) | 32 |
| 4.14. Recolección de datos | 32 |

| | | |
|--------------|--|----|
| 4.15. | Análisis de datos | 33 |
| V. | RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 34 |
| 5.1. | Velocidad de infiltración del agua en el suelo | 34 |
| 5.2. | Láminas de riego | 35 |
| 5.3. | Pérdidas de cargas en el sistema | 37 |
| 5.4. | Volumen de agua aplicado en todo el ciclo vegetativo del cultivo | 38 |
| 5.5. | Volumen de agua disponible en la cosecha de agua | 39 |
| 5.6. | Análisis de la productividad del agua (kg m ³) | 39 |
| 5.7. | Efectos principales en variables de crecimiento | 41 |
| 5.8. | Efecto de los tratamientos en las variables de crecimiento | 42 |
| 5.9. | Efecto de los tratamientos en las variables de rendimiento | 43 |
| 5.10. | Análisis económico | 44 |
| 5.10.1. | Análisis de presupuesto parcial | 44 |
| 5.10.2. | Relación beneficio costo | 47 |
| VI. | CONCLUSIONES | 48 |
| VII. | LITERATURA CITADA | 49 |
| VIII. | ANEXOS | 53 |

INDICE DE CUADROS

| CUADRO | | PÁGINA |
|--------|---|--------|
| 1 | Análisis fisicoquímico del suelo, Finca Los Alpes, Condega, Estelí, 2021. | 20 |
| 2 | Descripción y manejo de los factores, Condega, Estelí, 2021. | 22 |
| 3 | Coefficiente de Hazen-Williams para diferentes materiales | 29 |
| 4 | Velocidades de infiltración y clases de infiltración pertinentes | 30 |
| 5 | Láminas de riego para la etapa inicial de 0 – 30 ddt. Finca Los Alpes, Condega, Estelí, 2022. | 35 |
| 6 | Láminas de riego para la etapa media de 30 – 60 ddt. Finca Los Alpes, Condega, Estelí, 2022. | 36 |
| 7 | Láminas de riego para la etapa inicial de 60 – 90 ddt. Finca Los Alpes, Condega, Estelí, 2022. | 36 |
| 8 | Pérdidas de carga en todo el sistema del área en estudio. Finca Los Alpes, Condega, Estelí, 2022. | 37 |
| 9 | Volumen de agua aplicado al sistema, en los tratamientos para todo el ciclo vegetativo del cultivo de cebolla (<i>Allium cepa</i> L.) Finca Los Alpes, Condega, Estelí, 2022. | 38 |
| 10 | Volumen total de agua disponible en la cosecha de agua, Finca Los Alpes, Condega, Estelí, 2022. | 39 |
| 11 | Caracterización estadística en variables de crecimiento en los efectos principales en el cultivo de cebolla a los 0-30 ddt y 30-60 ddt, Finca Los Alpes, Condega, Estelí, 2022. | 41 |
| 12 | Caracterización estadística en variables de crecimiento en los efectos de los tratamientos en el cultivo de cebolla a los 0-30 ddt, Finca Los Alpes, Condega, Estelí, 2022. | 42 |
| 13 | Caracterización estadística en variables de crecimiento en los efectos de los tratamientos en el cultivo de cebolla a los 30-60 ddt, Finca Los Alpes, Condega, Estelí, 2022. | 43 |
| 14 | Caracterización estadística en variables de frutos en los efectos de los tratamientos en el cultivo de cebolla a los 60-90 ddt, Finca Los Alpes, Condega, Estelí, 2022. | 44 |
| 15 | Análisis de presupuesto parcial de los tratamientos evaluados, 2022. | 46 |
| 16 | Análisis de utilidades y relación beneficio costo, 2022. | 47 |

INDICE DE FIGURAS

| FIGURA | | PÁGINA |
|--------|---|--------|
| 1 | Ubicación del área de estudio, Condega, Estelí, 2022. | 18 |
| 2 | Condiciones climáticas en el área de de estudio. Estación meteorológica Weather Spark, 2021. | 20 |
| 3 | Velocidad de infiltración e infiltración acumulada. Finca Los Alpes, Condega, Estelí, 2021-2022. | 34 |
| 4 | Productividad del agua según en los sistemas de riego evaluados en el cultivo de cebolla, Finca Los Alpes, Condega, Estelí, 2022. | 40 |

INDICE DE ANEXOS

| ANEXOS | | PÁGINA |
|--------|--|--------|
| 1 | Cálculo de la curva de infiltración | 53 |
| 2 | Cálculos de las láminas de riego | 57 |
| 3 | Cálculos de pérdidas de carga en el sistema | 61 |
| 4 | Cálculos de cosecha de agua | 66 |
| 5 | Cálculos de pérdidas de agua por evapotranspiración | 67 |
| 6 | Cálculos de análisis de productividad del agua (kg m ³) | 67 |
| 7 | Pruebas de infiltración y muestreo de suelo | 68 |
| 8 | Obra del estanque de escorrentía (cosecha de agua) | 68 |
| 9 | Sistema de riego por goteo en la parcela de estudio | 68 |
| 10 | Sistema de riego en el cultivo | 69 |
| 11 | Medición de las variables agronómicas | 69 |
| 12 | Cultivo de cebolla Apollo en el área de estudio | 69 |
| 13 | Cosecha de la cebolla obtenida de las parcelas experimentales | 69 |
| 14 | Diseño de los sistemas de riego (superficial, subsuperficial) y surco Condega, Esteli,2022 | 70 |

RESUMEN

En Nicaragua el cambio climático ha provocado grandes pérdidas económicas y cultivos. Por tanto, quien implemente alguna práctica de cosecha de agua, podría estar en una mejor condición para adaptarse al cambio climático, cada vez más incierto, con sequías y lluvias extremas más frecuentes, la producción de alimentos está más limitada, lo que nos debería llevar a pensar seriamente en integrar en la finca tecnologías y prácticas de siembra y cosecha de agua una de las mejores y más accesibles técnicas para aprovechar el agua que se pueda cosechar en la finca, es el riego por goteo, lo cual permite y facilita aplicar agua y nutrientes a los cultivos directamente en la zona de las raíces, en la cantidad apropiada y en el momento en que la planta los necesita. El ensayo se llevó a cabo en la comunidad El Bramadero, municipio de Condega, Estelí, en el periodo de enero hasta abril del 2022, con el propósito de evaluar dos sistemas de riego por goteo (superficial y subsuperficial), y surco en el cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.), establecido en un diseño de bloques completamente al azar (BCA), con un arreglo de parcelas divididas y tres repeticiones para realizar el muestreo de 16 plantas por parcela útil. A cada una de las variables se le realizó un ANDEVA y separación de medias según Tukey ($\alpha = 0.05$). El sistema riego por goteo subsuperficial con la lámina superior fue la que presentó los mejores resultados en cuanto a las variables de crecimiento, de igual manera las mayores medias en el rendimiento con 9 957.50 kg ha⁻¹, además presentó la mayor productividad del agua de 10.8 kg m³, así mismo obteniendo los mayores beneficios netos de \$ 2 803.90 y por ende una mayor relación beneficio costo de \$ 2.80, en comparación a los demás sistemas de riego evaluados.

Palabras clave. Productividad del agua, Sistemas de riego, Cosecha de agua.

ABSTRAC

In Nicaragua, climate change has caused great economic and crop losses. Therefore, whoever implements some water harvesting practice could be in a better condition to adapt to climate change, which is increasingly uncertain, with more frequent droughts and extreme rains, food production is more limited, which should lead us To think seriously about integrating water planting and harvesting technologies and practices into the farm, one of the best and most accessible techniques for taking advantage of the water that can be harvested on the farm is drip irrigation, since it allows and facilitates the application of water and nutrients to crops directly into the root zone, in the proper amount and at the time the plant needs them. The trial was carried out in the El Bramadero community, municipality of Condega, Estelí, from January to April 2022, with the purpose of evaluating two drip irrigation systems (surface and subsurface), and furrow in the crop. of onion (*Allium cepa* L.), established in a completely randomized block design (BCA), with an arrangement of divided plots and three repetitions to carry out the sampling of 16 plants per useful plot. An ANOVA and separation of means according to Tukey ($\alpha = 0.05$) were performed on each of the variables. The subsurface drip irrigation system with the upper layer was the one that presented the best results in terms of growth variables, in the same way the highest averages in yield with 9 957.50 kg ha⁻¹, it also presented the highest productivity of water from 10.8 kg m³, also obtaining the highest net benefits of \$ 2 803.90 and therefore a higher benefit-cost ratio of \$ 2.80, compared to the other irrigation systems evaluated.

Keywords. Water productivity, yield, Water harvesting, irrigation system.

I. INTRODUCCIÓN

Según Talavera, (2002), afirma que:

El origen de la cebolla es proveniente de Asia (Irán o Pakistán). No se conoce su forma silvestre, su historia se remonta 3200 años a. de c. Su cultivo se ha distribuido por todo el mundo, es por eso que la cebolla es uno de los cultivos más importantes y que con el transcurso de los años sus áreas de siembra están siendo incrementadas.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2014), asegura que:

Es una hortaliza que ocupa el tercer lugar en términos de superficie cosechada a nivel mundial, solo superada por la papa y el tomate. Este es un alimento que al presente muestra una difusión en su producción y comercio, debido a la existencia de países altamente poblados, lo que impulsó de manera determinante el incremento de la producción mundial de cebolla, cultivo que se produce alrededor de 175 países de todo el mundo, abarcando una superficie de poco más de 5 millones de ha⁻¹, donde Asia concentra el 60% de su producción y solo seguidos por China y Estados Unidos.

Esquivel y García, (2006). Aseguran que:

El cultivo de cebolla en Nicaragua, nace en el ciclo 1991-1992, con la empresa Mansell, Productos no tradicionales S.A. (MANPROSA), que inició cultivándola con una prueba de 5 ha⁻¹. Obteniendo resultados óptimos. Para 1992-1993, la empresa incrementó su área de siembra hasta 63 ha⁻¹, logrando colocar la producción en el mercado Estado Unidense, la inserción de la cebolla con la marca Sebaco Sweet.

Pronicaragua, (2015). Indica que:

En Nicaragua se cultiva en las zonas de Matagalpa, Sébaco, Jinotega, Estelí y Boaco, solo en Sébaco el potencial de tierras aptas para este cultivo es de 604 ha⁻¹ (856.7136 mz), cual sin embargo se produce en el país alrededor de 261.5 ha⁻¹ de cebolla al año, alcanzando en 2014 un producto interno bruto (PIB) de US\$ 11,805.6 millones y un crecimiento real de 4.7.

INTAGRI (2021), indica que:

Un sistema de riego logra eficiencias del 90 – 95% en el ejemplo del agua y de los fertilizantes mientras que con un sistema por gravedad la eficiencia es del orden de 55 – 60%. El riego por goteo difiere mucho de los otros sistemas de riego, por lo que se debe administrar correctamente para aprovechar al máximo sus beneficios y evitar problemas. Además, el agua aplicada al cultivo a través de los goteros permite mantener el agua de la zona radicular en condiciones de baja tensión (párr. 5)

Graterol *et al.*, (2019) mencionan que:

El corredor seco Nicaragüense (CSN) es una eco-región que cubre el 21 % de la superficie y alberga el 73 % de la población de Nicaragua. La producción agropecuaria es de vital importancia socioeconómica en el CSN debido a que la agricultura familiar representa el 87 % de las explotaciones agropecuarias.

CATIE (2020) Explica que:

Los productores que viven en las zonas secas dependen en mayor medida de la temporada lluviosa para poder producir. Sin embargo, en estos tiempos de cambio climático la lluvia es errática, lo que provoca grandes pérdidas económicas, ya que a veces los cultivos se pierden por mucha lluvia y otras veces por que no llueve. Por tanto, quien implemente alguna práctica de cosecha de agua, podría estar en una mejor condición para adaptarse al cambio climático, ya que puede almacenar agua para el período lluvioso que luego puede utilizar cuando faltan las lluvias en algún momento del ciclo agrícola o producir de forma más segura y con riego en la época seca (párr. 1).

Para los productores el uso de un sistema de riego les proporciona un aumento en la producción, es por esto que se considera que con la realización de esta investigación lograremos establecer un orden de la información sobre la cantidad de agua aplicada de manera eficiente hacia los cultivo, así como garantizar una mayor efectividad del uso eficiente del agua en las obras de cosecha de agua y así mismo la reducción de costos por manipulación en los sistemas de riego del cultivo de cebolla.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar tres láminas de riego por goteo (superficial, subsuperficial) y surco en el cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.), con cosecha de agua, Condega, Estelí, 2022.

2.2. Objetivos específicos

- Comparar el efecto de tres láminas de riego por goteo (superficial, subsuperficial) y surco sobre las variables de crecimiento y rendimiento en el cultivo de cebolla.
- Analizar la productividad del agua de las láminas de riego en relación con el rendimiento
- Estimar la relación beneficio – costo de los tratamientos en estudios en el cultivo de cebolla.

III. MARCO DE REFERENCIA

3.1. Generalidades del cultivo de cebolla

Talavera, (2002), Explica-que:

Esta especie (*Allium cepa* L.) es de origen asiatico central, es una de las primeras plantas cultivadas en la época. Más certeza tiene en su entrada europea por los griegos y romanos.

Osmedy *et al.*, (1993). Afirma que:

El cultivo de cebolla se adapta a distintos rangos de temperaturas, sin llegar a excesos ya que provoca ciertas anomalías, es un cultivo de clima frio que se adapta a crecer bajo amplio rango de temperaturas. El mejor crecimiento y calidad se obtienen si las temperaturas son frescas durante el desarrollo vegetativo. Las plantas crecen mejor en temperaturas entre 12.8 °C a 24 °C.

El cultivo de cebolla tambien se conoce por ser un cultivo que se adapta a un rango amplio de tipos de suelo, siendo más óptimo para su producción en suelos francos y porosos, en caso contrario que los suelos no sean de esta caracteristica necesitan de una buena manipulación en la preparación, drenaje, fertilización y riego, para terrenos con mucha arcilla es recomendables evitarlos.

3.1.1. Variedad de la cebolla “Appolo”

Barrera, (2005). Explica que:

Es una planta proveniente de Israel, se distingue de las demas variedades a que es una planta vigorosa, obtiene una madurez intermedia, ademas de que su bulbo se caracteriza por ser globoso y achatado, tipo jumbo, su color es amarillo, teniendo uno de los sabores suaves de las cebollas, es tolerante a Mildiu lanoso enfermedad causada por el hongo *Penospora destructor* (Berk), ademas que tiene una preservación prolongada al almacenamiento aproximado de tres meses.

3.1.2. Características botánicas

Fornaris (2012) explica que :

La cebolla *Allium cepa* es una planta monocotiledonea herbacea bienal que usualmente se cultiva como planta anual ,excepto para producir semilla. La cebolla pertenece a la familia Alliaceae. Las plantas de la familia Alliaceae habian sido incluidas anteriormente por diferentes autoridades bajo la familia Amaryllidaceae o la Liliaceae, pero actualmente se les considera como una familia separada . El genero *Allium* es uno grande y diverso , con alrededor de 500 especies ,siendo la cebolla la más importantes de ellas. Bajo este mismo genero tambien se encuentran otras plantas cultivadas de importancia ,como el ajo, el cebollin y el puerro.

3.1.3. Clasificación taxonómia:

Sub. Reino: Embriofita
División: Fanerógama
Sub-División: Angiosperma
Clase: Monocotiledónea
Orden: Liliales
Familia: Alliaceae
Género: *Allium*
Especie: *Allium cepa* L.
(Fuente: Laguna et al., 2004)

Reís (1982), Menciona que:

Existen algunas contradicciones sobre el género *Allium*, entre las familias botánica, para los europeos pertenece a la familia de las liliáceas, algunas escuelas americanas la ubican dentro de las amarilidáceas y, otras escuelas, sobre todo en Sur América, afirman que su familia pertenece al grupo de las aliáceas.

Acosta et al; (1993), Atribuye que:

Planta: bienal, a veces vivaz de tallo reducido a una plataforma que da lugar por debajo a numerosas raíces y encima a hojas, cuya base carnosa e hinchada constituye el bulbo.

Bulbo: está formado por numerosas capas gruesas y carnosas al interior, que realizan las funciones de reserva de sustancias nutritivas necesarias para la alimentación de los brotes y están recubiertas de membranas secas, delgadas y transparentes, que son base de las hojas. La sección longitudinal muestra un eje caulinar llamado corma, siendo cónico y provisto en la base de raíces fasciculadas.

3.1.4. Características morfológicas

Acosta et al., (1993) menciona:

Sistema radicular: es fasciculado, corto y poco ramificado; siendo las raíces blancas, espesas y simples.

Tallo: el tallo que sostiene la inflorescencia es derecho, de 80 a 150 cm de altura, hueco, con inflamamiento ventrudo en su mitad inferior.

Hojas: envainadoras, alargadas, fistulosas y puntiagudas en su parte libre.

Flores: hermafroditas, pequeñas, verdosas, blancas o violáceas, que se agrupan en umbelas.

Fruto: es una cápsula con tres caras, de ángulos redondeados, que contienen las semillas, las cuales son de color negro, angulosas, aplastadas y de superficie rugosa.

3.2. Sistema de Cosecha de agua

3.2.1. Cosecha de agua

Según Solís (2019). “La cosecha de agua se traduce como el almacenamiento del vital líquido establecido en el período de las lluvias para ser utilizado a fines productivos”.

CATIE (2020). Explica que:

La cosecha de agua de escorrentía tiene varios objetivos: recargar acuíferos, regar cultivos, para consumo del ganado o uso doméstico si el agua se le da un tratamiento adecuado (párr. 2)

Es así como la reutilización de estanques de almacenamiento de agua de lluvia puede cooperar en la reducción de la explotación de aguas superficiales y subterráneas, tales como ríos, lagunas, acuíferos, etc.

CATIE, (2020). Establece que:

Todas las familias que viven en el corredor seco saben el valor del agua en tiempos de sequía. Muchas mujeres y niños recorren largos caminos para traer agua a sus hogares. Los ganaderos hacen iguales recorridos para abreviar sus animales. Es por eso que se realizan diferentes gestiones para aprovechar al máximo este tipo de obra tales como:

Reducción de la evaporación en el reservorio

- Establecer cortinas rompevientos en los alrededores de la obra, a una distancia aproximada de 10 metros, para que cierren el paso del viento al espejo de agua almacenada.
- Combinar con árboles de copa ancha, para que ayuden a tapar la entrada del sol al espejo de agua.
- Colocar prendones en la cerca que rodea al reservorio en lugar de postes muertos. En poco tiempo tendrá una cerca de árboles con alambre de púas, protegiendo al reservorio de los vientos, el sol y el ganado.
- Establezca pastos de porte alto como guinea, Taiwán y sorgo forrajero o caña en los alrededores del reservorio.
- Siembre plantas de raíces fibrosas como grama, zacate o similares en los taludes exteriores de la obra. Cuando estas plantas crecen se cortan para alimentar al ganado.

Reducción de la infiltración en el reservorio

- Cuando termine de usar el agua almacenada, busque señales o grietas que indiquen si ha habido filtraciones horizontales sobre el dique, o filtraciones verticales en el fondo del reservorio.
- Rellene con arcilla todas las grietas que encuentre y compáctelas manualmente.
- Las grietas detectadas en el fondo del reservorio se pueden tapar con una mezcla de arcilla, estiércol de ganado y cal. Enseguida se compactan con un pisón o cualquier compactador casero

3.2.2. Estructura de los sistemas de captación de Agua

International Center for Acuaculture; (2005), explica que:

La captación consiste en recolectar y almacenar agua proveniente de las distintas fuentes para su propio beneficio. El agua captada de una cuenca y conducida a reservorios puede aumentar relativamente la cantidad de agua, ésta para el riego de huertos, bebederos de animales, la acuicultura y usos domésticos.

CATIE, (2020) mencionan que

El área de recarga se localiza en la parte más alta de la finca donde estará el reservorio y es un sitio clave para esta práctica. Así, cuando llueve, una parte del agua se escurre hacia la obra, hasta llenarla.

La obra de cosecha de agua es una estructura ingeniada para poder captar y almacenar el agua de las precipitaciones producidas por las lluvias de las cuales para que mantenga su óptimo objetivo debe de cumplir de algunas condiciones para su construcción, siendo estas las siguientes:

- Pendientes menores al 10 % preferiblemente que quede entre dos cerros o laderas.
- Si no existe un lugar encajonado, buscar un lugar donde no se excave muy profundo para poder formar el dique en la parte baja.
- Si el suelo es plano, se excavará hasta formar la obra, siendo una alternativa más cara que las demás.
- El suelo debería mantener un alto nivel de arcilla en su primera capa de suelo para que, al ser compactada, impermeabilice la capa inicial del suelo y así evitar la infiltración del agua que almacena.
- Debe ser un área libre de árboles para evitar la deforestación.

Este sistema de cosecha de agua está compuesto de tres formas: el área de recarga o zona de captación de escorrentías; la obra de captación y almacenamiento, conocida como reservorio; y el área productiva, elegida para aprovechar el agua cosechada.

3.3. Riego localizado

Andreau *et al.*, (2013) indica que:

El riego localizado o micro irrigación, se refiere a la modalidad de aplicación de agua al suelo cultivado en las cercanías del ambiente de raíces, mediante tres tipos de sistemas: microaspersión, goteo superficial (riego por goteo y goteo subsuperficial (RGS). La difusión del RGS se ha incrementado mundialmente en las últimas dos décadas, debido a los promisorios resultados logrados en la producción de numerosos cultivos, basados principalmente en el aumento de la eficiencia en el uso del agua y otras ventajas adicionales debidas a que la superficie del terreno regado se mantiene con muy bajos contenidos hídricos.

3.4. Riego por goteo

INTAGRI (2020). Aduce que:

En el riego por goteo existen las modalidades de superficial y subterráneo. En el superficial las cintas van al ras del suelo o pueden ser suspendidas y se utiliza en cultivos donde no se efectúan labores cruzadas (hortalizas y frutales). En el subterráneo las líneas regantes son enterradas a diversas profundidades, dependiendo del tipo de suelo y el cultivo a manejar (nogal, algunos cítricos, alfalfa, caña de azúcar, espárragos. El subterráneo es muy especial en su manejo, ya que existen factores que pueden ser riesgosos, como la intrusión de material inerte y el de obturación de los goteros por intrusión de las raíces.

Rodas y Cisneros (2000). Menciona que:

“Un sistema más adecuado depende de varios factores, que pueden resaltar el tipo de topografía y el suelo, suministro de agua (ubicación, flujo y la calidad) el sistema de la plantación y el costo del equipo y su funcionamiento”.

Dentro de sus principales atribuciones están: Humedecimiento parcial del suelo lo que se vuelve en un importante ahorro del agua evitando la evaporación, amplia y exacta distribución uniforme del agua, se puede emplear la fertilización localizada junto al riego, flexibilidad en los horarios de riego, normalmente los tiempos de aplicación son bajos, los volúmenes de descarga son bajos lo que se traduce en una economía del bombeo.

MEFCCA et al. (2018) aduce que:

El riego por goteo es el más recomendado para zonas secas y áridas, porque es el más eficiente en el aprovechamiento del agua y, porque al mismo tiempo que se riega también se fertiliza, en un proceso conocido como fertirrigación. Cuando se aplica la fertirrigación, se mezcla el abono líquido o el plaguicida con el agua de riego para que caiga solamente en el área de las raíces y sea mejor aprovechado por la planta (p.28)

3.4.1. Riego por goteo superficial

Sevilla (2010), explica que:

En el sistema de riego por goteo superficial los goteros suelen trabajar a una presión próxima a un kg cm^2 y suministran caudales entre dos y 16 litros hora. Lo más frecuente es que las tuberías laterales y los goteros estén situados sobre la superficie del suelo, y el agua se infiltre y distribuya en el subsuelo, es el riego por goteo en superficie.

Cuando los goteros aplican el agua, esta se infiltra y va formando en el interior del suelo un humedecimiento en forma de cebolla, al cual se le llama “bulbo húmedo”. Este bulbo presenta un diámetro pequeño en la superficie del suelo, pero se ensancha adquiriendo su máximo diámetro a una profundidad de 30 cm aproximadamente.

Es las superficies del suelo humedecida alrededor de un gotero y debe obtenerse preferiblemente haciendo un ensayo en el lugar definitivo, así se conocerán los volúmenes de agua que mojarán un área determinada y que profundidad logrará; todo esto para adaptarlo a las necesidades del cultivo y que procuraremos dar a través del número y disposición de los goteros.

3.4.2. Riego por goteo subsuperficial

SEPOR (2010) indica que:

El riego por goteo subsuperficial corresponde a una instalación de riego por goteo, donde los laterales de riego o tuberías que llevan goteros en su interior se encuentran bajo la superficie del suelo. Las profundidades de instalación varían entre 20 y 60 cm; sin embargo, la mayoría de ellos son enterrados entre 30 cm y 45 cm. Respecto a profundidad óptima, no existe una cifra precisa, esta dependerá, entre otros factores, del movimiento vertical del agua, tráfico de maquinaria, profundidad de las labores agrícolas durante la temporada de cultivo y patrón de desarrollo de las raíces

Montemayor *et al.*, (2012). Asegura que:

Ahora hay varios tipos de riego tal como el riego subsuperficial, tecnología desarrollada para disminuir la evaporación directa del suelo y lograr el máximo control sobre el contenido de humedad en la zona más activa de la raíz. De esta forma se obtiene un ahorro considerable del agua para riego, aspecto importante porque la mayor limitante para la producción agrícola en zonas áridas es la disponibilidad de agua.

Ventajas del riego por goteo

- Sin presentación de problemas de escorrentia, contiene poca percolación y no permite mucha evaporación
- Menor requerimiento de esfuerzo y de consumo de energía en el sistema de bombeo.
- Claro uso del sistema
- Disminución considerable de malezas en los cultivos

- Se adapta a cualquier tipo de topografía.
- No requiere mucha mano de obra.
- Aplicación óptima para fertirriego.

Desventajas del riego por goteo

- Sistema que requiere altos costo de instalación.
- No permite mecanizar el área por la puesta de las cintas de riego.
- Requiere de estricta utilización de sistema de filtración en tuberías.
- Contiene un alto riesgo de obturación en los emisores y por consiguiente afecta a la uniformidad del riego.
- Por estar ubicadas en un solo lugar de preferencia permite alta referencia de presencia de salinización alrededor de las áreas humedecidas.

3.5. Riego por surco

Cisnero. (2003), Afirma que:

Este método es uno de los mas utilizados en todo el mundo en los cultivos que se plantan en hileras y se presentan tambien muy frecuentemente en el riego de frutales. Los surcos son canales pequeños en los que el agua se infiltran en direccion vertical y lateral, al mismo tiempo que se mueven en sentido de la pendiente. La superficie del suelo no s emoja totalmente sino solamente se humedece por infiltración. La duración del tiempo que el agua deba correr entre ellos dependerá de la cantidad de agua que se necesite para saturar la zona ocupada por las raices, de la infiltracion en el suelo y la rapidez con que el agua se desplace lateralmente en el suelo. (Pag. 97).

Demin (2014), indica que:

Para lograr una mayor eficacia del riego se deben de considerar lo siguiente. (Pag.8):

- Los seguimientos de la infiltración en el perfil del suelo nos determinan la separación entre surcos; estos deben estar más cerca en suelos arenosos y más alejados en suelos arcillosos.

- La distancia de los surcos depende de la textura del suelo y de la infiltración. En suelos arcillosos los surcos tienden a ser más extensos que en los suelos arenosos.
- Si se va a regar con una gran cantidad de agua es recomendable que se realicen mas surcos para poder regar una mayor superficie de suelo al mismo tiempo..

Fernández, 2010). Afirma que:

Es un método de riego que consiste en aplicar el agua al suelo por gravedad. Engloba una gran cantidad de sistemas diferentes en los que el agua se aporta a la parcela y el suelo la distribuye a lo largo y ancho cubriendo la totalidad o solo parte de su superficie. Una vez que el agua llega al punto de la parcela donde será aplicada, no es preciso suministrarle presión ya que se vierte y discurre libremente.

El riego por surco es un método que puede aplicarse prácticamente a todo tipo de cultivos, bien sean anuales o leñosos, y con distintos sistemas de siembra o plantación como cultivos en línea, plantaciones arbóreas de diferentes marcos, cultivos que cubren todo el suelo, etc. Ello se debe al gran número de tipos de sistemas diferentes y a su vez a las distintas prácticas de manejo que se realizan de forma tradicional en cada zona.. Consiste en un sistema poco costoso en instalaciones y mantenimiento, pero generalmente no se consiguen altas eficiencias.

Ventajas del riego por surco

- Bajo coste de inversión, si no se precisa una explanación previa y de mantenimiento en las instalaciones.
- Es un riego que no es afectado por condiciones climaticas como viento, humedad ambiental, etc.
- La calidad del agua no es significativa (a excepcion de sales).
- No consume energia. Solo cuando se necesita abastecer reservorios aun lugar más alto.
- Método de riego apto para el lavado de sales.

Desventajas del riego por surco

- Tienen poca eficiencia con el uso racional del agua que los otros métodos.
- La cantidad de agua infiltrada depende de las características del suelo y varía dentro de la misma parcela.
- Las parcelas deben tener nula o escasa pendiente.
- Es necesario disponer de un caudal importante de agua.
- Es probable que genere alteraciones en la estructura del suelo, dando resultados negativos al desarrollo de raíces.

3.6. Parámetros de riego

3.6.1. Capacidad de campo (CC)

Expone Tamara y Hernandez (2016). “La capacidad de campo es la representación del contenido de humedad del suelo, cuando el agua que este mantiene deja de fluir por gravedad, cuando este fenómeno ocurre, el agua gravitacional deja de existir en el suelo” (párr. 1)

3.6.2. Punto de marchitez permanente (PMP)

Según CONADI (2017). “El punto de marchitez permanente son los parámetros de humedad del suelo en que las plantas no logran absorber el agua o bien lo hacen con mucha dificultad, atribuyendo así a una marchitez irreversible”. (p.11)

Roblero y Mejía, (2016), menciona que:

Cuando los niveles de humedad disminuyen llegando al punto del PMP, las plantas se ven afectadas, se interrumpe su desarrollo y al final se obtienen pocos niveles de rendimiento. Por ello, si se desea que las plantas se desarrollen normalmente, se debe tener lo antes mencionado en cuenta y mantener la humedad del suelo muy por encima del PMP. (p.39)

3.6.3. Límite productivo (Lp)

Se define como el punto que determina el rango de humedad óptimo en la capa activa del suelo para un determinado cultivo que asegura que este nos de los maximos rendimientos. Éste valor se ha determinado en un punto entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente. Varios autores han considerado este valor como un 70% - 80% del valor de la capacidad de campo.

3.6.4. Densidad aparente (Da)

La densidad aparente es una medida de la porosidad de los suelos. Se determina dividiendo el peso del suelo seco entre todo el volumen, de modo que un mayor valor de densidad aparente significará menor porosidad. Esta es muy importante ya que diagnostica la compactación y la facilidad de la circulación del agua y el mismo aire.

3.6.5. Lámina neta (Ln)

Ortega (2021).“La lámina neta es la cantidad de agua que debe ser aplicada durante el riego con la finalidad de cubrir el agua que ha utilizado el cultivo durante la evapotranspiración. Expresada en $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ ”. (p.18).

3.6.6. Lámina bruta (Lb)

Chávez y Mora (2013), enuncia que:

Los sistemas de riego no son 100 % eficientes, sino que en el manejo del agua ocurren pérdidas inevitables, las cuales varían con el método de riego empleado. Por ello, es necesario aplicar una cantidad de agua superior a la lámina neta, que compense las mermás por las deficiencias del sistema. Esta se llama lámina bruta (Lb). (p.27)

3.6.7. Tiempo de riego (Tr)

Arapa (2007). “El tiempo de riego, está determinada por la relación de la capacidad de riego que se tiene instalado en la subunidad (cantidad de emisores) y la cantidad de agua a reponer en el suelo absorbido por el cultivo” (Villacorta, 2017, p.10)

3.6.8. Intensidad de aplicación (Ia)

Díaz y Herrera, (2017). Menciona que:

Una alta intensidad de aplicación del riego descompone la estructura del suelo y altera su composición, del mismo modo las partículas que lo forman se separan por tamaño, quedando en suspensión las partículas que son más pequeñas, lo cual puede provocar encharcamiento, es por eso que la intensidad, está en función de la lámina de agua que llega a tener contacto en el suelo, como el tiempo en que dura el área en ser regada. (p.19)

3.6.9. Infiltración del agua en el suelo

Cisneros (2003), explica:

La infiltración es una propiedad física muy importante en relación con el manejo del agua de riego en los suelos. Se refiere a la velocidad de entrada del agua en el suelo. La velocidad de infiltración es la relación entre la lámina de agua que se infiltra y el tiempo que dura en realizarlo, se expresa explícitamente en cm hora^{-1} o cm min^{-1} . (p.25)

Factores que influyen en la infiltración

Según Haghazari *et al.*, (2015), deduce que:

Entre los factores que influyen en la velocidad o tasa de infiltración que son accesiblemente observables, se pueden destacar: el contenido inicial de humedad del suelo, relacionado inversamente con la tasa de infiltración; la textura y estructura del suelo; la condición de superficie (suelo desnudo, con presencia de capas de sólidos, o vivencia de vegetación); cantidad de materia orgánica; temperatura del suelo y calidad del agua aplicada. (Tornés, 2016, p.14)

3.7. Pérdidas de carga en un sistema

MOLECOR (2021), afirma que:

La pérdida de carga en una tubería o canalización es la pérdida de presión que se produce en un fluido debido a la fricción de las partículas del fluido entre sí y contra las paredes de la tubería que las conduce. Las pérdidas pueden ser continuas, a lo largo de conductos regulares, o accidentales o localizadas, debido a circunstancias particulares, como un estrechamiento, un cambio de dirección, la presencia de una válvula, etc (párr.2)

ARCO (2019) explica que existen dos tipos de pérdidas de carga:

3.7.1. Pérdidas continuas

“Son las que ocurren por rozamiento de los fluidos con las tuberías y dependen de los parámetros como longitud y rugosidad de la tubería, la velocidad, viscosidad o densidad del fluido” (Párr. 15)

3.7.2. Pérdidas localizadas

Son las causadas por el cambio de movimiento que experimenta el fluido del agua cuando fluctúa en diferentes direcciones. Así mismo se conoce también como pérdidas en los accesorios. Difiere de las pérdidas continuas, ya que no son causadas por fricción, sino por fenómenos de turbulencia causados partes originarias de los sistemas de tuberías. Estos puntos son: válvulas, codos, cambios de dirección, juntas, derivaciones. (Párr. 18)

• IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Ubicación del estudio

El ensayo se llevó a cabo en la finca Los Alpes, propiedad del productor Sixto Valle Rivas, ubicada en la comunidad El Bramadero, municipio de Condega, Departamento de Estelí, ubicada al km 206 de la carretera a San Sebastian de Yalí, comprendidas bajo las coordenadas 13°23'35" latitud Norte y 86°15'02" longitud Oeste, con una altitud de 1 150 msnm (metros sobre el nivel del mar), (Figura 1.)

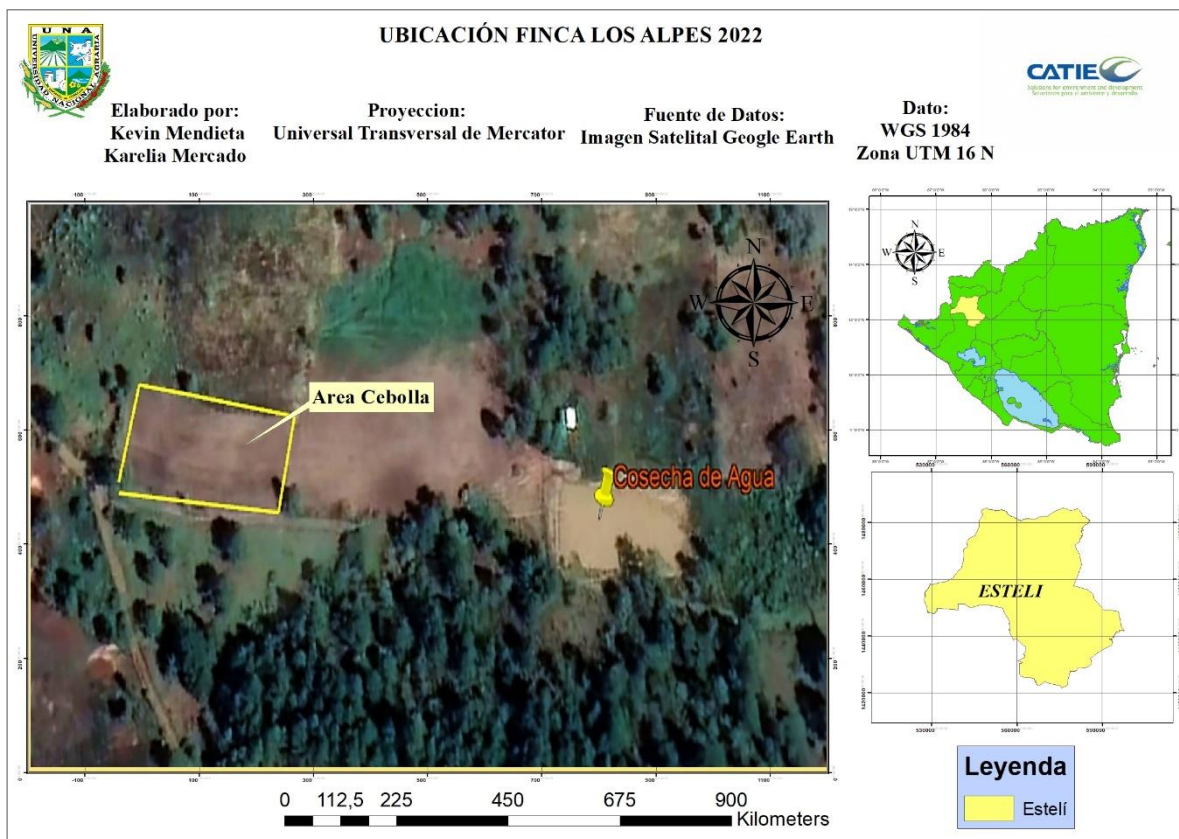


Figura 1: Ubicación del área de estudio, Condega, Estelí, 2022.

4.2. Condiciones climáticas de Estelí

INIDE. (2011), Explica que:

El clima de la zona en estudio se caracteriza por las pocas precipitaciones durante la estación lluviosa, presentándose dos zonas climáticas bien marcadas. La zona seca con precipitaciones anuales menores de 1 000 mm, tienen períodos caniculares bien marcados, se ubica al sur de la comunidad de La Trinidad, en la parte céntrica de los municipios de Estelí y Condega, en el sector occidental del municipio de San Juan de Limay. La zona húmeda con precipitaciones de 1 000 a 1 500 mm anuales, se presentan en la parte norte del municipio de San Nicolás y en el sector oriental de los municipios de Estelí y Condega fronterizo con el departamento de Jinotega

La temperatura varían de 17 °C a 24 °C con una temperatura media anual de 22.3 °C. En mayo es el mes más caluroso del año. Enero tiene la temperatura más baja del año con 21 °C, entre los meses más secos y más húmedos, la diferencia en las precipitaciones es de 199 mm. Durante el año, las temperaturas medias varían en 2.5 °C.

4.2.1. Condiciones climáticas de Condega

Weatherspark (2021), explica que:

En Condega la temporada de lluviosa es opresiva y nublada, en el caso de la temporada seca se comporta mayormente despejada y muy caliente durante todo el año. Durante el transcurso del año las temperaturas generalmente oscilan entre las mínimas 19 °C a máximas 33 °C. Su temporada más calurosa permanece entre los meses de marzo a mayo. El mes más frío del año diciembre.

Para la Figura 2, se observan que las medias de temperaturas máximas y mínimas (Max. Y Min.), respectivamente de los cuales los meses con mayores precipitaciones son de mayo a octubre con presencia de algunas variaciones entre julio y agosto, Se presentó una precipitación anual promedio para Condega de 800 mm, sus temperaturas a lo largo del año en la localidad oscilan entre 19 °C mínimas a 33 °C Máximas, durante casi todo el año.

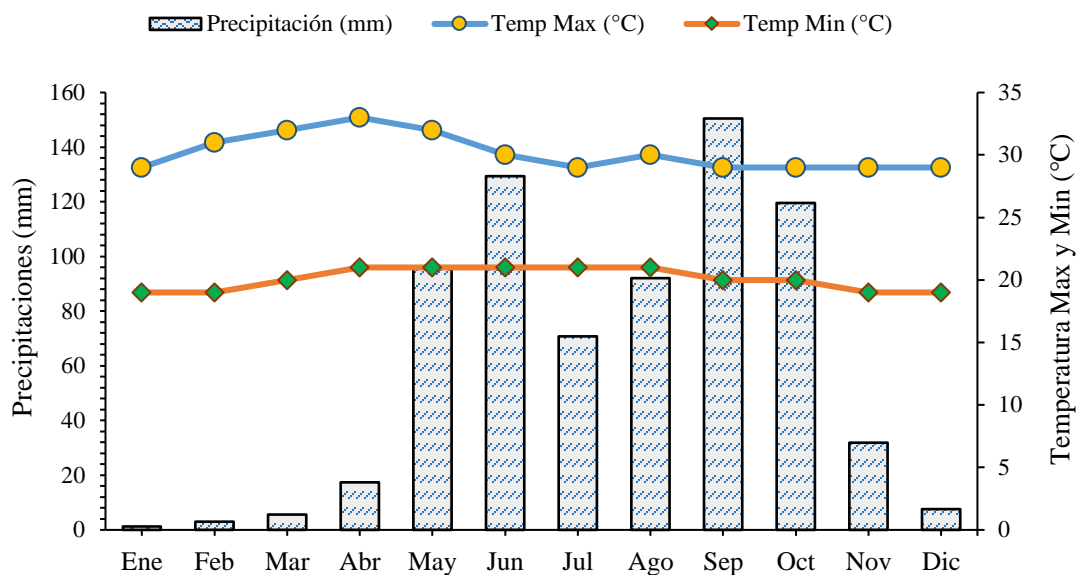


Figura 2: Condiciones climáticas en el área de estudio. Fuente: Weather Spark 2021.

4.3. Suelo

En concordancia con el resultado de estudio de suelo del laboratorio de suelo y agua (LABSA, 2021) de la Universidad Nacional Agraria Cuadro 1. Se observó un Ph medianamente ácido, materia orgánica media, nitrógeno alto, fósforo y potasio medio con una textura del suelo franco (Arcilla 26.82 %, Limo 44.12 % y Arena 29.06 %).

Cuadro 1: Analisis físicoquímico del suelo, Finca Los Alpes, Condega, Estelí, 2021.

| Prof. | Ph | MO | N | P | K | Cc | PMP | Da | Partículas % | | |
|-------|------------------|------|------|------|----------|-------|-------|--------------------|--------------|-------|-------|
| Cm | H ₂ O | % | | Ppm | Meq/100g | % | | g cm ⁻¹ | Arcilla | Limo | Arena |
| 5 | 5.62 | 2.25 | 1.06 | 2.34 | 0.31 | 28.21 | 14.38 | 1.14 | 26.82 | 44.12 | 29.06 |

Nota: Prof= profundidad; MO= Materia Orgánica; N= Nitrogeno; P= Fósforo; K= Potasio; Cc= Capacidad de campo; Dr= Densidad real; Da= Densidad aparente.

4.4. Diseño metodológico

El experimento se estableció en un diseño de Bloques Completamente al Azar (BCA), con un orden de parcelas divididas y tres repeticiones, las dimensiones de las parcelas fueron de 5 m de largo y 3.6 m de ancho (18 m^2) por parcelas, las parcelas estaban compuestas por tres camellones de 0.8 m de ancho y 5 m de largo, se tomó el camellón central en el cual se seleccionaron 16 plantas al azar para medir las variables agronomicas del cultivo, cada camellón cuenta con 6 surco de cebollas con dimenciones de siembra de 0.15 m entre surco y 0.10 m entre planta. El área total concebía de 16 m de ancho y 16 m de largo para un total de (256 m^2).

El sistema de riego utilizado fue por goteo con un diámetro de 16 mm, gastando un litro por hora, espaciamiento entre emisor de 0. 10 m y una presión de trabajo de 10 a 20 PSI, en los bancos se manejaron tres laterales para una mejor distribucion de la humedad.

4.5. Diseño y descripción de los tratamientos

Se manejaron dos métodos de riego por goteo (superficial y subterráneo) y surco, lo cual se evaluaron de la siguiente forma:

- 1). Riego por goteo: riego superficial y subsuperficial (en este último la cinta se enterró a siete cm por debajo de la superficie esto se debe a que el bulbo de cebolla se introduce en el suelo a una profundidad máxima de 10 cm), están sujetas a tres láminas de riego por tratamiento.
- 2). Riego por surco: Para evaluar este sistema el surco fue diseñado al centro del camellón a una profundidad máxima de 10 cm de igual manera fueron sujetas de la misma forma que riego por goteo.

Se destaca que cada uno de los métodos se les realizó un cálculo en las láminas de riego, se le adaptó una lámina inferior y una lámina superior, dada a partir del 50% menor y 50% mayor de la lámina óptima.

Cuadro 2: Descripción y manejo de los factores, Condega, Estelí, 2021.

| Factores | Niveles (mm) |
|-----------------------------------|------------------------|
| Riego por goteo Superficial | a ₁ = 7.50 |
| | a ₂ = 15.00 |
| | a ₃ = 22.50 |
| Riego por goteo Subsuperficial | b ₁ = 5.00 |
| | b ₂ = 10.00 |
| | b ₃ = 15.00 |
| Riego por Surco | c ₁ =13.00 |
| | c ₂ = 26.00 |
| | c ₃ = 39.00 |

4.6. Manejo agronómico del cultivo de cebolla

4.6.1. Preparación del suelo

La preparación del área de siembra se realizó con ayuda del productor Sixto Valle Rivas en la finca Los Alpes, con el uso de tracción animal el cual consistió en dos pases de arado para que el suelo quedara bien mullido posteriormente se procedió a la elaboración de los camellones de manera manual con la ayuda de azadón y pala, así mismo se diseñaron los surcos de riego que se establecieron en los camellones.

4.6.2. Semillero

El semillero se realizó en camellones de un m de ancho y 20 m de largo entre el 20 al 30 de octubre del 2021.

4.6.3. Trasplante

Las plantas de cebolla (*Allium cepa* L.) fueron transplantadas del semillero al campo definitivo cuando las plantas tenían 40 días de germinados en el semillero. Se establecieron seis surcos por camellón para el riego por goteo y el para riego por surco se establecieron 4 surcos por camellón.

4.6.4. Fertilización

El productor Sixto Valle fue encargado de producir el cultivo a través de los conocimientos que ha tenido durante estos últimos años, aplicando las mismas técnicas que ha utilizado para el cuidado, fertilización, prevención de plagas y enfermedades.

En el momento del establecimiento del semillero se aplicó completo de fórmula 15 – 30 – 15 utilizando un total de fertilizante en todo el ciclo 230.91 kg ha⁻¹. Al momento del transplante utilizó Pronto-K formulado con 20 – 20 – 20 de forma edáficas a razón de 461.82 kg ha⁻¹, aplicado directo al suelo (voleo) a los 20 ddt y 40 ddt. A los 60 ddt utilizó 15 – 15 – 15 a razón de 461.82 kg ha⁻¹.

4.6.5. Control de plagas

El manejo de plagas se desarrolló cada cuatro días con VYDATE 24 SL y ACARATOX 40 EC TRIAZOFOS para evitar que plagas tales como trips (Thysanopteros) y gusano verde (*Hypera postica*), ataquen de manera directa al cultivo, el productor explica que de esta manera se prevé evitar pérdidas grandes por estas plagas, la aplicación de estos agroquímicos se realizó a partir de los 20 ddt, de manera foliar.

4.7. Parámetros de riego por goteo

4.7.1. Lámina neta de riego

La Lámina neta es la cantidad de agua que se aplica en el riego con la finalidad de cubrir el agua que ha determinado para el cultivo durante la evapotranspiración. Expresada en m³ ha⁻¹ y está dada por la siguiente ecuación.

$$Ln = 100 * \Delta H * Da * (Cc - lp)$$

Donde:

Ln Lámina neta (mm)

ΔH : Variación de capa activa (m)

Da: Densidad aparente (g cm³)

Cc: Capacidad de campo (%)

Lp: Límite productivo (%)

4.7.2. Lámina bruta (Lb)

Castro (2009) explica sobre:

Es el suministro de agua al cultivo, debe incluir adicionalmente a las necesidades netas de la planta. La lámina bruta se define entonces como la lámina neta afectada por la eficiencia de riego y se expresa mediante la siguiente ecuación. (Párr....70)

$$Lb = \frac{Ln}{E_o}$$

Donde

Lb: Lámina bruta (mm)

Ln: Lámina neta (mm)

E_o: Eficiencia de aplicación (%)

4.7.3. Intensidad de aplicación (Ia)

Es un término que se refiere específicamente a cómo el agua está relacionada con los suelos, se refiere al primer momento de contacto.

$$Ia = \frac{Qe}{Es \times Ee}$$

Donde:

Ia: Intensidad de aplicación (mm h⁻¹)

Qe: Caudal del emisor (m³ h⁻¹)

Ee: Espaciamiento entre emisor (m)

Es: Espaciamiento entre surco (m)

4.7.4. Tiempo de riego (Tr)

Tiempo que se requiere para que trabaje el sistema para brindar la lámina bruta de riego.

$$Tr = \frac{Lb}{Ia}$$

Dónde:

Tr: Tiempo de riego. (Horas)

Lb: Lámina Bruta (mm)

Ia: Intensidad de aplicación. (mm h⁻¹)

4.7.5. Intervalo de riego (Ir)

Es solamente que el tiempo que necesitamos para que se aplique y cada cuanto debemos realizar la operación de riego para restituir la humedad en el suelo.

$$Ir = \frac{Lb}{Eto * Kc}$$

Donde:

IR: Intervalo de riego (días)

Lb: Lámina Bruta (mm)

Eto: Evapotranspiración referencia (mm día⁻¹)

Kc: Coeficiente del cultivo

4.8. Parámetros de riego por surco

Según Comisión Nacional de Riego del Departamento de Proyectos. (1999). Establece la metodología para la práctica de los parámetros de riego por surco.

4.8.1. Capacidad de estanque para el suelo arcilloso (Ce)

La capacidad de retención de agua del suelo es determinada por la capacidad de retención máxima de agua de cada tipo de suelo en la zona de actividad de las raíces. Es así que varía con el tipo de suelo. A continuación, se presenta la siguiente ecuación:

$$Ce = \frac{(Cc - PMP)}{100} \times Da \times Pr$$

Donde:

Ce: Capacidad de estanque del suelo. (cm)

Cc: Contenido gravimétrico de agua en el suelo a capacidad de campo. (%)

Pmp: Contenido gravimétrico de agua en el suelo a punto de marchitez permanente. (%)

Da: Densidad aparente del suelo. (g cm⁻³)

Pr: Profundidad Radicular (cm)

4.8.2. Lámina bruta (Ln)

Chávez y Mora (2013), afirman que:

Es la aplicación que se necesita para que se aplique una cantidad de agua superior a la lámina bruta para mermar los escases del sistema.

$$Lb = \frac{Ce}{Eo}$$

Donde:

Ce: Capacidad de estanque del suelo (cm)

Eo: Eficiencia del sistema (%)

Lb: Lámina bruta (cm)

4.8.3. Evapotranspiración del cultivo Etc

Según FAO (2014). Explica que:

La transpiración consiste en la vaporización del agua líquida contenida en los tejidos de la planta y su posterior remoción hacia la atmósfera. Los cultivos pierden el agua predominantemente a través de los estomas.

Existen varios modelos a los cuales tomar de acuerdo a las condiciones atmosféricas del cultivo, para la toma de decisiones referente al riego los cuales se toman de datos aproximados de la zona, influenciado por el valor del cultivo, lo cual es la diferencia en la evaporación y la tasa de transpiración (Kc), a continuación se detalla en la siguiente fórmula:

$$ETc = ETo \times Kc$$

Donde:

Etc: Evapotranspiración del cultivo (mm día⁻¹)

Eto: Evapotranspiración de referencia (mm día⁻¹)

Kc: Coeficiente del cultivo

4.8.4. Intervalo de riego (Ir)

De la misma forma que el riego por goteo es la operación de riego para restituir el agua en el suelo.

$$I_r = \frac{L_b}{ET_c}$$

Donde:

Ir: Intervalo de riego (días)

Lb: Lámina bruta (mm)

Etc: Evapotranspiración del cultivo (mm día⁻¹)

4.8.5. Tiempo de riego por surco (Tr)

El tiempo de riego es la suma de dos tiempos, tiempo de avance y tiempo de infiltración. Es el tiempo necesario para que el agua alcance el final del surco y de igual manera aportar la dosis deseada al final del surco.

$$T_r = \left(\frac{L_b}{C}\right)^{1/b}$$

En donde,

Tr: Tiempo de riego (minutos)

Lb: Lámina bruta (cm)

C: Constante que representa la infiltración en el primer minuto

b: Pendiente de la curva de infiltración acumulada

4.8.6. Tiempo de avance (Ta)

Es el tiempo de avance que demora el agua en llegar desde la cabecera al pie de cultivo.

$$T_a = \frac{1}{4} * T_r$$

Donde,

Ta: Tiempo de avance (minutos)

Tr: Tiempo de riego (minutos)

4.8.7. Tiempo total de riego (Tt)

El tiempo de riego se define como el tiempo total necesario para que el agua alcance el final del surco. Es un valor del tiempo fácil de conocer siguiendo el avance del agua dentro del surco.

$$Tt = Tr + Ta$$

Donde,

Tt: Tiempo total de riego (minutos)

Ta: Tiempo de avance (minutos)

Tr: Tiempo de riego (minutos)

4.9. Pérdidas de cargas por el método de Hazen –Williams (1905)

Pérez (2021), explica qué::

El método de Hazen-Williams es válido solamente para el agua que fluye en las temperaturas ordinarias (5 °C – 25 °C). La fórmula es sencilla y su cálculo es simple debido a que el coeficiente de rugosidad “C” no es función de la velocidad ni del diámetro de la tubería. Es útil en el cálculo de pérdidas de carga en tuberías para redes de distribución de diversos materiales, especialmente de fundición y acero.

$$Hf = 10.67 \left(\frac{Q}{C} \right)^{1.852} \cdot \frac{L}{D^{4.87}}$$

Donde:

Hf: Pérdida de carga o de energía (m)

Q: Caudal (m³ s⁻¹)

C: Coeficiente de rugosidad (adimensional)

L: Longitud de la tubería (m)

D: Diámetro interno de la tubería (m)

Cuadro 3. Coeficiente de Hazen-Williams para diferentes materiales

| Material | C | Material | C |
|-------------------------|-----------|--------------------|-----------|
| Asbesto cemento | 140 | Hierro galvanizado | 120 |
| Latón | 130 – 140 | Vidrio | 140 |
| Ladrillos de drenaje | 100 | Plomo | 130 – 140 |
| Hierro fundido nuevo | 130 | Plástico (PE, PVC) | 140 – 150 |
| Hierro fundido, 10 años | 107 – 113 | Tubería lisa nueva | 140 |
| Hierro fundido, 20 años | 89 – 100 | Acero nuevo | 140 – 150 |
| Hierro fundido, 30 años | 75 – 90 | Acero | 130 |
| Hierro fundido, 40 años | 64 – 83 | Acero rolado | 110 |
| Concreto | 120 – 140 | Lata | 130 |
| Cobre | 130 – 140 | Madera | 120 |
| Hierro dúctil | 120 | Hormigón | 120 – 140 |

Fuente: Breña y Martínez, 2019.

4.9.1. Pérdidas corregidas con factor de Christiansen

El factor Christiansen es calculable mediante la ecuación

$$N^{\circ}SL = \frac{LTS}{E_{surco \ o \ gotero}}$$

Donde

N°SL: Número de salidas del lateral

LTS: Longitud de tubería secundaria

E_{surco}: Espaciamiento entre surco

E_{gotero}: Espaciamiento entre gotero

4.10. Infiltración del agua en el suelo

Para evaluar la infiltración del agua en el suelo se desarrollo a traves del método del doble cilindro ya que las pruebas de infiltración se efectuó en un solo punto del terreno de estudio, los cilindros tenían las siguientes dimensiones de 60 cm de diám. y 30 cm de altura cilindro externo e interno respectivamente, los que se instalaron en forma concéntrica ; en el cilindro interior se efectuarán las mediciones mientras que el cilindro exterior se utilizó con el objetivo de evitar el flujo horizontal del agua durante las prácticas de infiltración.

Los materiales y métodos utilizados para efectuar las pruebas de infiltración fue:

Un trozo de madera, un balde, una regla graduada en cm y mm, cronómetro, balde, un plástico de 80 cm² y la hoja de registro, una vez colocado se aplicó el agua de manera que no haga contacto directo con el suelo. se procedio ademas a medir los tiempos con intervalos de lecturas cada 1, 5 y 10 minutos, hasta que el suelo estuviera completamente saturado.

USDA (1993) detalla en el cuadro 4 “Las velocidades de infiltración y las clases de infiltración pertinentes, estas son las clases de permeabilidad históricamente usadas en el reconocimiento edafológico del Servicio de Conservación de Recursos Naturales”

Cuadro 4. Velocidades de infiltración y clases de infiltración pertinentes.

| Velocidad de infiltración (centímetros/minutos) | Velocidad de infiltración (centímetros/hora) | Clases de infiltración |
|--|---|------------------------|
| <1.18 | > 50.80 | Muy rápido |
| 1.18 – 3.94 | 15.24 – 50.80 | Rápido |
| 3.94 – 11.81 | 50.80 – 15.24 | Moderadamente rápido |
| 1.81 – 39.37 | 15.24 – 50.08 | Moderado |
| 39.37 – 118.11 | 5.08 – 1.52 | Moderadamente lento |
| 118.11 – 393.70 | 1.52 – 0.51 | Lento |
| 393.70 – 15,748.03 | 0.51 – 0.0038 | Muy lento |
| > 15,748.03 | < 0.0038 | Impermeable |

Fuente: USDA, 1993.

4.11. Variables de crecimiento

Las variables de crecimiento fueron evaluadas a través de una muestra de 16 plantas tomadas al azar por cada repetición. Las observaciones se iniciaron a los 30 ddt con intervalos promedios de 30 días, midiendose las siguientes variables:

4.11.1. Altura de la planta

Se evaluaron 16 plantas por cada repetición en cada uno de los tratamientos, se midió desde el cuello del bulbo (pseudotallo) hasta la punta de la hoja más larga cm a los 30 y 60 ddt.

4.11.2. Número de hojas

Se enumeró cada una de las hojas sin tomar en cuenta las hojas pequeñas a los 30 y 60 ddt.

4.11.3. Diámetro del pseudotallo

Con la ayuda del vernier se midió el diámetro del cuello, a un centímetro por encima del bulbo a los 30 y 60 ddt.

4.12. Variables de rendimiento

Se midieron las diferentes variables de rendimiento al momento de la cosecha a los 90 ddt.

4.12.1. Diámetro ecuatorial (cm)

Se midió con la ayuda de un vernier, a partir de la parte más longeva o media del bulbo de la cebolla de manera horizontal.

4.12.2. Diámetro polar (cm)

Esta medición se realizó con la ayuda de un vernier colocándolo en la longitud vertical de la cebolla.

4.12.3. Peso del fruto (g)

Se cosecharon las 16 cebollas por parcela útil y se pesaron con una pesa digital graduada en g, posteriormente al haberse obtenido el peso se estimó el rendimiento de la cosecha en kg ha^{-1}

4.13. Análisis de productividad del agua (kg m⁻³)

González, Herrera y López (2010). Afirman:

Esta variable se determinará, utilizando los procedimientos descritos por, quienes plantean la relación entre el rendimiento de cosecha y el agua total aplicada al sistema a través de las láminas de riego; según la siguiente ecuación:

$$WP = \frac{R}{I}$$

Donde:

WP: Productividad del agua aplicada por riego (kg m³)

R: Rendimiento (kg ha⁻¹)

I: Lámina de agua aplicada (m³ ha⁻¹)

4.14. Recolección de datos

El método para utilizar fue experimental, los ensayos se realizaron por manera de fichas de recolección de datos de crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos.

4.15. Análisis de datos

Los datos recogidos de las variables de estudio fueron contemplados en hojas electrónicas (Excel) para su posterior análisis con el Programa SAS. Así mismo realizando el análisis de varianza (ANDEVA) y separaciones de promedio Tukey ($\alpha = 0.05$) sobre variables agronómicas y rendimiento.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_k + \beta_i + (\alpha\beta)_{ki} + \tau_j + (\beta\tau)_{ij} + (\alpha\beta\tau)_{ijk}$$

Donde:

i: 3 sistemas de riego

j: 3 láminas de riego

k: 3 replicas

De donde:

- Y_{ijk}** = Valor medio de las observaciones medidas en los distintos tratamientos de cada bloque conformado.
- μ** = Estima la media poblacional
- α_k** = Efecto del k-ésima replica
- β_i** = Efecto de la i-ésimo sistema de riego
- $(\alpha\beta)_{ki}$** = Es el efecto de interacción entre las réplicas y sistemas de riego
- τ_j** = Efecto del j-ésima lámina de riego
- $(\alpha\beta\tau)_{ijk}$** = Efecto aleatorio de variación

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Velocidad de infiltración del agua en el suelo

En Figura 3 apreciamos la infiltración básica del suelo la cual fue de 0.99 cm h^{-1} y la velocidad de infiltración del agua fue de 1.44 cm h^{-1} , según la clasificación de la velocidad de infiltración del agua en el suelo es lento en una escala de $1.52 - 0.51 \text{ cm h}^{-1}$ (Cuadro 4), en relación con el regadío de aplicación del emisor, indica que puede utilizarse sin causar problemás de encharcamiento u escorrentia superficial, ya que el suelo podría sorportar una intensidad de agua por precipitación de 14.1 mm h^{-1}

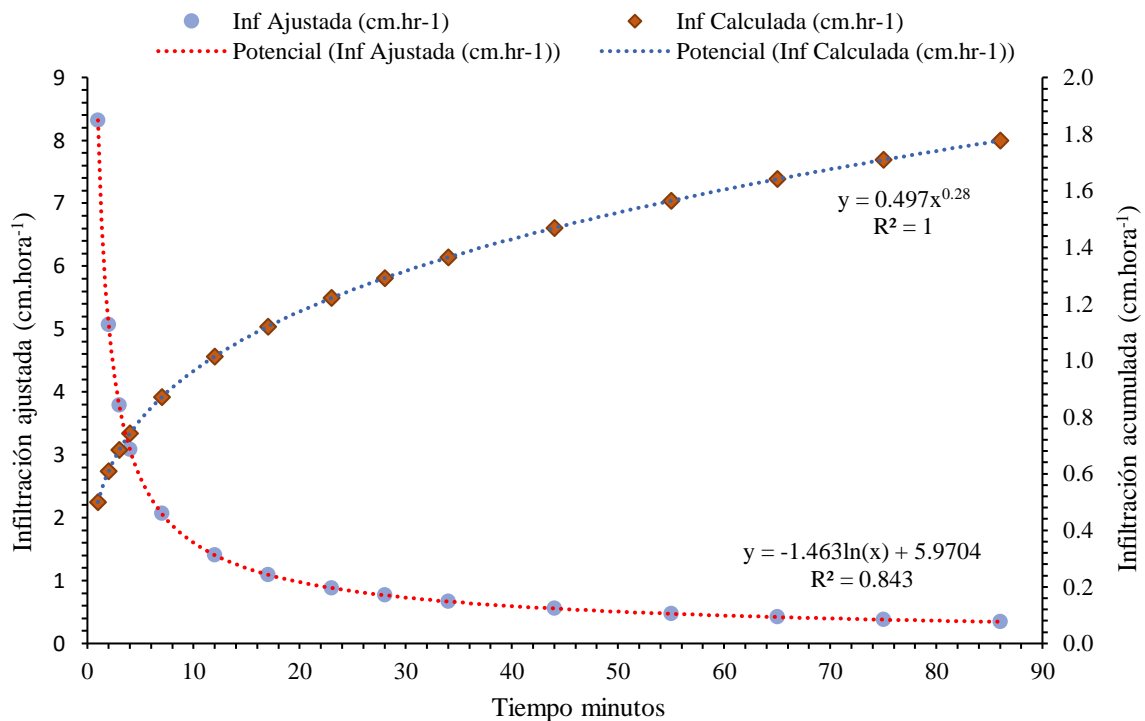


Figura 3. Velocidad de infiltración e infiltración acumulada. Finca Los Alpes, Condega, Estelí, 2021-2022.

5.2. Láminas de riego

En el siguiente acápite se muestran los diferentes métodos y técnicas de riego donde se representan cada una de láminas de riego calculadas en las diferentes etapas fenológicas del cultivo a las cuales se estuvieron sometiendo para su debida aplicación y evaluación del riego

En este Cuadro 5. Se observan las diferentes láminas de riego en los tres sistemas, respecto a la etapa inicial del cultivo, cada una de estas láminas estan sujetas para abastecer de agua a una profundidad radicular de 10 cm, comprendida de 0 - 30 días. Para la técnica de riego por goteo superficial una lámina de riego de 7.50 a 22.50 mm con intervalos de aplicación de 1.5 a 4.5 días, en riego por goteo subsuperficial se obtuvieron láminas de 5 - 15 mm con intervalos de aplicación de 1.25 a 3.75 días, a una profundidad de siete cm y en el caso de riego por surco obtuvimos láminas de 13 a 39 mm con intervalos aplicables de 2.5 a 7.5 días.

Cuadro 5. Láminas de riego para la etapa inicial de 0 - 30 ddt. Finca Los Alpes, Condega, Estelí, 2022.

| Tratamiento | Láminas | Lb (mm) | Tr (horas) | Ir (días) |
|--------------------------------|----------|---------|------------|-----------|
| Riego por Goteo superficial | Inferior | 7.50 | 1.50 | 1.50 |
| | Óptima | 15.00 | 3.00 | 3.00 |
| | Superior | 22.50 | 4.50 | 4.50 |
| Riego por Goteo Subsuperficial | Inferior | 5.00 | 1.00 | 1.25 |
| | Óptima | 10.00 | 2.00 | 2.50 |
| | Superior | 15.00 | 3.00 | 3.75 |
| Tr (min) | | | | |
| Riego por Surcos | Inferior | 13.00 | 9.29 | 2.50 |
| | Óptima | 26.00 | 18.57 | 5.00 |
| | Superior | 39.00 | 27.86 | 7.50 |

En el Cuadro 6. Se observan las diferentes láminas de riego en la etapa media que van de 30 - 60 ddt, para la técnica de riego por goteo superficial aplicamos una lámina de riego de 7.5 a 22.5 mm con intervalos de aplicación de 1.5 a 4.5 días. Para la técnica de riego por goteo subsuperficial 5 a 15 mm con intervalos de aplicación de 1.25 a 3.75 días y en riego por surco 13 a 39 mm con intervalos de aplicación de 2.50 a 7.5 días.

Cuadro 6. Láminas de riego para la etapa media de 30 - 60 ddt. Finca Los Alpes, Condega, Estelí, 2022.

| Tratamiento | Láminas | Lb (mm) | Tr (horas) | Ir (días) |
|--------------------------------|----------|---------|------------|-----------|
| Riego por Goteo superficial | Inferior | 7.50 | 1.50 | 1.50 |
| | Óptima | 15.00 | 3.00 | 3.00 |
| | Superior | 22.50 | 4.50 | 4.50 |
| Riego por Goteo Subsuperficial | Inferior | 5.00 | 1.00 | 1.25 |
| | Óptima | 10.00 | 2.00 | 2.50 |
| | Superior | 15.00 | 3.00 | 3.75 |
| Tr (min) | | | | |
| Riego por Surcos | Inferior | 13.00 | 9.29 | 2.50 |
| | Óptima | 26.00 | 18.57 | 5.00 |
| | Superior | 39.00 | 27.86 | 7.50 |

En el Cuadro 7. Los cálculos correspondientes al período de 60 - 90 ddt en esta etapa se aplicaron a la misma profundidad ya que la variedad del cultivo permite tener una profundidad radicular constante durante todo su ciclo vegetativo y es característico de este cultivo.

Cuadro 7. Láminas de riego para la etapa final de 60 - 90 ddt. Finca Los Alpes, Condega, Estelí, 2022.

| Tratamiento | Láminas | Lb (mm) | Tr (horas) | Ir (días) |
|--------------------------------|----------|---------|------------|-----------|
| Riego por Goteo superficial | Inferior | 7.50 | 1.50 | 1.50 |
| | Óptima | 15.00 | 3.00 | 3.00 |
| | Superior | 22.50 | 4.50 | 4.50 |
| Riego por Goteo Subsuperficial | Inferior | 5.00 | 1.00 | 1.25 |
| | Óptima | 10.00 | 2.00 | 2.50 |
| | Superior | 15.00 | 3.00 | 3.75 |
| Tr (min) | | | | |
| Riego por Surcos | Inferior | 13.00 | 9.29 | 2.50 |
| | Óptima | 26.00 | 18.57 | 5.00 |
| | Superior | 39.00 | 27.86 | 7.50 |

5.3. Pérdidas de cargas en el sistema.

Estas pérdidas están comprendidas por una tubería de conducción, tubería principal y laterales (cinta). Estos cálculos se ejecutaron utilizando la ecuación de Hazen Williams, para la tubería de conducción fue de 7.07 m (10.05 PSI), sin obtener en esta sección algún tipo de accesorio instalado, lo cual no incluye un factor de corrección por Christiansen para el cálculo de corrección de las mismas.

En la tubería principal hubo pérdidas de 0.64 m (0.90 PSI) con una pérdida corregida de 0.24 m (0.35 PSI), debido a que en esta sección del sistema se contaba con un sistema de filtración de malla donde se unen los laterales, representando una pérdida generada de ese tramo de 1.25 m (1.79 PSI), en los laterales encontramos que las pérdidas de carga fueron de 3.74 m (5.32 PSI) con correcciones de hasta 1.32 m (1.88 PSI), generando pérdidas en este tramo de 5.06 m (7.20 PSI).

Para todo el sistema se obtuvo pérdidas de carga de hasta 13.01 m (18.52 PSI). Los sistemas de captación de agua, cabe mencionar que se encontraban ubicadas a favor de la pendiente hasta donde se encontraba el área de ensayo, y la presión tomada en el sistema fue de 13 PSI, y las presiones de trabajo de la cinta es de 10 - 20 PSI lo que quiere decir que el funcionamiento del sistema está en el rango (Cuadro 8).

Cuadro 8. Pérdidas de carga en todo el sistema del área en estudio, Finca Los Alpes, Condega, Estelí, 2022.

| Tramos | Longitud (m) | Caudal (mch) | Diámetro Pulg | mm | Rugosidad © | Pérdida (m) | Velocidad (m.s-1) | Pérdida PSI |
|--------------------------|--------------|--------------|---------------|-------|-------------|-------------|-------------------|-------------|
| CONDUCCION | | | | | | | | |
| Conducción | 200 | 7.2 | 1 1/2" | 45.22 | 150 | 7.07 | 1.25 | 10.05 |
| TOTAL PERDIDA | | | | | | 7.07 | | 10.05 |
| PRINCIPAL | | | | | | | | |
| Principal | 18 | 7.2 | 1 1/2" | 45.22 | 150 | 0.64 | 1.25 | 0.90 |
| PERDIDA CORREGIDA | | | | | | 0.24 | | 0.35 |
| LATERALES | | | | | | | | |
| Cintas de riego | 125 | 0.4 | 0.63" | 16 | 140 | 3.74 | 0.55 | 5.32 |
| PERDIDA CORREGIDA | | | | | | 1.32 | | 1.88 |
| SUMÁS – PERDIDA | | | | | | 13.01 | | |

Nota: Por lo tanto, las pérdidas de cargas totales en todo el sistema de la finca Los Alpes es de 13.01 m.

5.4. Volumen de agua aplicado en todo el ciclo vegetativo del cultivo

El cálculo de la cantidad total de agua utilizado en el ensayo tiene la finalidad de suplir las necesidades hídricas del cultivo durante todo su ciclo vegetativo y relacionarla con el volumen disponible en la cosecha de agua, la cual tuvo una duración de tres meses, tomando en cuenta los diferentes niveles en los tratamientos Cuadros 5, 6 y 7 donde se estimó el volumen en $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ en función del área total (256 m^2) se calculó el volumen (m^3).

Los cálculos de volumen se realizaron por etapas vegetativas como resustado 3 834.24 mm, atribuyéndosele las precipitaciones caídas de 1 119.60 mm, su gasto generado fue de 2 714.63 mm (694.94 m^3) utilizados en el cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.) variedad Apollo Zero (Cuadro 9), de acuerdo a estos gastos de agua podemos observar que el riego por goteo subsuperficial presentó los menores volúmenes de agua aplicados en todo el ciclo de igual manera presentó los mayores promedios en el rendimiento y productividad del agua esto puede obedecer que el agua está menos expuesta a la evapotranspiración y la planta lo puede aprovechar.

Cuadro 9. Volumen de agua aplicado al sistema, en los tratamientos para todo el ciclo vegetativo del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.) Finca Los Alpes, Condega, Estelí, 2022.

| Factores | Láminas | 0-30 ddt (mm) | 30-60 ddt (mm) | 60-90 ddt (mm) | Precipitación (mm) | Total (mm) | Q (m^3) |
|----------------------------|----------|------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|---------------|-----------------------|
| Riego goteo superficial | Inferior | 150.00 | 150.00 | 150.00 | 124.40 | 325.60 | 83.35 |
| | Óptima | 150.00 | 150.00 | 150.00 | 124.40 | 325.60 | 83.35 |
| | Superior | 150.08 | 150.08 | 150.08 | 124.40 | 325.83 | 83.41 |
| Riego goteo subsuperficial | Inferior | 120.00 | 120.00 | 120.00 | 124.40 | 235.60 | 60.31 |
| | Óptima | 120.00 | 120.00 | 120.00 | 124.40 | 235.60 | 60.31 |
| | Superior | 120.00 | 120.00 | 120.00 | 124.40 | 235.60 | 60.31 |
| Riego por Surcos | Inferior | 156.00 | 156.00 | 156.00 | 124.40 | 343.60 | 87.96 |
| | Óptima | 156.00 | 156.00 | 156.00 | 124.40 | 343.60 | 87.96 |
| | Superior | 156.00 | 156.00 | 156.00 | 124.40 | 343.60 | 87.96 |
| Total | | 1278.08 | 1278.08 | 1278.08 | 1119.60 | 2714.63 | 694.94 |

5.5. Volumen de agua disponible en la cosecha de agua

Según al cuadro 10 visualizamos el volumen de agua total con la que se disponía para realizar el experimento a través de una obra de cosecha de agua la cual está capacitada para un volumen de agua total de 1 000 m³, la cantidad de agua disponible para realizar el ensayo al momento de la visita se estimó un volumen de (916.09 m³), se utilizó para suplir al cultivo una cantidad de agua (694.94 m³) para un área de 256 m², el volumen de agua que se perdió por evaporación fue de 6.3 m³, por lo tanto se dispone de agua restante de 214.85 m³, estos cálculos deben realizarse para tener en cuenta si la cosecha ajustara con el ciclo de los cultivos y si el productor podría establecer un área más grande de esta manera obtener una mayor producción.

Cuadro 10. Volumen total de agua disponible en la cosecha de agua, Finca Los Alpes, Condega, Estelí, 2022.

| | Cosecha de agua | Agua aplicada al cultivo | Pérdida de agua por evaporación | Agua disponible |
|---------------------------------|-----------------|--------------------------|---------------------------------|-----------------|
| Volumen total (m ³) | 916.09 | 694.94 | 6.3 | 214.85 |

5.6. Análisis de la productividad del agua (kg m³)

Gonzalez F (2011) señala que:

La productividad es un elemento clave en el planteamiento estratégico de los recursos hídricos a largo plazo. La productividad referida a la evapotranspiración (WP_{ET}) y al agua aplicada (WPI) muestran considerables variaciones entre cultivos (p.76).

FAO (2003) explica que:

No existe una definición única de productividad y el valor agregado en el numerador podría depender del enfoque así como de la disponibilidad de datos. Sin embargo, la productividad del agua definida en kilos por gota es un concepto útil cuando se compara la productividad del agua en diferentes partes del mismo sistema o cuenca y también cuando se compara la productividad del agua en la agricultura con otros usos posibles del agua.

En la figura 4 observamos que se obtuvieron mayores promedios de productividad de agua en los tratamientos de riego por goteo subsuperficial en su lámina superior (Lsp) 10.8 kg m³ a la lámina inferior (Linf) 7.9 kg m³, siendo el de mayor optimización del recurso hídrico, en relación con los demás tratamientos, en segunda posición fue el riego por goteo superficial con promedios en su lámina superior (Lsp) 6.3 kg m³ a la lámina inferior (Linf) 5.0 kg m³, mientras el riego por surco obtuvo las menores rendimientos de productividad con 5.4 kg m³ en su lámina óptima (Lop), esto quiere decir que por cada 5.4 kg de cebolla se gastó 1 m³ de agua, por tal razón el riego que presentó la mayor productividad de agua fue riego por goteo subsuperficial.

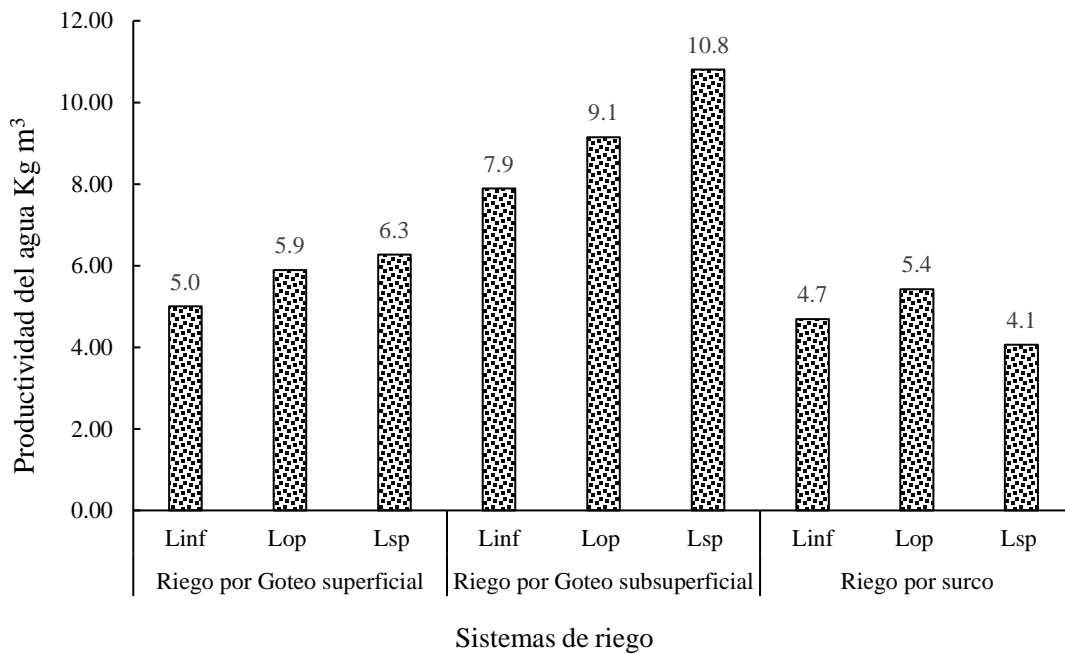


Figura 4. Productividad del agua según en los sistemas de riego evaluados en el cultivo de cebolla, finca Los Alpes, Condega, Estelí, 2022.

5.7. Efectos principales en variables de crecimiento

De acuerdo con el ANDEVA establecido al 95 % de confianza en variables de crecimiento se mostró promedios con las variaciones significativas entre los efectos principales en las variables de crecimiento Altplan1, Diaplan 1 y Hojas1 el riego por goteo subsuperficial (Gsb) y riego por goteo superficial (Gsp) en el primer momento (0 -30'días), en el segundo momento (60-90 días) el riego por goteo subterráneo (Gsb) y riego por surco (RSc) mostraron las mayores medias en las variables Altplan2 y Diaplan2, caso contrario en la variable Hojas2 se vio afectada por el riego por goteo subterráneo (Gsb) (Cuadro 11).

En el principal efecto en los tratamientos láminas de riego, se encontró diferencias significativas en la variable Altplan2 con un promedio de 53.20 a 55.05 cm en la lámina inferior y óptima (Cuadro 11.)

Rios *et al*; (2019).“Crecimiento es como el incremento en la cantidad de protoplasmás en un organismo notable por el aumento irreversible en tallo y peso, implicando la división y agrandamiento de ls células, tejido y organos” (párr. 30).

Cuadro 11. Caracterización estadística en variables de crecimiento en los efectos principales en el cultivo de cebolla a los 0-30 ddt y 30-60 ddt, Finca Los Alpes, Condega, Estelí, 2022.

| Factores | Niveles | Altplan1 (cm) | Diaplan1 (cm) | Hoja1 | Altplan2 (cm) | Diaplan2 (cm) | Hoja2 |
|----------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|--------|
| Riego | Gsp | 44.35 a | 0.77 a | 6.90 a | 47.92 b | 0.93 b | 6.98 b |
| | Gsb | 48.08 a | 0.63 a | 6.68 a | 60.86 a | 1.35 a | 8.01 a |
| | Rsc | 27.50 b | 0.60 b | 5.43 b | 53.14 a | 1.21 a | 6.98 b |
| CV % | | 7.00 | 15.02 | 7.04 | 4.09 | 6.87 | 4.75 |
| Pr > f | | 0.001 | 0.004 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.004 |
| Láminas | Linf | 38.69 a | 0.85 a | 6.32 a | 53.20 a | 1.11 a | 7.93 a |
| | Lop | 38.93 a | 0.75 a | 6.09 a | 55.05 a | 1.20 a | 7.24 a |
| | Lsp | 40.65 a | 0.72 a | 6.34 a | 54.69 b | 1.20 a | 7.46 a |
| CV % | | 7.00 | 15.02 | 7.04 | 4.09 | 6.87 | 4.75 |
| Pr > f | | 0.124 | 0.488 | 0.952 | 0.028 | 0.100 | 0.009 |

Nota: Gsp= Goteo superficial. Gsb= Goteo subsuperficial. Rsc= Riego surco. Linf= Lámina inferior. Lop= Lámina óptima. Lsp= Lámina superior; Altplan1= Altura de la planta; Diaplan1= diámetro de la planta; Hoja1= Hoja de la planta

5.8. Efecto de los tratamientos en las variables de crecimiento

González y Laguna (2014). “La altura de la planta es un factor de crecimiento que en conjunto con el ahijamiento y otros influyen en la capacidad fotosintética del cultivo y hace posible un desarrollo apropiado que determinará el rendimiento en la planta”

De acuerdo con la separación de promedios Tukey ($\alpha=0.05$), mostraron diferencias significativas en los tratamientos para el primer momento (0-30 días) de evaluación, el riego por goteo subsuperficial presentó mayores medias en los tres tratamientos con 47.23 a 50.19 cm en la variable Altplan1, de igual manera en la variable Diaplan1 con la lámina inferior y óptima con promedios de 1.02 y 1.14 cm. La variable Hoja1 se vio afectada con los menores promedios en la lámina inferior (Linf) y lámina óptima (Lop) con promedios 5.28 a 5.25 cm por plantas (Cuadro 12.)

Cuadro 12. Caracterización estadística en variables de crecimiento en los efectos de los tratamientos en el cultivo de cebolla a los 0-30 ddt, Finca Los Alpes, Condega, Estelí, 2022.

| Factores | Niveles | Altplan1 (cm) | Diaplan1 (cm) | Hoja1 |
|--------------------------------|---------|------------------|------------------|---------|
| Riego por Goteo superficial | Linf | 41.37 ab | 0.77 ab | 6.60 ab |
| | Lop | 45.91 ab | 0.79 ab | 6.96 ab |
| | Lsp | 45.77 ab | 0.76 ab | 7.14 a |
| Riego por Goteo subsuperficial | Linf | 47.06 a | 1.14 a | 6.85 ab |
| | Lop | 50.19 a | 1.02 a | 6.75 ab |
| | Lsp | 47.23 a | 0.77 ab | 6.49 ab |
| Riego por surco | Linf | 30.20 c | 0.60 b | 5.28 b |
| | Lop | 27.44 c | 0.58 c | 5.25 b |
| | Lsp | 26.70 c | 0.62 b | 5.33 b |
| CV % | | 7.00 | 15.02 | 7.04 |
| R ² | | 0.96 | 0.84 | 0.87 |

Nota: CV= Coeficiente de variación (%). R²= Coeficiente de determinación. Linf= Lámina inferior. Lop= Lámina óptima. Lsp= Lámina superior. Altplan1= Altura de la planta 1. Diaplan1= Diámetro de la planta 1. Hoja1= Hoja por planta 1.

De acuerdo con la distinción de promedios Duncan ($\alpha=0.05$), muestran diferencias significativas al momento de la evaluación número dos, riego por goteo subsuperficial en la variable de Altplan2 con el tratamiento de la lámina superior y óptima con medias 63.17 a 64.62 cm, para las variables Diaplan2 y Hoja2 se vieron afectadas por el riego subsuperficial con un promedio (7.60 a 8.25 cm) y riego por surco (7.02 a 8.42 cm) en todos los tratamientos, en el riego por goteo superficial la que presentó la mayor media fue la lámina superior con 7.14 cm (cuadro 13).

Cuadro 13. Caracterización estadística en variables de crecimiento en los efectos de los tratamientos en el cultivo de cebolla a los 30-60 ddt, Finca Los Alpes, Condega, Estelí, 2022.

| Factores | Niveles | Altplan2 (cm) | Diaplan2 (cm) | Hoja2 |
|--------------------------------|---------|------------------|------------------|---------|
| Riego por goteo superficial | Linf | 45.60 b | 6.85 ab | 0.89 ab |
| | Lop | 47.83 b | 6.94 ab | 0.91 ab |
| | Lsp | 49.44 b | 7.14 a | 0.98 ab |
| Riego por Goteo subsuperficial | Linf | 55.60 ab | 8.25 a | 1.14 a |
| | Lop | 64.62 a | 7.60 a | 1.51 a |
| | Lsp | 63.17 a | 7.93 a | 1.44 a |
| Riego por surco | Linf | 55.77 ab | 8.42 a | 1.26 a |
| | Lop | 52.71 ab | 7.19 a | 1.18 a |
| | Lsp | 48.74 b | 7.02 a | 1.17 a |
| CV % | | 4.09 | 6.87 | 4.75 |
| R ² | | 0.94 | 0.94 | 0.88 |

CV= Coeficiente de variación (%). R²= Coeficiente de determinación. Lámina inferior. Lop= Lámina óptima. Lsp= Lámina superior. Altplan2= Altura de la planta 2. DIAPLA2= Diámetro de la planta 2. HOJA2= Hoja por planta 2.

5.9. Efecto de los tratamientos en las variables de rendimiento

En la variable de peso del bulbo, se encontró diferencias estadísticas ($Pr > 0.05$) el método de riego por goteo subsuperficial presentó las mayores medias 109.09 a 149.38 g con sus tres tratamientos, seguido por el riego superficial con la lámina óptima (Lop) y lámina superficial (Lsp) con medias de 101.82 a 108.35 g (Cuadro 14.)

En el diámetro ecuatorial y polar del bulbo se encontró diferencias estadísticas ($Pr > 0.05$) el método que obtuvo los mayores promedios fue riego subsuperficial en las tres láminas, diámetro ecuatorial (5.43 a 6.07 cm) y diámetro polar (6.85 a 7.45 cm), destacándose la lámina superior (Lsp), con similar comportamiento el riego por goteo superficial y riego por surco (Cuadro 14.)

AGROINDRA (1985) describen que:

El diámetro polar y ecuatorial son dos variables que denominan juntos en definitiva la forma del bulbo y su mayor importancia es que están estrechamente relacionados con el rendimiento ya que generalmente bulbos con mayor diámetro son bulbos más grandes y pesados.

Según el ANDEVA realizado al 95 % de confianza en la variable rendimiento kg ha^{-1} mostro diferencia significativas con las mayores medias el riego por goteo subsuperficial en los tres tratamientos con medias en la lámina superior (Lsp) 9 957.5 kg ha^{-1} , lámina óptima (Lop) 8 431.8 kg ha^{-1} , lámina inferior (Linf) 7 271.5 kg ha^{-1} , en el riego por goteo superficial la lámina superior (Lsp) obtuvo un promedio de 7 224.2 kg ha^{-1} , con los rendimientos más bajos las láminas inferior y óptima en riego por goteo superficial y riego por surco (Cuadro, 14.)

Cuadro 14. Caracterización estadística en variables de frutos en los efectos de los tratamientos en el cultivo de cebolla a los 60-90 ddt, Finca Los Alpes, Condega, Estelí, 2022.

| Factores | Niveles | Peso (g) | Diamec (cm) | Diampo (cm) | Rendimiento kg ha^{-1} |
|--------------------------------|---------|-------------|----------------|----------------|------------------------------------|
| Riego por Goteo superficial | Linf | 86.41 b | 4.89 b | 6.30 b | 5,759.70 b |
| | Lop | 101.82 a | 5.22 ab | 6.63 b | 6,788.50 ab |
| | Lsp | 108.35 a | 5.38 ab | 6.56 b | 7,224.20 a |
| Riego por Goteo subsuperficial | Linf | 109.09 a | 5.43 a | 6.85 a | 7,271.50 a |
| | Lop | 126.49 a | 5.93 a | 7.29 a | 8,431.80 a |
| | Lsp | 149.38 a | 6.07 a | 7.45 a | 9,957.50 a |
| Riego por surco | Linf | 84.15 b | 4.81 b | 6.14 b | 5,609.90 b |
| | Lop | 97.48 ab | 5.27 ab | 6.64 a | 6,498.10 ab |
| | Lsp | 72.87 b | 4.65 b | 5.90 ab | 4,862.10 b |
| CV % | | 22.402 | 9.652 | 7.075 | 22.399 |
| R ² | | 0.581 | 0.531 | 0.600 | 0.585 |

CV= Coeficiente de variación (%). R²= Coeficiente de determinación. Linf= Lámina inferior. Lop= Lámina óptima. Lsp= Lámina superior. Diamec= Diámetro ecuatorial; Diampo= Diámetro polar. Peso= Peso del fruto.

5.10. Análisis económico

5.10.1. Análisis de presupuesto parcial

Según Reyes Hernández (2011) afirma que:

Los presupuestos parciales se desarrollan para formular recomendaciones a partir de datos agronómicos, por tanto el proceso de aplicación de este enfoque debe generar una recomendación para los agricultores.

Fino (2020) aduce que:

El presupuesto parcial es una opción para la planificación y para la toma de decisiones, en la cual se comparan los costos e ingresos que tendremos comparando lo que estamos haciendo en el momento presente con las alternativas que enfrentan, permitiendo entender como la decisión tomada afectará la rentabilidad de la unidad productiva (párr. 1).

Los precios en ventas tomados durante el período de enero a mayo 2022, fue de 0.40 \$ kg, precios del mercado. Se contabiliza la manufactura de los materiales utilizados en los sistemas de riego por goteo al igual que la mano de obra para ser establecido. Al momento de la comparación de la relación beneficios netos se observa que las láminas optimas y superior con riego por goteo subsuperficial con \$ 2 224.10 y 2 803.90, en relacion a los tratamientos de riego por goteo superficial y surco (cuadro 15).

Cuadro 15. Análisis de presupuesto parcial de los tratamientos evaluados, 2022.

| Actividades | Riego por goteo superficial | | | Riego por goteo subsuperficial | | | Riego por surco | | |
|---|-----------------------------|----------|----------|--------------------------------|----------|----------|-----------------|----------|----------|
| | Linf | Lop | Lsp | Linf | Lop | Lsp | Linf | Lop | Lsp |
| Rendimiento total (kg ha ⁻¹) | 5 759.70 | 6 788.50 | 7 224.20 | 7 271.50 | 8 431.80 | 9 957.50 | 5 609.90 | 6 498.10 | 4 862.10 |
| Ajustado 5 % | 288.00 | 339.40 | 361.20 | 363.60 | 421.60 | 497.90 | 280.50 | 324.00 | 243.10 |
| Rendimiento ajustado (kg ha ⁻¹) | 5 471.7 | 6 449.00 | 6 863.00 | 6 908.00 | 8 010.20 | 9 459.60 | 5 329.40 | 6 173.20 | 4 619.00 |
| Precio de venta (\$ kg) | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 |
| Beneficio bruto campo (\$ ha) | 2 188.70 | 2 579.60 | 2 745.20 | 2 763.20 | 3 204.10 | 3 783.90 | 2 131.70 | 2 469.30 | 1 847.6 |
| Costos que varían | | | | | | | | | |
| Costo del proyecto (\$) | 800.00 | 800.00 | 800.00 | 800.00 | 800.00 | 800.00 | 700.00 | 700.00 | 700.00 |
| Costo de mano de obra (\$) | 120.00 | 120.00 | 120.00 | 180.00 | 180.00 | 180.00 | 230.00 | 230.00 | 230.00 |
| Total, costos que varían (\$ ha ⁻¹) | 920.00 | 920.00 | 920.00 | 980.00 | 980.00 | 980.00 | 930.00 | 930.00 | 930.00 |
| Beneficios netos | 1 268.70 | 1 659.60 | 1 825.20 | 1 783.20 | 2 224.10 | 2 803.90 | 1 201.70 | 1 539.30 | 917.60 |

Nota: Linf= Lámina inferior. Lop= Lámina óptima. Lsp= Lámina superior. Incluye costo de compra de cintas de riego, tuberías y empaques.

5.10.2. Relación beneficio costo

En el cuadro 16, observamos el análisis de las utilidades y la relación sobre beneficio costo considerando el rendimiento ajustado en kg ha⁻¹, la cual deducimos que el sistema de riego por goteo subsuperficial indicó las mejores utilidades en su lámina superior y lámina óptima de \$ 2 204.10 y \$ 2 7783.90 y, con una relación beneficios costos de \$ 2.20 a \$ 2.80, en segundo lugar el riego por goteo superficial que manifestó beneficios en la lámina óptima y superior de \$ 1 659.60 a \$1 825.20 con una relación beneficio costo con \$ 1.80 a \$ 2.00 en comparación con el riego por surco.

Cuadro 16. Análisis de utilidades y relación beneficio costo, 2022.

| Factores | Tratamientos | Rendimiento (kg ha ⁻¹) | Precio (\$ kg) | Ingreso (\$) | Costo de producción | Utilidades (\$) | R B/C |
|-----------------------------------|--------------|---------------------------------------|-------------------|-----------------|------------------------|--------------------|----------|
| Riego por goteo superficial | Linf | 5 471.70 | 0.40 | 2 188.70 | 920.00 | 1 268.70 | 1.40 |
| | Lop | 6 449.00 | 0.40 | 2 579.60 | 920.00 | 1 659.60 | 1.80 |
| | Lsp | 6 863.00 | 0.40 | 2 745.20 | 920.00 | 1 825.20 | 2.00 |
| Riego por goteo subsuperficial | Linf | 6 908.00 | 0.40 | 2 763.20 | 980.00 | 1 763.20 | 1.80 |
| | Lop | 8 010.20 | 0.40 | 3 204.10 | 980.00 | 2 204.10 | 2.20 |
| | Lsp | 9 459.60 | 0.40 | 3 783.90 | 980.00 | 2 783.90 | 2.80 |
| Riego por surcos | Linf | 5 329.40 | 0.40 | 2 131.70 | 930.00 | 1 201.70 | 1.30 |
| | Lop | 6 173.20 | 0.40 | 2 469.30 | 930.00 | 1 539.30 | 1.70 |
| | Lsp | 4 619.00 | 0.40 | 1 847.60 | 930.00 | 917.6 | 1.00 |

Nota: Linf= Lámina inferior. Lop= Lámina óptima. Lsp= Lámina superior

VI. CONCLUSIONES

Las variables hojas, altura de la planta y diámetro del tallo en el primer y segundo ensayo fueron influidas significativamente en el método de riego por goteo subsuperficial en sus tres tratamientos, de igual forma ocurrió con el rendimiento de cebolla, mostrando las mayores medias en el riego por goteo subsuperficial en su lámina superior de $9\,957.50\text{ kg ha}^{-1}$, seguido por el riego por goteo superficial en su lámina superior con $7\,224.20\text{ kg ha}^{-1}$ y los inferiores rendimientos en el riego por surco en su lámina óptima con $6\,498.10\text{ kg ha}^{-1}$.

La mayor productividad de agua se obtuvo con el sistema de riego por goteo subsuperficial en sus tres láminas, siendo el de mejor producción en la lámina superior con 10.8 kg m^3 , seguido por el riego por goteo superficial con la lámina superior 6.3 kg m^3 , los valores más bajos se obtuvieron en el riego por surco en su lámina óptima con 5.4 kg m^3 , esto significa que por cada m^3 de agua se obtiene la productividad antes mencionada en cada lámina.

El análisis económico de los tratamientos analizados refleja que el sistema de riego por goteo subsuperficial presentó mas beneficios con la lámina superior y óptima ($\$ 2\,783.90$ y $\$ 2\,204.10$) y el sistema de riego por goteo superficial con la lámina superior y óptima de ($\$ 1\,825.20$ y $\$ 1\,659.60$) y mayor relación beneficio costo en el riego por goteo subsuperficial en su lámina superior y óptima con ($\$ 2.80$ y $\$ 2.20$), el sistema de riego por goteo superficial en su lámina superior y óptima con ($\$ 2.00$ y $\$ 1.80$), en relación al riego por surco, de acuerdo a lo antes mencionado podemos decir que el manejo de riego con cosecha de agua es rentable y de acuerdo a los calculos de volúmenes de agua disponible el productor podría establecer una parcela extra de cultivo sin embargo se recomienda establecer cultivos de ciclo corto.

VII. LITERATURA CITADA

- Acosta, A.; Gaviota, J.; Galmarini, C. 1993. *Producción de semilla de cebolla* (Allium cepa L.). Mendoza, AR. Editora Gráfico EEA. 83 p.
- AGROINDRA. (1982). Estudio de factibilidad de la empresa agroindustrial productora de hortalizas y conservas vegetales. Valle de sebaço region VI. Tomo II.
- Báez, C.; Navarro, F.; Morales, JP.; Ortiz, J. 2000. *Evaluación de 16 cultivares de cebolla* (Allium cepa L.) en San Cristóbal, DO. Investigación, volumen 2. No 1.
- Barrera, C. (2005). Informe anual 2004: Programa nacional de investigaciones de hortalizas. Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria (INIA). Lima, Perú. 224 p.
- Castillo, M.; Morales, JP; Ortiz, JR. 2000. *Manejo alternativo de gusanos de follaje de la cebolla* (Allium cepa L.), en Nigua, Provincia San Cristóbal. Investigación, volumen 2, No. 2.
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanzas. (2020). *El sistema de cosecha de agua de escorrentías*. [file:///C:/Users/Henry/Downloads/Fasciculo%202%20-%20El%20sistema%20de%20cosecha%20de%20agua%20V Imprenta%2014 6 2 021.pdf](file:///C:/Users/Henry/Downloads/Fasciculo%202%20-%20El%20sistema%20de%20cosecha%20de%20agua%20V%20Imprenta%2014%206%20021.pdf)
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanzas. (2020). *El sistema de cosecha de agua de escorrentía*. Proyecto cosecha de agua. Vol 2.
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanzas. (2020). *Manejo del área de recarga*. Proyecto cosecha de agua. Vol 2
- CIMMYT (1988). *La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica*. Edición completamente revisada. México D.F., México: CIMMYT.
- Cisneros, A.R (2003). *Apuntes de la materia de riego y drenaje*. <http://www.ingenieria.uaslp.mx/Documents/Apuntes/Riego%20y%20Drenaje.pdf>
- CONADI (2017). *Como determinar; cuánto y cuándo regar*. http://www.gea.uchile.cl/archivos/Como_determinar_cuando_y_cuanto_regar_Conadi.pdf
- E.J. Graterol, E. Pulver, S. Jaramillo, S. A. Uriotes, R. A. Labarta, J. A. Arana, B. Reyes, M. Obando y C. Moreno. (2019), *Estrategia de diversificación y aumento de la*

- productividad agropecuaria en el corredor seco de nicaragua con base en la gestión integral del recurso hídrico* (1, ed)
- Fino, W. (2020). *Presupuesto parcial: uso de la metodología del presupuesto parcial en producción animal, como base para toma de decisiones técnicas-financieras*. https://issuu.com/williamfinogt/docs/revista_zootecnia_2020/s/11373441
- Fornaris G. (2012). Conjunto Tecnológico para la producción de cebolla 2012. https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://www.uprm.edu/eea/wp_content/uploads/sites/177/2016/04/2.-CEBOLLA_CARACTERISTICAS_DE_LA_PLANTA_G._Fornaris_v2012.pdf
- González R, F; Herrera P, J; y López S, T. (2010). *Productividad del agua en maíz, soya y sorgo en suelo Ferralítico Rojo del sur de la Habana*. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 19(1):95-97.
- INFORIEGO (2016). *Productividad del agua de riego*. https://www.inforiego.org/opencms/opencms/seguimiento_regadio/anno_2016/productividad_agua/index.html
- Instituto Nacional de Información de Desarrollo. (2005). *Caracterización socio demográfica del departamento de Matagalpa*.
- Instituto Nacional de Información de Desarrollo. (2007). *Instituto Nacional de Información de Desarrollo, compendio estadístico 2003- 2004 y anuario estadístico 2006*.
- Instituto Nacional de Información de Desarrollo. (2011). *Informa final IV Censo Nacional Agropecuario*. Managua.
- Instituto Nacional de Información de Desarrollo. (2022). *Análisis descriptivo del comportamiento de precios de la canasta básica, en el período de enero de 2022*.
- INTAGRI (2021). *Sistema de riego por goteo*. <https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/sistema-de-riego-por-goteo>
- López, J. y Morales, M. (2014). Efecto de la aplicación de tres láminas de riego en dos técnicas de riego sobre el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en la microcuenca El Espinal, Pueblo nuevo, 2013. [Tesis de pregrado, UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA]
- Medina, J. 2003. Reporte de investigación. *Manejo pre-trasplante en el cultivo de cebolla*. Santo Domingo, DO. Programa Nacional de Investigación en Hortalizas. Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, IDIAF

- Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (2017). *Estudios de tecnología de adaptación al cambio climático en sectores priorizados*. <https://cambioclimatico.ineter.gob.ni/bibliografia/Publicaciones%20%20nacionales%20Cambio%20Climatico/Informe%20final%20tecnologia.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2013). *Tecnología para el uso eficiente del agua: una contribución a la seguridad alimentaria y la adaptación al cambio climático*. http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/AGRO_Noticias/docs/Tecnologias_para_el_uso_sostenible_del_agua.pdf
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2014). *Agricultura Familiar en America Latina y el Caribe*, Santiago, CH. pp. 486.
- Ortega, K. (2021). *Riego por goteo convencional y automatizado en la producción de tomate (Solanum lycopersicum L.), a campo abierto, UNA, Managua, 2020 – 2021*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio institucional. <https://repositorio.una.edu.ni/4313/1/tnf06o77.pdf>
- Pérez Estela, D. (2021). *Cálculo de pérdidas de carga en tuberías*. https://www.academia.edu/18699682/Calculo_de_p%C3%A9rdidas_de_carga_en_tuberias
- Reis, F. (1982). *Manual de Olericultura. Cultivo y comercialización de hortalizas*. Vol. II. Ed. Agronómica Ceres Ltda. Sao paulo – Brasil.
- Reyes, Hernández (2011): *Análisis económico de experimentos agrícolas con presupuestos parciales: Re-enseñando el uso de este enfoque*. <https://repositorio.una.edu.ni/2226/1/ppe10r456.pdf>.
- Ríos, J.L; Torres, M; Ruiz, J. y Torres, M.A (2016). *Eficiencia y productividad del agua de riego en trigo (Triticum vulgare) de Ensenada y Valle de Mexicali, Baja California, México*. <https://www.redalyc.org/pdf/416/41644470003.pdf>
- Suarez, G. J., y Rivera, R. E. (2016). *Captación y almacenamiento de agua de lluvia, mediante el uso de pilas de captación en la Comunidad Santa Julia, El Crucero, Managua, 2016* [Trabajo Especial de Graduación, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.una.edu.ni/3397/1/tnp10s939.pdf>

- Tamara, L.A. y Hernandez, D. (2016). Capacidad de campo y punto de marchitez permanente https://www.academia.edu/40050765/Informe_CAPACIDAD_DE_CAMPO_Y_PUNTO_DE_MARCHITEZ_PERMANENTE_fisiolog%C3%ADa_vegetal the United Nations, Roma, 144 p.
- Tornés Olivera, N. (2016). *Parámetros de diseño y manejo del riego por surcos en el cultivo del frijol (Phaseolus vulgaris L.) en suelos fluvisoles.* <https://elibro.net/es/ereader/unanicaragua/91009?page=28>.
- Weatherspark ,(2021): El clima en condega ,el tiempo por mes ,temperatura promedio (Nicaragua) <https://es.weatherspark.com/y/14402/clima-promedio-en-condega-Nicaragua-durante-todo-el-a%C3%B1o>

VIII. ANEXOS

Anexos 1. Cálculo de la curva de infiltración

| Tiempo | Intervalo entre lecturas (min) | Tiempo Acumulado (min) | Lectura (cm) | Diferencia entre lecturas | Velocidad de Infiltración (cm/hr) |
|--------|--------------------------------------|------------------------------|-----------------|------------------------------|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 08:00 | - | - | 5.5 | - | - |
| 08:01 | 1 | 1 | 5.18 | 0.32 | 19.2 |
| 08:02 | 1 | 2 | 4.89 | 0.29 | 17.4 |
| 08:03 | 1 | 3 | 4.6 | 0.29 | 17.4 |
| 08:04 | 1 | 4 | 4.333 | 0.267 | 16.02 |
| 08:06 | - | 6 | 4.9 | | |
| 08:07 | 1 | 7 | 4.65 | 0.25 | 15 |
| 08:12 | 5 | 12 | 3.65 | 1 | 12 |
| 08:17 | 5 | 17 | 2.9 | 0.75 | 9 |
| 08:18 | - | 18 | 4.1 | - | |
| 08:23 | 5 | 23 | 3.5 | 0.6 | 7.2 |
| 08:28 | 5 | 28 | 3.02 | 0.48 | 5.76 |
| 08:29 | - | 29 | 5.3 | - | |
| 08:34 | 5 | 34 | 5.06 | 0.24 | 2.88 |
| 08:44 | 10 | 44 | 4.62 | 0.44 | 2.64 |
| 08:45 | - | 45 | 4.9 | - | |
| 08:55 | 10 | 55 | 4.58 | 0.32 | 1.92 |
| 09:05 | 10 | 65 | 4.33 | 0.25 | 1.5 |
| 09:15 | 10 | 75 | 4.15 | 0.18 | 1.08 |
| 09:16 | - | 76 | 5.8 | - | |
| 09:26 | 10 | 86 | 5.66 | 0.14 | 0.84 |
| | | | | | 129.84 |

| Log t_x_i | Log I Y_i | X_i² | Y_i² | X_i Y_i |
|--------------------------------------|----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 0.00 | 1.28 | 0.00 | 1.65 | 0.00 |
| 0.30 | 1.24 | 0.09 | 1.54 | 0.37 |
| 0.48 | 1.24 | 0.23 | 1.54 | 0.59 |
| 0.60 | 1.20 | 0.36 | 1.45 | 0.73 |
| 0.85 | 1.18 | 0.71 | 1.38 | 0.99 |
| 1.08 | 1.08 | 1.16 | 1.16 | 1.16 |
| 1.23 | 0.95 | 1.51 | 0.91 | 1.17 |
| 1.36 | 0.86 | 1.85 | 0.74 | 1.17 |
| 1.45 | 0.76 | 2.09 | 0.58 | 1.10 |
| 1.53 | 0.46 | 2.35 | 0.21 | 0.70 |
| 1.64 | 0.42 | 2.70 | 0.18 | 0.69 |
| 1.74 | 0.28 | 3.03 | 0.08 | 0.49 |
| 1.81 | 0.18 | 3.29 | 0.03 | 0.32 |
| 1.88 | 0.03 | 3.52 | 0.00 | 0.06 |
| 1.93 | -0.08 | 3.74 | 0.01 | -0.15 |
| 17.88 | 11.09 | 26.64 | 11.45 | 9.42 |

Ecuación de infiltración $I = Kt^n$ (Kostiakov- Lewis)

Método de regresión lineal simple Necesitamos linealizar la ecuación aplicando logaritmos a ambos términos, de esta forma se obtiene:

$$\mathbf{Log\ I = Log\ k + n\ Log\ t}$$

Que correspondería a una ecuación del tipo de una recta:

$$\mathbf{Y = b_0 + b_1 X}$$

Donde:

$$Y = \log I$$

$$b_0 = \log k$$

$$b_1 = n$$

$$X = \log t$$

Además:

Y = velocidad de infiltración.

X = tiempo.

b₁ se calcula como:

$$b_1 = \frac{\sum X_i Y_i - \frac{\sum X_i \sum Y_i}{n}}{\sum X_i^2 - \frac{(\sum X_i)^2}{n}}$$

Aplicación: Se tiene la ecuación:

$$\gamma = b_0 + b_1 X$$

Despejando:

$$b_0 = \gamma - b_1 X$$

Despejando:

$$b_0 = \gamma - b_1 X$$

Podemos encontrar la media como:

$$\gamma = \frac{\sum Y_i}{n} = \frac{11.09}{15} = 0.74$$

$$X = \frac{\sum X_i}{n} = \frac{17.88}{15} = 1.192$$

Además, si sabemos que:

$$b_1 = \frac{\sum X_i Y_i - \frac{\sum X_i \sum Y_i}{n}}{\sum X_i^2 - \frac{(\sum X_i)^2}{n}}$$

Sustituyendo:

$$b_1 = \frac{9.42 - \frac{(17.88)(11.09)}{15}}{26.64 - \frac{(17.88)^2}{15}} = -0.713$$

Sustituyendo para b₀:

$$b_0 = \gamma - b_1 X = (0.74) - (-0.713)(1.192)$$

$$b_0 = 1.589$$

Ahora bien, si se considera la ecuación linealizada:

$$\mathbf{\log I = \log k + n \log t}$$

Y como ya sabemos:

$$b_0 = \log k$$

Por lo tanto:

$$K = \text{antlog } b_0 = \text{antlog } 1.589$$

$$K = 38.81$$

Y además:

$$b_1 = n$$

Por tanto:

$$n = -0.713$$

Finalmente, el modelo de Kostiakov-Lewis será:

$$I = (38.81)t^{-0.713}$$

Infiltración acumulada. Ecuación de la siguiente forma:

$$Z = \frac{k}{(n + 1)} t^{n+1}$$

$$Z = 0.50 t^{0.28}$$

Cálculo de la velocidad de infiltración a través del método de Kostiakov.

| <i>Tiempo (cm)</i> | <i>inf ajustada</i> | <i>inf calculada</i> |
|------------------------|---------------------|--------------------------|
| 1 | 8.32 | 0.4970238 |
| 2 | 5.07 | 0.33997457 |
| 3 | 3.79 | 0.67603804 |
| 4 | 3.09 | 0.73274689 |
| 7 | 2.07 | 0.857047 |
| 12 | 1.41 | 0.99666208 |
| 17 | 1.10 | 1.09876011 |
| 23 | 0.88 | 1.19580669 |
| 28 | 0.77 | 1.263518 |
| 34 | 0.67 | 1.3341089 |
| 44 | 0.56 | 1.43398278 |
| 55 | 0.47 | 1.52643649 |
| 65 | 0.42 | 1.59953197 |
| 75 | 0.38 | 1.66492371 |
| 86 | 0.34 | 1.72996275 |

Anexos 2. Cálculos de las láminas de riego

Cálculos de riego en el cultivo de cebolla (*Allium Cepa* L.). Sistema de riego por goteo superficial

Datos generales

$$Da = 1.14 \text{ g/cm}^3$$

$$CC = 28.21 \%$$

$$PMP = 14.38 \%$$

$$\Delta H = 10 \text{ cm} = 0.10 \text{ m}$$

$$El = 0.20 \text{ m}$$

$$Ee = 10 \text{ cm} = 0.10 \text{ m}$$

$$Lp = 60\% \text{ CC} \leftrightarrow Lp = 16.93 \%$$

$$Eo = 90 \%$$

$$qe = 1 \text{ litros/horas}$$

Textura: Franco

Lámina neta (*ln*)

$$Ln = 100 \times \Delta H \times Da \times (CC - Lp)$$

$$Ln = 100 \times 0.10 \text{ m} \times 1.14 \text{ g/cm}^3 \times (28.21 \% - 16.93 \%)$$

$$Ln = 128.60 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \div 10$$

$$Ln = 12.86 \text{ mm}$$

Lámina bruta (*lb*)

$$Lb = \frac{Ln}{Eo}$$

$$Lb = \frac{12.86 \text{ mm}}{0.90}$$

$$Lb = 14.29 \text{ mm} \approx \mathbf{15 \text{ mm}}$$

Intensidad de aplicación (*Ia*)

$$Ia = \frac{Qe}{Es \times Ee}$$

$$Ia = \frac{0.001 \text{ m}^3/\text{horas}}{0.20 \text{ m} \times 0.10 \text{ m}}$$

$$Ia = 0.00417 \text{ m}^3/\text{hrs} \times 1000$$

$$Ia = 5 \text{ mm/horas}$$

Tiempo de riego (Tr)

$$Tr = \frac{Lb}{Ia}$$

$$Tr = \frac{15 \text{ mm}}{5 \text{ mm/horas}}$$

$$Tr = 3 \text{ horas}$$

Intervalo de riego (Ir)

$$Ir = \frac{Lb}{Eto \times Kc}$$

$$Ir = \frac{15 \text{ mm}}{4.8 \text{ mm/día} * 1.05}$$

$$Ir = 2.97 \text{ días} \approx 3 \text{ días}$$

Cálculos de riego para el cultivo de cebolla (*Allium Cepa* L.). Sistema de riego por goteo subsuperficial

Datos generales

$$Da = 1.14 \text{ g/cm}^3$$

$$CC = 28.21 \%$$

$$PMP = 14.38 \%$$

$$\Delta H = 7 \text{ cm} = 0.07 \text{ m}$$

$$El = 0.20 \text{ m}$$

$$Ee = 10 \text{ cm} = 0.10 \text{ m}$$

$$Lp = 60\% \text{ CC} \leftrightarrow Lp = 16.93 \%$$

$$Eo = 90 \%$$

$$q_e = 1 \text{ litros/horas}$$

Textura: Franco

Lámina neta (Ln)

$$Ln = 100 \times \Delta H \times Da \times (CC - Lp)$$

$$Ln = 100 \times 0.07 \text{ m} \times 1.14 \text{ g/cm}^3 \times (28.21 \% - 16.93 \%)$$

$$Ln = 90.01 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \div 10$$

$$Ln = 9 \text{ mm}$$

Lámina bruta (Lb)

$$Lb = \frac{Ln}{Eo}$$

$$Lb = \frac{9 \text{ mm}}{0.90}$$

$$Lb = 10 \text{ mm}$$

Intensidad de aplicación (Ia)

$$Ia = \frac{Qe}{Es \times Ee}$$

$$Ia = \frac{0.001 \text{ m}^3/\text{horas}}{0.20 \text{ m} \times 0.10 \text{ m}}$$

$$Ia = 0.00417 \text{ m}^3/\text{hrs} \times 1000$$

$$Ia = 5 \text{ mm/horas}$$

Tiempo de riego (Tr)

$$Tr = \frac{Lb}{Ia}$$

$$Tr = \frac{10 \text{ mm}}{5 \text{ mm/horas}}$$

$$Tr = 2 \text{ horas}$$

Intervalo de riego (Ir)

$$Ir = \frac{Lb}{Eto \times Kc}$$

$$Ir = \frac{10 \text{ mm}}{4.8 \text{ mm/día} * 1.05}$$

$$Ir = 1.98 \text{ días} \approx 2 \text{ días}$$

2. Cálculo de la lámina de riego por surco

Otros datos

C: 0.55

B: 0.63

Eo: 60%

Kc: 0.35

Cálculo de la lámina bruta

3. Calcular la capacidad de estanque para el suelo arcilloso (C_e)

$$C_e = \frac{(CC - PMP)}{100} \times Da \times Pr$$

$$C_e = \frac{(28.21 - 14.38)}{100} \times 1.14 \times 10 = 1.58 \text{ cm}$$

Entonces,

$$Lb = \frac{C_e}{E_o} = \frac{1.58 \text{ cm}}{0.60} = 2.63 \text{ cm} = \mathbf{26 \text{ mm}}$$

Cálculo de la evapotranspiración del cultivo (ET_c)

$$ET_c = ET_o \times K_c = 4.8 \times 1.05 = 5.04 \text{ mm/día}$$

Cálculo del intervalo de riego (Ir)

$$Ir = \frac{Lb}{ET_c} = \frac{26 \text{ mm}}{5.04 \text{ mm/día}} = 5.16 \text{ días} \approx 5 \text{ días}$$

Cálculo del tiempo de riego (Tr)

En consideración de lo anterior:

$$Tr = \left(\frac{Lb}{C}\right)^{1/b}$$

$$Tr = \left(\frac{2.63 \text{ cm}}{0.50}\right)^{1/0.28} =$$

$$Tr = 18.57 \text{ min}$$

Tiempo de avance (Ta)

$$Ta = \frac{1}{4} * Tr$$

$$Ta = \frac{1}{4}(18.57) =$$

$$Ta = 4.64 \text{ Min}$$

Tiempo total (Tt)

$$Tt = Tr + Ta =$$

$$Tt = 18.57 + 4.64 =$$

$$Tt = 23.24 \text{ Min}$$

Anexo 3. Cálculos de pérdidas de carga en el sistema

Tubería de conducción

Datos:

$$D_{\text{interno}} = 1 \frac{1}{2}'' = 45.22 \text{ mm} = 0.04522 \text{ m}$$

$$C = 150$$

$$L = 200 \text{ m}$$

$$= 20 \text{ litros} = 0.02 \text{ m}^3$$

$$t = 10 \text{ s}$$

Caudal

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{0.02 \text{ m}^3}{10 \text{ s}}$$

$$Q = 0.002 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow 7.2 \text{ m}^3/\text{horas}$$

Pérdidas de carga

$$Hf = 10.67 \left(\frac{Q}{C} \right)^{1.852} \cdot \frac{L}{D^{4.87}}$$

$$Hf = 10.67 \left(\frac{0.002 \text{ m}^3/\text{s}}{150} \right)^{1.852} \cdot \frac{200 \text{ m}}{(0.04522 \text{ m})^{4.87}}$$

$$Hf = 7.1 \text{ m}$$

Velocidad en función del caudal

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.002 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi(0.04522 \text{ m})^2/4}$$

$$V = 1.25 \text{ m/s}$$

Tubería Lateral

Datos

$$D_{\text{interno}} = 1 \frac{1}{2}'' = 45.22 \text{ mm} = 0.04522 \text{ m}$$

$$C = 150$$

$$L = 18 \text{ m}$$

$$V = 20 \text{ litros} = 0.02 \text{ m}^3$$

$$t = 10 \text{ s}$$

Caudal

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{0.02 \text{ m}^3}{10 \text{ s}}$$

$$Q = 0.002 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow 7.2 \text{ m}^3/\text{horas}$$

Pérdidas de carga

$$H_f = 10.67 \left(\frac{Q}{C} \right)^{1.852} \cdot \frac{L}{D^{4.87}}$$

$$H_f = 10.67 \left(\frac{0.002 \text{ m}^3/\text{s}}{150} \right)^{1.852} \cdot \frac{18 \text{ m}}{(0.04522 \text{ m})^{4.87}}$$

$$H_f = 0.64 \text{ m}$$

Velocidad en función del caudal

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.002 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi(0.04522 \text{ m})^2/4}$$

$$V = 1.25 \text{ m/s}$$

Pérdidas corregidas con el factor Christiansen

Aplicando factor de salida Christiansen

$$N^{\circ}SL = \frac{LTS}{E_{surco}}$$

$N^{\circ}SL$ = Número de salidas del lateral

LTS = Longitud de tubería secundaria

E_{surco} = Espaciamiento entre surco

Datos

$LTS = 18 \text{ m}$

$E_{surco} = 1 \text{ m}$

$$N^{\circ}SL = \frac{18 \text{ m}}{1 \text{ m}}$$

$N^{\circ}SL = 18 \text{ salidas}$

Encontrando el factor

Respecto al cuadro el factor correspondiente al número de 18 salidas es:

$$Factor = 0.379$$

Pérdidas por fricción corregidas con Christiansen.

$$H_{fc} = H_f \times Factor$$

$$H_{fc} = 0.64 \text{ m} \times 0.379$$

$$H_{fc} = 0.24 \text{ m}$$

| Nº de salidas | d = l | Nº de salidas | d = l/2 |
|---------------|-------|---------------|---------|
| 1 | 1.000 | 1 | 1.000 |
| 2 | 0.639 | 2 | 0.518 |
| 3 | 0.535 | 3 | 0.441 |
| 4 | 0.486 | 4 | 0.412 |
| 5 | 0.457 | 5 | 0.397 |
| 6 | 0.435 | 6 | 0.387 |
| 7 | 0.425 | 7 | 0.381 |
| 8 | 0.415 | 8 | 0.377 |
| 9 | 0.409 | 9 | 0.374 |
| 10 | 0.402 | 10 | 0.371 |
| 11 | 0.397 | 11 | 0.369 |
| 12 | 0.394 | 12 | 0.367 |
| 13 | 0.391 | 13 | 0.366 |
| 14 | 0.387 | 14 | 0.365 |
| 15 | 0.384 | 15 | 0.364 |
| 16 | 0.382 | 16 | 0.363 |
| 17 | 0.380 | 17 | 0.362 |
| 18 | 0.379 | 18 | 0.361 |
| 19 | 0.377 | 19 | 0.361 |
| 20 | 0.376 | 20 | 0.360 |
| 22 | 0.374 | 22 | 0.359 |
| 24 | 0.372 | 24 | 0.359 |
| 26 | 0.370 | 26 | 0.358 |
| 28 | 0.369 | 28 | 0.357 |
| 30 | 0.368 | 30 | 0.357 |
| 35 | 0.365 | 35 | 0.356 |
| 40 | 0.364 | 40 | 0.355 |
| 50 | 0.361 | 50 | 0.354 |
| 60 | 0.359 | 100 | 0.353 |
| 80 | 0.357 | 200 | 0.352 |
| 100 | 0.356 | | |
| 150 | 0.354 | | |
| 300 | 0.353 | | |

Goteo

Datos

$$D = 0.63'' = 16 \text{ mm} = 0.016 \text{ m}$$

$$L = 125 \text{ m}$$

$$Q = 0.00011 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow 0.4 \text{ m}^3/\text{horas}$$

Pérdidas de carga

$$H_f = 10.67 \left(\frac{Q}{C} \right)^{1.852} \cdot \frac{L}{D^{4.87}}$$

$$H_f = 10.67 \left(\frac{0.00011 \text{ m}^3/\text{s}}{140} \right)^{1.852} \cdot \frac{125 \text{ m}}{(0.016 \text{ m})^{4.87}}$$

$$H_f = 3.74 \text{ m}$$

Velocidad en funcionamiento del caudal

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.00011 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi(0.016 \text{ m})^2/4}$$

$$V = 0.55 \text{ m/s}$$

Pérdidas corregidas con factor Christiansen

Aplicar factor de salida Christiansen

$$N^{\circ}SL = \frac{LTS}{E_{gotero}}$$

Datos

$$LLC = 125 \text{ m}$$

$$E_{gotero} = 0.30 \text{ m}$$

$$N^{\circ}SL = \frac{125 \text{ m}}{0.30 \text{ m}}$$

$$N^{\circ}SL = 416.67 \text{ salidas}$$

Encontrando el factor

Respecto al cuadro el correspondiente al número de 416.67 salidas no se encuentra por tal razón se tomó en consideración el número de sáldas de 300 que:

$$Factor = 0.353$$

Pérdidas por fricción corregidas con Christiansen.

$$H_{fc} = H_f \times Factor$$

$$H_{fc} = 3.74 \text{ m} \times 0.353$$

$$H_{fc} = 1.32 \text{ m}$$

| Nº de salidas | d = l | Nº de salidas | d = l/2 |
|---------------|-------|---------------|---------|
| 1 | 1.000 | 1 | 1.000 |
| 2 | 0.639 | 2 | 0.518 |
| 3 | 0.535 | 3 | 0.441 |
| 4 | 0.486 | 4 | 0.412 |
| 5 | 0.457 | 5 | 0.397 |
| 6 | 0.435 | 6 | 0.387 |
| 7 | 0.425 | 7 | 0.381 |
| 8 | 0.415 | 8 | 0.377 |
| 9 | 0.409 | 9 | 0.374 |
| 10 | 0.402 | 10 | 0.371 |
| 11 | 0.397 | 11 | 0.369 |
| 12 | 0.394 | 12 | 0.367 |
| 13 | 0.391 | 13 | 0.366 |
| 14 | 0.387 | 14 | 0.365 |
| 15 | 0.384 | 15 | 0.364 |
| 16 | 0.382 | 16 | 0.363 |
| 17 | 0.380 | 17 | 0.362 |
| 18 | 0.379 | 18 | 0.361 |
| 19 | 0.377 | 19 | 0.361 |
| 20 | 0.376 | 20 | 0.360 |
| 22 | 0.374 | 22 | 0.359 |
| 24 | 0.372 | 24 | 0.359 |
| 26 | 0.370 | 26 | 0.358 |
| 28 | 0.369 | 28 | 0.357 |
| 30 | 0.368 | 30 | 0.357 |
| 35 | 0.365 | 35 | 0.356 |
| 40 | 0.364 | 40 | 0.355 |
| 50 | 0.361 | 50 | 0.354 |
| 60 | 0.359 | 100 | 0.353 |
| 80 | 0.357 | 200 | 0.352 |
| 100 | 0.356 | | |
| 150 | 0.354 | | |
| 300 | 0.353 | | |

Anexo 4: Cálculos de cosecha de agua

Datos sobre cosecha de agua

$$D = 27 \text{ m}$$

$$h = 1.60 \text{ m}$$

Solución

$$V = A \cdot h \quad \rightarrow \quad V = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot h$$

$$V = \frac{\pi \cdot (27 \text{ m})^2}{4} \cdot 1.60 \text{ m}$$

$$V = 916.10 \text{ m}^3$$

Anexos 5: Cálculos de pérdidas de agua por evapotranspiración

$$Evap. = 10 * S * E$$

Donde:

S: área de espejo de agua, en ha.

E: evaporación, en mm/mes.

Datos:

$$D = 27 \text{ m}$$

$$E = 4.8 \text{ mm/día}$$

Encontrar el Área de espejo de agua para la cosecha de agua

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

$$S = \frac{\pi \cdot (27 \text{ m})^2}{4}$$

$$S = 573 \text{ m}^2 \rightarrow S = 0.057 \text{ ha}$$

Conversión de la evapotranspiración de mm/día a mm/mes

$$E = 4.8 \text{ mm/día} * 30 \text{ días} = 144 \text{ mm/mes}$$

$$Evap. = 10 * S * E = 10 * 0.057 * 144$$

$$Evap = 82.08 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} * 3 = 246.24 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$$

Ahora convertir los $198.72 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ se tomó en cuenta el área de 256 m^2

$$246.24 \text{ m}^3 = 10000 \text{ m}^2$$

$$X = 256 \text{ M}^2$$

$$X = 6.30 \text{ m}^3$$

Anexo 6. Cálculos de análisis de productividad del agua (kg m^3)

| Factores | Niveles | Lb total (m^3) | Lb total ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) | Rendimiento (kg ha^{-1}) | Wp ($\text{kg} \cdot \text{m}^3$) |
|--------------------------------|---------|---------------------------|--|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Riego por goteo superficial | Linf | 45.00 | 11520.00 | 57597.21 | 5.00 |
| | Lop | 45.00 | 11520.00 | 67884.70 | 5.89 |
| | Lsp | 45.02 | 11525.76 | 72241.65 | 6.27 |
| Riego por goteo subsuperficial | Linf | 36.00 | 9216.00 | 72715.29 | 7.89 |
| | Lop | 36.00 | 9216.00 | 84318.05 | 9.15 |
| | Lsp | 36.00 | 9216.00 | 99575.01 | 10.80 |
| Riego por surco | Linf | 46.80 | 11980.80 | 56098.61 | 4.68 |
| | Lop | 46.80 | 11980.80 | 64980.55 | 5.42 |
| | Lsp | 46.80 | 11980.00 | 48621.22 | 4.06 |

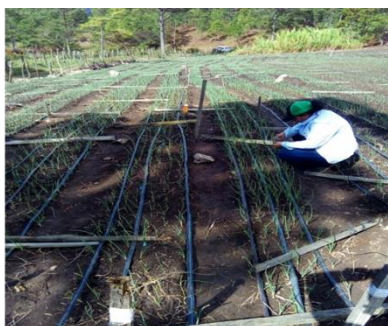
Anexo 7 Pruebas de infiltración y muestreo de suelo



Anexo 8: Obra del estanque de escorrentía (cosecha de agua)



Anexo 9: Sistemas de riego por goteo en la parcela de estudio



Anexo 10: Sistemas de riego en el cultivo



Anexo 11: Medición de las variables agronómicas



Anexo 12: Cultivo de cebolla Apollo en el área de estudio



Anexo 13: Cosecha de la cebolla obtenida de las parcelas experimentales



Anexo 14: Diseño de los sistemas de riego (superficial, subsuperficial) y surco Condega, Estelí, 2022

