

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA

(Creada por Ley N° 25265)



**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE AGRONOMÍA
ESPECIALIDAD AGRONOMÍA**

TESIS

**“RESPUESTA AGROMORFOLÓGICA Y FISIOLÓGICA DE
LA CEBOLLA (*Allium cepa* L.) AL ESTRÉS HÍDRICO
CONTROLADO”**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

HORTICULTURA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

PRESENTADO POR LA BACHILLER

CAROLINA CUSI LÓPEZ SALINAS

HUANCVELICA - 2013

ACTA DE SUSTENTACIÓN O APROBACIÓN DE UNA DE LAS MODALIDADES DE TITULACIÓN

En la Ciudad Universitaria de "Común Era"; auditorio de la Facultad de Ciencias Agrarias, a los 10 días del mes de diciembre del año 2012, a horas 11:00 a.m.; se reunieron; el Jurado Calificador, conformado de la siguiente manera:

Presidente : Mg. Sc. Ing. Marino BAUTISTA VARGAS

Secretario : Ing. Leonidas LAURA QUISPETUPA

Vocal : Ing. Isaac Nolberto ALIAGA BARRERA

Accesitario : Ing. Santiago Oscar PUENTE SEGURA

Designados con **RESOLUCIÓN Nº 036-2012-CF-FCA-UNH**; del: proyecto de investigación o examen de capacidad o informe técnico u otros. Intitulado:

RESPUESTA AGROMORFOLÓGICA Y FISIOLÓGICA DE LA CEBOLLA (*Allium cepa L.*) AL ESTRÉS HÍDRICO CONTROLADO"

Cuyo autor es el graduado:

BACHILLER: **LÓPEZ SALINAS, Carolina Cusi**

A fin de proceder con la evaluación y calificación de la sustentación del: proyecto de investigación o examen de capacidad o informe técnico u otros, antes citado.

Finalizado la evaluación; se invito al público presente y la sustentante abandonar el recinto; y, luego de una amplia deliberación por parte del jurado, se llegó al siguiente resultado:

APROBADO **POR** Mayoría

DESAPROBADO

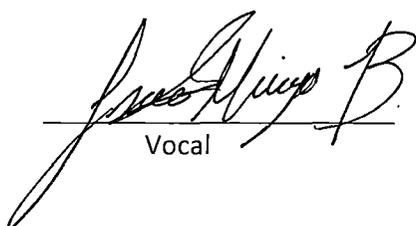
En conformidad a lo actuado firmamos al pie.



Presidente



Secretario



Vocal

Accesitario

ASESOR

Mg. Sc. Ing. Rolando, PORTA CHUPURGO

DEDICATORIA

A mis padres, por sus esfuerzos y sacrificios para brindarme una profesión que es la mejor herencia que pudieron darme y por su apoyo incondicional en mi desarrollo personal y profesional.

AGRADECIMIENTO

- A todas las personas que han contribuido en la ejecución del presente informe final del proyecto de tesis.
- A la Universidad Nacional de Huancavelica, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Académico Profesional de Agronomía.
- De manera muy especial al Mg. Sc. Ing. Rolando, PORTA CHUPURGO por su asesoramiento en la realización del informe final del proyecto de tesis.
- A los Docentes, personal técnico y administrativo, de la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional de Huancavelica, que me brindaron su amistad y apoyo.
- A mis hermanos por su apoyo incondicional.

ÍNDICE

Dedicatoria	
Agradecimiento	
Resumen	
Introducción	
CAPITULO I: PROBLEMA	9
1.1. Planteamiento del problema	9
1.2. Formulación del problema	9
1.3. Objetivo: General y Específicos	9
1.4. Justificación	10
CAPITULO II: MARCO TEORICO	11
2.1. Antecedentes	11
2.2. Bases teóricas	12
2.3. Hipótesis	17
2.4. Variables de estudio.	17
CAPITULO III: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION	18
3.1. Ámbito de estudio	18
3.2. Tipo de investigación	18
3.3. Nivel de investigación	18
3.4. Método de investigación	18
3.5. Diseño de investigación	18
3.6. Población, Muestra, Muestreo	20
3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	20
3.8. Procedimiento de recolección de datos	20
3.9. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	21
CAPITULO IV: RESULTADOS	22
4.1. Presentación de resultados	22
4.2. Discusión	33
CONCLUSIONES	37
RECOMENDACIONES	38
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	39
ARTÍCULO CIENTÍFICO	41
ANEXOS	51

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar la respuesta agromorfológica y fisiológica de la cebolla (*Allium cepa* L.) al estrés hídrico, se realizó el trabajo de investigación en el Centro de Producción "Común Era", de la Facultad de Ciencias Agrarias – UNH. Ubicado a 3369 msnm, durante los meses de octubre 2010, a marzo 2011. Se evaluaron las variables de rendimiento de peso de bulbo, diámetro de bulbo, altura de planta, número de hojas por planta, longitud de raíz y período de cosecha. El experimento fue conducido con el Diseño Completamente al Azar, con 4 tratamientos, con 10 repeticiones. Se realizó análisis de varianza simple y para la comparación de medias se realizó la prueba de Duncan, $\alpha = 0.05$. Los volúmenes de riego afectaron los caracteres (altura de planta, número de hojas por planta, diámetro de bulbo, longitud de raíz, peso de bulbo y período de cosecha) de las plantas de cebolla, variedad roja arequipeña. El incremento de la aplicación de niveles de agua de riego, tiene una relación directa con el incremento de la altura de las plantas de cebolla. Con la aplicación de 1.00 litros por planta, presenta la mayor cantidad de hojas por planta con 7.9 en promedio; contrariamente la aplicación de 0.25 litros por planta, presenta la menor cantidad de hojas por planta. El resto de los tratamientos se halla comprendido entre estos valores. Se puede visualizar que en orden de mérito, las plantas regados con 1.00, 0.75, 0.50 y 0.25 litros obtuvieron 5.5, 5.04, 4.08 y 3.11 cm de diámetro de bulbo respectivamente, obteniendo un promedio general de 4.43 cm. En promedio, las plantas presentaron la mayor longitud de raíces en con 4.52 cm, al ser regados con 1.00 litro de agua; contrariamente, al regarse con 0.25 litros por planta, presentaron la menor longitud de raíces con 2.14 cm. El resto de los tratamientos, se halla comprendido entre estos valores.

INTRODUCCIÓN

La cebolla es uno de los alimentos primordiales y complemento de la canasta familiar; producto que es cultivado en las tres regiones del Perú. Por otro lado, las variedades de cebolla son numerosas y presentan bulbos de diversas formas y colores. La producción nacional de cebollas se orienta principalmente a cubrir el mercado interno, siendo la cebolla roja la principal variedad producida, dado al consumo masivo entre la población peruana. La producción de cebollas se concentra principalmente en Arequipa, departamento que participa con más del 60% de la producción nacional. El rendimiento del cultivo de la cebolla en Arequipa, además de Ica, Tacna y Lima, es uno de los más elevados a nivel nacional. Cabe mencionar que, mucho se ha hablado del TLC y de su impacto en el sector agrícola. El mercado estadounidense concentra más del 98% de las exportaciones peruanas de cebolla fresca, Perú es el tercer proveedor de cebollas frescas a Estados Unidos. Se trata de un alimento de poco valor energético y muy rico en sales minerales. En condiciones de Acobamba-Huancavelica, su cultivo es muy restringido, fundamentalmente porque no se han desarrollado paquetes tecnológicos para esta parte del país; sin embargo, sería importante su difusión dado que significaría ahorros importantes en la canasta familiar, toda vez que el hecho de que se produzcan en otras regiones, su traslado incrementa sus costos resultando perjudicial para los consumidores de esta región. Por los motivos expuestos, se hace necesario desarrollar tecnologías de producción del cultivo de cebolla en la zona de Acobamba, lo que permitiría alternar sus cultivos tradicionales mejorando su producción y rentabilidad.

CAPITULO I: Problema

1.1. Planteamiento del Problema

Los antecedentes relacionados con el riego de cebolla indican que, este cultivo es muy susceptible a los cambios de humedad del suelo y que responde positivamente a mayores frecuencias de riego, dependiendo ello de las características del suelo y clima (Nijensohn, 1 967); (Lipinski, 1 994). Por otro lado, se sabe que, el agua desempeña un papel fundamental porque su sistema radicular es poco extendido, con poca profundidad (30 cm) y densidad y que las raíces de la cebolla son muy sensibles al déficit de agua en el suelo y para poder elongarse necesitan que la humedad llegue hasta la base del tallo (Jones, 1 963).

Una opción para reducir la demanda de agua es aplicar un déficit de irrigación, durante un período particular del crecimiento o a través de la estación entera del crecimiento, sin producir una reducción significativa en producción. Sin embargo, antes de poner en práctica un programa de déficit de irrigación, es necesario saber la respuesta del cultivo al estrés hídrico durante etapas definidas del crecimiento o a través de la estación entera (Kirda, 1 999).

1.2. Formulación del Problema

¿La aplicación de diferentes volúmenes de agua de riego, permitirán identificar respuestas morfológicas y fisiológicas de estrés en plantas de cebolla?

1.3. Objetivo: General y Específicos

1.3.1. Objetivo General

- Conocer el comportamiento morfoagronómico y fisiológico de la cebolla en condiciones de diferentes volúmenes de riego.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar la respuesta morfológica de la cebolla cuando las plantas son sometidas a déficit hídrico.
- Evaluación de parámetros fisiológicos del cultivo de cebolla que son alterados bajo condiciones de estrés hídrico.

1.4. Justificación

1.4.1. Científico: El mundo se enfrenta a un reto superior en este siglo, producir más alimento con menos agua; esta meta será posible solamente si se desarrollan estrategias que permitan un uso más eficiente del agua en la agricultura (Molden *et al.*, 2003; Dehghanisanij *et al.*, 2009). Los intentos para disminuir el estrés hídrico, o para mejorar la resistencia o la adaptación de las plantas a dicho estrés, tendrán mayor alcance si se entiende el trasfondo fisiológico y bioquímico sobre el cual transcurren las respuestas de las plantas. Con ello es posible desarrollar estrategias de manejo razonables para disminuir las pérdidas debidas a las limitaciones del agua. El efecto del estrés por sequía generalmente es reflejado en una disminución de la producción y del crecimiento total; esto con respecto al grado de reducción de factores, como la etapa de crecimiento y el agotamiento de agua, así como el tiempo de duración de las condiciones de sequía (Kramer, 1983).

1.4.2. Social: Dentro de las hortalizas, la (*Allium cepa* L.) presenta gran importancia en la provincia de Acobamba, por el amplio consumo alimenticio y medicinal que en ella existe para el ser humano y así asegurar una calidad de vida.

1.4.3. Económico: Se trata de un cultivo muy extendido por todo el mundo, pues hay gran número de cultivares con distinta adaptación a las diferentes pisos ecológicos que influyen en su vegetación. A pesar de ello, no todos los países cubren sus necesidades, y han de importar una parte de su consumo. El dinamismo económico de la cebolla peruana en los mercados internos, ha motivado a que el número de consumo haya aumentado de manera notable. Entre los años 2000 y 2011 el número de mercaderes se duplicó hasta 10% en la que genera mayor ingreso de divisas para generar mayor tecnología y mayor comercialización de la producción de la cebolla (Minag, 2011).

CAPITULO II: Marco Teórico

2.1. Antecedentes

Diversos cambios metabólicos son inducidos en plantas sometidas a estrés hídrico. Una marcada acumulación de prolina en su forma libre ocurre en muchas especies de plantas, no sólo en respuesta al estrés hídrico, sino también por efectos de la salinidad y las bajas temperaturas. El incremento de la prolina ha sido relacionado con la disminución del potencial de agua de hojas y del contenido relativo de agua **(Singh et al., 1 973)** y sorgo **(Martínez, 1 988)**.

En algunos trabajos se han determinado gran acumulación de prolina en variedades de plantas tolerantes a la sequía. Se ha sugerido que la acumulación de éste aminoácido representa un mecanismo compensatorio para la mejor sobrevivencia de las plantas durante el periodo de estrés, actuando como un regulador osmótico, un protector contra la desnaturación enzimática **(Paleg et al., 1 984)**, una reserva de carbono y nitrógeno y aún como un estabilizador de la maquinaria para la síntesis de proteína. Sin embargo, otros investigadores sólo la consideran como un indicador de la tasa de senescencia **(Karamanos et al., 1 983; Martínez, 1 988)**.

Uno de los procesos fisiológicos más sensibles al déficit de agua es el crecimiento celular, de manera que la sequía reduce la expansión y el área foliar. Cuando el déficit hídrico es severo, se acelera la senescencia de hojas maduras además la fotosíntesis y la transpiración se abaten debido a la reducción de la turgencia, al cierre estomático y al bloqueo a la difusión de CO₂ hacia el mesófilo. El cierre de estomas se ha asociado con una rápida síntesis de ácido abscísico **(Hsiao, 1 973)**.

Un mecanismo que contribuye a la resistencia a la sequía es el ajuste osmótico, al cual definen como la habilidad de las plantas para acumular solutos activamente ante un déficit hídrico. Este mecanismo permite mantener un potencial de turgencia alto, a pesar del descenso en el potencial hídrico, lo que puede traer como consecuencia, que la apertura del estoma, la expansión foliar, la transpiración y la fotosíntesis se mantengan funcionando por más tiempo. El ajuste osmótico se atribuye a la síntesis y absorción de sustancias osmóticamente activas, tales como cationes inorgánicos, ácidos orgánicos, aminoácidos y azúcares. En condiciones de invernadero este mecanismo se expresa en menor grado, probablemente debido al menor volumen de

47

suelo. Las respuestas metabólicas de las plantas a la deshidratación son diversas y complejas, incluyendo la acumulación de sustancias que no son constituyentes normales de las células; tal es el caso de la prolina, aminoácido cuya concentración se incrementa notoriamente en condiciones de sequía, en alta o baja temperatura, o por deficiencias nutrimentales (Turner y Jones, 1980).

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Significado del estrés en el marco de la fisiología vegetal

Aunque ampliamente utilizado en fisiología vegetal, el término "estrés" es de difícil definición. Muchas de las aproximaciones que se han formulado en relación con este concepto son a veces imprecisas y no exentas de una fuerte dosis de subjetividad. Sin embargo, dado lo extendido del término "estrés" en la bibliografía científica, se enumerarán algunas definiciones enunciadas en la literatura. La definición biofísica de estrés, involucra *una fuerza ejercida sobre un objeto en relación con el área sobre la cual se aplica* (es decir, posee significado equivalente al de presión). Por lo tanto, el término estrés en el marco de la fisiología vegetal refleja la magnitud de presión ambiental que fuerza al cambio en la fisiología de una planta' (Nilsen y Orcutt, 1996).

Levitt (1980) definió al estrés como: cualquier factor *ambiental potencialmente desfavorable para los organismos vivos*. El problema de este tipo de definiciones radica en cómo calificar en forma objetiva qué factor es desfavorable.

A menudo es difícil distinguir entre aquellas respuestas que repercuten negativamente en la planta y aquellas que poseen un efecto benéfico. (Nilsen y Orcutt, 1996) señalan que algunos factores pueden tener ambos efectos simultáneamente. Por ejemplo, la marchitez producida por déficit hídrico, si bien tiene un efecto negativo en la tasa de asimilación de CO₂, también puede ser positiva para la planta, ya que colabora en la menor absorción de energía lumínica al cambiar el ángulo de exposición, evitando el daño permanente en la hoja por altas temperaturas.

2.2.2. Relevancia del estudio del estrés en plantas

Existen numerosas motivaciones para estudiar la fisiología de las plantas bajo estrés, de las cuales nombraremos aquí las más importantes: (a) en primer lugar, el conocimiento de los factores de estrés en los vegetales puede resultar crucial para la elaboración de modelos mecanísticos de naturaleza predictiva (por ejemplo, el estudio de los posibles efectos del cambio climático); (b) desde una perspectiva ecofisiológica, el análisis de la interacción de las plantas con los factores ambientales es fundamental para comprender la distribución de las especies en los diferentes ecosistemas; y (c) el rendimiento de los cultivos está fuertemente limitado por el impacto de estreses ambientales. Además de las implicaciones a la hora de optimizar las prácticas agronómicas, para realizar una mejora de los cultivos de tipo analítica (es decir, selección genética con una base mecanística) y para encontrar posibles 'dianas' susceptibles de ser modificadas genéticamente, es crucial comprender los procesos fisiológicos subyacentes en la tolerancia (y/o evitación) de los cultivos al estrés (**Nilsen y Orcutt, 1 996**).

2.2.3. El estrés hídrico

2.2.3.1. Conceptos de estrés hídrico, déficit hídrico y sequía

En sentido amplio, el estrés hídrico incluye en realidad dos tipos de estrés contrapuestos: por déficit o por exceso de agua en el suelo. Es bastante frecuente que dos o más factores de estrés coexistan, pudiendo ser la interacción resultante de tipo sinérgico (**Nilsen y Orcutt, 1 996**). Un ejemplo clásico de esto es el estrés hídrico, donde la falta de agua puede interactuar con altas temperaturas y altas irradiancias. Las regiones con clima Mediterráneo, donde ocurre déficit hídrico en el período estival ilustran este fenómeno (**Karamanos et, al., 1 983**). El término "sequía" denota en muchos casos esta interacción entre baja disponibilidad hídrica, alta temperatura y alta irradiancia. Según algunos autores, sequía es un concepto de tipo meteorológico más que fisiológico, ya que se refiere

40

a un período en el cual las precipitaciones no compensan el agua perdida por evapotranspiración (Hsiao, 1973). Sin embargo, y a pesar de las consideraciones anteriores, sequía y estrés hídrico son términos usados a menudo indistintamente en numerosos trabajos. Algunos autores utilizan el término 'déficit hídrico' (es decir, transpiración superando la absorción de agua) como un componente de otros tipos de estrés, ya que la falta de agua puede observarse tanto en situaciones de sequía, como frente a salinidad y bajas temperaturas (Hsiao, 1973).

Entre los factores abióticos, el estrés por déficit hídrico es considerado uno de los más relevantes, tanto desde una perspectiva ecológica como agronómica. Respecto a los cultivos, aunque ha sido señalado que no siempre es el factor central, está claro que el déficit hídrico es el principal factor abiótico que limita la distribución geográfica y el rendimiento de la mayoría de los cultivos (Karamanos et al., 1983).

2.2.3.2. Tipos de respuestas de las plantas al estrés hídrico

Clásicamente el comportamiento de las plantas frente al estrés hídrico ha sido clasificado en escape, evitación y tolerancia, los cuales se describen a continuación:

Escape: en estos casos las plantas ajustan su fenología para cumplir su ciclo fuera de los períodos de déficit hídrico. El caso típico es el de las plantas terófitas o anuales. En los cultivos también puede observarse una estrategia de escape. Por ejemplo, en zonas con clima Mediterráneo donde se produce una situación de sequía terminal, existen variedades de cereales como trigo o cebada que ajustan su ciclo fenológico de manera que completan el llenado de los granos antes que se produzcan las condiciones de máximo estrés (Hsiao, 1973).

Evitación: en este caso las plantas poseen mecanismos para evitar (o postergar) la deshidratación. Una estrategia es aumentar la capacidad de absorción de agua gracias al incremento de la superficie radicular o disminución de la resistencia hidráulica (**Nilsen y Orcutt, 1996**) siendo frecuente en plantas conocidas como 'derrochadoras de agua' ('*water-spenders*'). La estrategia inversa es la que adoptan las plantas 'ahorradoras', que minimizan las pérdidas de agua por diversas vías, tales como el cierre estomático y la disminución de la transpiración cuticular. Dentro de esta misma estrategia conservadora podrían incluirse las plantas que producen menos biomasa aérea al sufrir déficit hídrico, aumentando por ende la proporción relativa de masa radicular.

Tolerancia: este término se refiere a la capacidad de resistir en forma reversible la deshidratación de los tejidos. Aunque el ejemplo extremo de esto son las llamadas '*plantas poikilohídricas*', las plantas 'mediterráneas' como *Rosmarinus* son capaces de soportar un alto grado de deshidratación de sus tejidos (**Ackerson et al., 1977**).

2.2.3.3. **Cuantificación del estrés hídrico**

El estado hídrico de una planta (y la magnitud del estrés) es corrientemente caracterizado por el potencial hídrico (Ψ_w) y el contenido relativo de agua (*RWC*, es decir, el contenido porcentual de agua en relación al contenido de agua a hidratación máxima). Sin embargo, ha sido señalado que el grado de estrés no puede ser definido por el estado hídrico de la planta. Por ejemplo, el potencial hídrico puede ser en muchos casos una consecuencia y no una causa del control de la apertura estomática. Por otra parte, es bien conocido el hecho que las plantas pueden reaccionar a estímulos provenientes del suelo, aún antes que puedan detectarse cambios en el potencial hídrico (y aún más del *RWC*) de las hojas. Además, dado

que existen importantes diferencias entre especies en el grado de tolerancia al estrés, es difícil establecer parámetros objetivos que definan al estrés y su magnitud en forma general. Sin embargo, a pesar de las limitaciones señaladas, es claro que el potencial hídrico y el *RWC* son las formas más objetivas de cuantificar el estatus hídrico y de hecho su uso está ampliamente extendido en la literatura (Hsiao, 1973). Sólo con el fin de poder comparar diferentes estudios, (Hsiao, 1973) definió tres grados de estrés hídrico:

Estrés leve: disminución del potencial hídrico de algunos bares (décimas de MPa) o del *RWC* en un 8-10 % respecto a plantas bien regadas bajo leve demanda evaporativa.

Estrés moderado: disminución del potencial hídrico más acusada (aunque menor a 1.2-1.5 MPa) o una disminución del *RWC* entre un 10 y un 20%.

Estrés severo: disminución del potencial hídrico mayor a 15 bares (1.5 MPa) o disminución del *RWC* mayor a un 20%.

2.2.3.4. Respuestas de las plantas al estrés hídrico

Diversos y numerosos procesos de la planta pueden ser alterados por el estrés hídrico. Las respuestas pueden ser respuestas transitorias o bien involucrar cambios en la expresión génica. Por ejemplo, la expresión de gran cantidad de genes es modificada en plantas de *Arabidopsis thaliana* sujetas a episodios de déficit hídrico. El estrés hídrico puede considerarse un síndrome complejo, integrado por una numerosa serie de procesos, algunos de los cuales son deletéreos y otros son adaptativos. Por lo tanto, es virtualmente imposible pormenorizar la totalidad de los procesos que son afectados por el estrés hídrico (Chaves y col, 2002).

2.3. Hipótesis

Hp: No existe relación de comportamiento morfológico y fisiológico de la planta de cebolla frente a diferentes volúmenes de riego.

Ha: Existe relación de comportamiento morfológico y fisiológico de la planta de cebolla frente a diferentes volúmenes de riego.

2.4. Variables de estudio.

Variables Dependientes :

- Peso de bulbo por planta.
- Diámetro de bulbo por planta
- Altura de planta
- Número de hojas por planta
- Longitud de raíz
- Período de cosecha

Variable Independiente : Volumen de agua de riego

CAPITULO III: Metodología de la Investigación

3.1. **Ámbito de estudio**

El trabajo de investigación se desarrolló en el Centro de Producción "Común Era", de la Facultad de Ciencias Agrarias – UNH. Ubicado a 3340 msnm, durante los meses de Octubre 2 010 a Marzo 2 011.

3.2. **Tipo de investigación**

Por su naturaleza de obtención de los datos el trabajo es considerado de tipo experimental.

3.3. **Nivel de Investigación**

Dado que los conocimientos e información obtenidos permitió la aplicación de una nueva tecnología, es considerada de nivel aplicado.

3.4. **Método de Investigación**

Hipotético – Deductivo, porque la información obtenida a partir de la muestra (plantear la hipótesis) permitió inferir los resultados (deducir los resultados) hacia la población (cultivo de cebolla).

3.5. **Diseño de Investigación**

Variables a evaluar

- **Altura de planta.-** Se midió desde la zona de unión de la base de las hojas (cuello) hasta el ápice de la rama más larga de la hojas a la madurez fisiológica, sobre las plantas en cada unidad experimental. Los resultados se expresan en centímetros.
- **Número de hojas por planta.-** Se contó el número de hojas emitidas por planta, en cada una de las unidades experimentales, al momento de la madurez fisiológica. Los resultados se expresan en promedios.
- **Diámetro de bulbo.-** Fue medido al momento de la cosecha, con un vernier el diámetro correspondiente a la parte del bulbo más ensanchada o la zona del

ecuador; esta medición se hizo a la madurez fisiológica. Los resultados se expresaron en centímetros.

- **Longitud de raíz.-** Se midió la longitud de la raíz en plantas de cebolla, en cada unidad experimental, al momento de la madurez fisiológica. Los resultados se expresan en promedios.
- **Período de cosecha.-** Se contó el número de días desde la siembra hasta la madurez fisiológica (consumo de bulbo), en cada una de las unidades experimentales.
- **Peso promedio de bulbos.-** Al momento de la madurez fisiológica, se pesaron los bulbos para obtener el peso total cosechado por tratamiento y el peso promedio de bulbos. Los resultados se expresaron en gramos.

Diseño Experimental

Se utilizó el Diseño Completamente al Azar, con 4 tratamientos y 10 repeticiones, y para la comparación de promedios la prueba de Duncan.

Modelo Aditivo Lineal

$$Y_{ij} = \mu + B_i + T_j + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = variable respuesta del j-ésimo tratamiento en la i-ésima repetición.

μ = Media general.

B_i = Efecto de la i-ésima repetición.

T_j = Efecto de la j-ésimo tratamiento.

E_{ij} = Efecto del error experimental

Características del Experimento

Unidad experimental

Área : 0.314 m²

Número por repetición : 10

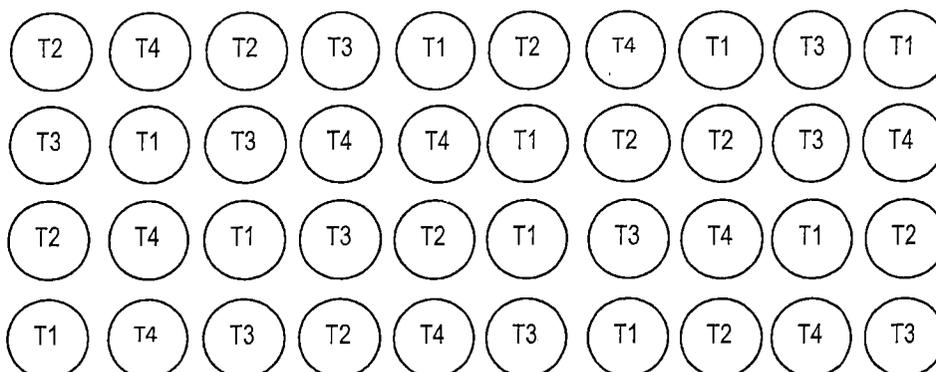
Número total : 40

Tratamientos

Número por repetición : 10

Número total : 40

Croquis del Experimento



3.6. Población, Muestra, Muestreo

3.6.1. Población : Constituyeron 10 plantas por cada tratamiento.

3.6.2. Muestra : Se evaluó el total de plantas en cada unidad experimental.

3.6.3. Muestreo : El muestreo se realizó en aleatorio simple.

3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En base a la observación estructurada o formalizada, se utilizó entre otros instrumentos, el tensiómetro, cinta métrica, balanza analítica, rejilla de cobertura foliar, estufa, etc.

3.8. Procedimiento de recolección de datos

Para la recolección de datos, se procedió a la observación y medición según las variables, en 10 plantas tomadas al azar en cada unidad experimental y con una frecuencia de cada siete días. Para la recolección de datos se procedió a la observación y medición según las variables, en 10 plantas tomadas al azar en cada unidad experimental y con una frecuencia de cada siete días.

3.9. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Para el procesamiento y análisis de los datos, se utilizó entre otras: el Análisis de Variancia, Comparación de Duncan ($\alpha = 0.05$) y la Estadística Inferencial, que analiza, estudia y describe a la población de plantas en base a muestras aleatorias simples.

CAPITULO IV: Resultados

4.1. Presentación de Resultados

- Altura de planta

Cuadro N° 1: Análisis de Variancia de la altura de plantas de cebolla (cm) a la madurez fisiológica, crecidos con diferentes volúmenes de agua, en condiciones de fitotoldo ($\alpha = 0.01$).

FV	GL	SC	CM	FC	FT	SIG
TRAT	3	2242.675	747.558	35.267	2.86	**
ERROR	36	763.1	21.197			
TOTAL	39	3005.775				

$X = 44.58$

$S = 4.60$

$C.V. = 10.32 \%$

** = Altamente Significativo al Nivel de 0.01

X = Promedio

S = Desviación Estándar

C.V. = Coeficiente de Variación

En el Cuadro N° 1, se presenta el Análisis de Variancia de la altura de plantas de cebolla, al momento de plena madurez fisiológica, el cual indica que existe diferencias altamente significativa en el tamaño alcanzado por las plantas de cebolla, por efecto de la aplicación de diferentes volúmenes de agua de riego, con un nivel de confianza de $\alpha = 0.01$. El coeficiente de Variación de 10.32 %, indica que el error experimental fue controlado satisfactoriamente.

En promedio general, las plantas de cebolla alcanzaron 44.58 cm de altura. Para la comparación de promedios de altura alcanzados por las plantas de cebolla por efecto la aplicación de diferentes niveles de agua de riego, se utilizó la prueba de

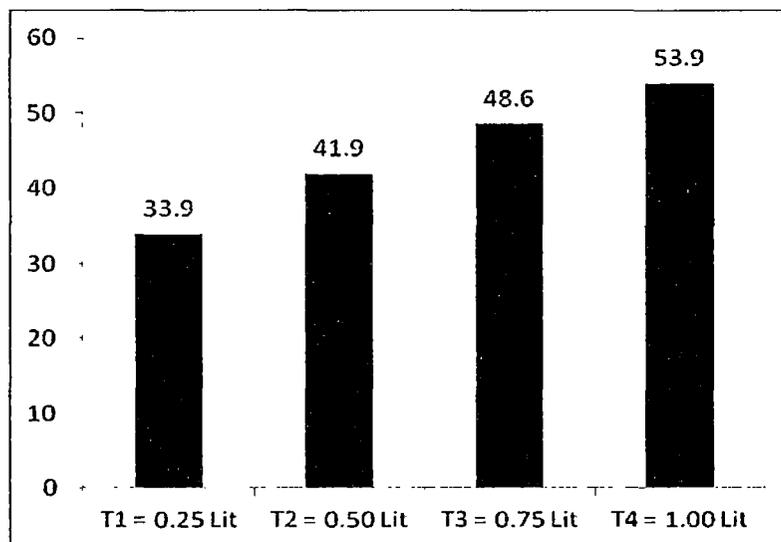
Duncan, con un nivel de significación del 5 %, del cual se desprende que los tratamientos con letras iguales no difieren estadísticamente (**Cuadro N° 2**).

Cuadro N° 2: Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$), de la altura de plantas (cm) de cebolla, crecidos con diferentes volúmenes de agua, en condiciones de fitotoldo.

Orden de mérito	Tratamiento	Altura de plantas (cm)	Significación
1	T4	53.9	a
2	T3	48.6	b
3	T2	41.9	c
4	T1	33.9	d
Promedio		44.58	

En el **Gráfico N° 1**, se muestra que el incremento de la aplicación de niveles de agua de riego, tiene una relación directa con el incremento de la altura de las plantas de cebolla.

Gráfico N° 1: Altura promedio de plantas de cebolla (cm) a la madurez fisiológica, crecidos con diferentes volúmenes de agua.



• **Número de hojas por planta**

Cuadro N° 3: Análisis de Variancia del número de hojas por planta de cebolla a la madurez fisiológica, crecidos con diferentes volúmenes de agua ($\alpha = 0.01$).

FV	GL	SC	CM	FC	FT	SIG
TRAT	3	46.7	15.567	22.967	2.86	**
ERROR	36	24.4	0.6778			
TOTAL	39	71.1				

X = 6.65 S = 0.82 C.V. = 12.38 %

- ** = Altamente Significativo al Nivel de 0.01
- X = Promedio
- S = Desviación Estándar
- C.V. = Coeficiente de Variación

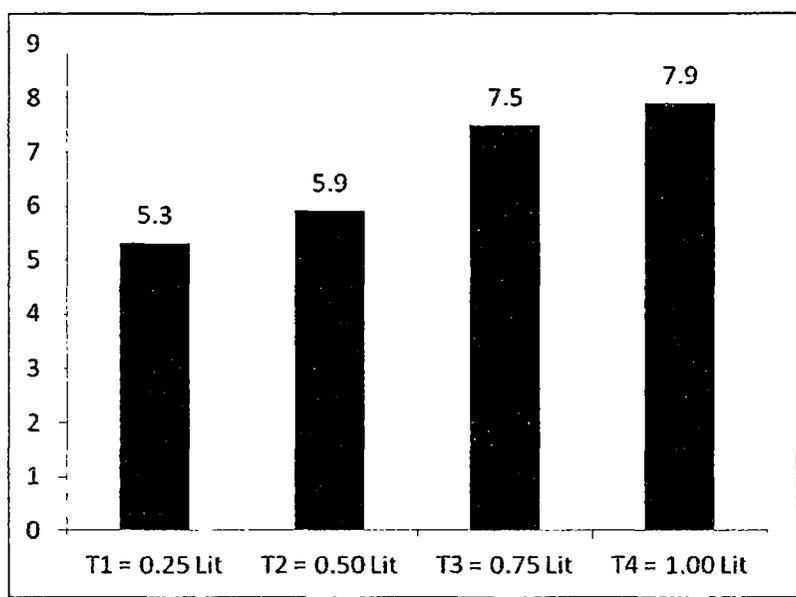
En el Cuadro N° 3, se presenta el Análisis de Variancia del número de hojas por planta de cebolla, al momento de la madurez fisiológica del cual se desprende que existen diferencias altamente significativas por efecto de los niveles de riego. El coeficiente de 12.38 %, indica que está permitido para experimentos de este tipo y de acuerdo a Calzada 1 982, es considerado como muy bueno.

Cuadro N° 4: Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$), del número de hojas por planta de cebolla, crecidos con diferentes volúmenes de agua, en condiciones de fitotoldo.

Orden de mérito	Tratamiento	Número de hojas por planta	Significación
1	T4	7.9	a
2	T3	7.5	a
3	T2	5.9	b
4	T1	5.3	b
Promedio		6.65	

En el Cuadro N° 4, se presenta la prueba de Duncan para la comparación de promedios al nivel del 0.05 de probabilidad, el cual indica que los promedios con letras iguales no difieren estadísticamente. En promedio general las plantas de cebolla presentaron 6.65 hojas por planta.

Gráfico N° 2: Número promedio de hojas de plantas de cebolla a la madurez fisiológica, crecidos con diferentes volúmenes de agua.



En el Gráfico N° 2, se muestra la producción de hojas por planta por efecto de la aplicación de diferentes volúmenes de agua. El tratamiento 4, presenta la mayor cantidad de hojas por planta con 7.9 en promedio; contrariamente el tratamiento 1, presenta la menor cantidad de hojas por planta. El resto de los tratamientos se halla comprendido entre estos valores.

- **Tamaño de bulbo**

Cuadro N° 5: Análisis de Variancia del diámetro de bulbo de cebolla (cm) a la madurez fisiológica, crecidos con diferentes volúmenes de agua ($\alpha = 0.01$).

FV	GL	SC	CM	FC	FT	SIG
TRAT	3	33.819	11.273	28.764	2.86	**
ERROR	36	14.109	0.392			
TOTAL	39	47.928				

X = 4.43 S = 0.63 C.V. = 14.22 %

** = Altamente Significativo al Nivel de 0.01

X = Promedio

S = Desviación Estándar

C.V. = Coeficiente de Variación

En el Cuadro N° 5, se presenta el Análisis de Variancia del diámetro de bulbo al momento de la cosecha, el cual indica que hubo diferencias significativas al 0.01 de probabilidad. Por otro lado el coeficiente de variabilidad es de 14.22 %, que de acuerdo a Calzada, 1 982, es considerado como muy bueno y permitido para experimentos de este tipo.

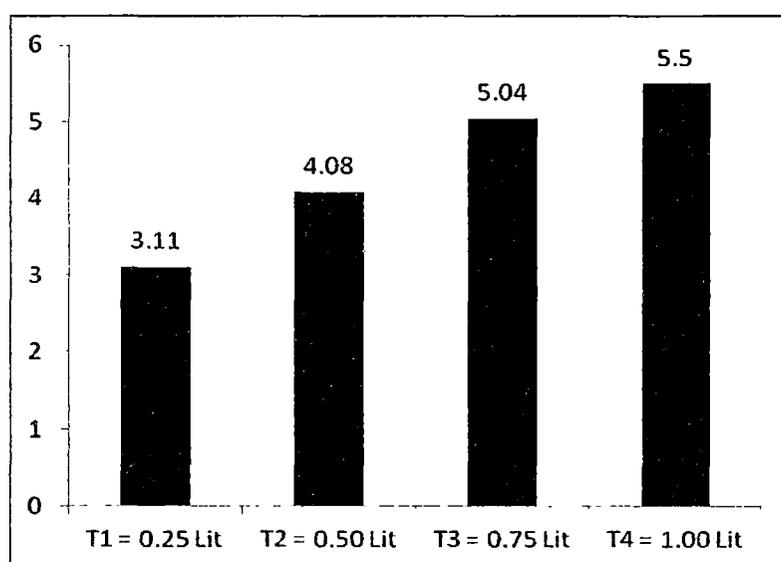
La prueba de Duncan fue usada para determinar las diferencias entre los promedios. El nivel de significación fue del 5 %.(Cuadro N°6).

Cuadro N° 6: Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$), del tamaño de bulbo de cebolla, crecidos con diferentes volúmenes de agua, en condiciones de fitotoldo.

Orden de mérito	Tratamiento	Tamaño de bulbo (cm)	Significación
1	T4	5.50	a

2	T3	5.04	a
3	T2	4.08	b
4	T1	3.11	c
Promedio		4.43	

Gráfico N° 3: Diámetro promedio (cm) de bulbo de plantas de cebolla al momento de la cosecha, crecidos con diferentes volúmenes de agua.



En el Gráfico N° 3, se muestra la longitud del diámetro de bulbo de plantas de cebolla aplicados con diferentes volúmenes de agua durante su crecimiento y desarrollo. Se puede visualizar que, en orden de mérito, las plantas regados con 1.00, 0.75, 0.50 y 0.25 litros obtuvieron 5.5, 5.04, 4.08 y 3.11 cm respectivamente, obteniendo un promedio general de 4.43 cm.

- **Longitud de raíz**

Cuadro N° 7: Análisis de Variancia de la longitud de raíz de plantas de cebolla (cm) al momento de la cosecha, crecidos con diferentes volúmenes de agua ($\alpha = 0.01$).

FV	GL	SC	CM	FC	FT	SIG
TRAT	3	30.068	10.023	27.301	2.86	**
ERROR	36	13.216	0.367			
TOTAL	39	43.284				

$X = 3.17$

$S = 0.606$

$C.V. = 19.12 \%$

** = Altamente Significativo al Nivel de 0.01

X = Promedio

S = Desviación Estándar

C.V. = Coeficiente de Variación

En el Cuadro N° 7, se presenta el Análisis de Variancia de la longitud de raíz de plantas de cebolla, al momento de la cosecha, el cual indica que existe diferencias altamente significativa en el tamaño de raíz alcanzado por las plantas de cebolla, por efecto de la aplicación de diferentes volúmenes de agua de riego, con un nivel de confianza de $\alpha = 0.01$. El coeficiente de Variación de 19.12 %, indica que el error experimental fue controlado satisfactoriamente.

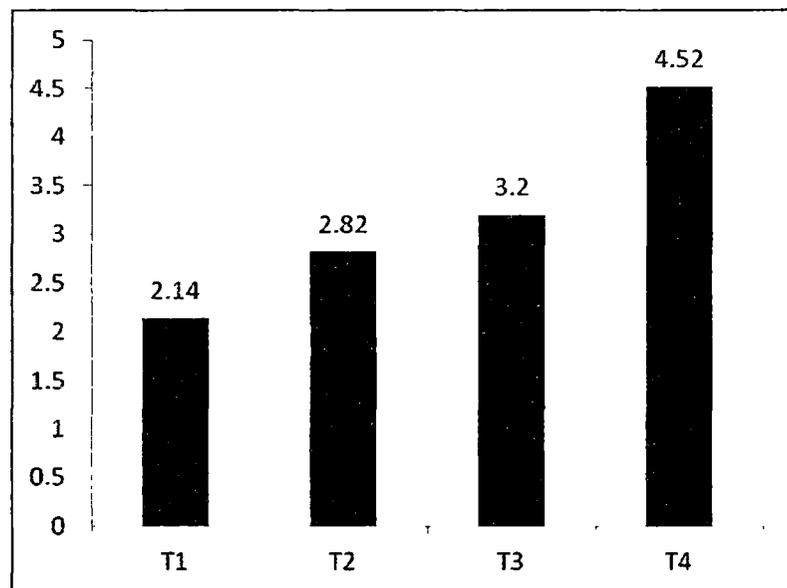
Cuadro N° 8: Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$), de la longitud de raíz de plantas de cebolla, crecidos con diferentes volúmenes de agua, en condiciones de fitotoldo.

Orden de Mérito	Tratamiento	Longitud de raíz (cm)	Significación
1	T4	4.52	a
2	T3	3.20	b
3	T2	2.82	b
4	T1	2.14	c
Promedio		3.17	

En promedio general, las plantas de cebolla alcanzaron 3.17 cm de longitud de raíz. Para la comparación de promedios de tamaño de

raíz alcanzados por las plantas de cebolla por efecto la aplicación de diferentes niveles de agua de riego, se utilizó la prueba de Duncan, con un nivel de significación del 5 %, del cual se desprende que los tratamientos con letras iguales no difieren estadísticamente (**Cuadro N° 8**).

Gráfico N° 4: Longitud promedio de raíz de plantas de cebolla (cm) al momento de la cosecha, crecidos con diferentes volúmenes de agua.



En el **Gráfico N° 4**, se muestra la longitud de raíz de plantas de cebolla por efecto de la aplicación de diferentes volúmenes de agua. El tratamiento 4, presenta la mayor longitud de raíces en promedio con 4.52 cm; contrariamente el tratamiento 1, presenta la menor longitud de raíces con 2.14 cm. El resto de los tratamientos se halla comprendido entre estos valores.

- **Período de cosecha**

Cuadro N° 9: Análisis de Variancia del periodo de cosecha de cebolla (días), crecidos con diferentes volúmenes de agua ($\alpha = 0.01$).

FV	GL	SC	CM	FC	FT	SIG
TRAT	3	21604.6	7201.533	235.815	2.86	**
ERROR	36	1099.4	30.539			
TOTAL	39	22704				

X = 116.50

S = 5.526

C.V. = 4.74 %

** = Significativo al Nivel de 0.01

X = Promedio

S = Desviación Estándar

C.V. = Coeficiente de Variación

En el Cuadro N° 9, se presenta el Análisis de Variancia del período de cosecha (días después del transplante) de cebolla, el cual indica que hubo diferencias significativas al 0.01 de probabilidad. Por otro lado el coeficiente de variabilidad es de 4.74 %, que de acuerdo a Calzada, 1 982, es considerado como muy bueno y permitido para experimentos de este tipo.

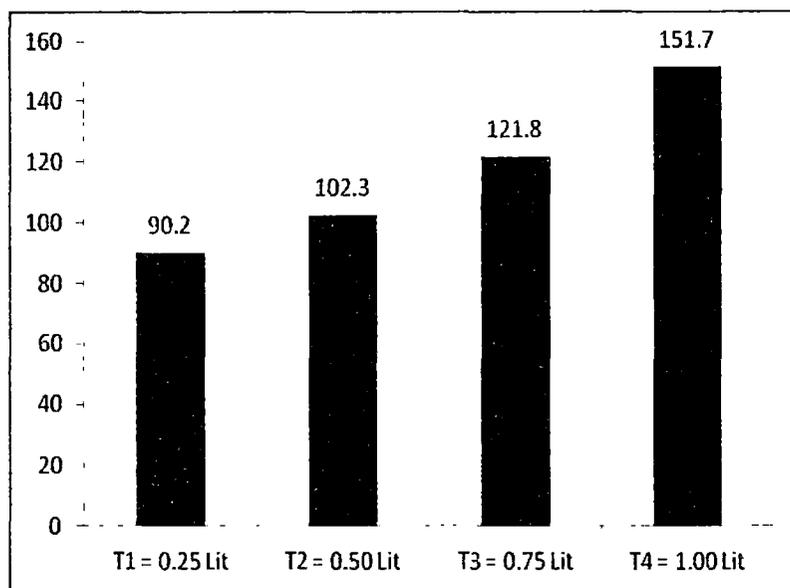
Cuadro N° 10: Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$), del período de cosecha de plantas de cebolla, crecidos con diferentes volúmenes de agua, en condiciones de fitotoldo.

Orden de Mérito	Tratamiento	Periodo de Cosecha (días)	Significación
1	T4	151.7	a
2	T3	121.8	b
3	T2	102.3	c
4	T1	90.2	d
Promedio		116.50	

En promedio general, las plantas de cebolla alcanzaron 116.50 días de periodo de cosecha. Para la comparación de promedios del periodo de cosecha alcanzados por las plantas de cebolla por efecto la aplicación de diferentes niveles de agua de

riego, se utilizó la prueba de Duncan, con un nivel de significación del 5 %, del cual se desprende que los tratamientos con letras iguales no difieren estadísticamente.

Gráfico N° 5: Periodo promedio de cosecha (días) de plantas de cebolla, crecidos con diferentes volúmenes de agua.



En el Gráfico N° 5, se muestra que el incremento del periodo de cosecha a la aplicación de niveles de agua de riego, tiene una relación directa con el incremento de la altura de las plantas de cebolla.

• **Peso de bulbo por planta**

Cuadro N° 11: Análisis de Variancia del peso de bulbo (g) por planta de cebolla, crecidos con diferentes volúmenes de agua ($\alpha = 0.01$).

FV	GL	SC	CM	FC	FT	SIG
TRAT	3	26563.8	8854.6	159.239	2.86	**
ERROR	36	2001.8	55.606			
TOTAL	39	28565.6				

X = 53.1

S = 7.457

C.V. = 14.04 %

** = Altamente Significativo al Nivel de 0.01

X = Promedio

S = Desviación Estándar

C.V. = Coeficiente de Variación

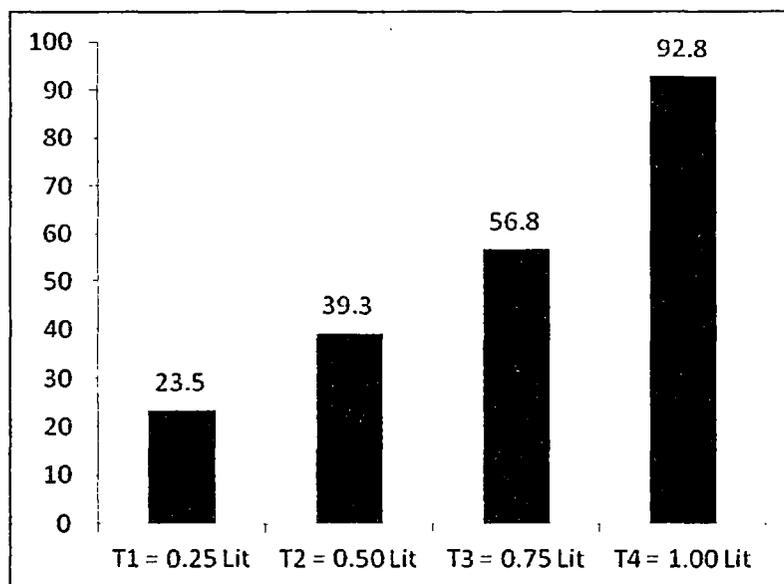
En el Cuadro N° 11, se presenta el Análisis de Variancia del peso de bulbo por planta de cebolla, al momento de la cosecha. Del cual se desprende que existe diferencias altamente significativas por efecto de los niveles de riego. El coeficiente de 14.04 %, indica que está permitido para experimentos de este tipo y de acuerdo a Calzada 1 982, es considerado como muy bueno.

Cuadro N° 12: Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$), del rendimiento por planta de cebolla, crecidos con diferentes volúmenes de agua, en condiciones de fitotoldo.

Orden de Mérito	Tratamiento	Peso de bulbo por planta (g)	Significación
1	T4	92.8	a
2	T3	56.8	b
3	T2	39.3	c
4	T1	23.5	d
Promedio		53.1	

En promedio general, las plantas de cebolla alcanzaron 53.1 gramos al momento de la cosecha. Para la comparación de promedios del periodo de cosecha alcanzados por las plantas de cebolla por efecto la aplicación de diferentes niveles de agua de riego, se utilizó la prueba de Duncan, con un nivel de significación del 5 %, del cual se desprende que los tratamientos con letras iguales no difieren estadísticamente (**Cuadro N° 12**).

Gráfico N° 6: Peso promedio de bulbo por planta de Cebolla (g), crecidos con diferentes volúmenes de agua.



En el Gráfico N° 6, se muestra el peso de bulbo por planta de cebolla por efecto de la aplicación de diferentes volúmenes de agua. El tratamiento 4, presenta el mayor peso promedio con 92.8 gramos; contrariamente el tratamiento 1, presenta el menor peso con 23.5 gramos. El resto de los tratamientos se halla comprendido entre estos valores.

4.2 Discusión

- **Altura de planta**

El crecimiento se define como aumento de tamaño de la planta. El aumento puede ser en materia seca o en dimensiones, y se origina como consecuencia de la formación de nuevas células, de la expansión de las células constituyentes y de la producción de asimilados. La velocidad de crecimiento se expresa, en consecuencia, como aumento de peso, volumen, área o longitud por unidad de tiempo.

Según Longenecker y Erie 1 968, la planta de cebolla requiere una mayor cantidad de agua a medida que va desarrollándose, especialmente cuando van

incrementando sus tejidos; más aún, el agua disponible en el suelo reporta una alta correlación positiva con el tamaño de planta, si los otros factores (fertilidad, luz, temperatura, etc.) no son limitativos. Así, el Gráfico N° 1, permite visualizar que a incrementos de volúmenes de agua de riego, también ocurren incrementos en el tamaño de plantas en el experimento, lo que confirma lo que permitió encontrar diferencias estadísticas altamente significativas ($\alpha = 0.01$), en el tamaño de plantas por efecto de los diferentes volúmenes de agua aplicados.

De las consideraciones anteriores se desprende que la aplicación del riego estimulará el crecimiento vegetativo y por ende los rendimientos de la cebolla (peso de bulbo).

- **Número de hojas por planta**

El número de hojas por planta es una variable confiable como índice de selección en la identificación del potencial de rendimiento de ecotipos individuales (**Rajalingam et al., 2 000**). Por otro lado, (**Fomaris, 2 001**), indica que una planta de cebolla creciendo en óptimas condiciones puede llegar a producir de 13 a 18 hojas. Este parámetro puede ser influenciado, entre otros factores, por la variedad, la temperatura y la época de siembra. Los resultados presentados en el **Cuadro 3**, indican que efectivamente, los volúmenes de agua de riego aplicados a las plantas de cebolla influenciaron significativamente en la producción de hojas; a esto se adiciona las posiblemente el efecto de la temperatura en condiciones de cobertura plástico en que se desarrollaron las plantas. En promedio general las plantas de cebolla produjeron 6.65 hojas por planta, el coeficiente de 12.38 % indica que el experimento fue conducido uniformemente.

- **Longitud de raíz**

Las plantas de cebolla bajo el efecto de los diferentes volúmenes de riego presentaron diferencias significativas en la longitud de raíz, los volúmenes de riego de 1.00 litro por planta generaron la mejor repuesta y estadísticamente superior, con una longitud de raíz principal de 4.52 cm, en relación a los volúmenes de riego de 0.75, 0.50 y 0.25 litros por planta. Esto reitera que el

volumen de agua de riego influye en el crecimiento de las raíces de la planta y que está directamente relacionado con la retención de humedad, capacidad de aireación y la entrada de agua a la pared celular de la raíz, lo que permite el flujo masivo de solutos y el transporte de nutrientes.

- **Diámetro de bulbo**

Las cantidades de agua de riego evaluadas en este estudio también tuvieron un efecto directo en la calidad de los bulbos de la cebolla. El mayor tamaño de diámetro de bulbo (5.50 cm), se obtuvo cuando se aplicó 1.00 litro por planta, para el mismo periodo de riego, el cual fue estadísticamente igual al tratamiento de 0.75 litro por planta. Contrariamente el menor tamaño de diámetro de bulbo (3.11 cm), se obtuvo cuando se le aplicó 0.25 litros por planta. Resultados similares fueron reportados por (FHIA, 2 006), quienes mencionan que los mayores porcentajes de bulbos grandes (3-3.5 pulgadas de diámetro y más de 3.5 pulgadas) se obtuvieron cuando el riego se aplicó diariamente, lo cual puede ser conveniente si el producto se destina al mercado de exportación o al consumo en restaurantes de comidas rápidas, los cuales demandan bulbos de mayor tamaño. Por el contrario, la mayor cantidad de bulbos pequeños se produjeron al aumentar la frecuencia de riego. La misma tendencia se observa tanto en suelos franco arcillosos como en suelos arcillosos.

- **Periodo de cosecha**

El análisis estadístico demostró, con un 99 % de confiabilidad que existen diferencias altamente significativas en el período de cosecha por efecto de diferentes volúmenes de agua de riego en plantas de cebolla (**Cuadro N° 9**). El volumen de riego de 1.00 litros aplicados a plantas de cebolla, produjo un alargamiento en el periodo de cosecha con 151.7 días después del transplante. Contrariamente, las plantas de cebolla tratadas con 0.25 litro por planta produjeron los menores períodos de cosecha (90.2 días). El resto de los tratamientos produjeron periodos comprendidos en este rango de días.

- **Peso de bulbo**

Entre los factores que influyen en los rendimientos, tenemos el agua, existen otros factores, pero ninguno parece afectar tanto como la cantidad y distribución de las lluvias o agua de riego.

Así en el experimento, se encontró que existe influencia directa significativa entre el peso de bulbo y la cantidad de agua de riego recibido por las plantas de cebolla. En promedio general, se encontró un peso de 53.1 g de bulbo por planta y en orden decreciente los volúmenes de agua de riego de 1.00, 0.75, 0.50 y 0.25 litros por planta, produjeron 92.8, 56.8, 39.3 y 23.5 g respectivamente.

Similares resultados fueron reportados por **(López y Martínez, 2 000)**, al realizar la influencia de frecuencias de riego en el rendimiento de ajo, concluyendo que éste último es explicado en 63.74 % por el agua aplicada al cultivo, por lo que existen otra serie de variables que contribuyen a que aumente el rendimiento en un 36.26 %.

CONCLUSIONES

- Los volúmenes de riego afectaron los caracteres (altura de planta, número de hojas por planta, diámetro de bulbo, longitud de raíz, peso de bulbo y período de cosecha) de las plantas de cebolla, Variedad roja Arequipeña.
- El incremento de la aplicación de niveles de agua de riego, tiene una relación directa con el incremento de la altura de las plantas de cebolla.
- Con la aplicación de 1.00 litro por planta, presenta la mayor cantidad de hojas por planta con 7.9 en promedio; contrariamente la aplicación de 0.25 litro por planta, presenta la menor cantidad de hojas por planta. El resto de los tratamientos se halla comprendido entre estos valores.
- Se puede visualizar que en orden de mérito, las plantas regados con 1.00, 0.75, 0.50 y 0.25 litro obtuvieron 5.5, 5.04, 4.08 y 3.11 cm de diámetro de bulbo respectivamente, obteniendo un promedio general de 4.43 cm.
- En promedio, las plantas presentaron la mayor longitud de raíces de 4.52 cm, al ser regados con 1.00 litro de agua; contrariamente, al regarse con 0.25 litro por planta, presentaron la menor longitud de raíces con 2.14 cm. El resto de los tratamientos se halla comprendido entre estos valores.

RECOMENDACIONES

- Para otros estudios similares, se recomienda utilizar volúmenes de riego mayores y frecuencias más altas a 7 días.
- Realizar evaluaciones del efecto de volúmenes de agua de riego en otras variedades y en condiciones de cobertura vegetal.
- Conviene repetir este ensayo utilizando niveles más bajos de humedad en el suelo, ya que este suelo posee una alta capacidad de retención de agua.
- Evaluar más rigurosamente el efecto de la temperatura, por efecto de la cobertura plástico, en experimentos similares.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

ACHERSON, B. D., F.P. PIERIK, K. JHUDEJK, L.V. LONDONS. 1977. Plants cope with water stress in the field: photosynthesis and growth. *Annals of Botany* 56: 630-878.

CHAVES, M. M., J. S. PEREIRA, J. MAROCO, M. L. RODRIGUEZ, C. P. P. RICARDO, M. L. OSORIO, I. CARVALHO, T. FARIA Y C. PINHEIRO. 2002. How plants cope with water stress in the field: photosynthesis and growth. *Annals of Botany* 89: 907-916.

HIJENSOHN, J. 1967. Responses of plants to environmental stresses. Academic Press, New York.

HSIAO, T. C. 1973. Plant responses to water stress. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 24: 519-570.

KARAMANOS, T.; NIJENSOHN, L.; MIHAJLOVICH, D. y GRASSI, C. 1983. Respuesta de la cebolla (cv «Valenciana») a diferentes regímenes de riego. RIA Serie 2. Vol IV, Nº 7.

KIRDA G. P. 1999. La cebolla a capacidad de campo y la estructura y testura de los suelos. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria La Consulta, Argentina.

LIPINSKI, V.M. 1994. Efecto del riego y la fertilización fosfatada sobre el rendimiento de cebolla. 158 p. Jornadas de actualización sobre el cultivo de cebolla, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria La Consulta, Argentina.

MARTINEZ P. J. 1988. Water relations of plants. Academic Press Inc.

MINISTERIO DE AGRICULTURA 2011, Campaña Agrícola 2000 – 2011. Resumen de Siembra en Has. Comisión del Plan Nacional de Siembras. Lima

NILSEN, E.T. Y D.M. ORCUTT. 1 996. Physiology of plants under stress. Abiotic factors. John Wiley and Sons, New York, NY.

PALEG et, al., 1 984. Onions and their Allies. Interscience Publishers, Inc. New York. 286 Pag.

SINGH, R.V., Y H.S. CHAUMAN. 1 973. Irrigation scheduling in wheat under shallow water table conditions. Evapotranspiration and Irrigation Scheduling. A.S.A.E, San Antonio, Texas, USA.

TURNER, G.H. y JONES C. 1 980. Morfología de hortalizas. INIUS. Tomo1. Vol. II, 580 Pag.

"RESPUESTA AGROMORFOLÓGICA Y FISIOLÓGICA DE LA CEBOLLA (*Allium cepa* L.)
AL ESTRÉS HIDRICO CONTROLADO"

TESIS: Bach. Carolina Cusi, LOPEZ SALINAS

ASESOR: Mg. Sc. Ing. ROLANDO PORTA CHUPURGO

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar la respuesta agromorfológica y fisiológica de la cebolla (*allium cepa* L.) al estrés hídrico, se realizó el trabajo de investigación en el Centro de Producción "Común Era", de la Escuela Académico Profesional de Agronomía de la Facultad de Ciencias Agrarias – UNH. Ubicado a 3369 msnm, durante los meses de Octubre 2010, a Marzo 2011. Se evaluaron las variables de rendimiento de peso de bulbo, diámetro de bulbo, altura de planta, número de hojas por planta, longitud de raíz y período de cosecha. El experimento fue conducido en el diseño completamente al azar, con 4 tratamientos, con 10 repeticiones. Se realizó análisis de varianza simple y para la comparación de medias se realizó la prueba de Duncan, $\alpha = 0.05$. Los volúmenes de riego afectaron los caracteres (altura de planta, número de hojas por planta, diámetro de bulbo, longitud de raíz, peso de bulbo y periodo de cosecha) de las plantas de cebolla, variedad roja arequipeña. El incremento de la aplicación de niveles de agua de riego, tiene una relación directa con el incremento de la altura de las plantas de cebolla. Con la aplicación de 1.00 litros por planta, presenta la mayor cantidad de hojas por planta con 7.9 en promedio; contrariamente la aplicación de 0.25 litros por planta, presenta la menor cantidad de hojas por planta. El resto de los tratamientos se halla comprendido entre estos valores. Se puede visualizar que en orden de mérito, las plantas regados con 1.00, 0.75, 0.50 y 0.25 litros obtuvieron 5.5, 5.04, 4.08 y 3.11 cm de diámetro de bulbo respectivamente, obteniendo un promedio general de 4.43 cm. En promedio, las plantas presentaron la mayor longitud de raíces en con 4.52 cm, al ser regados con 1.00 litros de agua; contrariamente, al regarse con 0.25 litros por planta, presentaron la menor longitud de raíces con 2.14 cm. El resto de los tratamientos se halla comprendido entre estos valores.

Palabras claves: Estrés hídrico, agromorfología, fisiología y bulbo

“AGROMORFOLÓGICA AND PHYSIOLOGICAL RESPONSE OF THE ONION (*Allium cepa* L.) TO WATER STRESS CONTROLADO”

THESIS: Bach. Carolina Cusi, LOPEZ SALINAS

ADVISER: Mg. Sc. Ing. ROLANDO PORTA CHUPURGO

SUMMARY

With the objective to evaluate the physiological response agromorfologica and onion (*Allium cepa* L.) to water stress, the work was carried out research in the center of production "Common Era", of the Professional Academic School of Agronomy of the Faculty of Agricultural Science - UNH. Located at 3369 masl, during the months of October 2010, to March 2011. We evaluated the performance variables of bulb weight, diameter of the bulb, plant height, number of leaves per plant, root length and harvest period. The experiment was conducted in a completely randomized design with 4 treatments, with 10 repetitions. Analysis of variance and simple for comparison of means was the Duncan test, $\alpha = 0.05$. The volumes of irrigation have affected the characters (plant height, number of leaves per plant, diameter of the bulb, root length, weight of the bulb and harvest period) of the plants of onion, red variety Arequipa. The increase in the application of levels of irrigation water, has a direct relationship with the increase in the height of the plants of onion. With the implementation of 1.00 liters per plant, the greatest number of leaves per plant with 7.9 on average; unlike the application of 0.25 liters per plant, presents the least amount of leaves per plant. The rest of the treatments between these values. It is possible to visualize in order of merit, the plants watered with 1.00 , 0.75 , 0.50 and 0.25 liters were 5.5 , 5.04 , 4.08 and 3.11 cm in diameter bulb respectively, obtaining an overall average of 4.43 cm. On average, the plants presented the greatest length of roots in with 4.52 cm, to be irrigated with 1.00 liters of water; in contrast, the irrigated with 0.25 liters per plant, presented the shorter the length of roots with 2.14 cm. The rest of the treatments between these values.

Key Words: water stress, agromorfologia, physiology and bulb

INTRODUCCIÓN

Quizás unos de los alimentos primordiales y complemento de la canasta familiar es la cebolla; producto que es cultivado en las tres regiones del Perú. Por otro lado, las variedades de cebolla son numerosas y presentan bulbos de diversas formas y colores. La producción nacional de cebollas se orienta principalmente a cubrir el mercado interno, siendo la cebolla roja la principal variedad producida, dado al consumo masivo entre la población peruana. La producción de cebollas se concentra principalmente en Arequipa, departamento que participa con más del 60% de la producción nacional. El rendimiento del cultivo de la cebolla en Arequipa, además de Ica, Tacna y Lima es uno de los más elevados a nivel nacional. Cabe mencionar que mucho se ha hablado del TLC y de su impacto en el sector agrícola. El mercado estadounidense concentra más del 98% de las exportaciones peruanas de cebolla fresca, Perú es el tercer proveedor de cebollas frescas a Estados Unidos. Se trata de un alimento de poco valor energético y muy rico en sales minerales. En condiciones de Acobamba, Huancavelica su cultivo es muy restringido, fundamentalmente porque no se han desarrollado paquetes tecnológicos para esta parte del país; sin embargo, sería importante su difusión dado que significaría ahorros importantes en la canasta familiar, toda vez que el hecho de que se produzcan en otras regiones, su traslado incrementa sus costos resultando perjudicial para los consumidores de esta región. Por los motivos expuestos se hace necesario desarrollar tecnologías de producción del cultivo de cebolla en la zona de Acobamba, lo que permitiría alternar sus cultivos tradicionales mejorando sus sistemas de producción.

MATERIALES Y MÉTODOS

En base a la observación estructurada o formalizada, se utilizó entre otros instrumentos, el tensiómetro, cinta métrica, balanza analítica, rejilla de cobertura foliar, estufa, etc. Para el procesamiento y análisis de los datos, se utilizó entre otras: el Análisis de Variancia, Correlación Lineal Simple, Prueba de Comparación de Promedios y la Estadística Inferencial, que analiza, estudia y describe a la población de plantas en base a muestras aleatorias simples.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

- **Altura de planta**

Cuadro N° 1: Análisis de variancia de la altura de plantas de cebolla (cm) a la madurez fisiológica, crecidos con diferentes volúmenes de agua, en condiciones de fitotoldo ($\alpha = 0.01$).

FV	GL	SC	CM	FC	FT	SIG
TRAT	3	2242.675	747.558	35.267	2.86	**
ERROR	36	763.1	21.197			
TOTAL	39	3005.775				

$$X = 44.58$$

$$S = 4.60$$

$$C.V. = 10.32 \%$$

- **Número de hojas por planta**

Cuadro N° 2: Análisis de variancia del número de hojas por planta de cebolla a la madurez fisiológica, crecidos con diferentes volúmenes de agua ($\alpha = 0.01$).

FV	GL	SC	CM	FC	FT	SIG
TRAT	3	46.7	15.567	22.967	2.86	**
ERROR	36	24.4	0.6778			
TOTAL	39	71.1				

$$X = 6.65$$

$$S = 0.82$$

$$C.V. = 12.38 \%$$

- **Tamaño de bulbo**

Cuadro N° 3: Análisis de Variancia del diámetro de bulbo de cebolla (cm) a la madurez fisiológica, crecidos con diferentes volúmenes de agua ($\alpha = 0.01$).

FV	GL	SC	CM	FC	FT	SIG
TRAT	3	33.819	11.273	28.764	2.86	**
ERROR	36	14.109	0.392			
TOTAL	39	47.928				

$$X = 4.43$$

$$S = 0.63$$

$$C.V. = 14.22 \%$$

- **Longitud de raíz**

Cuadro N° 4: Análisis de variancia de la longitud de raíz de plantas de cebolla (cm) al momento de la cosecha, crecidos con diferentes volúmenes de agua ($\alpha = 0.01$).

FV	GL	SC	CM	FC	FT	SIG
TRAT	3	30.068	10.023	27.301	2.86	**
ERROR	36	13.216	0.367			
TOTAL	39	43.284				

$$X = 3.17$$

$$S = 0.606$$

$$C.V. = 19.12 \%$$

- **Período de cosecha**

Cuadro N° 9: Análisis de variancia del período de cosecha de cebolla (días), crecidos con diferentes volúmenes de agua ($\alpha = 0.01$).

FV	GL	SC	CM	FC	FT	SIG
TRAT	3	21604.6	7201.533	235.815	2.86	**
ERROR	36	1099.4	30.539			
TOTAL	39	22704				

$$X = 116.50$$

$$S = 5.526$$

$$C.V. = 4.74 \%$$

• **Peso de bulbo por planta**

Cuadro N° 5: Análisis de variancia del peso de bulbo (g) por planta de cebolla, crecidos con diferentes volúmenes de agua ($\alpha = 0.01$).

FV	GL	SC	CM	FC	FT	SIG
TRAT	3	26563.8	8854.6	159.239	2.86	**
ERROR	36	2001.8	55.606			
TOTAL	39	28565.6				

X = 53.1

S = 7.457

C.V. = 14.04 %

DISCUSIÓN

• **Altura de planta**

El crecimiento se define como aumento de tamaño de la planta. El aumento puede ser en materia seca o en dimensiones, y se origina como consecuencia de la formación de nuevas células, de la expansión de las células constituyentes y de la producción de asimilados. La velocidad de crecimiento se expresa, en consecuencia, como aumento de peso, volumen, área o longitud por unidad de tiempo.

Según Longenecker y Erie 1968, la planta de cebolla requiere una mayor cantidad de agua a medida que va desarrollándose, especialmente cuando van incrementando sus tejidos; más aún, el agua disponible en el suelo reporta una alta correlación positiva con el tamaño de planta, si los otros factores (fertilidad, luz, temperatura, etc.) no son limitativos. Así, el Gráfico N° 1, permite visualizar que a incrementos de volúmenes de agua de riego, también ocurren incrementos en el tamaño de plantas en el experimento, lo que confirma lo que permitió encontrar diferencias estadísticas altamente significativas ($\alpha = 0.01$), en el tamaño de plantas por efecto de los diferentes volúmenes de agua aplicados.

De las consideraciones anteriores se desprende que la aplicación del riego estimulará el crecimiento vegetativo y por ende los rendimientos de la cebolla (peso de bulbo).

- **Número de hojas por planta**

El número de hojas por planta es una variable confiable como índice de selección en la identificación del potencial de rendimiento de ecotipos individuales (Rajalingam et al, 2000). Por otro lado, (Fomaris, 2001), indica que una planta de cebolla creciendo en óptimas condiciones puede llegar a producir de 13 a 18 hojas. Este parámetro puede ser influenciado, entre otros factores, por la variedad, la temperatura y la época de siembra. Los resultados presentados en el **Cuadro 3**, indican que efectivamente, los volúmenes de agua de riego aplicados a las plantas de cebolla influenciaron significativamente en la producción de hojas; a esto se adiciona las posiblemente el efecto de la temperatura en condiciones de cobertura plástica en que se desarrollaron las plantas. En promedio general las plantas de cebolla produjeron 6.65 hojas por planta, el coeficiente de 12.38 % indica que el experimento fue conducido uniformemente.

- **Longitud de raíz**

Las plantas de cebolla bajo el efecto de los diferentes volúmenes de riego presentaron diferencias significativas en la longitud de raíz, los volúmenes de riego de 1.00 litro por planta generaron la mejor respuesta y estadísticamente superior, con una longitud de raíz principal de 4.52 cm, en relación a los volúmenes de riego de 0.75, 0.50 y 0.25 litros por planta. Esto reitera que el volumen de agua de riego influye en el crecimiento de las raíces de la planta y que está directamente relacionado con la retención de humedad, capacidad de aireación y la entrada de agua a la pared celular de la raíz, lo que permite el flujo masivo de solutos y el transporte de nutrientes.

- **Díámetro de bulbo**

Las cantidades de agua de riego evaluadas en este estudio también tuvieron un efecto directo en la calidad de los bulbos de la cebolla. El mayor tamaño de diámetro de bulbo (5.50 cm), se obtuvo cuando se aplicó 1.00 litro por planta, para el mismo periodo de riego, el cual fue estadísticamente igual al tratamiento de 0.75 litro por planta. Contrariamente el menor tamaño de diámetro de bulbo (3.11 cm), se obtuvo cuando se le aplicó 0.25 litros por planta. Resultados similares fueron reportados por (FHIA 2006), quienes mencionan que los mayores porcentajes de bulbos grandes (3-3.5 pulgadas de diámetro y más de 3.5 pulgadas) se obtuvieron cuando el riego se

aplicó diariamente, lo cual puede ser conveniente si el producto se destina al mercado de exportación o al consumo en restaurantes de comidas rápidas, los cuales demandan bulbos de mayor tamaño. Por el contrario, la mayor cantidad de bulbos pequeños se produjeron al aumentar la frecuencia de riego. La misma tendencia se observa tanto en suelos franco arcillosos como en suelos arcillosos.

- **Periodo de cosecha**

El análisis estadístico demostró, con un 99 % de confiabilidad que existen diferencias altamente significativas en el periodo de cosecha por efecto de diferentes volúmenes de agua de riego en plantas de cebolla (**Cuadro N° 9**). El volumen de riego de 1.00 litros aplicados a plantas de cebolla, produjo un alargamiento en el periodo de cosecha con 151.7 días después del trasplante. Contrariamente, las plantas de cebolla tratadas con 0.25 litro por planta produjeron los menores períodos de cosecha (90.2 días). El resto de los tratamientos produjeron periodos comprendidos en este rango de días.

- **Peso de bulbo**

Entre los factores que influyen en los rendimientos, tenemos el agua, existen otros factores, pero ninguno parece afectar tanto como la cantidad y distribución de las lluvias o agua de riego.

Así en el experimento, se encontró que existe influencia directa significativa entre el peso de bulbo y la cantidad de agua de riego recibido por las plantas de cebolla. En promedio general, se encontró un peso de 53.1 g de bulbo por planta y en orden decreciente los volúmenes de agua de riego de 1.00, 0.75, 0.50 y 0.25 litros por planta, produjeron 92.8, 56.8, 39.3 y 23.5 g respectivamente.

Similares resultados fueron reportados por (López y Martínez 2 000), al realizar la influencia de frecuencias de riego en el rendimiento de ajo, concluyendo que éste último es explicado en 63.74 % por el agua aplicada al cultivo, por lo que existen otra serie de variables que contribuyen a que aumente el rendimiento en un 36.26 %.

CONCLUSIONES

Los volúmenes de riego afectaron los caracteres (altura de planta, número de hojas por planta, diámetro de bulbo, longitud de raíz, peso de bulbo y periodo de cosecha) de las plantas de cebolla, Variedad roja Arequipeña.

El incremento de la aplicación de niveles de agua de riego, tiene una relación directa con el incremento de la altura de las plantas de cebolla.

Con la aplicación de 1.00 litro por planta, presenta la mayor cantidad de hojas por planta con 7.9 en promedio; contrariamente la aplicación de 0.25 litro por planta, presenta la menor cantidad de hojas por planta. El resto de los tratamientos se halla comprendido entre estos valores.

Se puede visualizar que en orden de mérito, las plantas regados con 1.00, 0.75, 0.50 y 0.25 litro obtuvieron 5.5, 5.04, 4.08 y 3.11 cm de diámetro de bulbo respectivamente, obteniendo un promedio general de 4.43 cm.

En promedio, las plantas presentaron la mayor longitud de raíces de 4.52 cm, al ser regados con 1.00 litro de agua; contrariamente, al regarse con 0.25 litro por planta, presentaron la menor longitud de raíces con 2.14 cm. El resto de los tratamientos se halla comprendido entre estos valores.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

ACHERSON, B. D, F.P. PIERIK, K. JHUDEJK, L.V. LONDONS. 1977. Plants cope with water stress in the field: photosynthesis and growth. *Annals of Botany* 56: 630-878.

CHAVES, M. M., J. S. PEREIRA, J. MAROCO, M. L. RODRIGUEZ, C. P. P. RICARDO, M. L. OSORIO, I. CARVALHO, T. FARIA Y C. PINHEIRO. 2002. How plants cope with water stress in the field: photosynthesis and growth. *Annals of Botany* 89: 907-916.

HIJENSOHN, J. 1967. Responses of plants to environmental stresses. Academic Press, New York.

HSIAO, T. C. 1973. Plant responses to water stress. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 24: 519-570.

KARAMANOS, T.; HIJENSOHN, L.; MIHAJLOVICH, D. y GRASSI, C. 1983. Respuesta de la cebolla (cv «Valenciana») a diferentes regímenes de riego. RIA Serie 2. Vol IV, N° 7.

KIRDA G. P. 1 999. La cebolla a capacidad de campo y la estructura y testura de los suelos. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria La Consulta, Argentina.

LIPINSKI, V.M. 1 994. Efecto del riego y la fertilización fosfatada sobre el rendimiento de cebolla. 158 p. Jornadas de actualización sobre el cultivo de cebolla, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria La Consulta, Argentina.

MARTINEZ P. J. 1 988. Water relations of plants. Academic Press Inc.

MINISTERIO DE AGRICULTURA 2 011, Campaña Agrícola 2000 – 2011. Resumen de Siembra en Has. Comisión del Plan Nacional de Siembras. Lima

NILSEN, E.T. Y D.M. ORCUTT. 1 996. Physiology of plants under stress. Abiotic factors. John Wiley and Sons, New York, NY.

PALEG et, al., 1 984. Onions and their Allies. Interscience Publishers, Inc. New York. 286 Pag.

SINGH, R.V., Y H.S. CHAUMAN. 1 973. Irrigation scheduling in wheat under shallow water table conditions. Evapotranspiration and Irrigation Scheduling. A.S.A.E, San Antonio, Texas, USA.

TURNER, G.H. y JONES C. 1 980. Morfología de hortalizas. INIUS. Tomo1. Vol. II, 580 Pag.

Anexos



IMAGEN 01: Ubicación de los tratamientos y las repeticiones

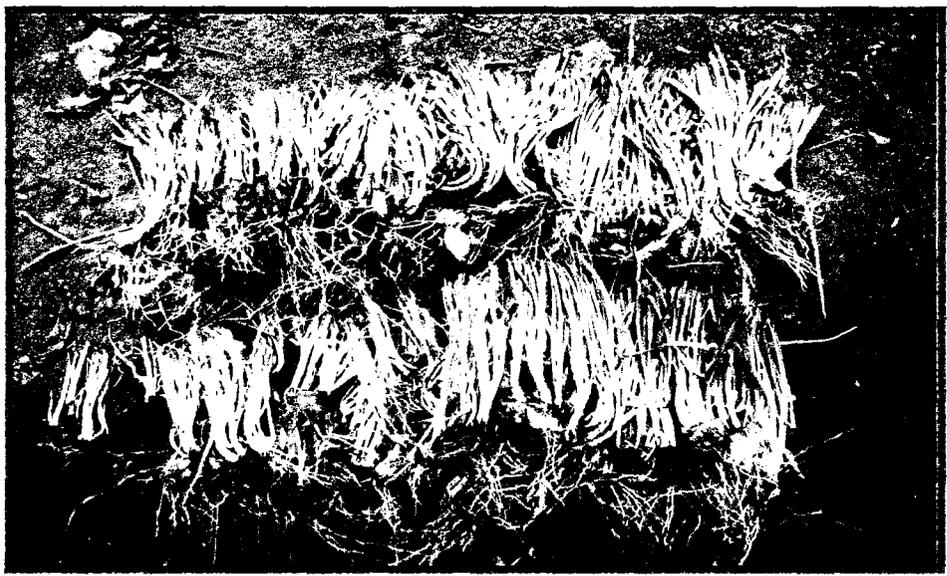


IMAGEN 02: Corte de las hojas de cebolla para el trasplante.



IMAGEN 03: Trasplante de las plántulas de cebolla.



IMAGEN 04: Evaluación del número de hojas, tamaño de bulbo, altura de hojas y peso de la bulbo.