**REQUERIMIENTOS HÍDRICOS DEL CULTIVO DE LA CEBOLLA COLORADA (*ALLIUM CEPA* L.) VAR. BURGUESA EN LA LOCALIDAD DE MACAJÍ, CANTÓN RIOBAMBA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO, ECUADOR**

**WATER REQUIREMENTS OF THE RED ONION CROP (*ALLIUM CEPA* L.) VAR. BURGUESA IN THE TOWN OF MACAJÍ, RIOBAMBA, CHIMBORAZO PROVINCE, ECUADOR**

**Juan Eduardo León Ruiz1 (https://orcid.org/0000-0003-1379-8878)**

**Robinson Fabricio Peña Murillo1 (https://orcid.org/0000-0001-6196-4039)**

**Vicente Javier Parra León1 (https://orcid.org/0000-0002-7632-2474)**

1 *Escuela Superior Politécnica del Chimborazo. Panamericana Sur Km 1 ½ Riobamba, Ecuador.*

*jleon@espoch.edu.ec*

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar los requerimientos hídricos para el cultivo de la cebolla colorada (*Allium cepa* L.) Var. Burguesa en base al contenido de agua en el suelo, en la localidad de Macají, cantón Riobamba, provincia Chimborazo, mediante el empleo de un lisímetro de drenaje. El experimento se realizó sobre un diseño de bloques completos al azar y se sometió a condiciones de riego por goteo, con 3 tratamientos y 3 repeticiones de riego, según el abastecimiento de la humedad aprovechable del suelo (T1 25%, T2 50% y T3 75%). Las variables evaluadas fueron: altura de la planta, número de hojas, diámetro del seudo tallo, contenido relativo de agua, contenido de clorofila, días a la cosecha, peso del bulbo, diámetros ecuatorial y polar del bulbo, rendimiento y la correlación entre el agua utilizada y rendimiento huella hídrica. Los resultados muestran que las diferentes láminas de riego incidieron significativamente en el rendimiento, el mayor registro se obtuvo en el tratamiento 2 con 49,39 tha-1. Los coeficientes con los que se obtuvo el mejor rendimiento fueron de 0,6; 0,9; 1,3 y 0,9 para la etapa inicial desarrollo, formación del bulbo y maduración, respectivamente; en las que se aplicó una lámina de riego de 550,7 mm en todo el ciclo del cultivo.

**Palabras claves:** *cebolla, requerimientos hídricos, lisímetro de drenaje, coeficiente Kc*

**ABSTRACT**

The present research aimed to determine the water requirements for the cultivation of the red onion (Allium cepa L.) Var. Bourgeois based on the water content in the soil, in the town of Macají, Riobamba canton, Chimborazo province, using a drainage lysimeter. The experiment was carried out on a randomized complete block design and was subjected to drip irrigation conditions, with 3 treatments and 3 repetitions of irrigation, according to the supply of usable soil moisture (T1 25%, T2 50% and T3 75%). The variables evaluated were: plant height, number of leaves, pseudo-stem diameter, relative water content, chlorophyll content, days to harvest, bulb weight, equatorial and polar diameter of the bulb, yield and the correlation between the water used and water footprint performance. The results show that the different irrigation sheets had a significant impact on the yield, the highest record was obtained in treatment 2 with 49.39 tha-1. The coefficients with which the best performance was obtained were 0.6; 0.9; 1.3 and 0.9 for the initial stage of development, bulb formation and maturation, respectively; in which a 550.7 mm irrigation sheet was applied throughout the crop cycle.

**Keywords:** onion, water requirements, drainage lysimeter, Kc coefficient

# INTRODUCCIÓN

Los regímenes de las precipitaciones han tenido cambios bien marcados, lo cual ha traído consigo un incremento en la necesidad de regar los cultivos. El sector agropecuario consume la mayor cantidad de agua y a su vez el que mayor afectación provoca (Villa, 2014). Determinar la demanda y el consumo es una prioridad pues en los países subdesarrollados el consumo de agua es del 95,0 % (Paguay, 2017).

Ecuador es uno de los países con mayores reservas de agua en América del Sur, sin embargo, existen problemas graves con la distribución de este elemento, pues la mayor parte del recurso está concentrado en manos de unos pocos: exportaciones agrícolas y grandes haciendas (Górnes, 2010).

La insuficiencia generalizada de agua para la producción agrícola ha llevado a una frecuente necesidad de crear estrategias orientadas a optimizar la eficiencia de su uso. Como consecuencia de esto se originó el riego localizado y algunas estrategias de manejo como la del riego deficitario, que es una herramienta fundamentada en reducir el agua aplicada con el mínimo impacto sobre la producción.

Para evaluar la eficiencia en el uso del agua para riego, es necesario conocer el volumen de agua que consumen las plantas en el proceso evapotranspirativo y la cantidad de precipitación o de agua preveniente de un riego que puede ser aprovechada en dicho proceso. Estimar estos componentes es muy difícil, debido a la cantidad de factores del clima, del suelo y de las plantas que influyen (Allen, 2006).

El agua es uno de los factores ambientales más importantes en la producción, cada cultivo presenta un consumo específico de agua que optimiza sus funciones metabólicas y favorece el crecimiento y producción. Aplicar agua más allá de este consumo es desperdicio y reducción de otras oportunidades de uso, por tales consideraciones es de vital importancia definir una lámina adecuada de riego para el cultivo de cebolla colorada (*Allium cepa* L.) que le permita incrementar su rendimiento. Por lo que se definió como objetivo del trabajo: Determinar los Requerimientos Hídricos para el cultivo de la cebolla colorada (*A. cepa*) var. Burguesa en base al contenido de agua en el suelo, en Macají, Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo

# materiales y métodos

La presente investigación se llevó a cabo en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales en el Centro Experimental del Riego (CER).

Se empleó el Diseño Bloques Completamente al Azar (DBCA), con tres tratamientos y tres repeticiones (Tabla 1.).

Tabla1. Tratamientos

|  |  |
| --- | --- |
| Denominación | Descripción |
| T1 | Reposición de lámina de riego al abatir 25% de agua útil del suelo |
| T2 | Reposición de lámina de riego al abatir 50% de agua útil del suelo |
| T3 | Reposición de lámina de riego al abatir 75% de agua útil del suelo |

Las láminas de riego fueron aplicadas en base al balance hídrico del lisímetro de drenaje (método de lisimetría). Las frecuencias de riego fueron realizadas en función del monitoreo del contenido de agua en el suelo, mediante la utilización de tensiómetros ubicados a 15 y 30 cm de profundidad de esta. En el momento de la siembra el riego se realizó hasta que el suelo alcanzó capacidad de campo (CC), posteriormente se regó cuando el 25%(T1), 50%(T2) y 75%(T3) del agua útil fue consumida de la zona radicular.

## Variables evaluadas

Porcentaje de prendimiento:

Se evaluó el número de plantas prendidas de todo el ensayo a los 15 días después del trasplante, cuyo resultado se expresará en porcentaje.

Altura de la planta:

La altura de la planta se midió a los 30, 60 y 90 días después del trasplante de las 10 plantas tomadas al azar. Cuyo resultado se expresó en cm.

Número de hojas:

El conteo de número de hojas se lo realizó a los 30, 60 y 90, días después del trasplante, de las 10 plantas tomadas al azar.

Diámetro del pseudotallo:

Se determinó el diámetro del pseudotallo con la ayuda de un calibrador a los 30, 60 y 90 días después del trasplante de las 10 plantas tomadas al azar. Cuyo resultado se expresó en cm.

Diámetro polar y ecuatorial del bulbo de la cebolla:

La medición del diámetro polar y ecuatorial de las 10 plantas tomadas al azar se realizó luego de la cosecha, para lo cual se utilizó un calibrador manual.

Peso del bulbo:

Con la ayuda de una balanza eléctrica se pesó los bulbos de las 10 plantas tomadas al azar al momento de la cosecha, cuyo resultado se expresó en (kg).

Rendimiento en t ha-1:

El peso en kilogramos de bulbos que conformaron la parcela neta fue considerado para relacionarlos en t ha-1 para cada tratamiento y repetición.

Contenido de clorofila:

El contenido de clorofila se midió en las diferentes hojas de la planta representativas de cada tratamiento, con la ayuda de un medidor MINOLTA SPAD-502, a los 122 días DDT en la etapa de maduración del bulbo.

Contenido relativo de agua (WRC):

 La respuesta de las plantas al estrés por agua puede cuantificarse midiendo el contenido relativo de agua de una muestra de plantas, el WRC foliar mide el contenido relativo de agua respecto al de turgencia total.

$$WRC\left(\%\right)=\left(\left(Pf×Ps\right)÷\left(PT-Ps\right)\right)×100$$

Donde: Pf (Peso fresco de la muestra de la hoja), Ps (Peso seco de la muestra de la hoja), Ps (Peso turgente de la muestra de la hoja)

Para determinar el contenido relativo de agua (WRC) se procedió a la toma de muestras de hojas de plantas representativo de cada tratamiento, una hoja de la parte superior, otra de la parte intermedia, otra de la parte inferior, inmediatamente, después se cortó de cada hoja 10 discos de 1 cm2 de cada una de las partes obteniendo, así el peso fresco (Pf). Los discos extraídos (10 discos) se sometió a una inmersión aproximado de 12 horas en agua destilada, cada disco por separado, obteniendo así el peso turgente (PT). Se colocó la muestra en la estufa durante un tiempo de 48 horas a 75°C, obteniendo así el peso seco (Ps), luego se aplicó la formula señalada anteriormente.

Contenido de materia seca en planta y bulbo: Se determinó la materia seca de las 10 plantas tomadas al azar. Se procedió a la separación del bulbo y del resto de la planta registrando su peso fresco total (PFT), posterior a eso se colocó en bolsas de papel con sus respectivas etiquetas colocando en la estufa a 85ºC durante 24 horas, obteniendo así el peso seco de la muestra, (PSM). Para estimar el peso seco total de cada órgano (PST), se usó la fórmula (Bonierbale *et al*., 2010).

$$PMS=(PFT×PSM)÷PFM$$

Donde: PST (Peso seco total), PFT (Peso fresco total), PSM (Peso seco de la muestra), PFM (Peso fresco de la muestra)

Huella Hídrica: Para obtener la huella hídrica se realizó la suma de los aportes de cada riego y precipitación efectiva para cada tratamiento y se correlacionó con parámetros de rendimiento de cada uno de los tratamientos.

# resultados y discusión

Porcentaje de prendimiento:

No presentó diferencias significativas para los tratamientos. El promedio general fue de 98,27% y un coeficiente de variación de 0,15%.

Altura de la planta:

A los 30 y 60 días después del trasplante (DDT), no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos. El promedio general fue de 15,68 cm y un coeficiente de variación de 2,52% a los 30 DDT. A los 60 DDT, el promedio general fue de 24,96 cm y un coeficiente de variación de 10,65%.

Tabla 2. Altura de la planta a los 90 DDT

|  |  |
| --- | --- |
| Tratamientos | Altura promedio (cm) |
| T1 | 50,90 c |
| T2 | 55,70 a |
| T3 | 51,87 ab |

 CV: 2,87

Los resultados sobre altura de la planta a los 90 DDT muestran que existen diferencias entre tratamientos, en la que el Tratamiento 2 sobresale con una media de 55,7cm, seguido del Tratamiento 3 con una media de 51,87 y con menor altura el Tratamiento 1 con una media de 50,9 cm (Tabla 2.).

Las diferentes alturas se deben a las diferentes láminas aplicados en cada uno de los tratamientos hasta los 90 DDT, Tratamiento 1 una lámina de riego de 228,99 mm, Tratamiento 2 con lamina de riego de 193,17 mm y Tratamiento 3 lamina de 180,33mm. Al respecto Navejas *et al.*, 2011) menciona que la cantidad adecuada de agua a los 85 DDT del cultivo es de un promedio de 198mm, lamina que favorece a un crecimiento y desarrollo adecuado de plantas de cebolla.

Número de hojas:

La lámina de agua aplicada no influyó en el número de hojas, a los 30, 60 y 90 DDT, no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos.

Diámetro del pseudotallo:

A los 30 y 60 días después del trasplante (DDT), no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos.

Tabla 3. Diámetro del pseudotallo a los 90 DDT

|  |  |
| --- | --- |
| Tratamientos | Altura promedio (cm) |
| T1 | 1,58 c |
| T2 | 1,81 a |
| T3 | 1,68 ab |

 CV: 4,04

Los resultados indican las diferencias en los diámetros que presentan las plantas del cultivo de la cebolla colorada en los diferentes tratamientos, presentando el mayor tamaño el Tratamiento 2 con una media de 1,81cm, seguido del Tratamiento 3 con una media de 1,60 cm, con un diámetro menor el Tratamiento 1 con una media de 1,58 cm respectivamente (Tabla 3.). Los resultados presentados indican que efectivamente, los volúmenes de agua de riego aplicados a las plantas de cebolla influenciaron en el desarrollo del diámetro del pseudotallo, a esto añade Salinas (2013) en la que manifiesta que una planta de cebolla creciendo en óptimas condiciones puede llegar a crecer y desarrollarse en forma apropiada, parámetros que además pueden ser influenciados, entre otros factores como cantidad de agua, por la variedad, la temperatura y la época de siembra.

Peso total de la planta:

Al determinar el peso total de la planta se registró el mayor peso en el tratamiento 2 con una media de 346,53 g. Con estos resultados se corrobora lo indicado por Gómez y Suquilanda (2005), quienes señalan que cuando hay mayor crecimiento y desarrollo de la planta existe mayor acumulación de sustancias fotosintéticas y carbohidratos que van desde las hojas hasta el bulbo.

Tabla 4. Peso total de la planta a los 140 DDT

|  |  |
| --- | --- |
| Tratamientos | Altura promedio (cm) |
| T1 | 246,43 c |
| T2 | 346,53 a |
| T3 | 297,73 b |

 CV: 4,33

Peso del bulbo:

En la Tabla 4 se puede observar que los resultados obtenidos del peso del bulbo presentan diferencias significativas entre los Tratamientos, sobresaliendo el Tratamiento 2 con una media de 280,8 g, seguido del Tratamiento 3 con una media de 238 g, el Tratamiento 1 con una media de 208,23 g el cual presenta menor peso del bulbo, así mismo Cargua (2013), afirman que cuando el área foliar es mayor, los bulbos se desarrollan mucho más debido a la producción de sustancias fotosintéticas y carbohidratos que van desde las hojas hasta el bulbo, generando mayor peso del mismo, resultados que se corroboran con la presente investigación.

Diámetro polar y ecuatorial del bulbo:

Las diferentes láminas de riego aplicadas influyeron de forma directa en el desarrollo de bulbos de cebolla colorada. En el diámetro polar se presentan diferencias significativas entre tratamientos, donde el Tratamiento 2 supera con una media de 7,43 cm, seguido del Tratamiento 3 con una media de 7,16 cm, y con un diámetro inferior el Tratamiento 1 con una media de 6,79 cm. En el diámetro ecuatorial se observó un comportamiento similar. Estos resultados se corresponden con los obtenidos por Tipantiza (2017) quien registró en la misma variedad un diámetro polar superior a los 6,0 cm y en el diámetro ecuatorial el mayor fue de 8,04 cm.

Tabla 5. Diámetro polar y ecuatorial del bulbo a los 145 DDT

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Tratamientos | Diámetro polar (cm) | Diámetro ecuatorial (cm) |
| T1 | 6,79 c | 7,58 c |
| T2 | 7,43 a | 8,51 a |
| T3 | 7,16 ab | 8,06 ab |
| CV | 2,87 | 2,65 |

Rendimiento:

En la Tabla 6 se puede apreciar los diferentes rendimientos obtenidos en la presente investigación, donde el Tratamiento 2 presenta un mayor rendimiento con 49,4 t ha-1, seguido del Tratamiento 3 con 41,7 t ha-1, obteniendo un rendimiento inferior con el Tratamiento 1 con 35,6 t ha-1.

Tabla 6. Rendimiento total

|  |  |
| --- | --- |
| Tratamientos | Rendimiento (t ha-1) |
| T1 | 35,6 c |
| T2 | 49,4 a |
| T3 | 41,7 b |

 CV: 1,59

Al respecto Freire (2012), menciona que el rendimiento del cultivo de cebolla colorada variedad burguesa alcanza los 43,3 t ha-1, dicho rendimiento es superado en la presente investigación por el Tratamiento 2 sobrepasa, mientras que los tratamientos 1 y 3 presentan un rendimiento inferior.

Contenido de clorofila:

No se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos.

Contenido relativo de agua en hojas:

En el análisis realizado a la parte superior y media no se presentaron diferencias significativas.

Tabla 7. Contenido relativo de agua en la parte inferior de las hojas

|  |  |
| --- | --- |
| Tratamientos | Contenido de agua (%) |
| T1 | 76,15 a |
| T2 | 71,72 b |
| T3 | 67,72 b |

 CV: 10,73

Al analizar la parte inferior de las hojas, se observó que el mayor contenido de agua fue en el tratamiento 1, lo cual está correlacionado con la mayor cantidad de agua aplicada al cultivo, una lámina de agua de 591,3 mm.

Materia seca:

No se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos.

Huella hídrica:

Al evaluar la cantidad de agua aplicadas entre los tratamientos para producir un kg de cebolla colorada, se puede ver que el Tratamiento 2 requiere de menor cantidad de agua. Estos resultados difieren de los obtenidos por Cargua (2013) quienes afirman que para producir 1 kg de bulbos de cebolla colorada se requiere de 300 L de agua.

Tabla 7. Huella hídrica

|  |  |
| --- | --- |
| Tratamientos | L kg-1 |
| T1 | 166,05 a |
| T2 | 111,53 c |
| T3 | 127,08 b |

 CV: 1,57

Relación Beneficio-Costo:

En la presente investigación el Tratamiento 2 presentó mayor beneficio/costo de 1,92 con una rentabilidad del 92% lo que quiere decir que por cada dólar invertido se recupera el dólar y adicionalmente se gana 0,92 dólares. A diferencia del Tratamiento 1 que presentó el menor beneficio/costo de 1,38 con una rentabilidad del 38%, así mismo por cada dólar invertido se recupera el dólar y adicionalmente se gana 0,38 dólares.

Tabla 8. Relación Beneficio-Costo (B/C)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Tratamientos | Ingreso total | Costo total | B/C | Rentabilidad (%) |
| T1 | 21764,99 | 15730,05 | 1,38 | 38 |
| T2 | 30183,52 | 15730,05 | 1,92 | 92 |
| T3 | 25460,93 | 15730,05 | 1,62 | 62 |

# conclusiones

Al correlacionar la cantidad de agua aplicada con parámetros biométricos (altura, número de hojas, diámetro del pseudotallo), el Tratamiento 2 con una reposición del agua de riego al existir el 50% de abatimiento del agua útil del suelo tubo el mejor desempeño, se encontró que existe influencia directa para los parámetros biométricos estudiados.

El más alto rendimiento se obtuvo con el Tratamiento 2, cuando los riegos se realizaron al consumir el 50% del agua útil del suelo y con un volumen de 550,7mm, obteniendo así rendimiento de 49,39 t/ha.

El tratamiento que presenta menor huella hídrica es T2 (abatimiento de la humedad del suelo 50%) con la aplicación de 111,53 litros de agua por cada kg de rendimiento.

Se determinó que con el Tratamiento (T2) correspondiente a la reposición de agua de riego al abatir el 50% de la humedad aprovechable del suelo, se obtiene mayor relación beneficio/costo de 1,92 con una rentabilidad del 92%.

# referencias bibliográficas

Allen, R. (2006). Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Food & Agriculture Org. https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=YJgytETfEnAC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Evapotranspiraci%C3%B3n+del+cultivo+Gu%C3%ADas+para+l a+determinaci%C3%B3n+de+los+requerimientos+de+agua+de+los+cultivos &ots=u5wsoaNpDb&sig=ygdfH\_-hj4rVyJJyJg0lA8RZnGg

Bonierbale, M., De Haan, S., Forbes, A. (2007). Procedures for standard evaluation trials of advanced potato clones. An International Cooperators' Guide. International Potato Center, Lima – Perú: CIP.

Cargua Ch., Y. M. (2013). Respuesta de la cebolla perla (*Allium cepa* L.) a cuatro densidades de siembra y dos láminas de riego. Ascázubi, Pichincha. (Tesis de grado). <http://www.dspace.uce.edu.ec:8080/handle/25000/1100>

Freire, C. (2012). Aclimatación y rendimiento de 14 cultivares de cebolla colorada (*Allium cepa*) a campo abierto, en Macají, Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo. (Tesis de grado. Ingeniero Agrónomo). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Gómez, M., Suquilanda, M. (2005). Respuesta de dos híbridos de cebolla colorada (Allium cepa L.) a ocho fertilizaciones órgano- minerales y dos láminas de agua. Tumbaco. Pichincha. Rumipamba 19(1): 107-108.

Górnes, A. (2010). Problemática de agua en el Ecuador. Quito -Ecuador. http://laruta.nu/es/articulos/problemática – del – agua – en Ecuador.

López S., C. C. (2013). Respuesta agromorfológica y fisiológica de la cebolla (*Allium cepa* l.) al estrés hídrico controlado. <http://181.65.181.124/handle/UNH/142>

Navejas, J., Nieto, A., Fraga, H., Rueda, E., Ávila, N. (2011). Comparación de métodos para estimar la evapotranspiración en una zona árida citrícola del noroeste de México. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 13(2), 147 - 155. [http://www.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/425/533#](http://www.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/425/533)

Tipantiza T., S. S. (2017). Influencia de bioestimulantes naturales, en el rendimiento del cultivo de cebolla de bulbo (*Allium cepa* L.) Var Burguesa. Universidad Técnica de Ambato. Ecuador. https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/26350/1/Tesis-170%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20514.pdf

Villa F., G. (2014). A propósito de la gestión del agua en el mundo contemporáneo. Un enfoque biopolítico. Anal. Polit. 74, 109 - 133. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/anpol/article/view/43721>