

Determinación de funciones de producción y comportamiento del cultivo de la cebolla bajo diferentes láminas de riego y dosis de fertilización fosforada en San Juan de Lagunillas, Mérida, Venezuela

Determination of production functions and performances of cultivated onion under several irrigation plates and dosages of phosphorus fertilization in San Juan de Lagunillas, Mérida, Venezuela

G. Ramos C.¹

Resumen

El presente estudio se realizó en un área semiárida del estado Mérida, Venezuela, a 1050 msnm, precipitación media anual de 550 mm, temperatura media diaria de 22°C y humedad relativa de 62%. Se utilizó la variedad de cebolla (*Allium cepa* L.), Texas Early Grano 502, arreglados en un diseño de tratamientos de funciones continuas con cuatro réplicas. Los tratamientos fueron el resultado de combinar cuatro láminas de riego (163, 193, 242, y 298 mm) y nueve dosis de fertilización fosforada (0, 25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, y 200 kg/ha de P_2O_5). Se tomaron observaciones sobre altura de plantas, número de hojas, contenido de humedad del suelo antes del riego y a capacidad de campo, peso y cantidad de bulbos a la cosecha. Se determinó el diámetro promedio de bulbos por parcela y su clasificación con base en el peso. Se determinó la lámina de agua necesaria durante el ciclo, para cubrir la demanda del cultivo con las condiciones climáticas prevalecientes. Los resultados obtenidos en cuanto a rendimiento de bulbos (\bar{Y}) se analizaron a través de una regresión en función de las variables independientes: dosis de fósforo (F), lámina de riego (LA), relación entre la lámina aplicada y la lámina necesaria (RL), y la relación entre la humedad antes del riego y la capacidad de campo (RH). Se establecieron funciones de producción para rendimiento (t/ha), con valores de coeficientes de correlación que oscilaron entre 0,738 y 0,657. La función de producción que presentó el mejor coeficiente de correlación fue: $Y=16,3 F + 39,7 LA - 2780 RL$. A los resultados de peso y cantidad de bulbos por parcela se les aplicó un análisis de varianza, el cual mostró diferencias significativas entre tratamientos. El mayor crecimiento del cultivo se obtuvo entre 50 y 60 días después del trasplante, el número de hojas alcanzó su valor más alto, 65 días después de la siembra. Los rendimientos se incrementaron en función de la lámina

Recibido el 31-03-1998 • Aceptado el 11-12-1998

1. FONAIAP-Mérida. Apdo 425, Mérida, estado Mérida, Venezuela

de riego, con valores máximos de 22 t/ha para la dosis de 200 kg/ha de P_2O_5 y la lámina de riego de 298 mm/ciclo.

Palabras clave: *Allium cepa* L., lámina de riego, fertilización fosforada, fenología, función de producción.

Abstract

The present study was conducted in a semi arid region of the Mérida - Venezuela, at 1050 mosl, mean annual precipitation of 550 mm, mean daily temperature of 22 ° C and 62% relative humidity. The onion variety Texas Early Grano 502 was used and arranged in a Continuous Function treatment desing with four repetitions. The treatments resulted from combining four irrigation plates (163, 193, 242, and 298) mm and nine levels of phosphorus fertilization (25, 50, 75, 100, 125, 150, 175 and 200)kg P_2O_5 / ha. Observations in plantheight, leaves number, soil humidity before irrigation and at field capacity, weight and number of bulbs were taken at harvest. Mean diameter of bulbs and its classification according to weight was determined per plot. Water irrigation requeriments was determined during the growing season in order to satisfy the crop demand under the prevalent climatic conditions. Results referred to yield in bulbs (Y) were analyzed through regression analysis in function of the independent variables: phosphorus levels (F) and Irrigation plate (LA), the relationship among supplied and required water plate (RL) and the relationship between humidity before irrigation. Production functions for yield (t/ha) were established with correlation coefficient values oscilating from 0.738 to 0.657. The production function showing the best Correlation Coefficient was: $Y = 16.3F + 39.7LA - 2780RL$. ANOVA was applied to weight and amount of bulbs per plot revealing significant differences among treatments. The highest growth of the crop was obtained 50 to 60 days after transplanting. Leaves reached the highest value 65 days after planting. Yield was increased in the irrigation plate function with maximum values of 22 t/ha with 200 Kg P_2O_5 / ha and a water plate of 298 mm / cycle.

Key words: *Allium cepa* L., irrigation plate, phosphorus fertilization, phenology, production function.

Introducción

El cultivo de la cebolla (*Allium cepa* L.), requiere de temperaturas entre 18 y 35°C, lográndose los mejores rendimientos donde estas condiciones no superan los 26°C. Requiere de clima seco y mucha insolación, es relativamente resistente a la sequía,

sin embargo no deberá faltar agua en las fases de germinación y desarrollo de raíces y bulbos (1). Debe garantizarse el enfriamiento del suelo durante el inicio de la fase de semillero (3). Se ha encontrado una buena relación entre la duración de cada fase

de crecimiento, la temperatura y el fotoperíodo (15).

El sistema radical de la cebolla es superficial, por lo que el área de exploración de las raíces es muy reducida. En consecuencia, los riegos deben ser frecuentes y si la textura es gruesa, el tiempo de aplicación debe ser reducido para evitar pérdidas de agua y nutrientes por percolación. Por otra parte, el agua por encima de los bulbos, podría favorecer la proliferación de enfermedades fungosas y el amarillamiento de las hojas (4).

El viento, también constituye un factor que influye en la frecuencia de riego para este cultivo, especialmente en zonas de clima seco, donde incide notablemente en el aumento de la cantidad de agua consumida por las plantas, reduciendo por lo tanto, el tiempo entre los riegos (7).

Resultados obtenidos en la Estación Agrícola de La Molina, citados por el ICA, indican que los rendimientos en el cultivo de la cebolla están en relación directa con el número de riegos aplicados durante el ciclo (7).

Investigadores de Guatemala evaluaron frecuencias de riego entre 8 y 20 días, obteniendo los mejores rendimientos y el mayor número de plantas completas con la frecuencia de ocho días. Estos resultados coincidieron con experiencias realizadas en otras localidades al utilizar varias frecuencias de riego (13, 16).

Una vez trasplantados los bulbos, deben regarse rápidamente, de lo contrario, habría una disminución sensible en la producción. Pasado este período es necesario regar con

frecuencia hasta que el bulbo se ha formado. El período de desarrollo y crecimiento de la cabeza es importante y se reduciría la producción, si los riegos se espaciaran mucho, ocasionando bulbos dobles, característica que disminuye considerablemente el valor comercial de este producto (5, 6). En ensayo realizado en una región semiárida del estado Lara, Venezuela, se encontró que el período de bulbificación de la cebolla, se inició cuando la planta tenía un número promedio de 7,3 hojas (15). Otros investigadores encontraron que la falta de humedad durante los períodos de crecimiento foliar y bulbificación, muestran cambios en la coloración normal típica del follaje, reducción del crecimiento del cultivo y del diámetro de bulbos, adelantándose la época de cosecha (17).

En relación con el nivel de humedad del suelo durante el ciclo del cultivo, se encontró que éste no tuvo efectos sobre la calidad del secado y sanidad de la piel del bulbo durante el almacenamiento (12). Un buen rendimiento en cebolla bajo riego, es de 35 a 45 t/ha y la eficiencia de utilización de agua es de 8 a 10 kg/m³ de agua aplicada (3).

El método de riego más utilizado para cebolla en Venezuela, es el serpentín (riego por superficie). En la región andina, son pocas las áreas productoras de esta hortaliza, utilizando principalmente riego por aspersión (4).

Para rendimientos óptimos en cebolla se requieren de 350 a 550 mm/ciclo y un % de agotamiento del agua útil menor del 25% (3). Experiencias

realizadas sobre el efecto del tipo de suelo y la reposición de la lámina de riego al agotarse el 30% del agua útil, mostraron los mejores rendimientos en suelos caracterizados por una baja capacidad de almacenamiento (8). Otros autores consideran que no es conveniente permitir un agotamiento superior al 35% en los estados más críticos del ciclo como son, la germinación y el inicio de bulbificación (2, 3, 17).

La cebolla crece bien en suelos francos con pH entre 6 y 7,5 siendo muy exigente en fósforo (1). En experimento conducido en condiciones semiáridas del estado Lara, Venezuela, se encontró que los contenidos de fósforo en plantas de cebolla variaron de 0,6 a 0,25%, siendo la tasa de remoción de nutrientes, baja durante las etapas tempranas de crecimiento, incrementándose drásticamente durante la bulbificación (14). Sin embargo, se señala que el fosfato es crítico durante la etapa inicial de crecimiento y después de la emergencia de las primeras hojas verdaderas, como pro-

motor de un adecuado desarrollo radical (2). Asimismo se encontró que la extracción total de P_2O_5 de un cultivo de cebolla, fue de 23,4 kg/ha para un rendimiento de 28.220 kg/ha (14). En experiencias realizadas en suelos de la zona agrícola del valle de Guantánamo en Cuba, se encontró que la fertilización fosfórica en cebollas plantadas en suelos salinizados tuvo un efecto favorable sobre el crecimiento y la nutrición (10).

Con relación a la conductividad eléctrica a niveles superiores a 1,8 mmhos/cm, se señala que éstos pueden ocasionar una disminución en los rendimientos mayor del 10% (3). La salinidad del agua de riego afecta la germinación del cultivo al causar la muerte del hipocotilo cuando los cotiledones entran en contacto con las sales acumuladas en la superficie del suelo, pero no reduce la germinación de la semilla. La remoción de estas sales con una lámina adicional del agua de riego, mejora la emergencia de las plantas (9).

Materiales y métodos

El presente estudio se llevó a cabo en un área semiárida del estado Mérida, San Juan de Lagunillas, en un bosque seco premontano, con 550 mm de precipitación y 2000 mm de evaporación anuales a 1050 msnm en un suelo de la serie El Estanquillo, clasificado como Cambortid típico, franco fino micáceo, isohipertérmico. El análisis de suelos mostró una textura franco arenosa, con un contenido de humedad a capacidad de

campo de 14%, con fósforo bajo y potasio alto. El contenido de materia orgánica es bajo y el valor de pH es de 7,5.

En la unidad experimental se utilizó la variedad de cebolla Texas Early Grano 502 con espaciamiento de 0,5m entre hileras y 15 cm entre plantas distribuidas en hileras dobles con tres hilos por parcela. Los tratamientos fueron constituidos por la combinación de cuatro láminas de

riego y nueve dosis de fertilización fosforada para un total de 36 tratamientos distribuidos en el área experimental con base en el diseño estadístico de funciones continuas con cuatro réplicas (figura 1). Como fuente de P_2O_5 se utilizó superfosfato triple en dosis de 0, 25, 50, 75, 100, 125, 150, 175 y 200 kg/ha aplicadas en bandas previo al trasplante. Se fertilizó a cobertura total con sulfato de amonio en dosis de 200 kg/ha y cloruro de potasio en dosis de 120 kg/ha. Las láminas de riego bajo ensayo, se aplicaron con un lateral de 2" y aspersores 30H de 24 m de diámetro de mojado y sus valores puntuales se determinaron al final de la fase de campo al acumular las láminas parciales aplicadas en cada riego y añadirles el aporte de la precipitación en el área experimental. Se utilizó una frecuencia de riego de tres días, espaciándose a cinco una vez establecido el cultivo.

Se efectuaron controles fitosanitarios con aplicaciones alternadas de Dithane (Mancozeb) y Zineb (Carbamato) al 0,5% y Thiodrex al 0,5% cuando fue necesario. Se realizó un control químico de malezas, un día después del trasplante con el herbicida Koltar (Oxifluorfen) al 0,2%.

Se tomaron muestras en los primeros 15 cm de suelo antes del riego, para determinar el contenido de humedad por el método gravimétrico. Asimismo se determinó el contenido de humedad a capacidad de campo utilizando el método de las ollas de presión. Los envases colectores se distribuyeron alineados con los aspersores y perpendicular al lateral,

cuidando de que estuviesen vacíos al iniciarse cada riego. Al final de los mismos, se determinaba volumétricamente el agua colectada en cada recipiente y se calculaba la lámina aplicada en cm, relacionando el volumen (cm^3) entre el área de captación del envase (cm^2).

Al concluir la fase de campo, se totalizó la lámina registrada en cada envase colector, valor representativo del agua caída en cada sitio de ubicación de los mismos durante el ciclo del cultivo. A cada uno de estos totales se le añadió la precipitación registrada en la estación meteorológica de San Juan de Lagunillas durante el período de ejecución del experimento.

Con los valores correspondientes a la lámina de agua, se trazaron líneas de igual contenido de humedad a fin de estimar la lámina aplicada en cada parcela, la cual disminuía al aumentar la distancia del colector al lateral de riego (figura 2).

Utilizando la metodología propuesta por Norero, (11), se determinó la lámina necesaria durante el ciclo del cultivo, considerando los coeficientes fitométricos de la cebolla y las condiciones climáticas prevalecientes en el área experimental durante la ejecución del ensayo (anexo 1).

A intervalos de siete días, se tomaron observaciones sobre altura y número de hojas en doce plantas por tratamiento para estimar un valor promedio.

La cosecha se realizó 72 días después del trasplante considerándose como área efectiva el surco central de cada unidad experimental. Se tomaron

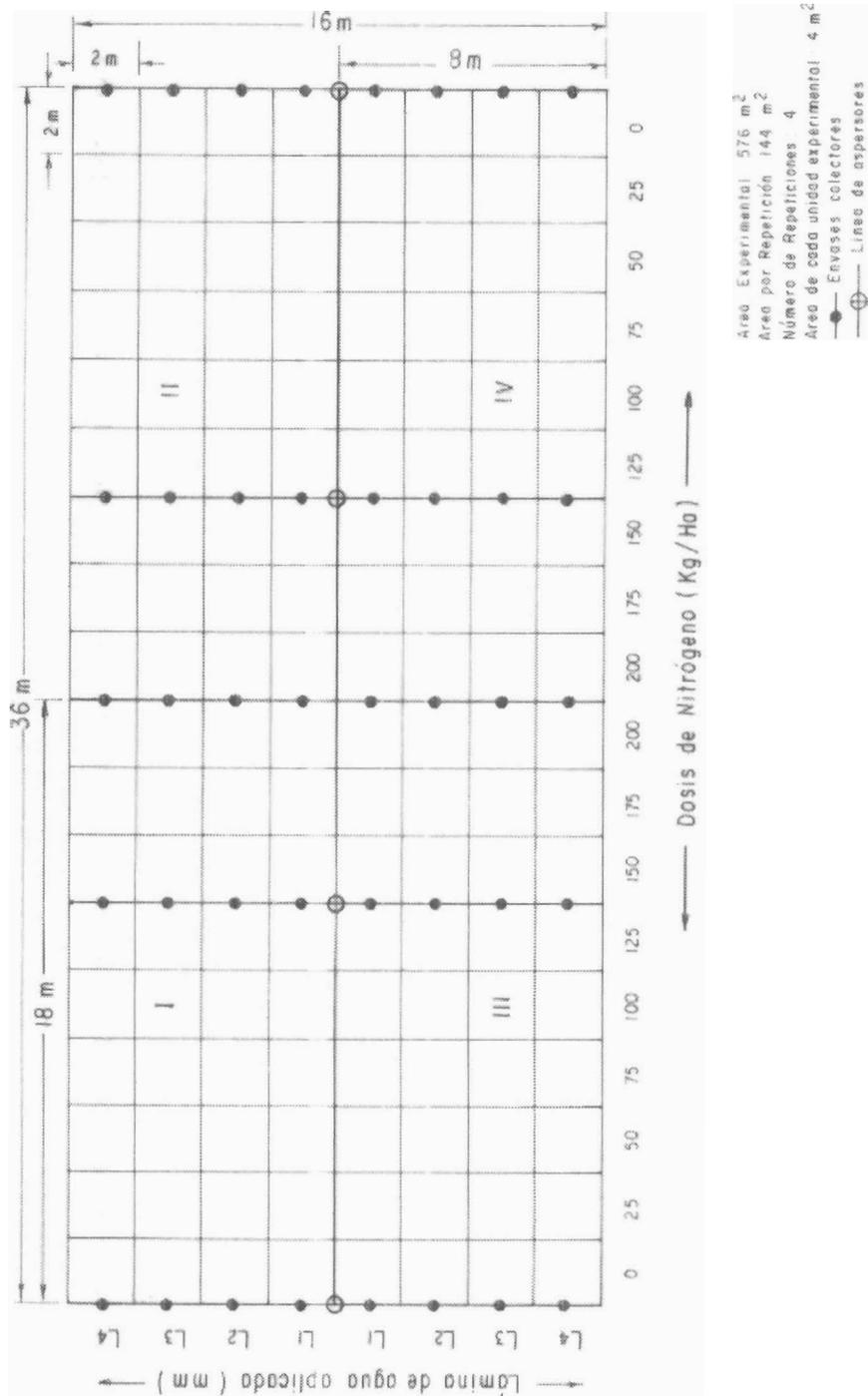


Figura 1. Distribución de los tratamientos en el área experimental.

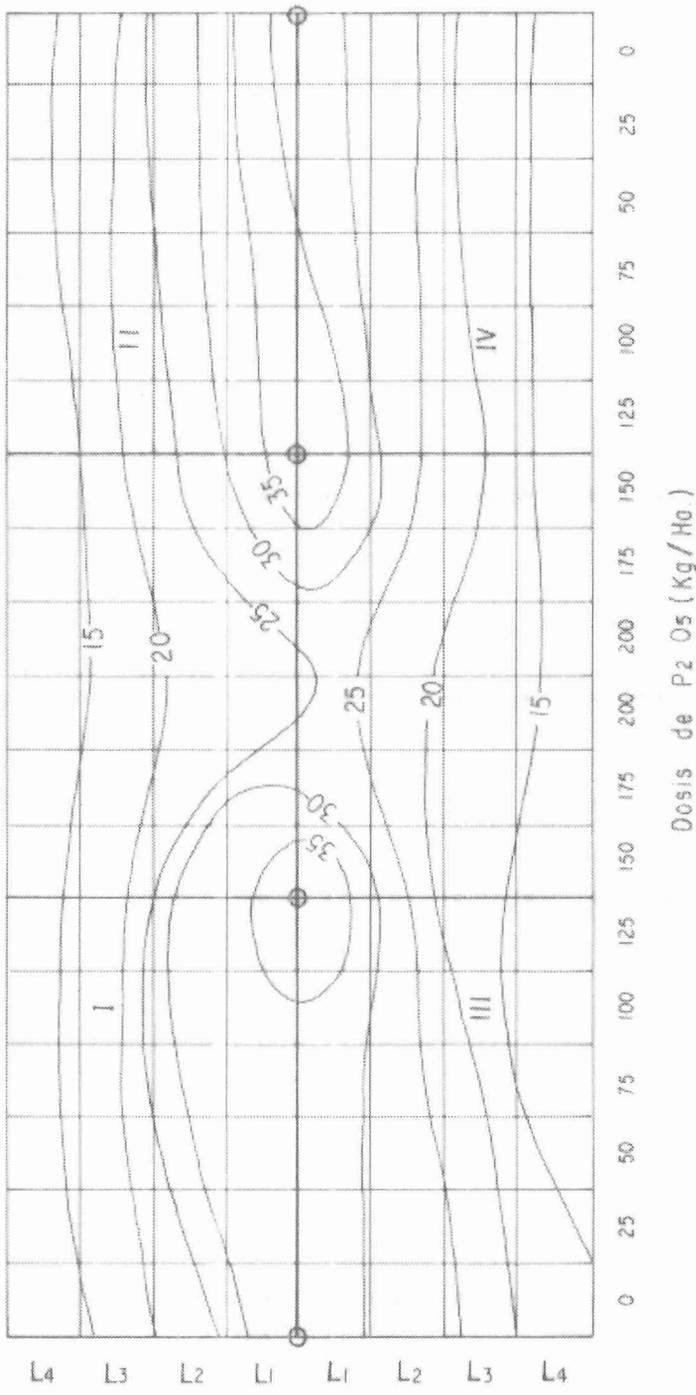


Figura 2. Representación de la lámina aplicada (cm) durante el ciclo del cultivo (plano experimental).

observaciones sobre peso y cantidad de bulbos por parcela. Asimismo, se tomaron observaciones sobre el diámetro promedio de bulbos por

unidad experimental, previo a la clasificación del material colectado en bulbos grandes (>80 gr), medianos (>30 g <80 g) y pequeños (<30 g).

Resultados y discusión

Con la información obtenida de los envases colectores, sumada a la precipitación natural caída en el área de estudio, se trazó un mapa de isolíneas de igual cantidad de agua aplicada. El mismo, permitió inferir información sobre las láminas bajo experimentación las cuales resultaron ser: $L_1 = 298$ mm, $L_2 = 242$ mm, $L_3 = 193$ mm y $L_4 = 163$ mm.

La lámina necesaria para cubrir la demanda atmosférica y los requerimientos del cultivo en el área bajo ensayo fue de 258 mm por ciclo, valor indicativo de que las láminas evaluadas cubrían un rango de déficits y excesos de humedad. El contenido de humedad a 1/3 de atm fue de 22,5%.

Funciones de producción.

Los datos de rendimiento por parcela (Y), expresados en t/ha (cuadro 1), fueron sometidos a un análisis de regresión lineal utilizando como variables independientes: dosis de fósforo

(F), lámina de riego (LA), relación entre lámina aplicada y lámina necesaria (RL) y la relación entre el porcentaje de humedad antes del riego y la capacidad de campo (RH).

Las funciones de producción fueron determinadas a través de un análisis de regresión múltiple y escogencia del modelo, mediante los cuales se obtuvo el coeficiente de correlación para cada grupo de variables analizadas y con base en éstos, se seleccionaron los modelos de regresión con el mejor grado de asociación entre las variables que lo conformaban.

Las variables independientes de mayor relevancia en los modelos de regresión, seleccionados con base en los coeficientes de correlación fueron: dosis de fósforo (F), lámina de riego (LA), y la relación entre la lámina aplicada y la lámina necesaria (RL).

En el cuadro 2, se señalan las funciones de producción que

Cuadro 1. Efecto de la fertilización fosforada y diferentes niveles de humedad sobre el rendimiento del cultivo de cebolla (t/ha).

| Lámina (mm) | Dosis de P_2O_5 kg / ha | | | | | | | | |
|----------------|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 0 | 25 | 50 | 75 | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 |
| 298 | 13,87 | 15,52 | 19,12 | 16,97 | 19,43 | 21,93 | 21,42 | 21,71 | 22,30 |
| 242 | 14,43 | 9,74 | 11,30 | 8,42 | 14,11 | 19,32 | 17,19 | 17,69 | 14,78 |
| 193 | 7,54 | 6,79 | 5,38 | 5,61 | 8,16 | 10,95 | 13,07 | 14,15 | 10,50 |
| 163 | 2,04 | 5,56 | 9,27 | 5,81 | 6,19 | 3,66 | 5,00 | 8,80 | 8,01 |

Cuadro 2. Funciones de producción para el cultivo de la cebolla, bajo condiciones de riego y fertilización fosforada en San Juan de Lagunillas, estado Mérida.

| Función de producción | coeficiente de correlación |
|-----------------------------------|----------------------------|
| $Y = 16,3 F + 39,7 LA - 2780 RL$ | 0,738 |
| $Y = 217 LA + 45400 RL - 1380 RH$ | 0,657 |
| $Y = 38,2 LA$ | 0,657 |

presentaron los mejores coeficientes de correlación, los cuales oscilaron entre 0,738 y 0,657.

F = kg de P_2O_5 /ha

LA = Lámina total (mm)

RL = Lámina total / Lámina necesaria

RH = % de humedad antes del riego / % de humedad a CC.

Peso total (PT) y cantidad de bulbos (NT) por unidad experimental. Los resultados obtenidos muestran que los rendimientos del cultivo, expresados en peso total de bulbos (t/ha), se incrementaron al aumentar la lámina de riego (cuadro 1).

Lo anterior fue corroborado a través de un ANAVAR, encontrándose

diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) entre los tratamientos. En cuanto al efecto de la fertilización fosforada, el ANAVAR muestra diferencias altamente significativas para PT, pero no así para la variable NT (cuadro 3). La prueba de medias (Duncan), señala que $L_1 > L_2 > L_3 > L_4$ para peso de bulbos (t/ha), mientras que para cantidad de bulbos $L_1 = L_2 > L_3 > L_4$ (cuadro 5).

Diámetro promedio (DP) de bulbos por parcela. El ANAVAR, mostró diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) entre los tratamientos de Lámina de riego (cuadro 4). La prueba de medias indica que L_1 y L_2 (grupo A), produjeron bulbos de mayor diámetro. L_3

Cuadro 3. Análisis de la varianza para peso total (PT) y cantidad de bulbos de cebolla (NT) obtenidos bajo diferentes láminas de riego y dosis de fertilización fosforada.

| Variable dependiente | Fuente de variación | Pr>F | R ² | CV |
|----------------------|---------------------|--------|----------------|--------|
| PT | Lámina total | 0,0001 | 0,8085 | 41,035 |
| | kg de P_2O_5 /ha | 0,0001 | | |
| | LA * F | 0,1035 | | |
| NT | LA | 0,0001 | 0,758 | 30,72 |
| | F | | 0,3277 | |
| | LA * F | 0,1536 | | |

Cuadro 4. Análisis de la varianza para diámetro promedio de bulbos (DP), bajo diferentes lámina de riego y dosis de fertilización fosforada.

| Variable dependiente | Fuente de variación | Pr > F | R ² | CV |
|----------------------|---|--------|----------------|-------|
| DP | Lámina total | 0,0001 | 0,4768 | 67,59 |
| | kg de P ₂ O ₅ /ha | 0,1991 | | |
| | LA * F | 0,4221 | | |

constituyó el grupo B y L₄ el grupo C. En cuanto al efecto de la fertilización fosforada y la interacción LA * F sobre el diámetro promedio de bulbos por parcela, no se encontraron diferencias significativas. Es posible que la metodología de aplicación del fertilizante (al voleo), redujera la eficiencia de aprovechamiento del mismo limitando la respuesta del cultivo. Se encontró que el tamaño de bulbos está asociado a los tratamientos de lámina de riego encontrándose mayor porcentaje de bulbos >80 g en los tratamientos con L₁ y mayor porcentaje de bulbos <30 g en los

tratamientos con déficits de humedad.

Otras observaciones. En relación al follaje de las plantas, se observó un leve incremento en el número de hojas al elevarse la dosis de P₂O₅. En cuanto a la altura de las plantas, se observó que éstas, en general, alcanzaron su máximo tamaño, 65 días después del trasplante y posteriormente, se inició el doblado del follaje, síntoma de envejecimiento y final del ciclo del cultivo (cuadro 3).

En el aspecto fitosanitario, el control obtenido fue satisfactorio, ya que no se presentaron ataques de plagas y enfermedades comunes al cultivo.

Cuadro 5. Pruebas de ámbitos múltiples de Duncan para la variable independiente lámina total sobre parámetros de rendimiento en la cebolla.

| Variable dependiente. | Grupo | x | Lámina |
|---------------------------------------|-------|-------|----------------|
| Peso Total de bulbos. (t/ha) | A | 19,45 | L ₁ |
| | B | 14,43 | L ₂ |
| | C | 9,13 | L ₃ |
| | D | 6,04 | L ₄ |
| Número total de bulbos * | A | 19,53 | L ₁ |
| | A | 17,97 | L ₂ |
| | B | 14,56 | L ₃ |
| | C | 4,14 | L ₄ |
| Diámetro promedio de los bulbos (cm). | A | 4,70 | L ₂ |
| | A | 4,59 | L ₁ |
| | B | 3,13 | L ₃ |
| | C | 1,17 | L ₄ |

*Parcelas de 4 m². L₁: 298 mm. L₂: 242 mm. L₃: 193 mm. L₄: 163 mm.

Cuadro 6. Altura (cm) y número de hojas* en el cultivo de la cebolla con una lámina de riego de 298 mm y nueve dosis de P₂O₅.

| Días | Dosis de fósforo (kg/ha) | | | | | | | | |
|------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 0 | 25 | 50 | 75 | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 |
| 30 | 19,25 | 18,25 | 17,75 | 17,50 | 22,0 | 23,50 | 22,0 | 21,5 | 21,50 |
| | 5 | 4 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 6 |
| 37 | 30,50 | 27,25 | 28,25 | 28,00 | 27,75 | 37,00 | 32,50 | 28,75 | 37,50 |
| | 6 | 6 | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 7 |
| 45 | 43,50 | 37,75 | 35,00 | 39,65 | 39,25 | 46,75 | 42,25 | 38,50 | 48,50 |
| | 6 | 6 | 6 | 7 | 6 | 7 | 8 | 7 | 8 |
| 52 | 55,75 | 49,00 | 45,00 | 49,25 | 46,25 | 56,25 | 52,85 | 50,00 | 49,10 |
| | 7 | 8 | 6 | 7 | 8 | 8 | 8 | 8 | 9 |
| 65 | 61,15 | 51,55 | 49,00 | 51,50 | 46,75 | 58,00 | 55,35 | 53,85 | 50,60 |
| | 8 | 8 | 7 | 9 | 8 | 10 | 8 | 9 | 8 |
| 75 | 51,50 | 50,25 | 45,00 | 46,00 | 49,00 | 56,25 | 50,50 | 50,00 | 57,75 |
| | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 |

*Promedio de 12 observaciones

Conclusiones

Los rendimientos del cultivo se incrementaron en función de la lámina de riego, obteniéndose los mejores rendimientos con la lámina L_1 de 298 mm/ciclo.

La dosis de fósforo de 200 kg/ha produjo los mejores resultados en peso y cantidad de bulbos por unidad experimental. No se encontraron diferencias estadísticas entre las dosis de fósforo con relación a su efecto sobre el diámetro de bulbos.

Las funciones de producción seleccionadas presentaron coeficientes de regresión múltiple, que oscilaron entre 0,738 y 0,657 y las variables

independientes que presentaron mejor grado de asociación fueron: Lámina de riego (LA), dosis de fertilización fosforada (F), relación de humedad (RH) y relación de lámina (RL).

El cultivo presentó su máximo desarrollo vegetativo entre 52 y 65 días después del trasplante, oscilando la altura máxima en 55 cm para la lámina de riego de 298 mm.

El número de hojas por planta, alcanzó su máximo, 65 días después del trasplante, observándose un pequeño incremento en aquellos tratamientos con aplicaciones de fósforo entre 175 y 200 kg/ha.

Literatura citada

1. Benacchio, S. 1982. Algunas exigencias agroecológicas de 58 especies de cultivo con potencial de producción en el trópico americano (Compendio). FONAIAP. Maracay, Venezuela.
2. Chandler, F. 1994. Growing and handling dry bulb onion in the Caribbean. Technical Bulletin N°25. CARDI. Caribbean Agricultural Research and development Institute. University Campus, St Augustine, Trinidad.
3. Doorembos, J., A. H. Fassom. 1988. Efectos del agua sobre el crecimiento de los cultivos. Estudio FAO. Riego y Drenaje. Roma. p 115-117.
4. Fonaiap. 1989. Paquete tecnológico para la producción de hortalizas en la región Centro Occidental. Serie paquetes tecnológicos N° 8. Maracay, Venezuela. 9. 174p.
5. Fusagri. 1975. Amarilidáceas, cebolla y ajo. Est. Exp. Cagua. Aragua, Venezuela. Serie A. N° 39. 95p.
6. Fusagri. 1968. Hortalizas. Cagua, Ven. III edición. Serie A. N° 31. 136p.
7. Ica. 1977. Hortalizas, Manual de Asistencia Técnica N° 28. Ministerio de Agricultura. Colombia. 555p.
8. Kaniszewski, S. 1986. Effect of soil type and irrigation on the yield of vegetables. Polska Akademia Nauk, Warszawa (Poland). Wydział Nauk Rolniczych y Lesnych. p 11-18.
9. Miyamoto, S. 1981. Salt effects on germination, emergence and seedling mortality of onion. Agronomy Journal (USA) 81(2): 202-207.
10. Morales, M., A. Maestrey, V. Galvez y I. Vasquez. 1992. Influencia de la fertilización en la cebolla cultivada en suelos afectados por sales. Instituto de suelos. Agrotécnica de Cuba 24(2).
11. Norero, A. 1976. Evaporación y transpiración. Serie Suelos y Clima N° 13, CIDIAT, Mérida, Venezuela.
12. Perłowska, M. and S. Kaniszewski. 1988. Effect of different soil moisture level on yield and storage of onion. Bulletin of vegetable crops Research Work. p 63-76.

13. Pineda, D. A. 1987. Efecto de siete frecuencias de riego sobre el rendimiento y evapotranspiración de la cebolla (*Allium cepa* L.), para la unidad de riego Laguna El Hoyo, Jalapa, Guatemala. Tesis de grado. Universidad de San Carlos, Fac.de Agronomía. Guatemala. 61 p.
14. Pire, R., H. Ramírez, J. Riera y N. Gómez. 1997. Remoción de NPK y Ca, por un cultivo de cebolla (*Allium cepa* L), en un suelo arcilloso de una región semiárida de Venezuela. UCLA, Barquisimeto, Venezuela.
15. Riera, J., H. Ramírez y M. Castillo. 1997. Crecimiento y desarrollo del cultivo de cebolla de días cortos (*Allium cepa* L.), en Venezuela. UCLA, Barquisimeto, Venezuela.
16. Sagastume, G. 1986. Efecto de siete frecuencias de riego en el rendimiento y evapotranspiración de la cebolla (*Allium cepa* L), para la zona de Bárcena, Guatemala. Universidad de San Carlos. Fac.de Agronomía. Guatemala. 68 p.
17. Urbina, J. L. y P. J. Pérez. 1974. Requerimientos de riego de la cebolla en los valles de Aragua. M'OP. Dirección General de Obras Hidráulicas. Venezuela.

Anexo 1. Determinación de la lámina necesaria para cubrir la demanda atmosférica y los requerimientos de riego del cultivo durante su ciclo.

Datos necesarios:

a. Cultivo: Cebolla.

b. Climáticos.

b.1. Evaporatividad atmosférica, Ev. Precipitación, P.

| Mes | Enero | Febrero | Marzo |
|-------------|-------|---------|-------|
| Ev (mm/día) | 5,92 | 6,15 | 5,86 |
| P (mm/día) | 3,38 | 0,00 | 16,60 |

c. Fitométricos:

c.1. Duración del ciclo del cultivo (tc)

$$tc = 71 \text{ días}$$

c.2. Coeficiente de altura y frondosidad (a)

$$a = 3,4$$

Cálculos: Ciclo del cultivo: 16 de enero al 28 de marzo.

a) Equivalente promedio de días por mes (t).

| Mes | Enero | Febrero | Marzo |
|----------|-------|---------|-------|
| t (días) | 7,5 | 29 | 57 |
| N(días) | 15 | 28 | 28 |

$$tc = 71 \text{ días}$$

b) Evapotranspiración máxima, ETx (mm/día).

$$ETx = [0,3 + a (t / tc)^2 (1 - t / tc)] Ev$$

| Mes | Enero | Febrero | Marzo |
|--------------|-------|---------|-------|
| ETx (mm/día) | 1,955 | 3,91 | 4,29 |

c. Lámina necesaria mínima para el ciclo del cultivo (Ln)

$$Ln = ETx \cdot N^{\circ} \text{ de días}$$

| Mes | Enero | Febrero | Marzo |
|---------|--------|---------|--------|
| Ln (mm) | 29,325 | 109,48 | 120,12 |

Lámina total necesaria = 258,93 mm