

Riego capilar por mecha en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en sistema combinado de solución nutritiva y suelo, como alternativa en la agricultura urbana de Bolivia

Medrano García, P.^a, Chipana Rivera, R.^b, Moreno-Pérez, M. F.^c, Roldán Cañas, J.^d

^{a,b}Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia, ^{c,d}Universidad de Córdoba, España.

E-mail: ^apam_medrano03@hotmail.com, ^brenechipana@yahoo.com, ^cmfatima@uco.es, ^droidan@uco.es.

Línea temática A | Dinámica fluvial de embalses, estuarios y humedales

RESUMEN

Alguna de las principales ciudades de Bolivia se encuentran ubicadas en zonas semiáridas y áridas, donde se tiene sequías en forma recurrente que provocan racionamiento en la dotación de agua. El presente estudio fue realizado en el centro Experimental de Cota Cota, dependiente de la Universidad Mayor de San Andrés, ubicado en la ciudad de La Paz a 3400 m.s.n.m. y tuvo como objetivo evaluar el riego por mecha en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en sistema combinado de suelo e hidroponía. Para ello se usaron recipientes desechables de plástico de 5 litros de capacidad. En una parte del envase se puso el sustrato (arena o suelo franco) y en la otra la solución nutritiva (FAO, La Molina y la Boliviana) y la mecha de algodón. El consumo de agua en los sistemas de riego con y sin mecha fue similar, sin embargo, hubo diferencias altamente significativas en el rendimiento a favor de la solución FAO.

Palabras clave | riego por mecha; cultivo de lechuga; solución nutritiva y suelo; Bolivia

INTRODUCCIÓN

El sector hortícola representa una actividad importante en Bolivia, en particular la producción en sistemas protegidos que se ha incrementado notablemente en los últimos años, siendo el cultivo de lechuga uno de los principales.

Por otro lado, en la zona occidental de este país, los grandes centros urbanos de consumo, en concreto el conjunto de las ciudades de La Paz y El Alto, se encuentran “alejados” de las principales zonas de producción de hortalizas, debido a que las carreteras que las unen fueron construidas en zonas de topografía accidentada, afectando el tiempo de transporte, a la calidad y al precio de los vegetales. Como consecuencia, la agricultura urbana y periurbana de hortalizas se está haciendo cada vez más popular, existiendo diferentes sistemas de cultivo sin suelo, con el uso de soluciones nutritivas (Gutiérrez, 2011). Por otro lado, esta región se caracteriza por ser semiárida y árida, donde en los últimos años se tuvieron sequías que provocaron racionamiento en el abastecimiento de agua a las ciudades. En ese sentido, es necesario buscar opciones que permitan usar eficientemente el agua en la agricultura, así como técnicas adecuadas de nutrición de las plantas.

En estas circunstancias el riego capilar por mecha ha venido probándose con cierto éxito, puesto que a diferencia de los sistemas hidropónicos requiere baja inversión de capital, y sobre todo no se necesita el uso de energía adicional.

En tal sentido el objetivo del presente trabajo fue evaluar el riego por mecha en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en sistema combinado de suelo e hidroponía.

MATERIAL Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en un invernadero del Centro Experimental de Cota Cota, dependiente de la Universidad Mayor de San Andrés, ubicado en la ciudad de La Paz, Bolivia a una altura de 3445 m.s.n.m., cuyas coordenadas son 16°32'04'' de Latitud Sur y 68°03'44'' de longitud oeste.

El material vegetal usado fue lechuga (*Lactuca sativa* L.) Var. Waldman's Green. Los insumos químicos empleados (que contenían macro y micronutrientes) fueron tres: 1) Solución hidropónica FAO; 2) Solución hidropónica La Molina; y 3) Solución hidropónica Boliviana, tal como se describe en las tablas 1 a 3.

Tabla 1 | Cantidad de sales en la preparación de la solución nutritiva FAO.

	Nutriente	Peso (g)
Solución A. Nutriente Mayor	Fosfato mono amónico cristalino	13,824
	Nitrato de calcio	79,872
	Nitrato de potasio	42,24
Solución B. Nutriente Menor	Sulfato de magnesio	36,17
	Sulfato de manganeso	0,08
	Sulfato de cobre	0,018
	Sulfato de zinc	0,05
	Acido bórico	0,3
	Molibdato de amonio	0,000768
	Quelatos de hierro	0,65

Tabla 2 | Cantidad de sales en la preparación de la solución nutritiva La Molina

	Solución	Peso (g)
Solución Concentrada A: (para 1.0 litro de agua, volumen final)	Nitrato de potasio	110
	Nitrato de amonio	70
	Superfosfato triple	36
Solución Concentrada B: (para 1.0 litro de agua, volumen final)	Sulfato de magnesio	110
	Quelato de hierro 6% Fe	8,5
	Solución de Micronutrientes	200 ml
Solución Micronutrientes: (para 1.0 litro de agua destilada)	Sulfato de Manganeso	0,005
	Ácido Bórico	0,003
	Sulfato de Zinc	0,001
	Sulfato de Cobre	0,001
	Molibdato de Amonio	0,020

Tabla 3 | Cantidad de sales en la preparación de la solución nutritiva Boliviana

Macronutrientes	Micronutrientes
A1 = 150.4 g	B1 = 5.8 g
A2 = 99.8 g	B2 = 33.8 g
A3 = 61.6 g	B3 = 1,6 g

Los equipos empleados fueron PH-metro, conductivímetro, termómetros, probetas, pipetas y balanza analítica, en tanto que los principales materiales de campo utilizados fueron recipientes (botellas de plástico de 5 litros de capacidad), bandejas para almácigo, tierra del lugar, turba y arena

El estudio fue realizado durante dos ciclos de cultivo, utilizándose el diseño experimental de “completamente al azar con arreglo bifactorial”, con ocho repeticiones. En el primer ciclo solo se consideró “riego con mecha” en tanto que en el segundo se incluyó, además, el “riego sin mecha”. En los tres casos, se realizaron los siguientes tratamientos:

$$T1 = a_1 \times b_1$$

$$T2 = a_2 \times b_1$$

$$T3 = a_3 \times b_1$$

$$T4 = a_1 \times b_2$$

$$T5 = a_2 \times b_2$$

$$T6 = a_3 \times b_2$$

donde:

Factor A: Solución hidropónica

a_1 = Solución hidropónica FAO

a_2 = Solución hidropónica Molina

a_3 = Solución hidropónica Boliviana

Factor B: Sustratos

b_1 = Arena

b_2 = Suelo franco

Las características del área experimental son:

- Ancho de la unidad experimental 1.10 m.
- Largo de la unidad experimental 3.90 m.
- Área Total de la unidad Experimental 4.29 m²
- N° Total de plantas 48
- N° Total de plantas por m² 20
- N° Total de tratamientos 6
- N° Total de repeticiones 8

En el desarrollo de la investigación se utilizaron 48 recipientes que consistieron en botellas plásticas, cultivándose una planta de lechuga por botella. Asimismo, para medir la evaporación del agua desde los sustratos se tomaron 6 envases sin cultivo: 3 con arena y 3 con suelo franco.

Los recipientes presentaron las siguientes características: 5 litros de capacidad con las dimensiones 15 cm x 15 cm de ancho y 30 cm de altura, las mismas que se cortaron a una altura de 16 cm. Posteriormente, en la tapa se hizo un hueco para que la mecha atravesara la misma.

Las mechas se trenzaron con material de algodón por la cantidad de poros que poseen, lo que coadyuva en la transferencia de agua.

Para los sustratos se utilizó tierra del lugar con turba a una relación de 1:1. Previamente, se hizo la desinfección con formol al 3%. En cada botella (en la parte superior) se colocó 0,75 kg de suelo franco y 1,50 kg de arena, según el tratamiento. La aplicación de la solución hidropónica consistió en colocar 2700 ml de agua por recipiente, y la preparación de las formulaciones se hizo de la siguiente manera:

- La solución nutritiva FAO por recipiente fue preparada inicialmente colocando 5 ml de solución mayor (A) por cada litro de agua y 3 ml de solución menor (B) por cada litro de agua. Como en cada botella se tenía 2,700 litros, se pusieron 13,5 ml de solución mayor y 8,1 ml de solución menor.
- La solución nutritiva La Molina se preparó poniendo en cada botella 5 ml de solución mayor por cada litro de agua y 3 ml de solución menor por cada litro de agua.
- En el caso de la solución nutritiva Boliviana se pusieron 5 ml de solución mayor y 5 ml de solución menor por litro.

En cada solución nutritiva se midió el pH y la conductividad eléctrica

Para evitar la evaporación del agua desde los recipientes, así como la incidencia directa del sol, se cubrieron con láminas delgadas de aluminio la parte superior del recipiente que contenía el sustrato, y los lados del recipiente.

El trasplante se realizó cuando la plántula alcanzó una altura de entre 5 a 10 cm, con tres hojas verdaderas. En el primero ciclo se efectuó el 26 de marzo y la cosecha el 16 de mayo de 2016 (con una duración de una semana); en el segundo, el trasplante se efectuó el 22 de septiembre y la cosecha el 7 de noviembre de 2016 (también con una semana de duración).

Se determinaron las características agronómicas del cultivo, tales como altura de planta, número de hojas, ancho de las hojas, diámetro del tallo, peso fresco y seco de la lechuga cosechada. También se midió la humedad del suelo, el agua consumida por el cultivo y el agua no consumida de los recipientes.

RESULTADOS

En las tablas 4 y 5 se exponen, respectivamente, los resultados obtenidos en el primer y en el segundo ciclo del cultivo, utilizando el riego por mecha. Además, en la parte inferior de cada casilla de la tabla 5, se muestran los resultados obtenidos para los mismos tratamientos, pero sin el uso del riego por mecha, en el segundo ciclo de cultivo.

Comparados los sistemas sin y con mecha, el rendimiento, consumo y productividad del agua se puede indicar que fueron similares, sin embargo, en las primeras semanas después del trasplante hubo mayor consumo de agua en los sistemas con mecha, posteriormente, se invirtió el proceso debido a que, en los sistemas sin mechas, para la absorción de agua hubo un abundante sistema radicular que descendió hasta la solución nutritiva. Escarabajal-Henarejos et al. (2015), observaron una buena relación entre la profundidad radicular y el porcentaje de suelo cubierto por la planta de lechuga.

En cuanto al uso consuntivo del agua en el sistema de riego por mecha, al ser este sistema de una única aplicación de agua y al cubrirse la superficie del suelo, se puede indicar que el proceso predominante es la transpiración, lo que hace que el consumo de agua sea inferior comparado con otros sistemas de cultivo de lechuga como, por ejemplo, riego por goteo, hidroponía, etc.

La productividad del agua varió de 25,33 g/L a 42,07 g/L. Al respecto Sammis et al. (1988) encontraron una productividad para la lechuga de 24 g/L, en tanto que Gallardo et al. (1996) obtuvieron 48 g/L.

Con relación a las soluciones nutritivas, dentro los diferentes tratamientos, el que permitió obtener mayores rendimientos, mayores alturas de planta, diámetro de tallo y ancho de la hoja, fue la solución nutritiva recomendada por la FAO, seguida por la solución la Molina, y la Boliviana, registrándose diferencias altamente significativas.

Tabla 4 | Resultados obtenidos en el primer ciclo de cultivo aplicando riego por mecha.

	Rendimientos promedio de materia fresca (g/planta)	Rendimientos promedio de materia seca (g/planta)	Consumo total de agua promedio (cm ³ /planta)	Productividad del agua (g/litro)
F-FAO	91,64	9,57	2281,88	40,16
F-LM	66,52	7,93	2301,38	28,90
F-BO	57,32	5,28	2262,88	25,33
A-FAO	88,36	9,44	2335,13	37,84
A-LM	62,81	6,06	2333,00	26,92
A-BO	59,48	4,50	2294,88	25,92

Tabla 5 | Resultados obtenidos en el segundo ciclo de cultivo aplicando riego por mecha / sin riego por mecha.

	Rendimientos promedio de materia fresca (g/planta)	Rendimientos promedio de materia seca (g/planta)	Consumo total de agua promedio (cm ³ /planta)	Productividad del agua (g/litro)
F-FAO	99,67 / 103,87	10,39 / 10,57	2465,17 / 2469,17	40,43 / 42,07
F-LM	71,25 / 73,58	8,43 / 8,41	2327,50 / 2359,17	30,61 / 31,19
F-BO	60,34 / 59,57	5,22 / 5,12	2291,00 / 2299,00	26,34 / 25,91
A-FAO	98,21 / 95,02	10,70 / 10,49	2468,83 / 2442,33	39,78 / 38,91
A-LM	80,08 / 80,50	6,55 / 6,60	2353,67 / 2373,33	34,02 / 33,92
A-BO	64,04 / 61,17	4,80 / 4,49	2246,17 / 2295,50	28,51 / 26,65

Respecto al consumo del agua a lo largo del ciclo del cultivo (figuras 1 y 2), se puede indicar que en el riego por mecha fue prácticamente el mismo para los diferentes tratamientos. En el riego sin mecha siguió la misma tendencia.

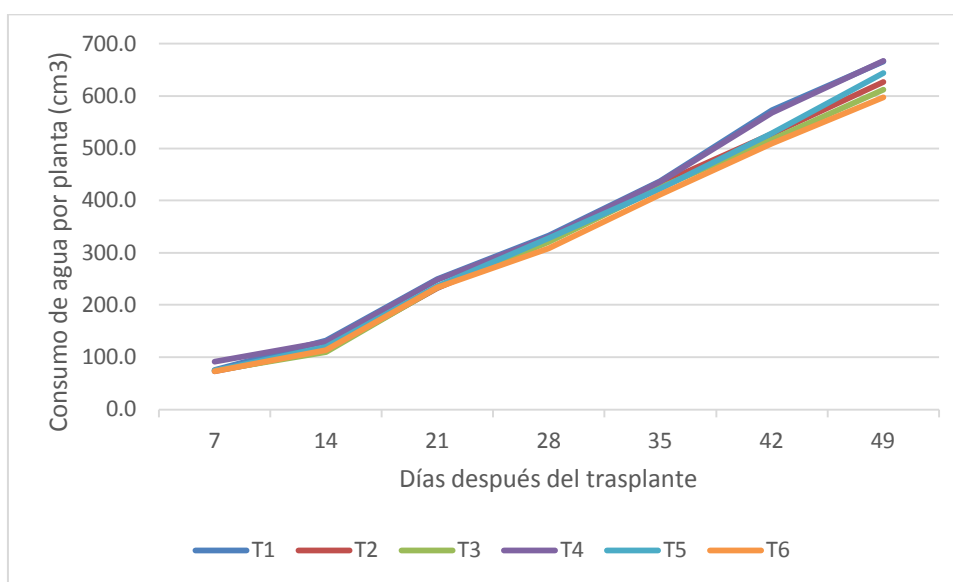


Figura 1 | Consumo de agua en el riego por mecha, hasta los 49 días después del trasplante.

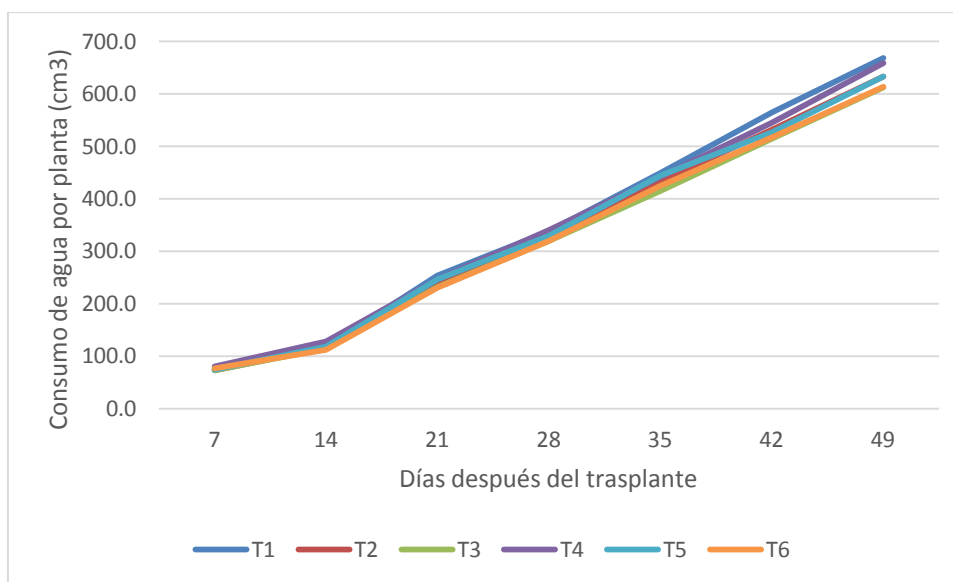


Figura 2 | Consumo de agua en el riego sin mecha, hasta los 49 días después del trasplante.

DISCUSIÓN

Debido a que las temperaturas fueron mayores durante el segundo ciclo, la duración del periodo vegetativo del cultivo fue menor, empero, el consumo de agua y el rendimiento fueron ligeramente mayores, así como la productividad del agua.

La igualdad en el consumo de agua en todos los tratamientos, tanto en riego con mecha como en riego sin mecha, se debió, probablemente, a la penetración de las raíces hasta la solución, para cubrir la tasa transpirativa, que, en este caso, está en función de la planta y no tanto del tipo de sustrato y tipo de solución nutritiva.

CONCLUSIONES

El consumo de agua en los sistemas de riego con mecha y sin mecha, fue similar. Al cubrirse la superficie del suelo de los recipientes, se disminuye notablemente la evaporación, siendo el único uso consuntivo el correspondiente a la transpiración.

El rendimiento y características agronómicas del cultivo fueron superiores en la solución nutritiva de la FAO, comparado con La Molina y con la Boliviana.

En este tipo de sistemas de riego el consumo adicional de energía es cero, por lo que se constituye en una alternativa para el cultivo de hortalizas de hoja, en pequeñas extensiones de terreno.

REFERENCIAS

- Escarabajal-Henarejos, D., Molina-Martínez, J. M., Fernández-Pacheco, D. G., García-Mateos, G. 2015. Methodology for obtaining prediction models of the root depth of lettuce for its application in irrigation automation. *Agricultural Water Management*, 151: 167 – 173.
- Gallardo, M., Jackson, L. E., Schulbach, K. 1996. Production and water use in lettuces under variable water supply. *Irrigation Science*, 16: 125 – 137.
- Gutiérrez, T. J. 2011. Producción hidropónica de lechuga con y sin recirculación de solución nutritiva. Tesis de Maestría. V Jornadas de Ingeniería del Agua. 24-26 de Octubre. A Coruña

Universidad Autónoma Chapingo. México. 66 p.

Sammis, T. W., Kratky, B. A., Wu, I. P. 1988. Effects of limited irrigation on lettuce and chinese cabbage yields. *Irrigation Science*, 9: 187 – 198.