

Efecto de la retención de humedad en el sustrato-suelo sobre la producción y rentabilidad del agua en el cultivo de cebolla (*Allium cepa*) c.v. Álvara cultivado en ambiente protegido

Effect of moisture retention in the substrate-soil on the production and profitability of water in onion (*Allium cepa*) c.v. Álvara grown in a protected environment

Adrián Chavarría-Vidal¹, Mario Morales-Sánchez²,
Freddy Soto-Bravo³, Asdrúbal Jesús Farías-Ramírez⁴

Fecha de recepción: 24 de junio, 2023
Fecha de aprobación: 3 de octubre, 2023

Chavarría-Vidal, A; Morales-Sánchez, M; Soto-Bravo, F; Farías-Ramírez, A.J. Efecto de la retención de humedad en el sustrato-suelo sobre la producción y rentabilidad del agua en el cultivo de cebolla (*Allium cepa*) c.v. Álvara cultivado en ambiente protegido. *Tecnología en Marcha*. Vol. 37, Nº 2. Abril-Junio, 2024. Pág. 155-166.

 <https://doi.org/10.18845/tm.v37i2.6668>

- 1 Doctorado en Ciencias Naturales para el Desarrollo. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: adchavarria@itcr.ac.cr
 <https://orcid.org/0000-0003-1647-8212>
- 2 Profesor Jubilado. Universidad de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: mario.morales@ucr.ac.cr
- 3 Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno, Universidad de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: freddy.sotobravo@ucr.ac.cr
 <https://orcid.org/0000-0003-1959-9597>
- 4 Facultad PECEGE. Piracicaba, Sao Paulo, Brasil.
Correo electrónico: ajfara@gmail.com
 <https://orcid.org/0000-0003-1544-8759>

Palabras clave

Productividad; rentabilidad; cebolla.

Resumen

Un sistema productivo en un ambiente protegido usualmente se incrementa la eficiencia del uso del agua creando un microclima para mejorar la fotosíntesis, reducir la evapotranspiración e incrementar los rendimientos de las plantas. Usualmente, las necesidades de agua de los cultivos bajo ambientes protegidos tienden a ser menores respecto a ambientes abiertos. Por lo anterior y ante el cambio climático, protección de los recursos naturales, desarrollo sostenible, seguridad y soberanía alimentaria y nutricional se hace necesario medir la productividad del agua y su rentabilidad en la producción agrícola en ambientes protegidos por lo que, se toma el cultivo de cebolla (*Allium cepa*) c.v. Álvara para dicha medida. Los tratamientos T1(5 – 15) kPa y T2(15 – 25) kPa no mostraron diferencia significativa ($P_{\text{value}} > 0,05$) en la productividad del agua de bulbo fresco y de biomasa por cada metro cúbico de agua, pero estos si mostraron diferencia significativa respecto a T3(25 – 35) kPa y a T4(35 – 45) kPa y a su vez, los tratamientos T3(25 – 35) kPa y a T4(35 – 45) kPa mostraron diferencia significativa ($P_{\text{value}} > 0,05$).

Keywords

Productivity; profitability; onion.

Abstract

A productive system in a protected environment usually increases the efficiency of water use by creating a microclimate to enhance photosynthesis, reduce evapotranspiration and increase plant yields. Usually, the water needs of crops under protected environments tend to be lower compared to open environments. Due to the above and in the face of climate change, protection of natural resources, sustainable development, food and nutritional security and sovereignty, it is necessary to be able to measure the productivity of water and its profitability in agricultural production in protected environments, therefore, the crop is taken onion (*Allium cepa*) c.v. Álvara for that measure. Treatments T1(5 – 15) kPa and T2(15 – 25) kPa did not show a significant difference ($P_{\text{value}} > 0.05$) in the productivity of fresh fruit water and biomass per cubic meter, but these did show a significant difference. with respect to T3(25 – 35) kPa and T4(35 – 45) kPa and, in turn, the treatments T3(25 – 35) kPa and T4(35 – 45) kPa showed a significant difference ($P_{\text{value}} > 0,05$).

Introducción

Los suelos pueden retener humedad de acuerdo con sus características físicas. El agua en el suelo es retenida principalmente por los fenómenos de cohesión y adhesión. En el suelo las partículas de este retienen el agua de acuerdo con el área de ellas. La fuerza con que estas partículas retienen el agua es conocida como potencial mátrico del agua en el suelo (Cuadro 1). El término retención de humedad o retención de agua en el suelo está íntimamente ligado a la disponibilidad de agua para las plantas [1] [2] [3].

Cuadro 1. Humedad del suelo y presión de succión de agua en el suelo.

pF	Altura de la columna de agua	MPa $\times 10^{-1}$	Valores de potencial de succión
0	1	1/1000	Humedad de saturación
2,54	346	1/3	Capacidad de campo equivalente
4,2	15849	15	Punto de marchitez permanente equivalente

Fuente: [3]

En condiciones de ambientes abiertos se ha encontrado que las tensiones de agua en el suelo conforme son mayores, la masa promedio de los bulbos se relacionan de manera inversa con la tensión de agua en el suelo y de manera directa con las láminas de riego aplicadas y se reporta como un máximo de succión de agua en el suelo de -15 kPa (kPa) [4]. También se afirma que para cultivos hortícolas cuando son irrigadas por medio del riego por goteo donde solamente se moja una fracción de suelo sin mojar la parte aérea, el potencial matricial no debe ser menor a -40 kPa [5].

Siembros de cebolla sometidos a déficits hídricos moderados con tensiones entre 70 y 100 kPa pueden tener reducciones de producción de bulbos hasta un 30% pero se recomienda realizar los riegos entre 7 y 15 kPa para suelos arenosos, entre 20 y 40 kPa para suelos de texturas medias y finas [6] [7] [8]. No obstante, se recomienda para el cultivo de cebolla cuando se usa riego por goteo de 10 a 20 kPa donde se tiene un suelo con una condición de humedad y aireación buena para hortalizas altamente sensibles al déficit de agua a excepción de suelos gruesos como los arenosos [9]. Sin embargo, en cultivos bajo protección de plástico se recomienda que en presencia de enfermedades fungosas y bacterianas y/o nemátodos, se recomienda mantener el suelo con menor contenido de humedad y por ende, una mayor succión para las cuales se deben de tener tensiones máximas de 30 a 50 kPa para hortalizas sensibles y así dificultar el desarrollo de microorganismos no deseables [10]

El manejo eficiente del agua en los sistemas de riego se define como aquel que logra la menor cantidad posible de aplicación de agua que promueva una buena producción y conservación del suelo garantizando la sustentabilidad de los recursos naturales por lo cual, se debe definir el menor consumo hídrico que propicie la mayor productividad y rentabilidad neta. No obstante, donde el agua es un factor limitante para los sistemas productivos, la optimización de este recurso es fundamental y, además se promueve el uso racional y sustentable del recurso hídrico [11].

El término productividad del agua o productividad agronómica del agua se estableció como una medida sólida para determinar la capacidad de los sistemas agrícolas para convertir el agua en alimento, pero este concepto en la práctica se utiliza como herramienta de diagnóstico para resolver la eficiencia del uso del agua en los sistemas agrícolas [12] [13]. La eficiencia del uso del agua (EUA) o productividad del agua (PA) es la relación existente entre la biomasa presente en un cultivo por unidad de agua utilizada por éste en un determinado momento. Cuando se pretende enfocar el empleo del agua como un componente meramente productivo y económico, se recurre a sustituir la biomasa por el rendimiento en kilogramos de producto por cada metro cúbico de agua utilizada [14] [15].

La productividad agronómica del agua para cebolla se reporta entre 3,76 a 16,6 kilogramos de rendimiento por cada metro cúbico de agua aplicada por el sistema de riego [16].

El objetivo de la investigación es estimar la productividad del agua tanto en términos productivos como en términos económicos.

Metodología

La investigación se llevó a cabo en el cantón de Alvarado, distrito Pacayas, de la provincia de Cartago; específicamente en un invernadero ubicado en Patalillo (Barrio Fátima) con una altura de 1600 msnm, precipitación de 2299,8 mm al año en promedio, temperatura promedio de 16,5 °C, brillo solar promedio de 4,3 horas al día y humedad relativa promedio del 88 %. Se sembró en sustrato-suelo que se colocó en canastas de 35,0 cm de ancho; 55,0 cm de largo y 20,0 cm de alto y se llenaron con suelo franco-franco arenoso de origen volcánico (andisol) mezclado con graba fina y arena con origen calcáreo. En las canastas se logró una altura de 20,00 a 23,00 cm para un volumen total de sustrato-suelo de 44,00 l. El riego se realizó con un sistema por goteo el cual dotó de 7,80 l h⁻¹ a cada canasta que contó con 12 plantas sembradas. Estos 7,80 l h⁻¹ se aplicó por medio de 6 goteros donde cada uno de ellos corresponde a un gotero de 1,30 l h⁻¹ distribuidas uniformemente en cada una de las canastas. Se sembró el cultivo de cebolla (*Allium cepa*) c.v. Álvora para establecer el experimento de 4,50 meses de periodo del cultivo, para los cuales se contó con 4 tratamientos, a saber 4 diferentes ámbitos de succión de humedad de la siguiente manera:

1. Tratamiento 1 (con 4 repeticiones): mantenido una succión en un ámbito de 5 a 15 kilopascales (kPa).
2. Tratamiento 2 (con 3 repeticiones): mantenido una succión en un ámbito de 15 a 25 (kPa).
3. Tratamiento 3 (con 4 repeticiones): mantenido una succión en un ámbito de 25 a 35 (kPa).
4. Tratamiento 4 (con 3 repeticiones): mantenido una succión en un ámbito de 35 a 45 (kPa).

Para el análisis de las plantas al final del periodo del cultivo se llevaron las muestras de cada una de las repeticiones de cada tratamiento al laboratorio “Centro de Investigaciones Agronómicas” de la Universidad de Costa Rica para la medida de las concentraciones nutricionales del cultivo de cebolla tomando los tejidos de hojas, tallos y frutos.

Las ecuaciones utilizadas para el cálculo son las siguientes:

$$EUAp\left(\frac{kg}{m^3}\right) = \frac{Producción\left(\frac{kg}{ha}\right)}{Agua\ Utilizada\left(\frac{m^3}{ha}\right)}$$

$$EUAb\left(\frac{kg}{m^3}\right) = \frac{Biomasa\left(\frac{kg}{ha}\right)}{Agua\ Utilizada\left(\frac{m^3}{ha}\right)}$$

donde:

$EUAp$ = eficiencia del uso del agua en la producción bulbo fresco

$EUAb$ = eficiencia del uso del agua en la producción de biomasa

Para estimar la rentabilidad del agua se realiza mediante el siguiente proceso [17]:

1. Cálculo del costo de producción
2. Cálculo de la rentabilidad neta del cultivo:

$$Rentnc = Y * P - C$$

donde

$Rentnc$ = rentabilidad neta $\left(\frac{\$}{ha}\right)$

Y = producción $\left(\frac{kg}{ha}\right)$

P = precio por unidad de producción $\left(\frac{\$}{kg}\right)$

$Y * P$ = rentabilidad bruta de la producción $\left(\frac{\$}{ha}\right)$

C = costos totales (fijos + variables) de producción $\left(\frac{\$}{ha}\right)$

3. Cálculo de la rentabilidad del agua:

$$RentAg = \frac{Rentnc \left(\frac{\$}{ha}\right)}{cantidad\ de\ agua\ utilizada\ (m^3)}$$

Donde:

$Rentag$ = rentabilidad del agua $\left(\frac{\$}{m^3 * ha}\right)$

Resultados y discusión

No se encontraron diferencias significativas ($P\text{-value} > 0,05$) en la productividad del agua en términos de bulbo fresco en los ámbitos de succión de agua en el sustrato-suelo crecientes entre T1(5 – 15) kPa y T2(15 – 25) kPa como se muestra en el cuadro 2, pero si se encontraron diferencias significativas ($P\text{-value} < 0,05$) entre los anteriores tratamientos con respecto a T3(25 – 35) kPa y a T4(35 – 45) kPa y a su vez, también entre estos dos últimos. No obstante, en el promedio general de los tratamientos T1(5 – 15) kPa y T2(15 – 25) kPa se presentó una disminución del 18,50% de $kgbf\ m^{-3}Ag$ del segundo respecto al primero.

Cuadro 2: Productividad del agua en el cultivo de cebolla expresado en producción de bulbo fresco ($kgbf\ m^{-3}Ag$).

Factor	Repeticiones	Media muestral	StDev	Significancia	%CV
T1(5 – 15) kPa	4	21,41	2,13	A	9,95
T2(15 – 25) kPa	3	17,45	3,05	A	17,48
T3(25 – 35) kPa	4	10,285	0,596	B	5,79
T4(35 – 45) kPa	3	5,25	1,019	C	19,41

Promedios con diferentes letras presentan diferencias significativas ($P\text{-value} < 0,05$)

Como se muestra en la figura 1 se observó un descenso continuo en la productividad del agua respecto a la cosecha donde se encontraron en los siguientes ámbitos, para el T1(5 – 15) kPa de 19,32 a 23,51 $kgbf\ m^{-3}Ag$, para el T2(15 – 25) kPa de 15,03 a 19,86 $kgbf\ m^{-3}Ag$, para el T3(25 – 35) kPa de 8,19 a 12,38 $kgbf\ m^{-3}Ag$ y para el T4(35 – 45) kPa de 2,84 a 7,67 $kgbf\ m^{-3}Ag$.

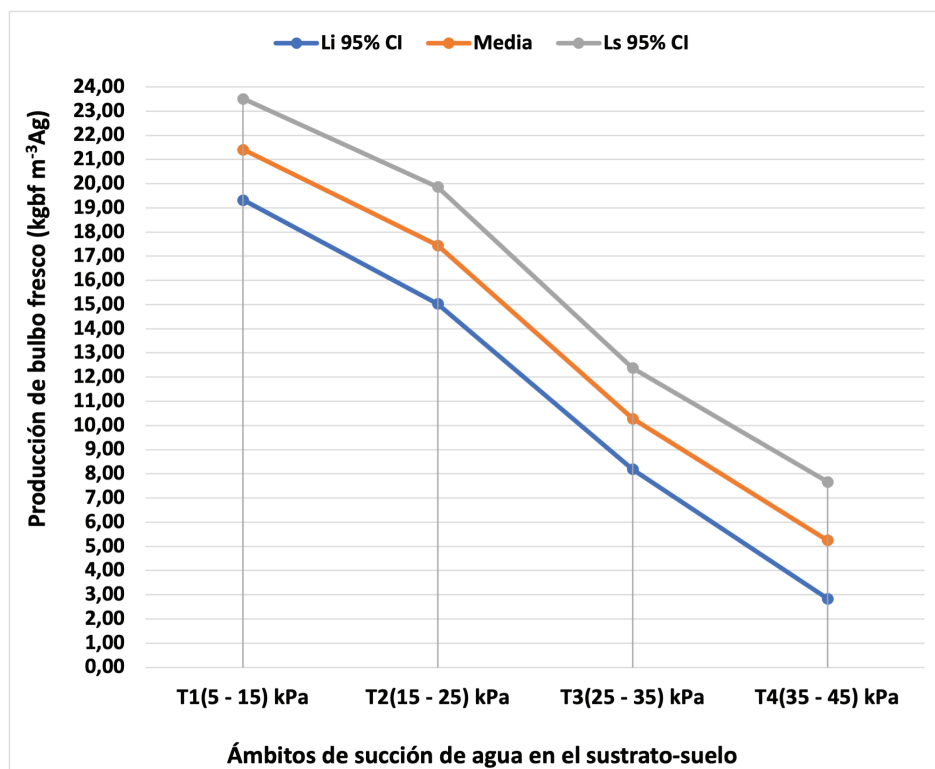


Figura 1. Intervalos de confianza de la capacidad del agua de producir cosecha (kgbf m⁻³Ag) en el cultivo de cebolla a diferentes ámbitos de succión en el sustrato-suelo.

Se logró cuantificar mediante un modelo polinómico de grado 2 la magnitud del efecto de la succión de agua en el sustrato-suelo sobre la productividad del agua en términos de bulbo fresco en el cultivo de cebolla como se muestra en la figura 2. En el ámbito de la investigación se encontró que la variable de cosecha de bulbo fresco es explicada en un 99% por la succión conforme el modelo.

No se encontraron diferencias significativas ($P\text{-value} > 0,05$) en la productividad del agua en términos de biomasa en los ámbitos de succión de agua en el sustrato-suelo crecientes entre T1(5 – 15) kPa y T2(15 – 25) kPa como se muestra en el cuadro 3, pero si se encontraron diferencias significativas ($P\text{-value} < 0,05$) entre los anteriores tratamientos con respecto a T3(25 – 35) kPa y a T4(35 – 45) kPa y a su vez entre estos dos últimos.

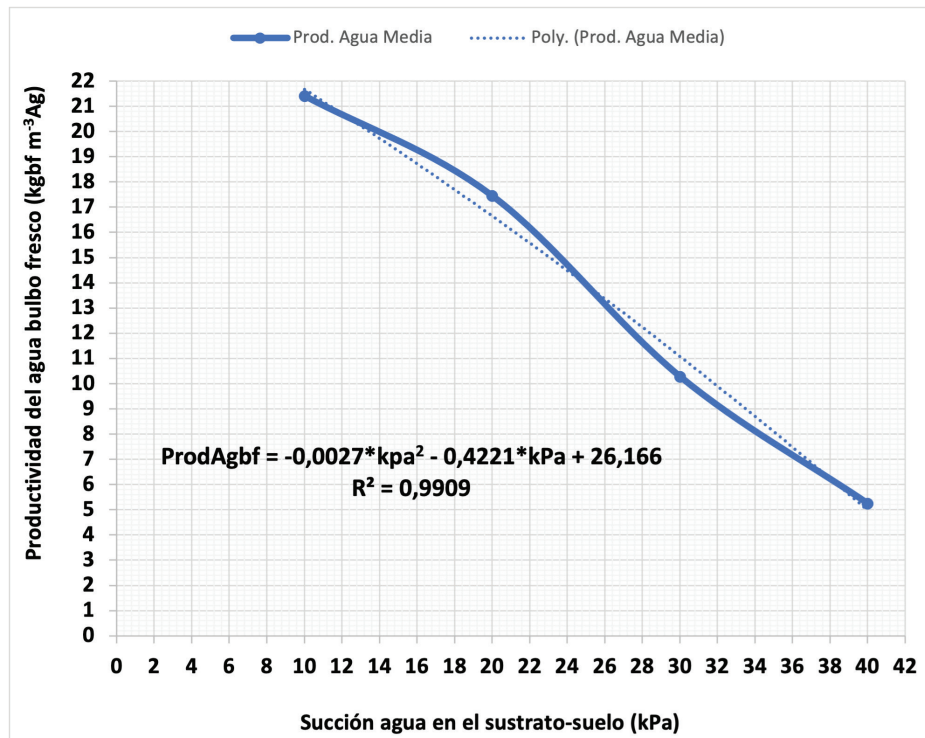


Figura 2. Cuantificación del efecto de la succión del agua en el sustrato-suelo sobre la capacidad del agua de producir cosecha (kgbf m⁻³Ag) en el cultivo de cebolla.

Cuadro 3: Capacidad del agua de producción de biomasa en el cultivo de cebolla (kgb m⁻³Ag).

Factor	Repeticiones	Media muestral	StDev	Significancia	%CV
T1(5 – 15) kPa	4	1,693	0,246	A	14,53
T2(15 – 25) kPa	3	1,465	0,243	A	16,58
T3(25 – 35) kPa	4	0,8371	0,059	B	7,05
T4(35 – 45) kPa	3	0,4091	0,079	C	19,31

Promedios con diferentes letras presentan diferencias significativas (P-value<0,05)

Como se muestra en la figura 3 se observó un descenso continuo en la productividad del agua respecto a la biomasa donde se encontraron en los siguientes ámbitos, para el T1(5 – 15) kPa de 1,49 a 1,89 kgb m⁻³Ag, para el T2(15 – 25) kPa de 1,23 a 1,70 kgb m⁻³Ag, para el T3(25 – 35) kPa de 0,64 a 1,04 kgb m⁻³Ag y para el T4(35 – 45) kPa de 0,18 a 0,64 kgb m⁻³Ag.

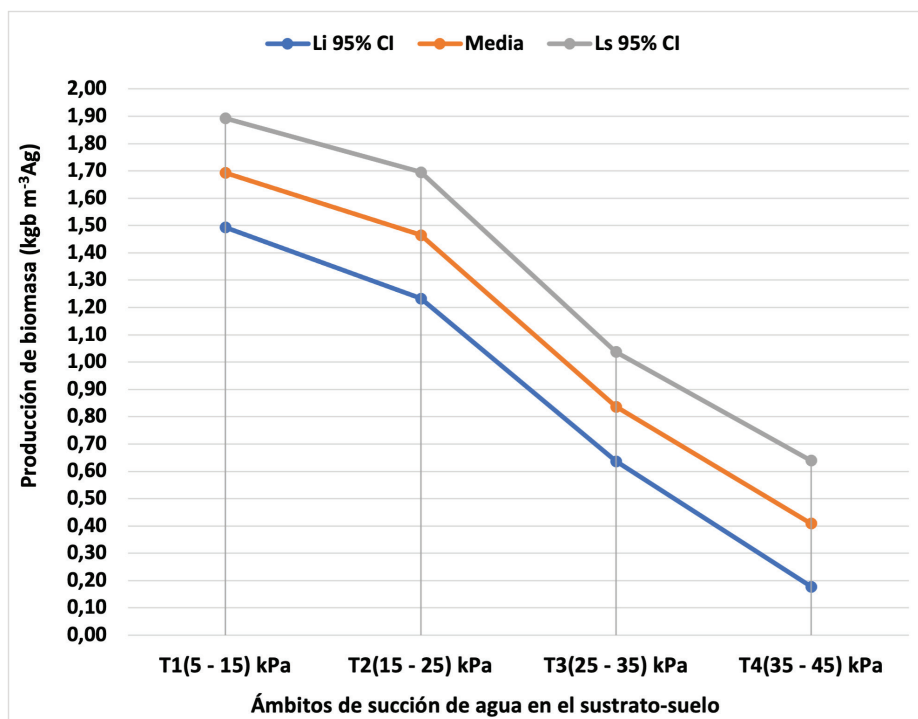


Figura 3. Intervalos de confianza de la capacidad del agua de producir biomasa (kgb m⁻³Ag) en el cultivo de cebolla a diferentes ámbitos de succión en el sustrato-suelo

Se logró cuantificar mediante un modelo polinómico de grado 2 la magnitud el efecto de la succión de agua en el suelo sobre la productividad del agua en términos de biomasa en el cultivo de cebolla como se muestra en la figura 4. En el ámbito de la investigación se encontró que la variable de biomasa es explicada en un 98% por la succión conforme el modelo ($Pvalue < 0,05$).

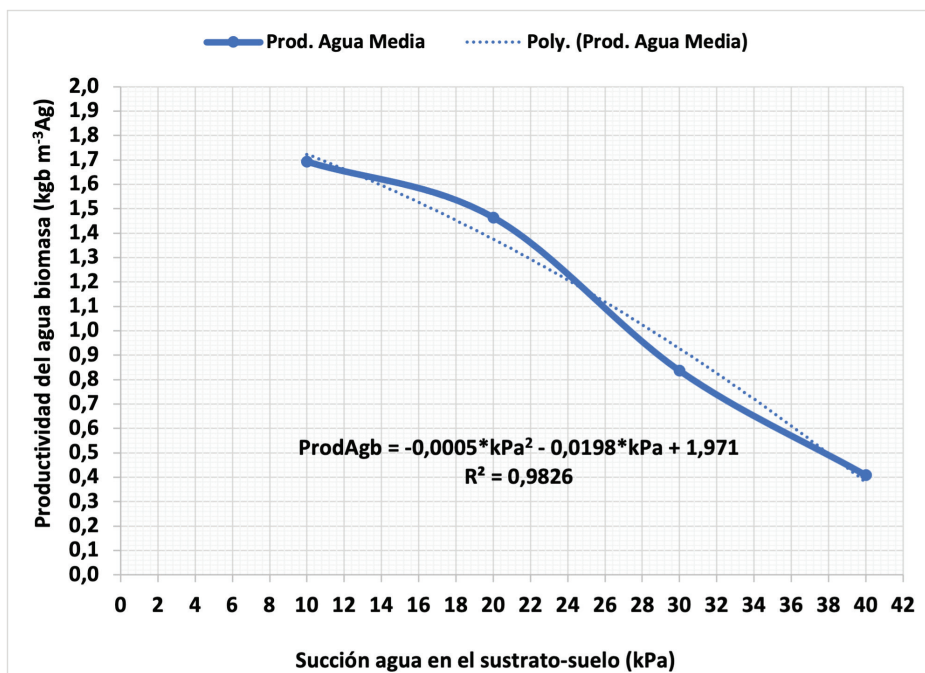


Figura 4. Cuantificación del efecto de la succión del agua en el sustrato-suelo sobre la capacidad del agua para producir biomasa (kgb m⁻³Ag) en el cultivo de cebolla.

Se encontró un efecto de la succión de agua en el sustrato-suelo sobre la rentabilidad del agua donde a mayor succión se presentó un descenso continuo en la rentabilidad como se muestra en las figuras 5. No obstante, la variabilidad no pequeña de los precios de mercado que usualmente se presentan a través de tiempo también tiene un efecto sobre la rentabilidad del agua de manera proporcionalmente positiva donde a mayor precio en los mercados existe la posibilidad de obtener rentabilidad en el cultivo de cebolla.

Se halló para cada ámbito de succión el efecto de la variación de los precios de mercado expresado en ecuaciones lineales como se muestra en la figura 5 las cuales presentaron que, a mayor succión; se va dificultando de manera creciente conforme crece el ámbito de succión en el sustrato-suelo, lograr rentabilidad en el cultivo de cebolla a pesar de la posibilidad que se presenten aumentos en los precios de venta en los mercados, ya que la pendiente positiva de las curvas de succión es menor. No obstante, a pesar de que un supuesto precio de mercado alcance un valor alto no usual de 1400 Col kg⁻¹ para el T4(35 – 45) kPa los mayores valores de los ámbitos de succión no alcanzaría rentabilidad positiva del agua que se aplica.

La rentabilidad del agua cuando toma el valor de cero mostró el “punto de equilibrio económico” donde para el tratamiento T1(5 – 15) kPa se logró cuando el precio de cebolla es de 297,58 Col kg⁻¹, para el T2(15 – 25) kPa fue de 498,81 Col kg⁻¹, para T3(25 – 35) kPa fue de 848,67 Col kg⁻¹ y para el T4(35 – 45) kPa fue de 2007,23 Col kg⁻¹. Esto nos indica que para lograr obtener algún margen de ganancia se precisa de lograr altas productividades en cuanto los precios de mercado se encuentran bajos, lo cual es usual a través del tiempo.

Como la succión de agua en el sustrato-suelo conforme fue mayor, manifestó un efecto de disminución sobre la rentabilidad del agua en el cultivo de cebolla, lo cual produjo una mayor complicación de manera creciente para lograr el punto de equilibrio económico. Ésto nos muestra que se debe de tener conocimiento y control sobre cuáles son los mejores ámbitos de succión de agua en el suelo para lograr las mayores productividades en procura de las mayores rentabilidades del agua en el cultivo de cebolla según el sistema productivo que se tenga, ya que se manifestó alta sensibilidad.

No obstante, la rentabilidad del agua también manifestó dependencia de los precios de mercado que se encuentren presentes al vender la cosecha, pero de éstos no se tiene control. Sin embargo, se puede programar la producción para realizar las cosechas en los tiempos que se presentan los mejores precios con mayor probabilidad.

El punto de equilibrio económico se expresó en dependencia de la succión de agua en el suelo en la ecuación de tipo polinómica de grado 3 como se muestra en la figura 6. Esta ecuación mostró que a mayor succión de agua en el suelo y para un mismo tipo de precio en el mercado, presentó mayor dificultad alcanzar el punto de equilibrio.

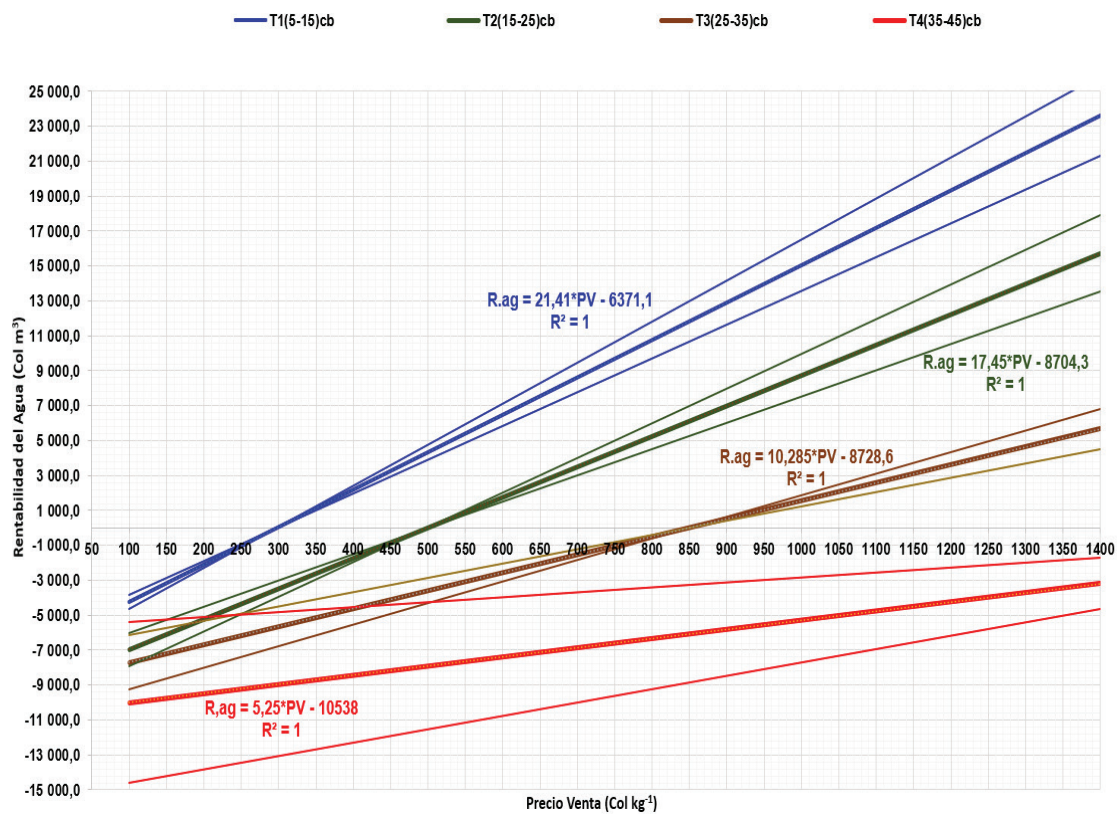


Figura 5. Efecto de la succión del agua en el suelo sobre la rentabilidad del agua en el cultivo de cebolla según variación de precios de venta en los mercados.

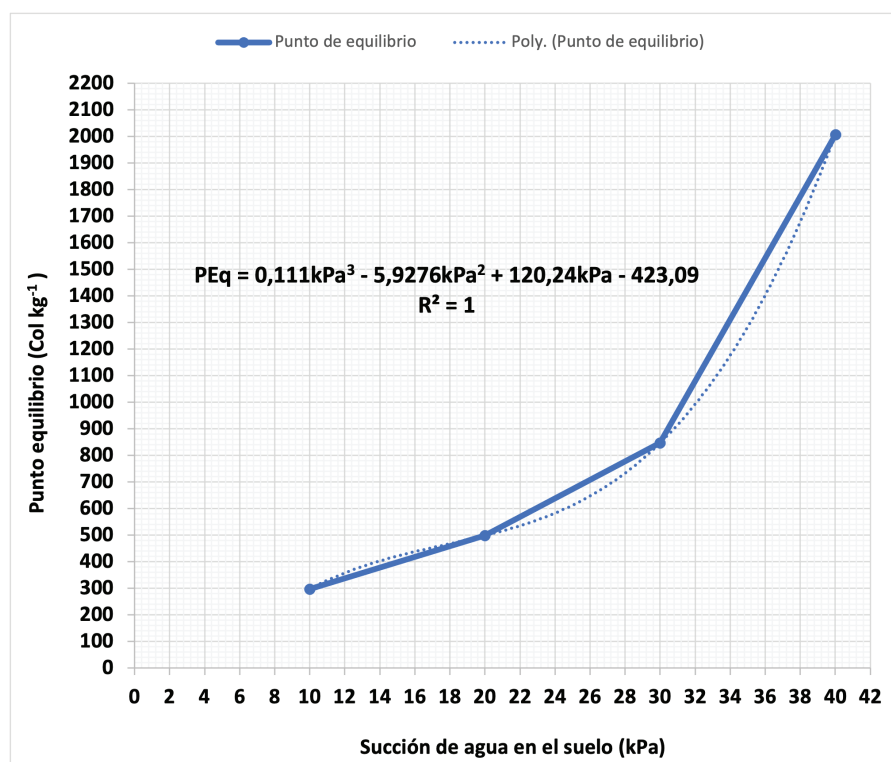


Figura 6. Efecto de la succión del agua en el suelo sobre el punto de equilibrio económico en el cultivo de cebolla.

El efecto encontrado sobre la disminución de la capacidad de producción de biomasa debido al aumento de la succión de agua en el sustrato-suelo se puede entender por medio del proceso de la fotosíntesis que está representado de manera general y resumida pero sólida ($6 \text{ CO}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O} + \text{luz} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2$), como la interrelación del agua, dióxido de carbono y energía solar en las plantas, proceso por el cual; estas últimas obtienen glucosa y oxígeno. Dentro de los diferentes usos de la glucosa o asimilados que se obtienen, se encuentra la producción de biomasa y al presentarse menor cantidad de esta última nos indica con una alta probabilidad, que conforme aumentó el ámbito de succión de agua en el sustrato-suelo, se presentó una menor producción de asimilados debido a que a mayor succión menor absorción de agua.

No obstante, al presentarse la disminución de producción de biomasa, fotosíntesis y consumo de agua ante el aumento de la succión de agua en el sustrato-suelo, entonces conllevó de manera directa a la disminución de la productividad del agua debido a la menor cantidad de cosecha de bulbos frescos de cebolla.

Conclusiones

El aumento de la succión de agua en el sustrato-suelo presentó un efecto de disminución constante en la rentabilidad del agua y de la capacidad de producción del agua en términos tanto de biomasa como de cosecha de bulbos frescos.

El punto de equilibrio económico del cultivo de cebolla y la rentabilidad del agua se ve afectada de manera negativa por el aumento de la succión de agua en el sustrato-suelo.

Conforme aumentan los precios de mercado, aumenta la probabilidad de alcanzar el punto de equilibrio en el cultivo de cebolla, aunque; es menor en altos valores de ámbitos de succión de agua en el sustrato-suelo.

Agradecimientos

Se agradece a las siguientes personas físicas y jurídicas por sus aportes al desarrollo de la presente investigación.

4. Comisión de Manejo y Ordenamiento de la Cuenca Alta Río Reventazón (COMCURE) (<https://sites.google.com/site/comcurecr/Home>)
5. Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR) (<https://www.tec.ac.cr/>)
6. Productor Allen Aguilar Chacón
7. Fromak S. A.

Referencias

- [1] L. Rossato, *Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais: Dissertação de Mestrado em Meteorologia orientada pela Dra Regina Célia dos Santos*, São José dos Campos, 2001, p. 147.
- [2] R. Rojas, «Las relaciones Agua Suelo Planta Atmósfera en planificación, diseño y manejo de proyectos de aguas y tierras,» (sf). [En línea]. Available: <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/rojas.r/RASPA.PDF>. [Último acceso: 24 07 2016].
- [3] A. Chavarría, *Manual de prácticas del curso Relación Suelo Agua Planta*, Cartago, Cartago, 2013.
- [4] R. Vilas Boas, G. Pereira, R. de Sousa y R. Consoni, «Desempenho de cultivares de cebola em função do manejo da irrigação por gotejamento,» *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, vol. 15, nº 2, pp. 117 - 124, 27 04 2011.

- [5] G. Libório, S. Oliveira, C. Aragao, N. Duarte y C. Fernandes, «DESEMPENHO AGRONÔMICO DE CULTIVARES DE CEBOLA SOB DIFERENTES MANEJOS DE IRRIGAÇÃO NO SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO,» *Irriga*, vol. 18, nº 1, pp. 73 - 84, janeiro-março 2013.
- [6] Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), Sistemas de produção, 3: Cultivo da cebola no Nordeste, G. M. d. R. Nivaldo Duarte Costa, Ed., 2007, p. 90.
- [7] Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), «Embrapa Hortaliças,» [En línea]. Available: <https://www.embrapa.br/hortalias/cebola/como-plantar>. [Último acceso: 24 12 2019].
- [8] Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Agrometeorologia dos Cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola, 1ra ed., Brasília, 2009, p. 530.
- [9] Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento, «Embrapa hortaliças: Circular técnica 57,» 2008.
- [10] Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças, «Circular técnica de Embrapa hortaliças,» 1997.
- [11] R. da Costa Ferreira, *Universidade Federal de Campina Grande: Programa de Pós-graduação em Meteorologia*, Campina Grande, Paraíba, 2014.
- [12] J. L. Ríos-Flores, M. Torres-Moreno, M. A. Torres-Moreno y J. E. Cantú Brito, «Eficiencia y productividad del cultivo de frijos en un sistema de por bombeo en Zacatecas, México,» *Ciencia Naturales y Agropecuarias*, vol. 24, nº 2, pp. 152 - 163, 10 2017.
- [13] G. Rocca da Cunha, A. Santi, A. Pasinato, G. A. Dalmago, J. L. Fernandes Pires y J. A. de Gouvêa, «Gestão da produtividade da água em agricultura: o desafio de elevar o rendimento dos cultivos em ambientes com restrição hídrica,» *Plantio Direto*, vol. 144, pp. 27 - 31, S.f.
- [14] R. Salazar-Moreno, A. Rojano-Aguilar y I. López-Cruz, «La eficiencia en el uso del agua en la agricultura controlada,» *Tecnología y Ciencias del agua*, vol. 1, nº 2, pp. 177 - 183, 04 2014.
- [15] E. de Oliveira Feitosa, A. F. Batista Araújo, F. Bezerra Lopes, E. Maia Andrade y F. M. Lima Bezerra, «ANÁLISE DE CUSTOS E RENTABILIDADE NA PRODUÇÃO DE MAMÃO IRRIGADO NO SEMIÁRIDO,» *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, vol. 12, nº 1, pp. 2293 - 2304, 01 - 02 2018.
- [16] F. González Robaina, J. Herrera Puebla, T. López Seijas y G. Cid Lazo, «Productividad del agua en algunos cultivos agrícolas en Cuba,» *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, vol. 23, nº 4, pp. 21 - 27, 12 2014.
- [17] V. P. da S. Paz, J. A. Frizzzone, T. A. Botrel y M. V. Folegatti, «Otimização do uso da água em sistemas de irrigação por aspersão,» *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, vol. 6, nº 3, pp. 404 - 408, 2002.
- [18] E. J. DE SOUZA, F. FRANÇA DA CUNHA, F. FAGNER MAGALHÃES, T. RAMOS DA SILVA, M. C. REZENDE ZUFFO BORGES y C. GARCIA ROQUE, «MÉTODOS PARA ESTIMATIVA DA UMIDADE DO SOLO NA CAPACIDADE DE CAMPO,» *Revista de Ciências Agro- Revista de Ciências Agro-Ambientais, Alta Floresta Ambientais, Alta Floresta Ambientais, Alta Floresta-MT*, vol. 11, nº 1, pp. 43 - 50, 2013.
- [19] A. . C. Saraiva da Costa, M. R. Nanni y E. Jeske, «DETERMINAÇÃO DA UMIDADE NA CAPACIDADE DE CAMPO E PONTO DE MURCHAMENTO PERMANENTE POR DIFERENTES METODOLOGIAS,» *UNIMAR*, vol. 19, nº 3, pp. 827 - 844, 22 08 1997.
- [20] L. Santos , J. Valero, M. Picornell y J. Tarjuelo, *El riego y sus tecnologías*, Albacete: Europa-América, 2010.