
Efecto del riego deficitario controlado en la producción del cultivo de pimentón (*Capsicum annuum L.*), mediante riego localizado en San Juan de Lagunillas, Mérida

Effect of controlled deficit irrigation for paprika production (*Capsicum annuum L.*) through drip irrigation in San Juan de Lagunillas, Mérida.

Luis Rázuri Ramírez*, Richard Rodríguez Padrón**, José Rosales Daboin*

Recibido: 28/01/2013

Aceptado: 15/03/2013

Resumen

Se valoró la aplicabilidad de técnicas de riego deficitario controlado (RDC) en pimentón, mediante el riego localizado utilizando la tina evaporimétrica. Se implementaron dos ensayos, frecuencia de riego diaria y dos días, tres láminas, para T1-100% de la demanda evapotranspirativa (ETc), estableciéndose los riegos deficitarios (T2-80% y T3-60% ETc). El diseño experimental es bloques al azar (4 repeticiones), aplicando desde 24 hasta 154 días después del trasplante (DDT). El análisis estadístico no aleatorio se realizó a través de experimentos con mediciones no repetidas. Para (F=1 día), las variables evaluadas: diámetro del tallo, rendimiento, número, peso, materia seca, diámetro polar y ecuatorial en frutos fueron estadísticamente no-significativas. El rendimiento mayor fue T1, 50,31 t/ha y el menor fue el T2, 46,712 t/ha El consumo de agua entre 4.189,55 y 2.513,73 m³/ ha. El tiempo fue 54,87 min. El ensayo (F=2 días), las variables morfológicas sin diferencias estadísticamente significativas, el rendimiento presentó diferencias estadísticamente significativas, el T2 fue 44,630 t/ha y el T3, con 39,00 t/ha El tiempo riego promedio de 107,26 min. En conjunto presentó diferencias estadísticas significativas en el rendimiento, predominando F=1 día, con 48,035 t/ha, número de frutos, F=2 días, con 48.718, otras evaluaciones no presentaron diferencias.

Palabras clave: Pimentón (*Capsicum annuum L.*), Riego por goteo, riego deficitario controlado, gestión del riego, tina evaporimétrica.

* CIDIAT-ULA. Av. Los Próceres, Parque la Isla, Edif. CIIDIAT, Mérida, 0274-2442224 razuri@ula.ve
luisrazuri@gmail.com rjose@ula.ve,

** MPPAT, Av. Urdaneta, Mérida, 0274-2632576, richardrodriguezpadron@gmail.com

Abstract

Regulated deficit irrigation (RDI) techniques were evaluated in paprika, by using drip irrigation on evaporimeter. Two trials were implemented, daily and two-day irrigation frequency, with three different irrigation sheets: T1-100% of the evapotranspiration demand (ET), and for establishing the deficit irrigation T2-80% and T3-60% of the ET, respectively. A randomized blocks design (4 repeats) was executed, applying water 24 to 154 days after transplantation. Statistical analysis was done for not random experiments with not repeated measurements. For F=1 day, the following variables were statistically non-significant: stem diameter, yield, number, weight, dry matter, polar and equatorial diameter. The highest yield was 50.31 t/ha for T1 while the lowest yield was 46.712 t/ha. for T2. Water consumption found between 2513.73 m³/ha and 4189.55 m³/ha for a daily irrigation time of 54.87 min. For F=2 days, the morphological variables were statistically non-significant. Only the crop yield presented statistically significant differences: for T2 was 44.630 t/ha and for T3 was 39.00 t/ha Average daily irrigation time of 107.26 irrigation min. When both trials were jointly evaluated, presented statistically significant differences in crop yield, prevailing 48.035 t/ha for F=1 day and 48.718 t/ha for F=2 day, as well as number of fruits. Other variables were not significant.

Keywords: Paprika (*Capsicum annum* L.), Drip irrigation, regulated deficit irrigation, irrigation management, evaporimeter.

Introducción

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 de riego deficitario controlado, que permiten tener un mejor control sobre la nutrición hídrica y mineral de los cultivos, con un menor costo económico y ambiental para localidades de disponibilidad limitada del recurso agua. El uso óptimo del agua de riego es un aspecto fundamental en una agricultura sostenible. En este objetivo inciden múltiples factores que tienen que ver con el

suelo, la planta y la atmósfera con énfasis especial en el agua. El grupo de plantas llamadas hortalizas representa dentro de la dieta diaria un papel vital para el venezolano. Dentro de las hortalizas el pimentón es de gran trascendencia por su valor alimenticio constituido por su alto contenido de vitaminas, "A y C". Es la solanácea más importante como comestible después de la papa y como condimento después del tomate. El contenido de vitaminas y principalmente su agradable sabor y estimulante, hacen que esta hortaliza sea un ingrediente valioso y casi esencial en la preparación de alimentos en muchos países del mundo (Casseres, 1981).

La programación y manejo del agua y el aporte de minerales a través del riego, es una de las tendencias actuales para incrementar la productividad de este cultivo. El uso de los riegos localizados de alta frecuencia permite contribuir en este tema, suministrando los requerimientos de agua y minerales a las plantas en función de las etapas fenológicas.

Para utilizar el agua de manera eficiente hoy en día se debe contar y conocer las tecnologías de riego. Aunado a esto, el consumo de fertilizantes, que cada vez se hace más indispensable para el desarrollo de los cultivos, así como la poca disponibilidad que muchas veces presenta el sector de insumos para ofrecerlos en momentos oportunos; se plantea la técnica del fertirriego, que es una estrategia o medio interesante que contribuye al ahorro de agua, mano de obra y fertilizante, aumentando su eficiencia para prolongar la sustentabilidad de los suelos evitando su sobre explotación y agotamiento de manera indiscriminada.

La escasez de agua para la agricultura, que cada vez es más recurrente, y la necesidad de hacer un mejor aprovechamiento de ella, ha interesado a distintos equipos de investigación, en orientar trabajos hacia el estudio de nuevas estrategias de riego, tendientes a disminuir los aportes hídricos, con el menor impacto posible en la producción y calidad de la cosecha. (Ferreyra y Sellés 1997).

El “Riego Deficitario Controlado”, RDC, conceptualmente es desarrollado con el fin de optimizar el uso del recurso hídrico; bajo esta premisa, el RDC plantea reducir el consumo de agua total aplicada a determinado cultivo (Sánchez y Torrecillas, 1995). El RDC difiere de un estrés hídrico natural, ya que una estrategia de RDC busca llevar al árbol o planta a un ligero estrés en un estado fenológico en el cual la producción no sea afectada (Mitchell *et al*, 1984).

Un programa de RDC tiene ciertos riesgos asociados, los que (English y Navaid, 1996), identifican como: incertidumbre del clima, fallas del sistema de riego y enfermedades; factores que afectan el óptimo uso del agua.

En este trabajo se presenta una metodología alternativa, mediante riego localizado y fertirrigación que permite mejorar la eficiencia del uso del agua y de los minerales, como medio para aumentar la productividad del cultivo, proporcionando de manera continua y en cualquier momento, los nutrientes en el agua de riego; además, que permite un ahorro sustancial en la cantidad de los mismos, evitando pérdidas por lixiviación y volatilización.

El objetivo que se plantea es determinar el efecto que tiene el riego deficitario controlado, RDC; en las características morfológicas y variables de rendimiento del cultivo de pimentón y evaluar la influencia de la frecuencia de riego en las diferentes características morfológicas y variables de rendimiento del cultivo en la etapa de cosecha; así como evaluar la utilización de la tina de evaporación tipo “A” como método para realizar el manejo del agua de riego.

Materiales y métodos

La evaluación del efecto del riego deficitario controlado en el cultivo de pimentón (*Capsicum annum L.*), se desarrolló en el marco conceptual de una investigación de tipo experimental de campo. Por razones de limitaciones de manejo de las diferentes frecuencias de riego se efectuaron dos ensayos de manera simultánea, un primer

ensayo de frecuencia de riego diaria y la aplicación de tres láminas de riego (T1-100% ETc, T2-80% ETc, T3-60% ETc) y un segundo ensayo de frecuencia de riego cada dos días y tres láminas de riego (T1-100% ETc, T2-80% ETc, T3-60% ETc), determinando y comparando en ambos ensayos su efecto sobre las variables morfológicas y el componente de rendimiento del cultivo, en el período comprendido entre julio del 2008 hasta febrero del 2009, el diseño experimental de cada ensayo fue de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones.

Ubicación y extensión del área en estudio

La investigación se realizó en la Estación Experimental del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (IIAP), de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad de los Andes, ubicada en San Juan de Lagunillas, municipio Sucre del estado Mérida, Venezuela, con una superficie total de 35.695,08 m², con una altitud entre 1050-1100 msnm, enmarcada entre las coordenadas U.T.M. 240946 E – 941369 N, 240737 E – 941369 N, 240737 E – 941754 N, 240946 E - 941759 N.

Área y población de la unidad de experimental

Las unidades experimentales fueron de tres (3) metros de ancho por treinta y tres (33) metros de largo, para un área por parcela promedio de 99 m², la cual contenía tres hileras de planta distanciadas a 1,0 m, con una separación entre planta de 0,4 m, esto hace un promedio de 251 plantas por tratamiento, para una población total de 6.017 plantas, así mismo una superficie de siembra de 2.306 m². Los muestreos de las variables morfológicas se realizaron en la hilera central, evaluando 8 plantas por tratamiento y las muestras para la obtención de rendimiento se realizaron de la población total de plantas por tratamiento. En la figura 1, se muestra el esquema de distribución de los tratamientos.

F1: Frecuencia de riego diaria

F2: Frecuencia de riego cada dos días

- T1: Riego 100%ETc
- T2: Riego 80%ETc
- T3: Riego 60%ETc

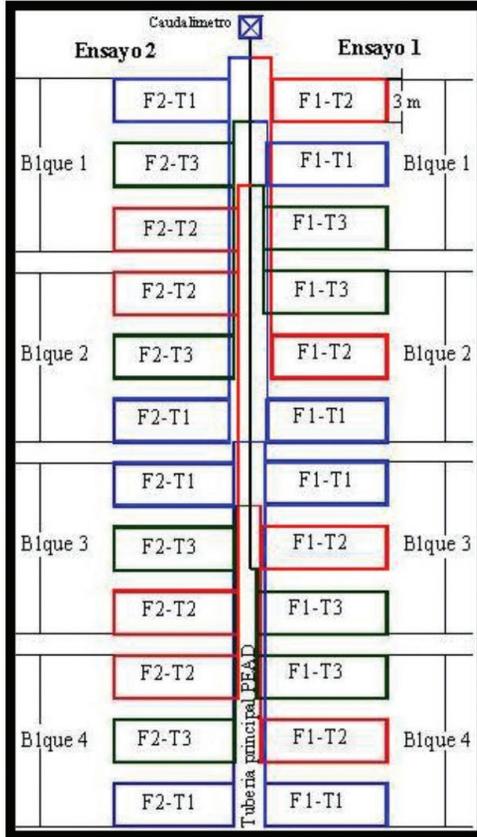


Figura 1. Esquema de distribución de los tratamientos.
Fuente: Elaboración propia

Estrategia de aplicación del riego

El riego se comenzó a realizar tres días antes del trasplante (riego de asiento), igual para todos los tratamientos, y se extendió hasta el día 23 después del trasplante (DDT), garantizando así que todas las plantas tuvieran la misma oportunidad de desarrollo inicial, (fase fenológica de establecimiento); a partir del día 23

después del trasplante (DDT) en la fase fenológica de desarrollo, se comenzó a aplicar los tratamientos de riego deficitario controlado, considerando las lecturas diarias de evaporación en la tina tipo "A", permitiendo calcular la lámina de reposición requerida para satisfacer los requerimientos del cultivo, dependiendo de la etapa fenológica del cultivo (K_c),

La lectura de la tina de evaporación se realizó todos los días, a la 7 am, el riego deficitario se realizó para los diferentes tratamientos T1-100%ET_c, T2-80%ET_c, T3-60%ET_c, con dos frecuencias de riego, diaria y cada dos días, durante todas las fases fenológicas del cultivo.

Evapotranspiración y tiempo de riego

La evapotranspiración referencial se obtuvo de las lecturas de la tina de evaporación tipo "A", afectadas por coeficiente de tina (K_p), que para la zona se estimó en 0,80 (FAO, 2006). Posteriormente, se calculó la evapotranspiración del cultivo (ET_c), como producto de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o) y del coeficiente del cultivo (K_c), de acuerdo a la etapa fenológica del mismo, adoptando para la investigación K_c inicial = 0,6, K_c media = 1,15 y K_c final = 0,8 . Para el cálculo del tiempo de riego, se procedió a restar de la (ET_c), la precipitación efectiva (Pe), que es la parte de la precipitación real que es aprovechada por las plantas. El coeficiente de ajuste de la precipitación real a precipitación efectiva utilizado fue 0,8.

El tiempo de riego se determinó haciendo uso de las ecuaciones 1 y 2.

$$(1) \quad Nr = (ET_c - Pe)$$

Siendo Nr la necesidad de riego (mm); ET_c la evapotranspiración del cultivo (mm día⁻¹) y Pe la precipitación efectiva (mm).

$$(2) \quad Tr = \frac{At * Nr * Ph}{q * Ef}$$

En donde T_r es el tiempo de riego (min); A_t es el área total de las repeticiones de la unidad experimental (m^2); Ph el porcentaje de humedecimiento (%); q es el caudal en las repeticiones de la unidad experimental ($l\ h^{-1}$) y E_f , la eficiencia de aplicación.

A medida que avanza el ciclo del cultivo, mayor es el requerimiento de agua del mismo, la cual se relaciona con el porcentaje de humedecimiento del suelo (Ph), que al principio fue de 50%, aumentando con el desarrollo del cultivo, hasta llegar al final del ciclo a un 80% de humedecimiento del área del cultivo. A su vez se consideraron todas las pérdidas e ineficiencias del método de riego empleado, en caso de riego localizado la eficiencia empleada en el cálculo fue de 90%.

Rendimiento del cultivo

El rendimiento del cultivo se calculó a partir de los datos obtenidos en cada tratamiento, compuesto por tres hileras de plantas. Las cosechas se realizaron semanalmente a los 81, 89, 96, 102, 108, 119, 126, 133, 136 y 153 días después del trasplante (DDT).

Análisis y procesamiento de datos

La metodología para el análisis estadístico, motivado a razones de manejo y la imposibilidad de no aleatorizar, fue una serie de experimentos con mediciones no repetidas (las observaciones que se tomaron son independientes), para la cual se implementaron dos ensayos, diferenciados entre sí por la frecuencia de riego, como se esquematiza a continuación:

Ensayo 1. Frecuencia de riego diaria. Ensayo 2. Frecuencia de riego cada dos días.

Tratamientos: (t_1) Lámina de riego 100% ETC; (t_2) Lámina de riego 80% ETC; (t_3) Lámina de riego 60% ETC.

El primer análisis que se efectuó fue el análisis estadístico individual en los diferentes ensayos, previamente se efectuaron las pruebas para la verificación de la no violación de lo supuesto del análisis de la varianza.

La segunda fase es el análisis en conjunto, este análisis de serie de experimentos contempla primero una prueba de verificación de la suposición de que hay homogeneidad de varianza aleatoria en ambos experimentos. Para poder hacer el análisis en conjunto se requiere que esa homogeneidad esté presente; si se quiere trabajar con un error combinado, y no hay tal homogeneidad, no es que no se pueda hacer el análisis, pero hay que hacerlo por otra vía, que es el obtener la esperanza de los cuadrados medios de cada efecto del análisis de la varianza y seleccionar un denominador adecuado para efectuar la prueba de hipótesis para cada efecto que se quiera probar en el ANAVAR.

Es necesaria la homogeneidad de la varianza del error para hacer un análisis combinado de los dos experimentos, una prueba de tal homogeneidad en la varianza del error con la prueba F Max, rechaza la hipótesis de iguales varianza del error. Los resultados de la prueba F indican un desempeño diferente entre las frecuencias de riego. El análisis combinado debe incluir la posibilidad de interacción frecuencia de riego x lámina.

Los resultados fueron analizados mediante el programa estadístico Statstx, versión 8.0 y las comparaciones de medias a través de las pruebas de Tukey. Esta prueba representa un método conservador, es decir, la tasa de error tipo I. El test de Tukey examina con un mismo estadístico todas las diferencias de medias muestrales en estudio. Si hay medias, luego habrá diferencias de medias posibles.

Resultados y discusión

Esta parte del trabajo aborda el análisis y la discusión de los resultados obtenidos en la ejecución de la investigación, contemplando las condiciones de clima, suelo, láminas, volúmenes y tiempos de riego; así mismo, se evaluó el rendimiento del cultivo para los diferentes tratamientos.

Láminas de riego aplicadas

Para los tratamientos con frecuencia de riego diaria, los valores promedio de la lámina de riego aplicada fue de 4,15 mm, el mínimo y máximo fueron de 1,33 mm y 7,86 mm, respectivamente, y para la frecuencia de riego de cada dos días, el promedio fue de 8,07 mm, los valores mínimo y máximo fueron de 0,25 mm y 14,91 mm. En las figuras 2 y 3, se muestran las necesidades de riego para los tratamientos correspondientes a las frecuencias de riego.

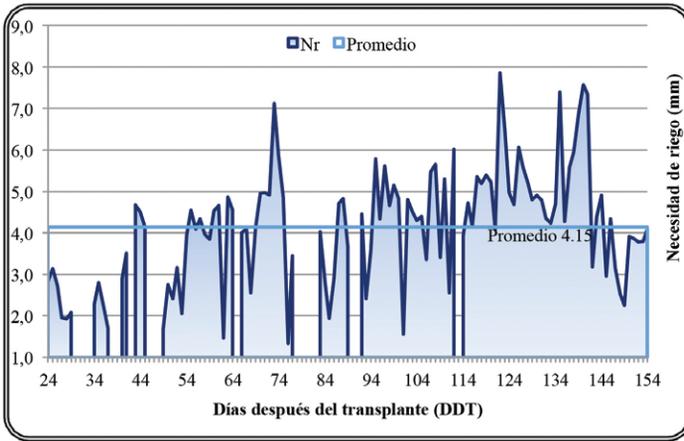


Figura 2. Necesidades de riego diario, frecuencia de riego diaria.
Fuente: Elaboración propia

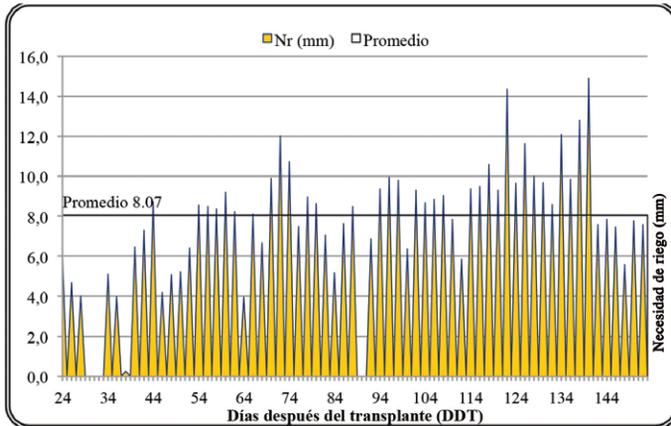


Figura 3. Necesidades de riego diario, frecuencia de riego cada dos días.
Fuente: Elaboración propia

Tiempo de riego

El tiempo de riego consiste en el tiempo necesario para aplicar al suelo las necesidades de riego calculadas. En la tabla 1, se presentan los tiempos promedios, mínimo y máximo, deducidos en el período de la investigación, según la frecuencia de riego.

Tabla 1. Tiempos de riego (min)

	Frecuencia de riego diaria			Frecuencia de riego cada dos días		
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₁	T ₂	T ₃
Prom.	54,87	43,90	32,92	107,26	85,81	64,36
Mínimo	15,09	12,07	9,05	2,20	1,76	1,32
Máximo	111,88	89,50	67,13	212,35	169,88	127,41

Fuente: Cálculos propios

Volumen de riego aplicado

El volumen de agua aplicada se cuantificó por medio de un contador volumétrico ubicado a la entrada de la parcela, tomando en cuenta los volúmenes de llenado de la tubería y el volumen efectivo de riego. En el área en estudio se aplicó un volumen total de 924,7355 m³ para ambas frecuencias de riego, con un promedio de 7,5 m³ día⁻¹ en el período en que se aplicó el RDC. En la figura 4, se representa los volúmenes diarios aplicados en la investigación.

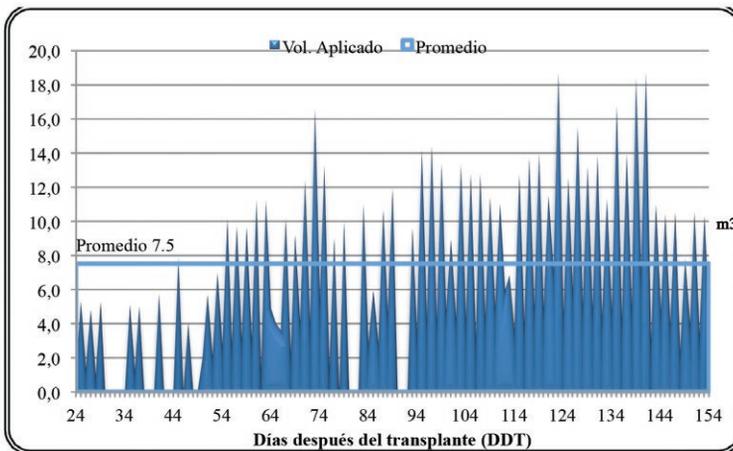


Figura 4. Volumen diario aplicado.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 5, se presentan los volúmenes aplicados por hectárea para cada tratamiento, correspondiente a las frecuencias de riego, observándose una leve diferencia entre ambas frecuencias de riego, la cual se infiere que es influenciada a los días de riego y las necesidades de riego, no siendo significativas estas diferencias entre ambas frecuencias.

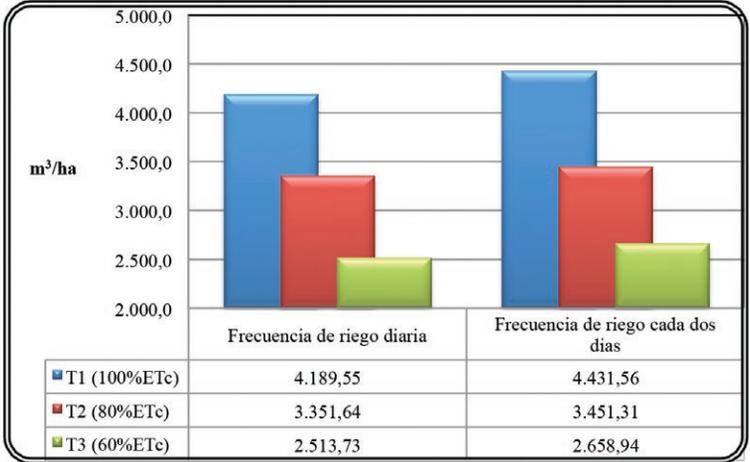


Figura 5. Volúmenes aplicados por hectárea, por tratamiento y frecuencia de riego.
Fuente: Elaboración propia

Para la frecuencia de riego diaria, los volúmenes de riego oscilaron entre 4.189,55 m³ ha⁻¹ y 2.513,73 m³ ha⁻¹, para una diferencia de consumo de 1.675, 82 m³ ha⁻¹ y para la frecuencia de riego cada dos días, fueron entre 4.431,56 m³ ha⁻¹, y 2.658,94 m³ ha⁻¹, para una diferencia de consumo de 1.772,63 m³ ha⁻¹.

Rendimiento

El cálculo del rendimiento del cultivo se efectuó a partir de los datos obtenidos de cada unidad experimental, para cada cosecha, además se evaluaron los resultados de las cuatro repeticiones por tratamiento, extrapolando los datos a t/ha; En la figura 6, se representa el comportamiento de la producción a lo largo del período de la investigación para la frecuencia de riego diaria, donde el tratamiento T₃, en la primera cosecha manifestó

una mayor producción en comparación con los tratamientos T₁ y T₂, aumentando en la segunda cosecha que fue su pico, de ahí en adelante decreciendo hasta la octava cosecha.

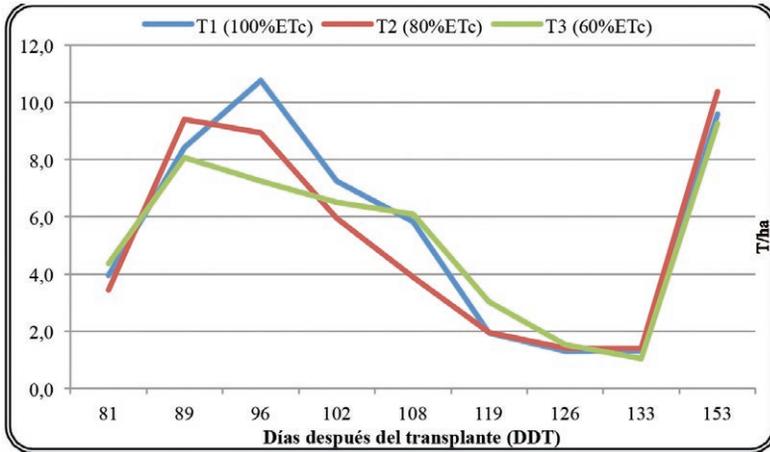


Figura 6. Comportamiento de la producción promedio, frecuencia de riego diaria.

Fuente: Elaboración propia

El tratamiento T₂, presentó su máxima producción a los 89 días después del trasplante (DDT), segunda cosecha, y el T₁ obtuvo su máxima cosecha a los 96 días después del trasplante (DDT), tercera cosecha, de aquí en adelante los tratamientos decrecen paulatinamente, hasta 133 días después del trasplante (DDT), octava cosecha, produciéndose un crecimiento exponencial en la novena cosecha 154 días después del trasplante (DDT) para los tres tratamientos.

En la figura 7, se muestra el resumen general de las cosechas efectuadas, correspondiente a cada frecuencia de riego, evidenciando que la frecuencia de riego diaria mostró un leve aumento en la producción en todos los tratamientos, en comparación con los tratamientos de la frecuencia de riego cada dos días. En la frecuencia de riego diaria, la diferencia entre los tratamientos de mayor rendimiento (T₁) y menor rendimiento (T₂) fue de 3,23 t ha⁻¹, los tratamientos T₂ y T₃, fueron afines. En la frecuencia de riego cada dos días, la diferencia en rendimiento fue de 5,24 t ha⁻¹, mientras en

los tratamientos T₁ y T₂, presentaron analogía, siendo el de mayor producción el T₂. Comparando ambas frecuencia se denota la variabilidad que hay entre las láminas aplicadas, las cuales se ven afectadas por la frecuencia de riego.

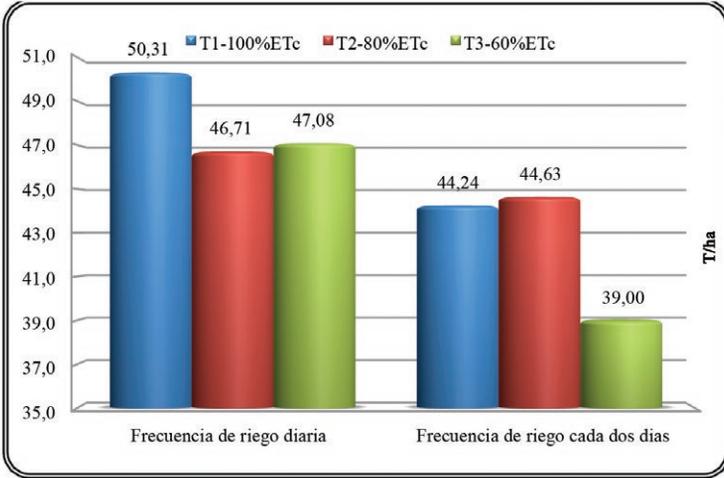


Figura 7. Comportamiento cosecha promedio por tratamiento
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 2, se presentan los resultados de variabilidad espacial de productividad del agua para la investigación realizada; en este caso se observa la eficiencia de uso del recurso agua destacándose significativamente el tratamiento que se aplicó el 60% ET_c, este ahorro de agua es de importancia tanto financiera, como social y ambiental.

Tabla 2. Relación de eficiencia de uso del agua (kg/m³)

Frecuencia de riego	T ₁	T ₂	T ₃
1 día	12,01	13,94	18,73
2 días	9,98	12,93	14,67

Fuente: Cálculos propios

En los resultados obtenidos se observa una leve diferencia entre las frecuencia de riego, siendo la frecuencia de riego diaria la de mayor eficiencia del uso de agua, en todos los tratamientos.

En las tablas 3 y 4 se presenta un resumen comparativo de algunas variables morfológica, producción, ahorro de agua, eficiencia, número y peso de los frutos; en estas se puede destacar un ahorro del 40% de agua, que es significativo para las distintas zonas de explotaciones agrícolas, y que hay que considerar para el uso y manejo de este recurso no renovable.

Tabla 3. Resumen frecuencia de riego diaria

Trat.	Riego m ³ ha ⁻¹	Ahorro de Agua %	Producción Tm ha ⁻¹	Disminución cosecha %	N° Frutos por Planta	Peso de Fruto (gr)	Eficiencia Kg m ⁻³
T ₁	4.189,55	0,00	50,31	0,00	12	169,63	12,01
T ₂	3.351,64	20,0	46,71	7,16	11	168,23	13,94
T ₃	2.513,73	40,0	47,08	6,42	11	164,71	18,73

Fuente: Cálculos propios

Tabla 4. Resumen frecuencia de riego cada dos días

Trat.	Riego m ³ ha ⁻¹	Ahorro de Agua %	Producción Tm ha ⁻¹	Disminución cosecha %	N° Frutos por Planta	Peso de Fruto (gr)	Eficiencia Kg m ⁻³
T ₁	4.431,56	0,00	44,24	0,87	11	168,42	9,98
T ₂	3.451,31	22,11	44,63	0,00	11	166,50	12,93
T ₃	2.658,93	40,00	39,00	12,61	10	163,83	14,67

Fuente: Cálculos propios

Resultados del análisis estadístico

La metodología para el análisis estadístico, motivado a razones de manejo y la imposibilidad de no aleatorizar, fue una serie de experimentos con mediciones no repetidas (las observaciones que se tomaron son independientes), para la cual se implementaron

dos ensayos, diferenciados entre sí por la frecuencia de riego. En la tabla 5, se muestran los resultados del análisis estadístico para las 2 frecuencias consideradas.

Tabla 5. Resultado del análisis estadístico para la frecuencia de riego diaria e interdiaria.

Frecuencia de riego	CM Trat.	CV	Resultados de la Prueba de Tukey de Media			
			Trat.	T ₁	T ₃	T ₂
1 Día	15,696	7,92	X	50,313	47,08	46,712
			Grupo	A	A	A
			Trat.	T ₂	T ₁	T ₃
2 Días	394.815	5,87	X	44,63	44,242	39,005
			Grupo	A	AB	B

Fuente: Cálculos propios

Análisis en conjunto, frecuencia de riego diaria y cada dos días

El análisis estadístico realizado para determinar la relación que existe entre la lámina de riego, la frecuencia de riego y el efecto de la variabilidad de los bloques, como fuente de variación no medido en los ensayos uno y dos, pero que podrían estar influenciando a las variables agronómicas, permitió establecer a través del análisis de varianza a un nivel de significación $\alpha = 0.05$ y 15 grados de libertad, que la variabilidad debida al efecto de los bloques no tiene influencia en la interacción lámina por frecuencia de riego, es decir, que los resultados obtenidos son producto de la aplicación de las láminas de riego en función a la frecuencia de aplicación.

Por otro lado, el análisis estadístico en conjunto, demostró que existen diferencias estadísticamente significativas entre los rendimientos obtenidos, entre las frecuencias de riego, es decir, que las plantas de frecuencia de riego diaria obtuvieron un mejor rendimiento que las plantas de frecuencia de riego cada dos días, y esta diferencia en el rendimiento es debida a la lámina aplicada en función a la frecuencia de riego utilizada, es decir, se obtienen

mejores rendimientos aplicando el riego diario que aplicando el riego cada dos días. En la tabla 6, se presenta el resumen del análisis en conjunto de ambas frecuencias de riego.

Tabla 6. Resumen de análisis en conjunto, variables por frecuencia de riego

Variable	CM Trat.	CV	Resultados de la Prueba de Tukey de Media		
			Trat.	Frecuencia diaria	Frecuencia cada 2 días
Rendimiento	18,610	9,01	X	48,035	42,626
			Grupo	A	B

Fuente: Cálculos propios

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

La tina de evaporación tipo "A", permite manejar la reposición de la lámina de riego al cultivo, facilitando el uso y manejo del riego, siendo de utilidad en la agricultura.

Los volúmenes de riego empleados son similares a otras investigaciones efectuadas, la cual se podría inferir que el riego RDC, es una técnica fácilmente aplicable a este cultivo, con respuesta satisfactoria desde el punto de vista de ahorro de agua, sin afectar los rendimientos esperados.

La necesidad de riego promedio durante la investigación, para la frecuencia de riego diaria, fue de 4,15 mm, y para frecuencia de riego cada dos días de 8,07 mm.

El tiempo de riego promedio de la frecuencia de riego diaria, fue de 54,87 min correspondiente al tratamiento T₁, y para la frecuencia de riego cada dos días, fue de 107,26 min correspondiente al T₁.

Los consumos de agua entre la frecuencia de riego diaria, oscilan entre 4.189,55 m³ ha⁻¹ y 2.513,73 m³ ha⁻¹, para una

diferencia de $1.675,82 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; y para la frecuencia de riego cada dos días, osciló entre $4.431,56 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ y $2.658,93 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, con una diferencia de $1.772,63 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, respectivamente.

En la frecuencia de riego diaria, el mayor rendimiento comercial obtenido fue el del tratamiento T_1 , lo cual corresponde $50,313 \text{ t ha}^{-1}$. Aunque las diferencias en rendimiento entre los tratamientos, no presentó diferencias estadísticas significativas.

En la frecuencia de riego cada dos días, el mayor rendimiento obtenido fue el tratamiento T_2 , lo cual corresponde $44,630 \text{ t ha}^{-1}$, encontrándose diferencias estadísticas significativas, entre los tratamiento T_2 y T_3 .

En la $F=2$ días, no se observan diferencias significativas entre los tratamientos para los diferentes parámetros de estudio, diámetro del tallo, altura de la planta, peso, materia seca, diámetro ecuatorial y polar en fruto.

La diferencia entre las frecuencias de riego aplicadas, seleccionando el mejor rendimiento obtenido fue de $5,683 \text{ t ha}^{-1}$, consiguiendo una merma de 12,6%.

Con el uso de la tina de evaporación tipo "A", los tratamientos admitieron una mejora en la eficiencia en el uso del agua, siendo el riego deficitario controlado (RDC), el que ofreció valores de eficiencia más elevados, reflejados en los tratamientos T_3 , obteniendo una producción para la frecuencia de riego diaria, de $18,73 \text{ kg m}^{-3}$ y la frecuencia de riego cada dos días $14,67 \text{ kg m}^{-3}$, diferenciándose entre sí por $4,06 \text{ kg m}^{-3}$.

Ante la escasez actual de recursos hídricos, los riegos deficitarios para el cultivo de hortalizas son altamente recomendables y muy especialmente el riego deficitario controlado (RDC), que permite ahorros de agua cercanos al 40% sin reducciones significativas de la producción, con una frecuencia de riego diaria, y con una frecuencia de riego cada dos días se puede reducir el consumo de agua hasta un 20%, viéndose afectado con una reducción del 40% para dicha frecuencia.

Recomendaciones

Realizar la fertilización al final de cada jornada de riego, para verificar la influencia de la fertilización al inicio del riego.

Evaluar el riego deficitario controlado en otra época del año en la misma zona.

Realizar investigación para la determinación del valor de Kc del cultivo, en la zona de estudio, en otras zonas del país y en diferentes épocas del año.

El porcentaje de RDC podría encontrarse aplicando técnicas de optimización, análisis de regresión múltiples.

Referencias bibliográficas

- CASSERES, E. 1981. **Producción de hortalizas**. 3 ed. San José de Costa Rica. IICA. 295 p.
- ENGLISH, M. Y NAVAID, S. 1996. **Perspectives on deficit irrigation**. Agricultural Water Management. 32(1)1 - 14 p.
- FAO, 2006. **Evapotranspiración del cultivo. Documento 56**. ISBN 92-5-304219-2. Roma.300 p.
- FERREYRA, E., SELLES G. 1997. **Manejo del Riego en condiciones de restricción hídrica**. Ministerio de agricultura, Serie la platina N° 67, Santiago, Chile. 36 p.
- MITCHELL, D.; JERI E., AND CHALMERS, J. 1984. **The effects of regulated water deficits on pear tree growth, flowering, fruit growth, and yield**. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 109(5): 604 - 606 p.
- SÁNCHEZ, B., Y TORRECILLAS, A., 1995. **Aspectos relacionados con la utilización de estrategias de Riego Deficitario Controlado en cultivos leñosos**. En: M. Zapata y M. Segura (Eds.). Riego Deficitario Controlado. Ed. Mundi Prensa. Madrid. 43 - 63 p.