

Estudio exploratorio sobre el régimen de riego en una parcela de pitahaya (*Hylocereus undatus*)

Exploratory Study on the Irrigation Regime in a Pitahaya (*Hylocereus undatus*) Plot

Ramón Pérez-Leira^{1*}, Oliver Leonardo Pérez-Ojeda¹, Mikael Pérez-Ojeda¹ and David Pérez-Lanyau²

¹Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM), Manta, Manabí Ecuador.

²Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional. México.

*Autor para correspondencia: Ramón Pérez-Leira, e-mail: ramon.perez@uleam.edu.ec

RESUMEN: El cultivo de la pitahaya se ha expandido en los últimos años en varias regiones del mundo, especialmente en Ecuador con predominio en sus regiones tropicales. A pesar de que su producción constituye una fuente importante de ingresos, son escasas las publicaciones relacionadas con sus técnicas de cultivo y manejo del riego en el país. Este trabajo constituye un estudio exploratorio realizado en Manabí, Ecuador en una parcela de 1,25 ha plantada de pitahaya roja. Se determinó la capacidad de campo promedio expresada en porcentaje del suelo seco por el método gravimétrico con un valor de 42,96% pss (valor equivalente al 45% de humedad volumétrica medida con una sonda DELTA-T HH2 en el mismo sitio). Para conocer los requerimientos hídricos del cultivo regado por un sistema de microaspersión se realizó una programación del riego mediante el programa CROPWAT. El intervalo de riego promedio anual obtenido fue de 3,7 días, con valores extremos de 9,3 días en febrero y de 2,7 días en noviembre. Estos resultados fueron comparados con la distribución espacial y temporal de la humedad en períodos de 1 hora, 72 horas y 7 días después del riego. La humedad medida con la sonda electromagnética demostró que la humedad superficial mantuvo valores inferiores a la fracción de agotamiento crítico del 30% hasta 72 horas después del riego. Este resultado es similar al aportado por el CROPWAT (3,7 días) lo cual confirma la necesidad de regar el cultivo cada cuatro días como promedio en función de la época y los aportes de precipitaciones.

Palabras clave: programa CROPWAT, contenido de humedad, distribución espacial.

ABSTRACT: The cultivation of pitahaya has expanded in recent years in many regions of the world, especially in Ecuador with predominance in its tropical regions. Although its production constitutes an important source of income, there are few publications related to its cultivation techniques and irrigation management in the country. This work constitutes an exploratory study conducted in Manabí, Ecuador in a 1.25 ha plot planted with red pitahaya. The average field capacity expressed as a percentage of dry soil was determined by the gravimetric method with a value of 42.96% pss (value equivalent to 45% of volumetric humidity measured with a DELTA-T HH2 probe at the same site). To know the water requirements of the crop irrigated by a microsprinkler system, irrigation programming was developed using the CROPWAT program. The average annual irrigation interval obtained was 3.7 days, with extreme values of 9.3 days in February and 2.7 days in November. These results were compared with the spatial and temporal distribution of humidity in periods of 1 hour, 72 hours and seven days after irrigation. The humidity measured with the electromagnetic probe showed that surface humidity maintained values lower than the critical depletion fraction of 30% up to 72 hours after irrigation. This result is similar to that provided by CROPWAT (3.7 days), which confirms the need to water the crop every four days on average depending on the season and rainfall contributions.

Keywords: CROPWAT program, moisture content, spatial distribution.

INTRODUCCIÓN

En la última década el cultivo de la pitahaya ha experimentado un crecimiento notable, convirtiéndose en una de las frutas exóticas más importantes para la economía agrícola del Ecuador. Al principio, la pitahaya se cultivaba de manera silvestre, pero en las últimas décadas ha habido una expansión significativa en su cultivo comercial, especialmente en la región amazónica y la costa.

Desde el año 2017 el Banco Central del Ecuador reporta incrementos exponenciales en las exportaciones de esta fruta que alcanzaron en el año 2023 la cifra récord de 171,7 millones de dólares (FOB) en exportaciones. Esto

representa un aumento del 72% respecto al año 2022, convirtiéndose en uno de los principales productos no tradicionales en la oferta exportable de Ecuador, según informes del Ministerio de Producción Comercio Exterior Inversiones y Pesca (2024).

Ya en el año 2022, el Ministerio de Agricultura y Ganadería (2023) de Ecuador, indicaba un incremento progresivo de estas exportaciones donde se señalaba a la Provincia Manabí como la tercera a nivel de país con 823 toneladas exportadas de este producto en el año (Figura 1).

Según Solís et al. (2022), el 90% de la pitahaya producida en Manabí, es exportada hacia la Unión Europea.

Recibido: 12/06/2024

Aceptado: 05/12/2024

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

CONTRIBUCIONES DE AUTOR: Conceptualización: R. Pérez. Curación de datos: R. Pérez. Análisis formal: R. Pérez. Investigación: R. Pérez, O. L. Pérez, O. M. Pérez, D. Pérez. Metodología: R. Pérez. Supervisión: R. Pérez. Validación: R. Pérez. Visualización: R. Pérez y D. Pérez. Redacción-borrador original: R. Pérez. Redacción, revisión y edición: R. Pérez y D. Pérez.



Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0).
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



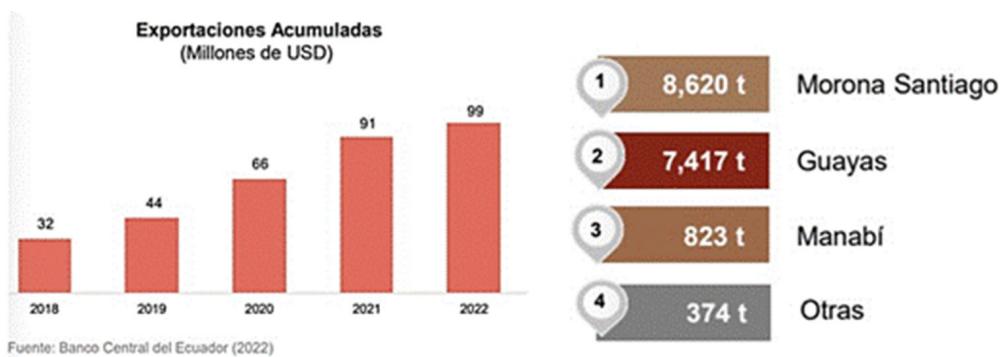


FIGURA 1. Exportaciones de pitahaya en las principales provincias de Ecuador (años 2018-2022).

Vivar (2024) señala los 10 principales destinos de la pitahaya ecuatoriana dentro de los cuales lideran Estados Unidos (US\$ 137.1 Millones), China y Hong Kong (US\$ 11,8 Millones) y Unión Europea (US\$ 11,2 Millones).

La utilidad de esta fruta no solo radica en sus propiedades antioxidantes y sus componentes nutricionales como caroteno, calcio, fibra, vitamina B, vitamina C y fósforo. También es útil en la elaboración de otros subproductos según Jalgaonkar et al. (2022) así como bioplásticos y biocompuestos con diversas aplicaciones comerciales como lo evidencian (Taharuddin et al., 2023).

El rendimiento de este cultivo puede variar en dependencia de la zona edafoclimática en que se desarrolle y de las prácticas agrícolas que se apliquen. En Vietnam se alcanzan rendimientos de 30 a 35 t/ha. En México, que también es un importante productor de pitahaya, el rendimiento varía entre 10 y 25 toneladas por hectárea por año. En Estados Unidos, particularmente en California y Florida, los rendimientos pueden oscilar entre 10 y 20 toneladas por hectárea dependiendo de las prácticas de manejo y las condiciones climáticas. En Malasia, Then et al. (2020) reportan un rendimiento promedio de la pitahaya roja de 20,1 t/ha. En Ecuador, el rendimiento promedio de la pitahaya es de 7,6 t/ha por hectárea, aunque se reportan cifras de hasta 15 toneladas por hectárea en áreas bien manejadas.

A pesar de que la pitahaya es una planta suculenta, lo cual significa que puede almacenar agua en sus tejidos en proporciones superiores al resto de las plantas, un manejo inadecuado del riego puede ocasionar pérdidas importantes en su rendimiento y con ello un impacto negativo notable en su comercialización. Estas pérdidas pueden producirse por un déficit de humedad o también por un sobre humedecimiento del suelo.

Según Yadav et al. (2024), el cultivo tiene un sistema de raíces fibrosas muy poco profundo (entre 15 y 30 cm de la superficie del suelo), esto implica que la superficie del suelo debe mantenerse continuamente húmeda.

La experiencia empírica indica que debe regarse de manera moderada a profundidades que oscilan entre 20 y 30 cm. Durante los primeros meses después de plantada, se debe regar cada 2 ó 3 días para mantener el suelo húmedo. Una vez que la planta esté establecida, se puede reducir la

frecuencia hasta a una vez por semana o incluso menos, dependiendo del clima.

Varios estudios han evaluado cómo diferentes regímenes de riego afectan el crecimiento vegetativo, la floración, la fructificación y el tamaño de los frutos de la pitahaya. Estos estudios suelen examinar la frecuencia y cantidad de riego óptima para maximizar la producción de frutos sin comprometer la salud de la planta. Alves et al. (2021) recomiendan aplicar dosis de 20 L/planta en la semana durante el período seco a lo largo de su estudio de potencial productivo y calidad de la pitahaya con fertilización nitrogenada.

En Puerto Rico, Goenaga et al. (2020) aplicaron riegos a este cultivo cuando la tensión de humedad en el suelo medida a 12 pulgadas (30 cm) era superior a 50 kPa.

Yadav et al. (2024) declaran un requisito de lluvia anual para el cultivo de pitahaya entre 1145-2540 mm/año y sugieren el riego como complemento según la necesidad del cultivo en cada zona. En Ecuador no se encuentran evidencias de estudios encaminados a definir el régimen de riego de este cultivo en sus diferentes zonas de desarrollo. Este estudio exploratorio se realiza con el objetivo de conocer los requerimientos hídricos del cultivo de pitahaya roja en las condiciones edafoclimáticas de Manabí regado por microaspersión.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de la zona de estudio

La investigación se desarrolló en el Cantón Rocafuerte de la Provincia Manabí (Ecuador) en la Hacienda “La Bendición” en una parcela de topografía llana cultivada de pitahaya roja (*Hylocereus undatus*) desde el mes de julio de 2017 en una superficie de 1,25 ha en un suelo de textura media (Figura 2).

Determinación del Régimen de Riego

Para determinar el Régimen de Riego del Cultivo se utilizó el programa CROPWAT 8.0 (Swennenhuis, 1999). La programación se utilizó a partir de los datos de Precipitación y Evaporación del Cultivo de Referencia determinados por Pérez et al. (2018) para la zona (Figura 3).

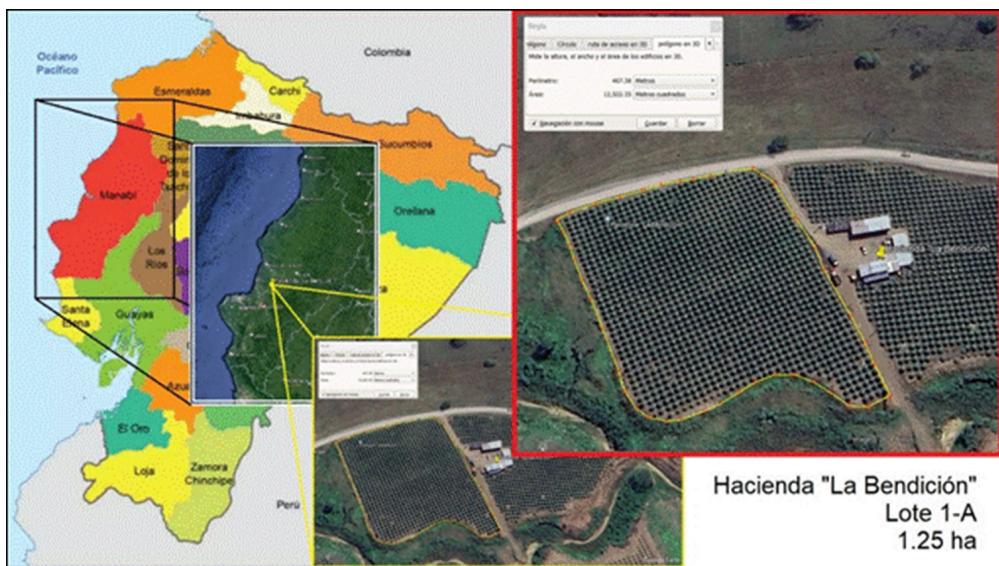


FIGURA 2. Microlocalización de la zona de estudio.

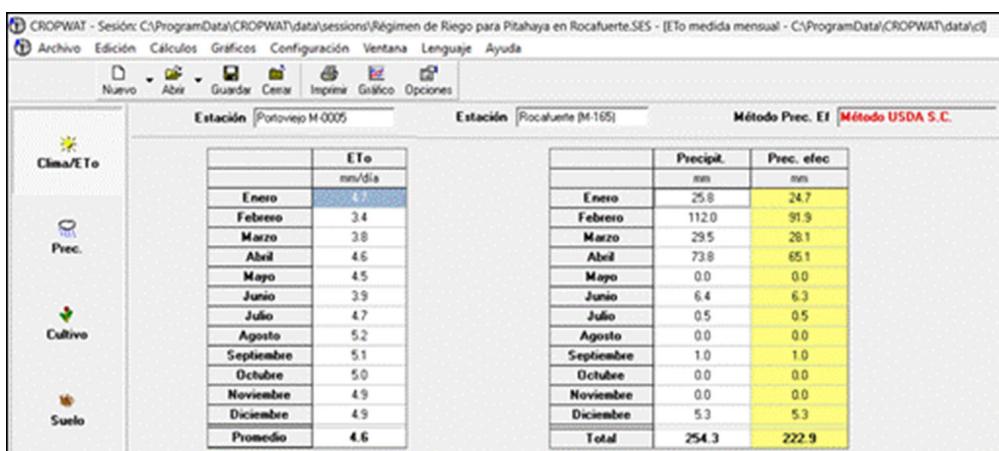


FIGURA 3. Introducción y procesamiento de datos climáticos en el programa CROPWAT 8.0.

Debido a que no existe un consenso en la literatura consultada sobre los valores de K_c del cultivo, se realizó la programación a partir de las consideraciones realizadas por Juárez (2020) en sus investigaciones desarrolladas en México (Figura 4).

Para definir la programación de riego se tomó como criterio “Regar a agotamiento crítico”, y reponer el suelo a capacidad de campo. Esta opción se establece cuando el Agua Fácilmente Aprovechable (AFA) se ha consumido completamente por el cultivo y se aplica el riego para reponer al 100% la capacidad de retención del suelo. Para esta programación se consideró una eficiencia del sistema de riego del 90% (Figura 5).

Determinación de la Capacidad de campo del Suelo

La determinación de la capacidad de campo del suelo se realizó por el método de la plazoleta de inundación en un punto ubicado al centro de la parcela (Coordenadas WGS84 UTM17S: S: -569797.3 O: -99903017.0), descrito

por Pérez et al. (2018). Las muestras de suelo se tomaron después de transcurridas 72 horas de la saturación a partir de considerar que el suelo era de textura media. Se tomaron tres muestras para cada horizonte de 10 cm de espesor desde la superficie hasta 50 cm de profundidad (5 profundidades: 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, 30-40 cm y 40-50 cm). Lo cual generó un total de 15 muestras de suelo. Esta operación se efectuó para dos puntos en la misma plazoleta, lo cual generó un total de 30 muestras (dos perforaciones con 15 muestras en cada perforación). Las muestras fueron pesadas in situ y secadas en la estufa a 105°C durante 16 horas. Posteriormente se procedió a determinar su peso seco a temperatura ambiente y a determinar el contenido de humedad con respecto al peso de suelo húmedo.

Durante esta prueba se midieron los valores de humedad volumétrica en la plazoleta antes y después de saturar con una sonda modelo DELTA-T HH2 para contrastar los valores con los de humedad gravimétrica obtenidos en el laboratorio.

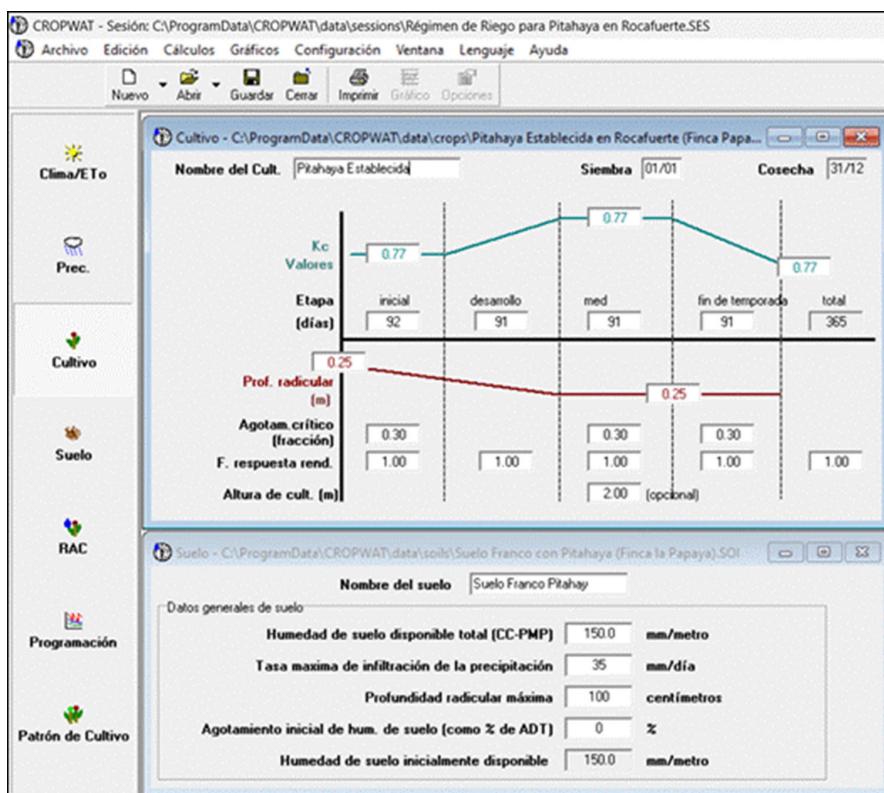


FIGURA 4. Introducción de datos del cultivo y del suelo en el programa CROPWAT 8.0.

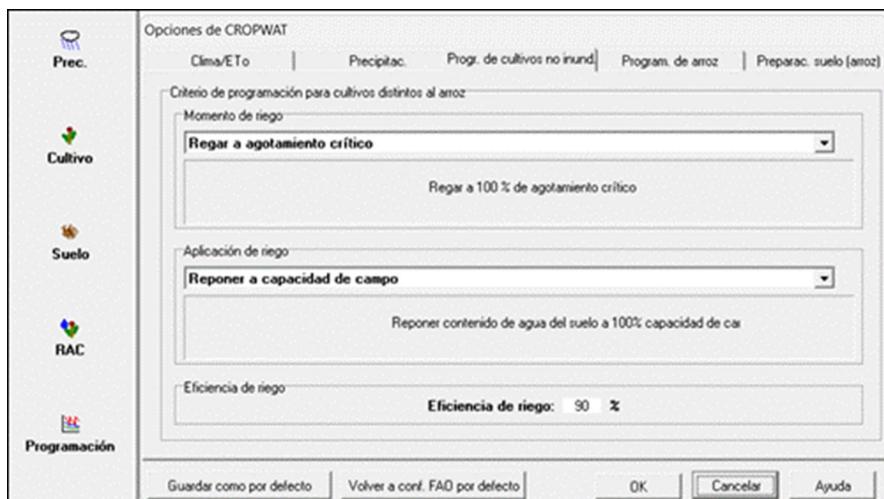


FIGURA 5. Criterio de momento y magnitud de riego definido al programa CROPWAT 8.0.

Análisis de la Humedad existente en el Suelo

Para determinar la humedad existente en el suelo se seleccionaron 5 plantas ubicadas de manera aleatoria dentro de la parcela. La distancia de plantación entre hileras y entre plantas fue de 3 m. El sistema riego existente fue de microaspersión distribuidos a razón de 1 emisor por planta. Las evaluaciones efectuadas al sistema de riego, basadas en la norma UNE-EN 15097 (2024), mostraron un caudal promedio aplicado de 42,7 l/h. Este resultado permite definir con mayor precisión el tiempo de operación del sistema para aplicar la dosis de riego requerida por el

cultivo. Se tomaron valores de humedad volumétrica en una disposición de 4 radios a 90° con espaciamientos de 50 cm hasta un alcance de 1,5 m a partir del eje de cada planta (Figura 6). Las mediciones de humedad se realizaron a una profundidad de 10 cm, con la sonda DELTA-T HH2, obteniéndose 12 valores por planta. Se tomaron 12 lecturas por cada planta en tres momentos: 1 hora después del riego, 72 horas posterior al riego y 7 días después del riego para comparar la distribución espacial de la humedad y su variación durante el período de mayo a agosto de 2024, con una tendencia a comportarse como un año seco.

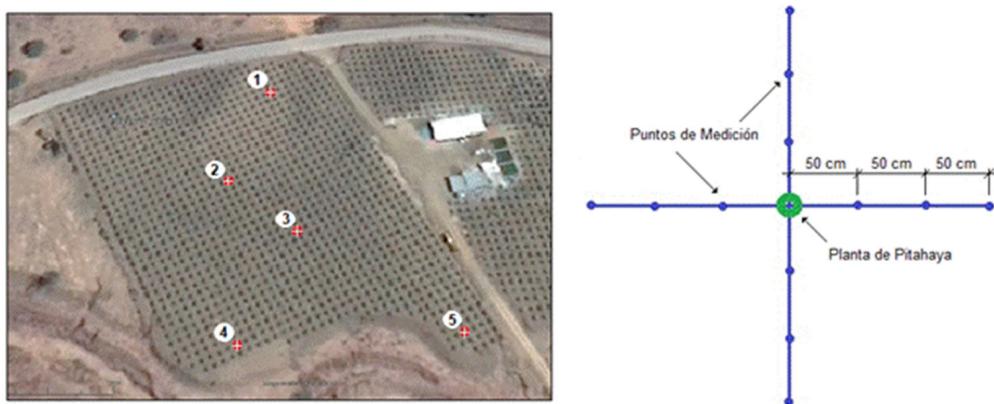


FIGURA 6. Ubicación de las plantas dentro de la parcela y de los 12 puntos de medición en cada planta.

Posterior a la toma de datos, se procedió al procesamiento de estos y a la interpolación de la matriz con el paquete de R “eimpute” según Gao et al. (2024), y luego esta fue convertida a imagen ráster para facilitar su visualización.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados de la programación del riego mediante el programa CROPWAT

La programación de riego realizada en el programa CROPWAT 8.0 mostró una lámina neta total requerida por el cultivo en el año es de 1266,3 mm (Figura 7). Estos resultados son afines a los declarados por Yadav et al. (2024) con un requisito de lluvia anual para el cultivo de pitahaya entre 1145-2540 mm/año.

El resumen de la programación generada por el programa CROPWAT muestra que se requiere un total de 98 riegos anuales distribuidos de manera mensual según los datos que se muestran en la Tabla 1. El Intervalo de riego promedio

para el cultivo es de 3,7 días, el cual varía en función de la demanda hídrica del cultivo en cada mes (Tabla 1).

Resultados de la medición de Capacidad de Campo del Suelo

Los resultados de la prueba de capacidad de campo del suelo mostraron un comportamiento como se describe en la Figura 8. El valor de capacidad de campo promedio expresado en porcentaje del suelo seco (% pss) para el estrato superficial de 10 cm fue de 42,96% pss. Este valor es equivalente al valor promedio de 45% de humedad volumétrica expresado en porcentaje del volumen total del suelo, medido de manera simultánea en el sitio con la sonda DELTA-T HH2.

Como es conocido, la relación que se establece entre estas dos formas de expresión de humedad representa el valor de la densidad del suelo (Da), por lo tanto, este valor puede determinarse mediante la siguiente expresión:

ETO estación		Cultivo		Siembra		Red. Rend					
Est. de lluvia	Portoviejo M-0005	Suelo	Pitahaya Estableci	01/01	Cosecha	31/12	0.0 %				
Formato de Tabla											
<input checked="" type="radio"/> Program. de riego <input type="radio"/> Bal. diario de agua de suelo				Momento: Regar a agotamiento crítico Aplicación: Reponer a capacidad de campo Ef. campo 90 %							
Fecha	Día	Etapa	Precipit.	Ks	ETa	Agot.	Lám.Neta	Déficit	Pérdida	Lam.Br.	Caudal
			mm	fracc.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
4 Ene	4	Ini	0.0	1.00	100	34	12.8	0.0	0.0	14.2	0.41
8 Ene	8	Ini	0.0	1.00	100	34	12.8	0.0	0.0	14.2	0.41
12 Ene	12	Ini	0.0	1.00	100	40	14.8	0.0	0.0	16.5	0.48
16 Ene	16	Ini	0.0	1.00	100	39	14.8	0.0	0.0	16.4	0.48
20 Ene	20	Ini	0.0	1.00	100	39	14.8	0.0	0.0	16.4	0.48
26 Ene	26	Ini	0.0	1.00	100	36	13.4	0.0	0.0	14.9	0.29
30 Ene	30	Ini	0.0	1.00	100	36	13.4	0.0	0.0	14.9	0.43
6 Feb	37	Ini	0.0	1.00	100	31	11.5	0.0	0.0	12.7	0.21
10 Feb	41	Ini	0.0	1.00	100	31	11.5	0.0	0.0	12.7	0.37
21 Feb	52	Ini	0.0	1.00	100	34	12.6	0.0	0.0	14.0	0.15
5 Mar	64	Ini	0.0	1.00	100	32	12.0	0.0	0.0	13.3	0.13
10 Mar	69	Ini	0.0	1.00	100	30	11.4	0.0	0.0	12.7	0.29
15 Mar	74	Ini	0.0	1.00	100	34	12.8	0.0	0.0	14.3	0.23
Totales				Lámina bruta total	1406.9 mm	Precipitación total	254.8 mm				
				Lámina neta total	1266.3 mm	Precipitación Efectiva	104.1 mm				
				Pérdida total de riego	0.0 mm	Pérdida tot.prec.	150.7 mm				
				Uso real de agua del cultivo	1374.5 mm	Def. de hum. en cosecha	4.2 mm				
				Uso pot. de agua del cultivo	1374.5 mm	Requer. reales de riego	1270.4 mm				
				Efic. de programación de riego	100.0 %	Efic. de precipitación	40.8 %				
				Deficiencia de programación de riego	0.0 %						

FIGURA 7. Programación del riego de la pitahaya en la zona de estudio según el programa CROPWAT.

$$Da = \frac{Hv \cdot \text{Dagua}}{Hg} = \frac{45,00 \cdot 1,0}{42,96} = 1,05 \text{ g/cm}^3$$

donde:

Da: Densidad Aparente del suelo (g/cm³)

Hv: Humedad Volumétrica (%)

Dagua: Densidad del Agua (1,0g/cm³)

Hg: Humedad Gravimétrica (% pss)

Este resultado de densidad aparente de suelo (1,05 g/cm³) coincide con los obtenidos por Pérez & Domínguez (2024) quienes declaran valores muy cercanos a 1,0 g/cm³ en varias zonas de Manabí como Chone, San Ramón y Mapasingue.

Resultados de la medición de la humedad existente en el suelo

En la Figura 9 se pueden observar los valores de humedad volumétrica medidos en cada una de las plantas 1 hora posterior después verde (inferiores al 30% en la escala) son muy escasos. Estos tonos en verde indican las zonas de menor disponibilidad de agua que están muy cercanas a la fracción de agotamiento crítico del 30% considerada en la planificación realizada con el programa CROPWAT, lo cual es equivalente a una humedad en el suelo del 70% de la Hv_{cc} (31,5%).

El promedio de humedad volumétrica obtenido en las cinco plantas fue de 36,4%. Desde el punto de vista cuantitativo, la existencia de estas pequeñas zonas de déficit mostradas en verde puede considerarse despreciable si se tiene en cuenta que todos los valores de Hv_{cc} obtenidos en cada planta están por encima de 31,5%, lo cual clasifica como agua fácilmente aprovechable (AFA).

Si se tiene en cuenta que la humedad volumétrica a capacidad de campo (Hv_{cc}) en la superficie fue de 45%, entonces puede considerarse que la Hv promedio medida 24 horas después del riego representa un 80,9% de Hv_{cc}.

En la Figura 10 se observa la distribución de humedad 72 horas después del riego. Se puede apreciar un incremento de los tonos en verde, sin embargo, a pesar de que se observa un acercamiento al límite inferior del AFA, todos los valores promedio de Hv_{cc} obtenidos en cada planta se mantienen por

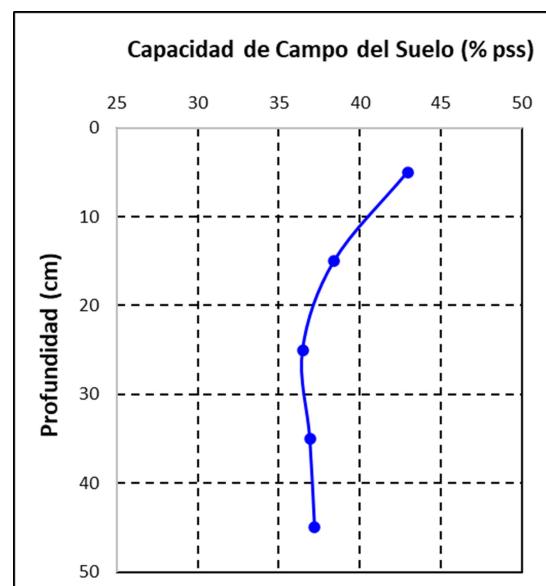


FIGURA 8. Comportamiento de la Capacidad de Campo del suelo hasta 50 cm de profundidad.

encima del 31,5% con un valor promedio de 35.04% en las cinco plantas. Este valor representa el 77.9% de la Hv_{cc}.

Con este resultado se puede concluir que en esta zona se puede considerar un intervalo de riego a partir del cuarto día sin causar afectaciones al cultivo. Esto coincide con el intervalo de riego promedio anual de 3,7 días mostrada en la Tabla 1 generada a partir del programa CROPWAT para estas condiciones edafoclimáticas.

En la Figura 11 se observa la distribución de humedad 7 días después del riego. Se puede apreciar un predominio de tonos de color marrón, lo cual indica que en la mayoría de las plantas la humedad promedio está en el límite o es inferior al valor mínimo admisible (31,5 %) después de haber aplicado 1 hora de riego. La humedad promedio en los cinco puntos fue de 26,82, este valor representa un valor de 59,6% de la Hv_{cc}, lo cual supera la fracción de agotamiento crítico del 30 %.

Tabla 1. Distribución mensual del riego de la pitahaya en la zona de estudio según programación ofrecida por el programa CROPWAT 8.0.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año
Cantidad de riegos	7	3	6	6	7	8	10	10	10	10	11	10	98
Intervalo de riego (días)	4,4	9,3	5,2	5	4,4	3,8	3,1	3,1	3	3,1	2,7	3,1	3,7

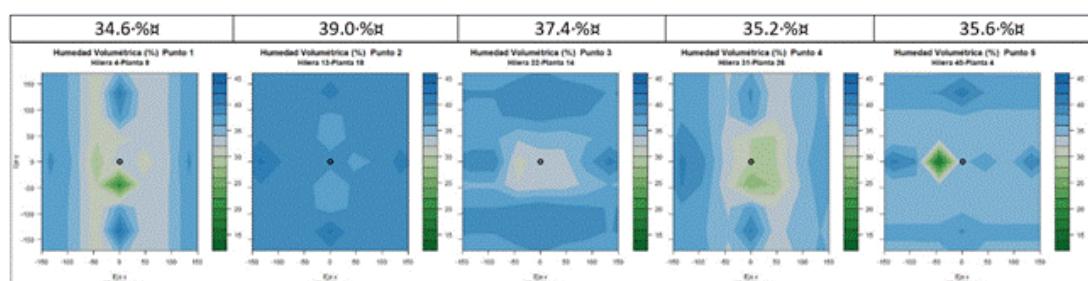


FIGURA 9. Humedad volumétrica del suelo en cinco plantas 1 hora después del riego.

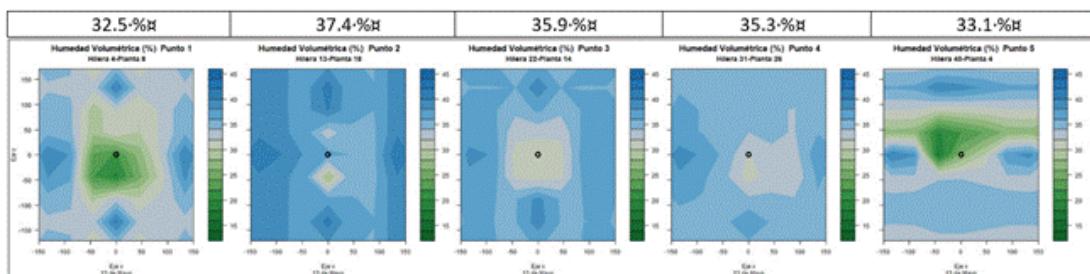


FIGURA 10. Humedad volumétrica del suelo en cinco plantas 72 horas después de la aplicación del riego.

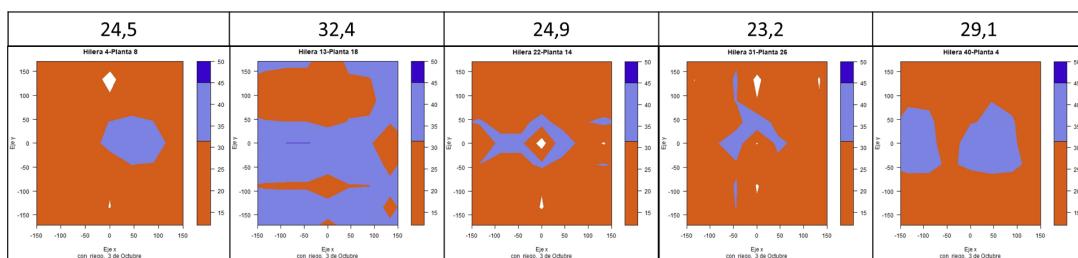


FIGURA 11. Humedad volumétrica del suelo en cinco plantas 7 días después de la aplicación del riego.

Análisis comparativo entre el volumen de agua aplicado por el riego y su aporte a la humedad del suelo

En la Tabla 2 se muestran con mayor precisión los resultados comparativos entre la humedad del suelo antes y después del riego, el incremento de humedad del suelo después de aplicar el riego aplicado a los 7 días de intervalo y el volumen de agua aplicado. Se evidencia que para incrementar la humedad en un 6% (5,97%) es necesario aplicar 46 l/planta. Este aporte se logra con una duración del riego de una hora. En cambio, si se pretende regar a agotamiento crítico y reponer a capacidad de campo, sería necesario reponer la humedad volumétrica desde 31,5 hasta 45% (aporte de 13,5 %). Este aporte se logra con un riego de 115 min (1,92 h) de duración. Este resultado constituye uno de los aportes más significativos de este estudio si se tiene en cuenta que queda definido el tiempo de riego necesario para llevar la humedad del suelo al valor requerido por el cultivo, lo cual permite realizar los ajustes necesarios en la programación para un riego más eficiente.

CONCLUSIONES

- La planificación del régimen de riego del cultivo de la pitahaya realizada mediante el programa CROPWAT para la zona edafoclimática de rocafuerte en Manabí, Ecuador, muestra una demanda de 98 riegos anuales distribuidos de manera irregular en función de los aportes de lluvia que ocurren a inicios del año. El

intervalo de riego promedio anual que se obtuvo fue de 3,7 días, con valores máximos de 9,3 días en febrero y mínimos de 2,7 días en noviembre.

- El análisis de distribución de humedad superficial realizado a las 24 horas después del riego muestra valores de humedad que están dentro de la fracción de agotamiento crítico del 30% planificado en el CROPWAT, lo cual clasifica como agua fácilmente aprovechable por la planta.
- El análisis de distribución de humedad superficial realizado a las 72 horas después del riego mantiene valores de humedad que están dentro del agua fácilmente aprovechable, lo cual confirma los resultados obtenidos en el CROPWAT donde el intervalo de riego debe considerarse a partir del cuarto día en función de la época del año y de los aportes que reciba el cultivo por las lluvias.
- En la época en que se ha realizado este estudio se demuestra que la frecuencia de 1 riego semanal resulta insuficiente para mantener el contenido de humedad del suelo dentro de la categoría de Agua Fácilmente Aprovechable por la planta.
- Si se pretende regar a agotamiento crítico y reponer a capacidad de campo, sería necesario regar durante 115 min (1,92 h) para reponer la humedad volumétrica desde 31,5 hasta 45 % (un aporte de 13,5 %).

TABLA 2. Análisis comparativo entre el volumen de agua aplicado por el riego y su aporte a la humedad del suelo

Resumen de humedad volumétrica en cada punto (%)						
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Promedio
Antes de riego	16,88	25,23	19,75	19,84	22,51	20,84
Después de riego	24,46	32,41	29,90	23,18	29,13	26,82
Incremento de humedad	7,58	7,18	5,15	3,34	6,61	5,97
Volumen de riego (L/planta)	42,00	44,88	40,92	35,40	66,96	46,03

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Esteban Chirino Miranda por su apoyo con el equipamiento utilizado en esta investigación.

Al Ing. Gustavo Cevallos Lucas por permitir el acceso total a la zona de estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Alves, D. D. A., Cruz, M. dC. M., Lima, J. E., Santos, N. C., Covarrubias, J. M., & Barroso, F. d L. (2021). Productive potential and quality of pitaya with nitrogen fertilization. *J E*, 56, e01882, ISSN: 1678-3921, Publisher: SciELO Brasil, DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-3921>.
- Gao, Z., Zhu, J., Zhu, J., Wang, X., Qiu, Y., Guennebaud, G., Niesen, J., & Gardner, R. (2024). *Empute: Efficiently Impute Large Scale Incomplete Matrix*. <https://cran.r-project.org/web/packages/eimpute/index.html>
- Goenaga, R., Marrero, A., & Pérez, D. (2020). Yield and fruit quality traits of dragon fruit cultivars grown in Puerto Rico. *HortTechnology*, 30(6), 803-808, ISSN-1063-0198, 1943-7714, DOI-[10.21273/HORTTECH04699-20](https://doi.org/10.21273/HORTTECH04699-20), Publisher: American Society for Horticultural Science.
- Jalgaonkar, K., Mahawar, M. K., Bibwe, B., & Kannaujia, P. (2022). Postharvest profile, processing and waste utilization of dragon fruit (*Hylocereus* spp.): A review. *Food Reviews International*, 38(4), 733-759, ISSN--9129 15258,755-6103, DOI-[10.1080/87559129.2020.1742152](https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1742152)
- Juárez, Y. V. (2020). *Uso del agua en pitahaya (*Hylocereus undatus*), bajo diferentes condiciones de humedad, sombra y tamaño de esqueje*. Colegio de Posgraduados, Estado de México, México. http://www.cm.colpos.mx/meteoro/teshid/tesis/2020-08-Velazquez_Juarez_Yolanda-DC.pdf
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2023). *Boletín Situacional Pitahaya 2023*. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Ecuador. : <https://online.fliphmt5.com/ijia/ccvq/>
- Ministerio de Producción Comercio Exterior Inversiones y Pesca. (2024). *Pitahaya rompe récord en exportaciones con más de USD 172 millones, en 2023*. (Ministerio de Producción Comercio Exterior Inversiones y PescaA, Ecuador. <https://www.produccion.gob.ec/pitahaya-rompe-record-en-exportaciones-con-mas-de-usd-172-millones-en-2023>
- Pérez, L. R., Acosta, E., Cedeño-Caicedo, G., Delgado-Anchundia, H. E., Mendoza-Briones, A. R., & Chávez-Ramón Pérez-Leira, Dr.C. Prof., Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM). Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura. Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura. Dirección: Avenida Circunvalación-Vía San Mateo. Código postal: 130214 Manta, Manabí. Ecuador.
- Oliver Leonardo Pérez-Ojeda, Est., Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM). Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura. Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura. Dirección: Avenida Circunvalación-Vía San Mateo. Código postal: 130214 Manta, Manabí. Ecuador. E-mail: e1313316372@live.uleam.edu.ec
- Oliverli Mikael Pérez-Ojedaamón Est., Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM). Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura. Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura. Dirección: Avenida Circunvalación-Vía San Mateo. Código postal: 130214 Manta, Manabí. Ecuador. E-mail: e1313316380@live.uleam.edu.ec
- David Pérez-Lanyau, Lic. Prof., Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional, México, e-mail: rdplanyau@gmail.com.
- La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.

García, L. E. (2018). El régimen de riego para cultivos en Manabí, Ecuador: Estudio edafológico. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 27(4), ISSN-2071-0054, Publisher: 1986, Universidad Agraria de La Habana.

Pérez, L. R., & Domínguez, G. J. (2024). *¿Cómo regar en manabí? Una guía para los gestores de riego y agricultores a pequeña escala*. Uleam editorial universitaria, primera publicación digital ed., Manta, Manabí, Ecuador. <https://libros.uleam.edu.ec/producto/como-regar-en-manabi/>

Solís, B. Y. L., Chancay, B. M. M., Ponce, F., & Arauz, C. Y. M. (2022). Oportunidades de Exportación Productos no Tradicionales: Caso de Estudio Producción de Pitahaya Roja de La Parroquia Puerto Cayo. *Dominio de las Ciencias*, 8(1), 39-56, ISSN-2477-8818, DOI-[http://dx.doi.org/10.23857/dc.v8i41.2557](https://doi.org/10.23857/dc.v8i41.2557).

Swennenhuys, J. (1999). *CROPWAT*(Versión Visual Delphi 4.0) [Windows]. FAO. <https://www.fao.org/land-water/databases-and-software/cropwat/es>

Taharuddin, N. H., Jumaidin, R., Mansor, M. R., Hazrati, K. Z., Asyraf, M. R. M., & Razman, M. R. (2023). Unlocking the Potential of Lignocellulosic Biomass Dragon Fruit (*Hylocereus polyrhizus*) in Bioplastics, Biocomposites and Various Commercial Applications. *Polymers*, 15, 26-54, ISSN-2073-4360, DOI-[10.3390/polym15122654](https://doi.org/10.3390/polym15122654).

Then, K. H., Faiz, O. M., & Norshafiqah, K. (2020). The flowering pattern and fruit production of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) under Malaysian growing condition. *International Journal of Agriculture Innovations and Research*, 8(4), 311-317, ISSN-2319-1473.

UNE-EN 15097. (2024). *Técnicas de riego. Riego localizado. Evaluación hidráulica*. <https://www.une.org/en-cuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0039308>

Vivar, E. (2024). *Los 10 principales destinos de la pitahaya ecuatoriana*. Forbes Ecuador, Ecuador. <https://www.forbes.com.ec/rankings/los-10-principales-destinos-pitahaya-ecuatoriana-n51537>

Yadav, A., Dhakar, M. K., Arunachalam, A., Jha, S., Garg, S., Gangwar, N., Handa, A. K., Alam, B., & Kadam, D. (2024). A Review on the Scope of Adoption of Underutilized Climate Smart Dragon Fruit (*Hylocereus* spp.) Cultivation. *Applied Fruit Science*, 66(1), 297-309, ISSN-2948-2623, 2948-2631, DOI-[10.1007/s10341-0723-01006-3](https://doi.org/10.1007/s10341-0723-01006-3).