



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), mayo-junio 2026,
Volumen 10, Número 3.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i3

MANEJO DEL AGUA DE RIEGO EN SUSTRATO ENARENADO CON ENMIENDA RETENTIVA DE HUMEDAD EN EL CULTIVO DE PIMIENTO EN INVERNADERO

IRRIGATION WATER MANAGEMENT IN SANDY SUBSTRATE WITH MOISTURE RETENTIVE AMENDMENT IN GREENHOUSE PEPPER CULTIVATION

Luis Ramón Rázuri Ramírez

Universidad Nacional Agraria La Molina

Javier Antonio Goicochea Ríos

Universidad Nacional Agraria La Molina

Frank Romero Elías

Universidad Nacional Agraria La Molina

Carolina Elizabeth Valera Victorá

Universidad de Los Andes

Manejo del agua de riego en sustrato enarenado con enmienda retentiva de humedad en el cultivo de pimiento en invernadero

Luis Ramón Rázuri Ramírez¹

lrazuri@lamolina.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0002-2435-2532>

Universidad Nacional Agraria La Molina
Perú

Javier Antonio Goicochea Ríos

jgoicochea@lamolina.edu.pe

<https://orcid.org/0009-0000-9130-3688>

Universidad Nacional Agraria La Molina
Perú

Frank Romero Elías

frankromero9324@hotmail.com

Universidad Nacional Agraria La Molina
Perú

Carolina Elizabeth Valera Victorá

carolbeth14@gmail.com

Universidad de Los Andes
Venezuela

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el manejo del riego deficitario en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum*) en invernadero, utilizando dos láminas de riego de 100 % y 80 % de la evapotranspiración real (L1 y L2), y tres niveles de enmienda retentiva de humedad de 0, 0.15 y 30 g (T, E1 y E2). El experimento se llevó a cabo bajo un diseño de bloques completamente al azar con arreglo de diseño de parcelas divididas, seis (6) tratamientos y tres (3) repeticiones. Los resultados mostraron que los mayores rendimientos del cultivo se obtuvieron con la lámina de 100 % de la Et en los tratamientos E1L1, E2L1 Y TL1 (38.9,39 y 39.2 kg) en comparación con los tratamientos de la lámina de 80 % que fueron E1L2, E2L2 Y TL2 (35.8; 37.7 y 32.4 kg) respectivamente. Sin embargo, estos resultados no fueron estadísticamente significativos. Con respecto a la lámina de riego aplicada se obtuvo diferencia estadística en la variable diámetro de fruto, resultando L1 (85.6 mm) y L2 (82.4 mm). En cuanto a la eficiencia de uso del agua, los mayores resultados fueron los tratamientos con enmiendas de 15 y 30 g y con la lámina de 80 %, los cuales fueron 20.1 y 21.2 kg/m³, mientras que en los tratamientos E1L1, E2L1, TL1 y TL2, se obtuvieron eficiencias de uso de agua de 18;18;18.1 y 18.1 respectivamente. Además, para la variable de eficiencia de uso de agua, no se encontró diferencia estadística en ninguno de los tratamientos. Finalmente, cabe mencionar que, para las demás variables evaluadas no se mostraron diferencias significativas entre sus tratamientos ni factores.

Palabras clave: Eficiencia de uso del agua; enmienda retentiva de humedad; invernadero: riego deficitario controlado; sustrato enarenado.

¹ Autor principal

Correspondencia: lrazuri@lamolina.edu.pe

Irrigation water management in sandy substrate with moisture retentive amendment in greenhouse pepper cultivation

ABSTRACT

The present investigation had the objective of evaluating the management of deficit irrigation in the cultivation of pepper (*Capsicum annuum*) in a greenhouse, using two irrigation rates of 100 % and 80 % of actual evapotranspiration (L1 and L2), and three levels of moisture retentive amendment of 0, 0.15 and 30 g (T, E1 and E2). The experiment was conducted under a completely randomized block design with a split plot layout arrangement, six (6) treatments and three (3) replicates. The results showed that the highest crop yields were obtained with the 100 % Et film in the E1L1, E2L1 and TL1 treatments (38.9, 39 and 39.2 kg) compared to the 80 % film treatments which were E1L2, E2L2 and TL2 (35.8; 37.7 and 32.4 kg) respectively. However, for the yield variable, these results were not statistically significant. Regarding the applied irrigation film, a statistically significant difference was observed in the diameter variable resulting in L1 (85.6 mm) and L2 (82.4 mm). Regarding the efficiency in water use, better results were treatments with amendments of 15 and 30 g, and with the 80% film the best results were the treatments with 20.1 and 21.2 kg/m³, while with the treatments E1L1, E2L1, TL1 and T12, water use efficiencies were obtained of 18; 18; 18.1 respectively. Furthermore, for the efficiency variable no statistically significant difference was found in any of the treatments.

Keywords: Water use efficiency; moisture retentive amendment; greenhouse; controlled deficit irrigation; sandy substrate.

*Artículo recibido 25 marzo 2026
Aceptado para publicación: 25 abril 2026*



1.- INTRODUCCIÓN

La disponibilidad de agua, tanto en cantidad como en calidad, está siendo gravemente afectada por el cambio climático, el cual genera variaciones en las precipitaciones y un aumento en la frecuencia de fenómenos atmosféricos extremos. A esto se suma el incremento de la demanda hídrica debido al crecimiento poblacional, la urbanización y la expansión agrícola e industrial, vinculados a cambios en los patrones de consumo y producción (ONU-DAES, 2020).

La conservación y el manejo eficiente del agua son fundamentales para garantizar su disponibilidad. La sobreexplotación de los recursos hídricos puede causar problemas como la salinización de los suelos, lo que afecta los rendimientos agrícolas y otras actividades agropecuarias (Fernández y Abraham, 2002). Además, según Llamas (1987), los problemas asociados al agua, ya sea como recurso limitado o como agente dinámico responsable de inundaciones y erosión, están interrelacionados y deben abordarse de forma integral.

En este contexto, el uso eficiente del agua se ha convertido en una prioridad mundial para garantizar la sostenibilidad de este recurso esencial para la vida, el desarrollo y el medio ambiente (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020). Los invernaderos, al ofrecer un entorno controlado, permiten optimizar el uso del agua mediante la reducción de la evapotranspiración y las necesidades de riego, lo que mejora la eficiencia hídrica y aumenta la productividad agrícola (Stanghellini, 1992).

Dado lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar el manejo del agua mediante la aplicación de riego deficitario, combinado con dos niveles de enmienda retentiva de humedad, en el rendimiento de *Capsicum annuum* cultivado en invernadero, los resultados contribuirán a la implementación de prácticas agrícolas más sostenibles y eficientes.

2.- METODOLOGÍA

El estudio fue realizado en las instalaciones del Centro de Investigación y Extensión en Riego (CIER) del Departamento de Recursos Hídricos de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

El manejo del riego fue diario y controlado. La diferenciación de tratamientos se realizó con dos (2) láminas de riego, de las cuales, una fue equivalente al 100 % de la evapotranspiración del cultivo (Etc) y la otra lámina fue al 80%.



Para la estimación de la evapotranspiración del cultivo de referencia, se instaló dentro del invernadero un evaporímetro, usando un valor del coeficiente evaporímetro ($K_p = 0.6533$) obtenido a partir de las investigaciones realizadas en invernadero por (Valera, 2013), donde obtuvo una relación entre los valores de evapotranspiración de referencia por medio de balance de agua y la evaporación obtenida por medio de un evaporímetro, dando buenos resultados y correlaciones.

El valor del K_c se obtuvo de los valores referenciales de la FAO 56 (Allen et al. 2006) y se aumentó semanalmente de manera proporcional hasta los 60 ddt. De la misma manera se hizo para el descenso del K_c desde los 100 ddt hasta descender hasta la última semana de riego del cultivo.

Se consideró una fracción de lavado del 10% para eliminar sales acumuladas en el sustrato, por lo que la fracción utilizada para el cálculo del tiempo de riego fue del 90% (0.9).

El caudal nominal del gotero utilizado fue de 1.6 l/h, esto se corroboró mediante una prueba de uniformidad de aplicación y de caudal.

Para la fertilización se midieron los valores de conductividad eléctrica (CE) y pH del agua proveniente del reservorio, obteniendo resultados de 1 dS/cm y 9.6 dS/cm, respectivamente. Con el fin de optimizar la absorción de nutrientes, se ajustaron los parámetros del agua de riego, logrando una conductividad eléctrica de 1.2 dS/cm y un pH de 6.5. Para mantener este pH óptimo, se utilizó un tanque de 5000 litros, destinado para mezclar el agua del reservorio con ácido fosfórico y micronutrientes. En el proceso de fertilización, se utilizó la solución hidropónica "La Molina" durante los primeros 27 días posteriores al trasplante.

2.1 Metodología Experimental

Las características morfoagronómicas fueron altura de la planta, que se midió desde la base del tallo-sustrato hasta el punto apical y para esto se utilizó un medidor láser, el diámetro de tallo se midió debajo del inicio de la bifurcación o "V", se usó un vernier digital debido a que las medidas no superiores a 2 cm. y la profundidad de la raíz que se midió con una regla metálica.

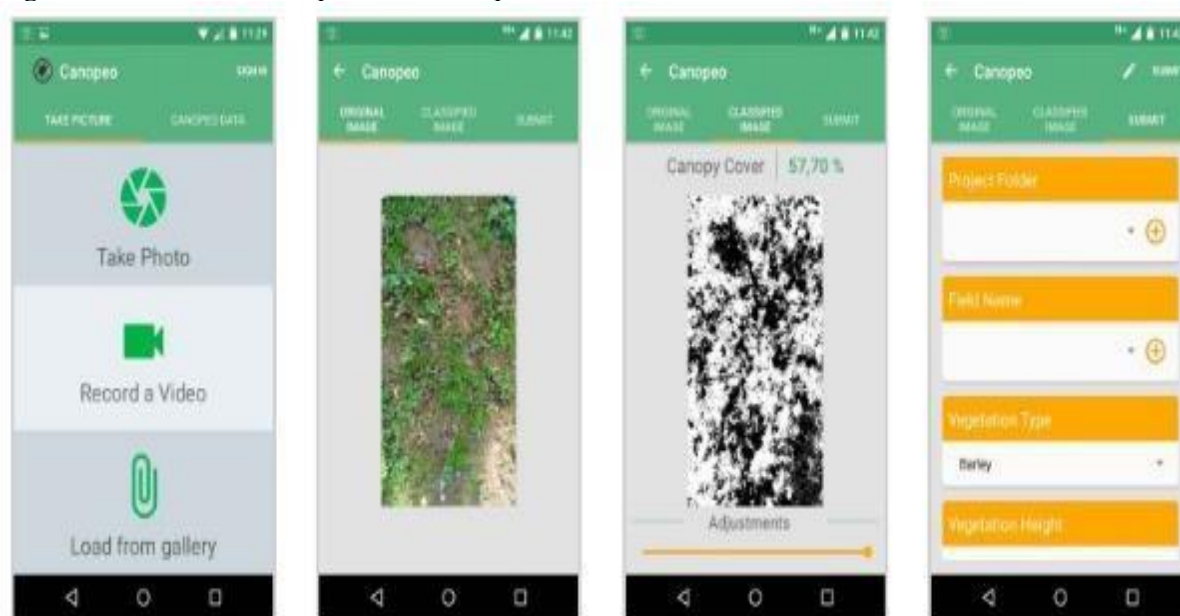
Como dato adicional a las mediciones, se consideró seguir el crecimiento del cultivo mediante el cálculo de la fracción de cubierta vegetal verde, como lo menciona (Urquijo, 2015) mediante un aplicativo del celular llamado Canopeo, el cual fue elaborado por la Oklahoma State University. Una vez tomada la imagen o vídeo, la aplicación muestra el resultado de manera prácticamente inmediata.



La aplicación presenta la imagen original y la imagen procesada, donde la cobertura vegetal se representa mediante píxeles blancos, como se muestra en la Figura 1.

Los valores del área de raíz se utilizaron como una variable adicional para observar algunas diferencias estadísticas entre los niveles de enmienda y las láminas de riego aplicadas.

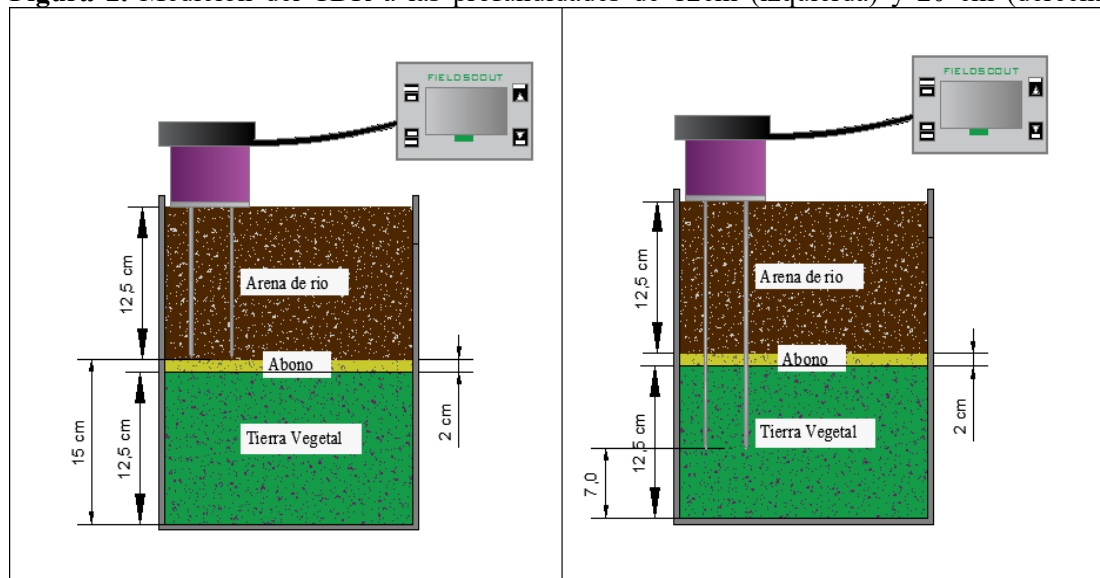
Figura 1. Interfaces de la aplicación Canopeo



Fuente: (Urquijo, 2015)

Se realizó un monitoreo de cada tratamiento a través del equipo TRD-150 para el control de la humedad volumétrica en el sustrato. Se emplearon dos (2) profundidades, una a 12 cm y otra a 20 cm, como se muestra Figura 2. La primera profundidad para observar la variación de humedad en el estrato de arena con el polímero y la segunda profundidad fue para monitorear la humedad en el estrato de tierra.

Figura 2. Medición del TDR a las profundidades de 12cm (izquierda) y 20 cm (derecha).



Fuente: Elaboración propia.

Además, se realizó la curva de retención de humedad con muestras inalteradas de la arena con las dosis de enmienda aplicada y la tierra preparada. Se utilizó la olla de Richards y 2 platos (1 y 15) bar, para obtener la curva a varios puntos de presión.

La conductancia se obtuvo por medio del Porómetro ($\text{mmol/m}^2\text{s}$). Las mediciones fueron hechas antes del riego y en las hojas más jóvenes.

En la cosecha, se midieron parámetros como diámetro polar y ecuatorial del fruto, número de frutos y peso del fruto. Con la variable peso del fruto, se obtuvo la producción total por tratamientos y láminas. Así mismo, se realizó una clasificación del peso del fruto por 4 categorías, siendo la primera categoría la producción de mejor calidad y la cuarta categoría la de menor calidad, la clasificación se puede observar en la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación de frutos por peso en gramos

Categoría	Rango de Peso (g)
1 ^{era}	$P > 200$
2 ^{da}	$200 > P > 150$
3 ^{era}	$150 > P > 90$
4 ^{ta}	$P > 90$

Fuente: Elaboración propia.

2.2 Diseño Estadístico

En las Tablas 2 y 3, se describen los Factores de Estudio A y B y los tratamientos evaluados.

a) Lámina de riego:

L1: adecuada (100 % Etc o 100 % de lámina de reposición)

L2: moderada (80 % Etc o 80% de lámina de reposición)

b) Dosis de enmienda retentiva de humedad:

T: 0 g de enmienda / kg arena

E1: 15 g de enmienda / kg arena

E2: 30 g de enmienda / kg arena

Tabla 2. Descripción de los Factores de Estudio

Factores	Denominación	Nivel	Código	Valor	
Factor A	Lámina de riego	Adecuado	L1	100 % Etc	mm
		Moderado	L2	80 % Etc	mm
Factor B	Dosis de enmienda	Bajo	T	0	g
		Medio	E1	15	g
		Alto	E2	30	g

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3: Descripción de los tratamientos a evaluarse

Tratamientos		Interpretación	
N°	Código	Dosis (g)	Lámina de riego (%)
1	TL1	0	100 % Etc
2	TL2	0	80 % Etc
3	E1L1	15	100 % Etc
4	E1L2	15	80 % Etc
5	E2L1	30	100 % Etc
6	E2L2	30	80 % Etc

Fuente: Elaboración propia.



El ensayo se instaló a nivel de invernadero, donde se utilizó un diseño de parcelas divididas (DPD) con arreglo completamente aleatorizado, en el cual las parcelas principales fueron destinadas a las láminas de riego (Factor A) y dentro de cada parcela principal, se encontrarán 3 subparcelas que representan las dosis de la enmienda y el testigo (Factor B).

El modelo lineal para un DPD con estructura de parcelas en Bloques al azar es:

$$Y_{ijk} = \mu + \gamma_k + \alpha_i + \lambda_{ik} + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Y_{ijk} = Variable de respuesta (Obs. de la unidad experimental)

γ_k = Efecto de los bloques

μ = Media general del ensayo

α_i = Efecto del i -ésimo nivel del factor A (Frecuencia de riego)

λ_{ik} = Error aleatorio de la parcela principal definido como error a

β_j = Efecto del j -ésimo nivel del factor B (Enmiendas retentivas)

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de interacción entre ambos factores

ϵ_{ijk} = Error aleatorio de la parcela secundaria, definido como error b

La investigación fue compuesta por seis (6) tratamientos con tres (3) repeticiones por cada tratamiento, en total el ensayo estuvo compuesto por 18 unidades experimentales.

Las dimensiones de la parcela principal fueron de 4.8 m de largo por 2.4 m de ancho, para un área total por parcela de 11.52 m²; las parcelas secundarias (hileras de riego por método de goteo) fueron separadas a 0.8 m entre sí. Las submuestras, fueron seleccionadas al azar, en un total de 12 plantas por cada parcela secundaria.

2.3 Análisis Estadístico

El análisis estadístico se realizó con el programa estadístico R (RCore Team, 2020), se efectuó un análisis de varianza (ANVA), prueba de medias, prueba de múltiples rangos.

En la Tabla 4 se muestra las fuentes de variabilidad y los grados de libertad correspondiente al diseño de parcela divididas.

Se realizó el análisis de varianza con el paquete Agricolae (Mendiburu, 2020) que se puede instalar en el software R y es muy útil para el análisis de investigación de agricultura. Además, se comprobó los

tres (3) supuestos del análisis de varianza con el paquete Agricolae y se hizo el análisis de comparación de medias múltiples para observar las diferencias o similitudes entre tratamientos y factores.

Tabla 4. Análisis de varianza para el diseño en parcelas divididas

Fuente de variación	Grados de libertad	GL
Parcela principal		
Bloques	r-1	2
Lámina de riego A	A-1	1
Error experimental (a)	(A-1) (r-1)	2
Parcela secundaria		
Dosis de enmienda B	B-1	2
Interacción de factores A x B	(A-1) (B-1)	2
Error experimental (b)	A(r-1)	8
TOTAL	nrAB-1	17

Fuente: (Gómez Tunque, 2021)

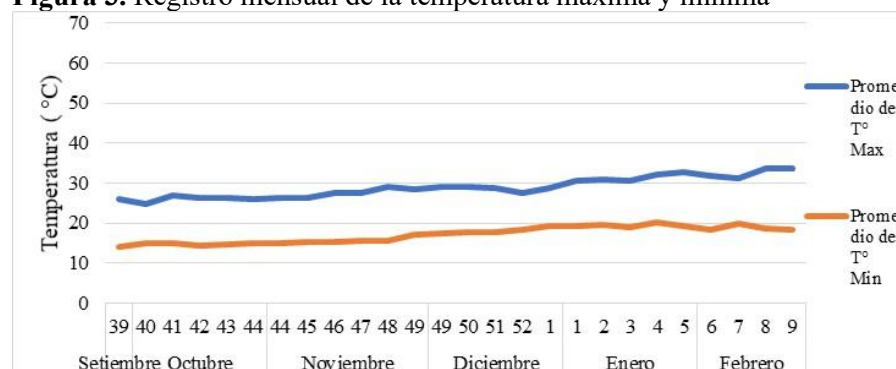
3.- RESULTADOS

3.1 Variables climáticas

3.1.1 Temperatura

Se registraron datos de temperatura durante todo el ciclo del cultivo, los resultados obtenidos están en relación con el nivel de radiación que tiene cada mes, siendo el mes de febrero el que más temperatura registró con un valor de 34.5°C dentro del invernadero, presentada en la Figura 3.

Figura 3. Registro mensual de la temperatura máxima y mínima

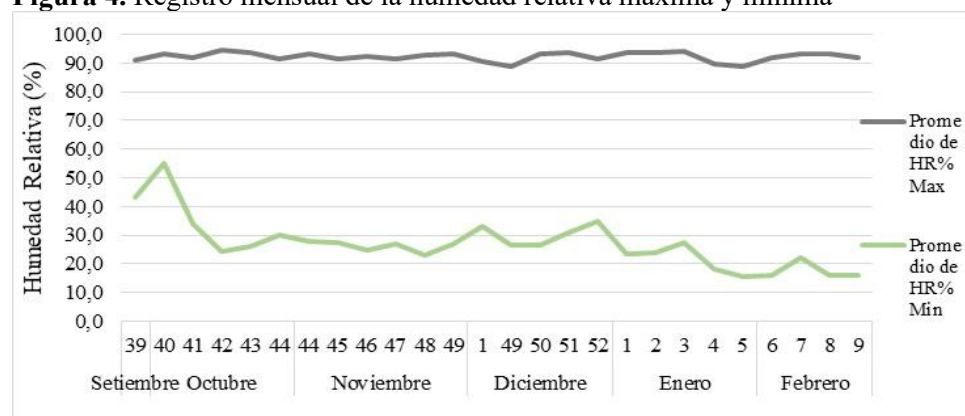


Fuente: Elaboración propia.

3.1.2 Humedad relativa

En los datos de humedad relativa, se registró una mayor variación de la humedad mínima, siendo esta más sensible a los cambios de temperatura que se registraron al cambiar de estación de primavera a verano. Como la temperatura y la humedad están relacionadas de manera inversa, el valor más bajo de humedad fue en el mes de febrero. Este valor indica que la humedad dentro del invernadero fue relativamente baja (20%), con respecto a las necesidades climáticas del pimiento, como se muestra en la Figura 4.

Figura 4. Registro mensual de la humedad relativa máxima y mínima



Fuente: Elaboración propia.

3.2 Consumo de agua

El volumen entregado fue de 6502.37 litros de agua en la lámina de 100 % y 5354.65 litros para la lámina de 80 %. La diferencia entre laminas aplicadas fue de 1147.72 litros o 1.15 m³ de agua, como se presenta en la Tabla 5.

Tabla 5: Volúmenes consumidos durante la campaña

Tratamientos	Volumen total (litros)	Volumen total (m ³)
E1L1, E2L1 Y TL1	6502.37	6.50
E1L2, E2L2 Y TL2	5354.65	5.35

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 5, se observa el consumo de agua diario aplicado durante toda duración del cultivo. En los primeros días se aplicaba la misma cantidad de agua porque el riego fue controlado y todas las plantas se encontraban bajo las mismas condiciones de riego.

Posteriormente, a los 25 días, se observan valores de 120 litros aplicados, esto fue debido a que se realizó un lavado de sales con el objetivo de iniciar la diferenciación de plantas sin ningún efecto por salinización. Este riego fue de 20 minutos seguidos para conseguir un drenaje total de todas las macetas.

Desde el 29 ddt se observa el inicio de diferenciación y el aumento de riego progresivamente hasta el último día de la evaluación (116 ddt). El valor más alto de riego fue a los 62 ddt debido a que la Eto fue de 4 mm para un periodo acumulado de 2 días. Después de esto no hubo un valor similar porque el riego fue diario incluyendo los domingos a partir de la segunda semana de enero.

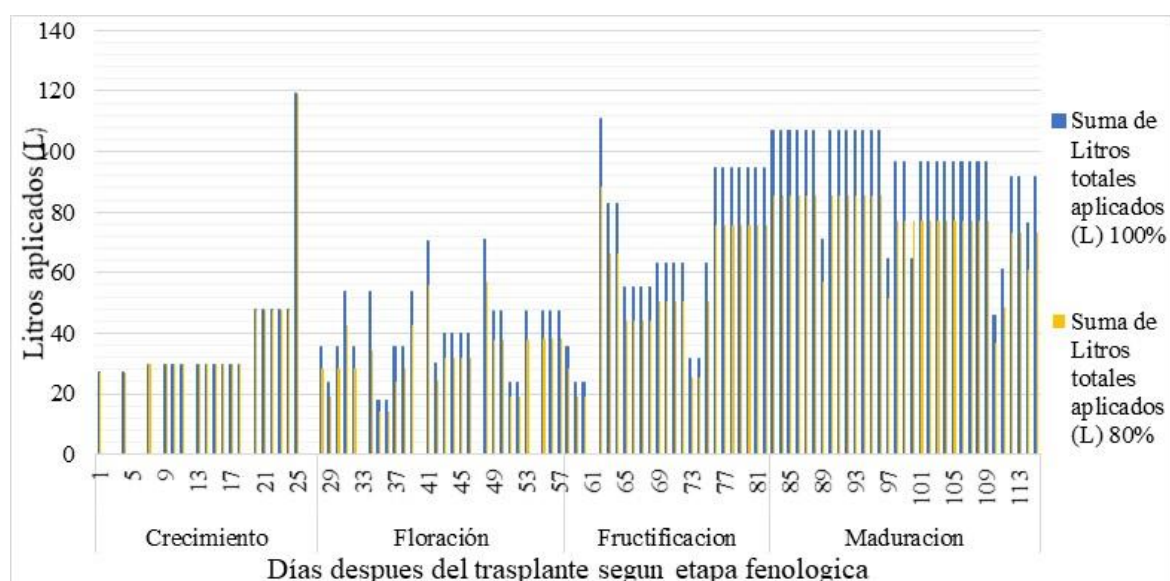
En la Tabla 6 y en la Figura 5 se muestran los tiempos de riego promedio por etapa para la lámina del 100% Etc y 80% Etc.

Tabla 6. Tiempo de riego promedio por etapa (min)

Etapas	Lámina	
	100 % Etc	80 % Etc
Crecimiento	6.6	5.3
Floración	8.3	6.7
Maduración y cosecha	26	21

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5. Litros de agua semanales aplicados durante la campaña

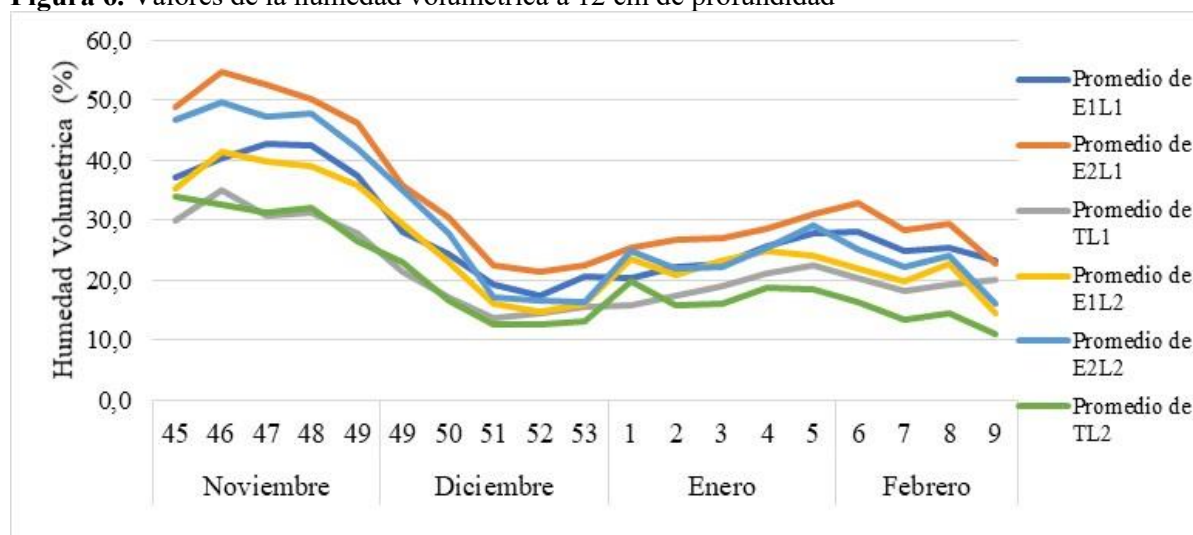


Fuente: Elaboración propia.

3.3 Monitoreo de humedad

La humedad volumétrica registrada con el TDR a la profundidad de 12 cm fue mayor en el tratamiento E2L1, esto es debido a las características retentivas de humedad de la enmienda. (Figura 6).

Figura 6. Valores de la humedad volumétrica a 12 cm de profundidad

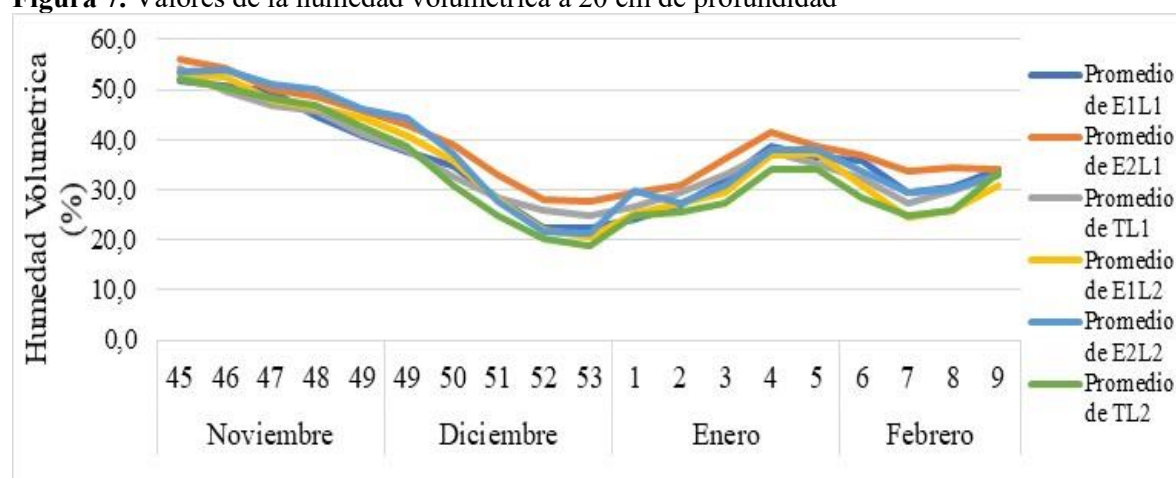


Fuente: Elaboración propia.

El monitoreo de la humedad a 20 cm de profundidad o en el estrato de tierra preparada muestra una similitud durante el inicio de las evaluaciones y comienza a diferenciarse ligeramente desde la semana

51 en diciembre. Al final de la evaluación se puede notar que las humedades terminaron en rango de 30-35%. (ver Figura 7).

Figura 7. Valores de la humedad volumétrica a 20 cm de profundidad



Fuente: Elaboración propia.

3.4 Variables agronómicas

Los resultados estadísticos bajo la comparación de medias con la prueba de HSD de Tukey muestran las diferencias estadísticas para los efectos de cada factor y de la interacción de factores que son los tratamientos, tal como se muestra en la Tabla 7.

Se observa que, para las variables de rendimiento, peso de fruto y longitud de fruto no hubo diferencia estadística, ni para cada lámina, ni para ninguna enmienda y tampoco para la interacción. Estos resultados se asemejan a las investigaciones de (León et al., 2019) que obtuvo que el rendimiento agrícola de los tratamientos 80 %, 100% y 120 % de la evapotranspiración mostraron similitud estadística.

Tabla 7: Comparación de medias estadísticas de las variables agronómicas

Efecto	Rendimiento (kg m ⁻²)	N° Frutos 1ª Cat.	Peso fruto (g)	Longitud de fruto (mm)	Diámetro de fruto (mm)
L1	3.4 a	32.4 a	207.7 a	72.2 a	85.6 a
L2	3.1 a	22.4 a	191.1 a	70.9 a	82.4 b
E1	3.2 a	26.5 a	200.4 a	70.9 a	84.1 a
E2	3.3 a	28.8 a	196.4 a	71.8 a	83.7 a

T	3.1 a	27.0 a	201.5 a	71.9 a	84.2 a
E1L1	3.4 a	33.0 a	210.0 a	70.6 a	85.6 a
E2L1	3.4 a	31.0 a	197.9 a	72.2 a	84.5 a
TL1	3.4 a	33.3 a	215.4 a	73.9 a	86.7 a
E1L2	3.1 a	20.0 b	190.8 a	71.2 a	82.5 a
E2L2	3.3 a	26.7 ab	194.9 a	71.5 a	82.8 a
TL2	2.8 a	20.7 b	187.6 a	70.0 a	81.8 a

Nota: Medias con letras iguales no difieren estadísticamente entre si según la prueba HSD de Tukey al 5%.

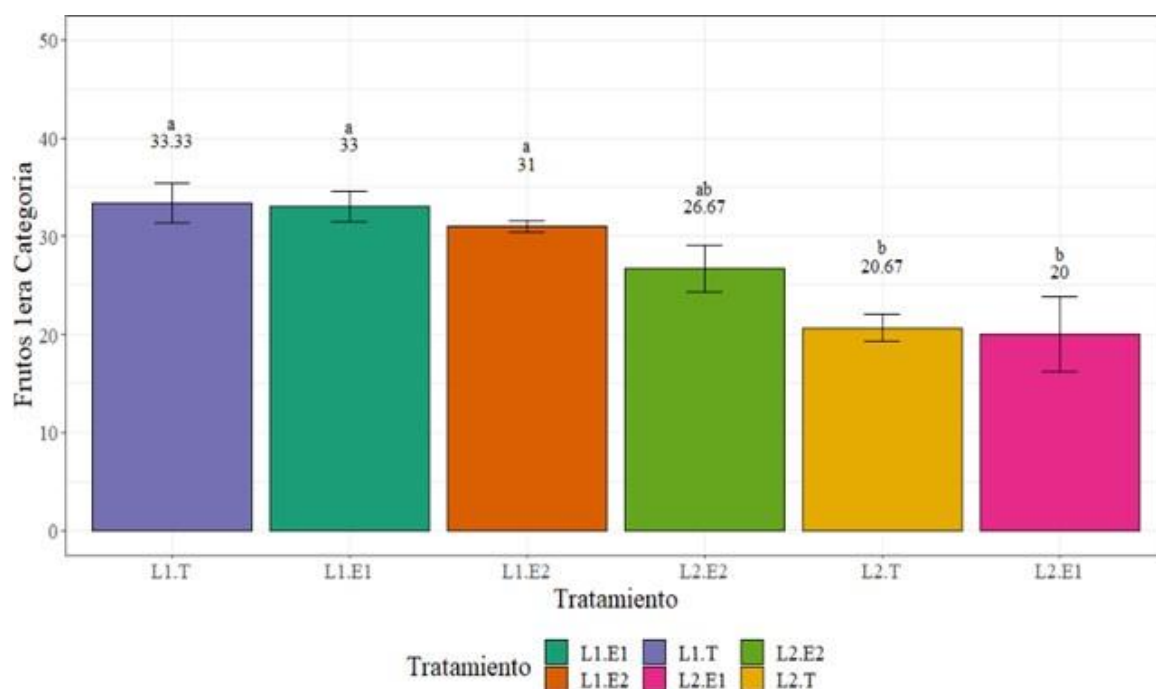
Fuente: Elaboración propia.

Además, investigaciones de (Rivera et al., 2020) sobre riego deficitario aplicado en la etapa inicial y de desarrollo del cultivo de pimiento, cuyos tratamientos fueron 70, 80, 90 y 100% y obtuvo que los pesos del fruto fueron similares en todos los tratamientos.

En cambio, en los números de frutos si hubo diferencia en la interacción de los 2 factores y, la diferencia se ve en que los tratamientos de lámina 80 % con enmienda de 15 g y el testigo resultaron tener los menores números de frutos en comparación de los otros tratamientos, siendo esta diferencia significativa.

Para el tratamiento de lámina de 80 % con enmienda de 30 g (E1L2) no hubo diferencia con los tratamientos de la lámina L1, esto se puede apreciar en la Figura 8.

Figura 8. Comparación de medias de la variable número de frutos



Fuente: Elaboración propia.

De igual manera que el número de frutos, se produjo una diferencia estadística para la variable del diámetro del fruto, mostrando que los diámetros de la lámina del 100% son ligeramente diferentes y más grandes que la lámina del 80 %.

Pero evaluando entre enmiendas y con la interacción de láminas con enmiendas, no hay diferencia estadística. Para la variable de conductancia estomática, como se observa en la Tabla 8, si muestra diferencia estadística con respecto a la integración de las láminas de riego y las enmiendas.

Tabla 8. Comparación de medias para la variable conductancia estomática

Efecto	Conductancia Estomática (mmol m ⁻² s ⁻¹)
L1	455.3 a
L2	330.4 a
E1	425.4 a
E2	413.9 a
T	339.2 a
E1L1	458.6 a
E2L1	469.3 a
TL1	437.9 a
E1L2	392.3 ab
E2L2	358.4 ab
TL2	240.5 b

Nota: Medias con letras iguales no difieren estadísticamente entre si según la prueba HSD de Tukey al 5%.

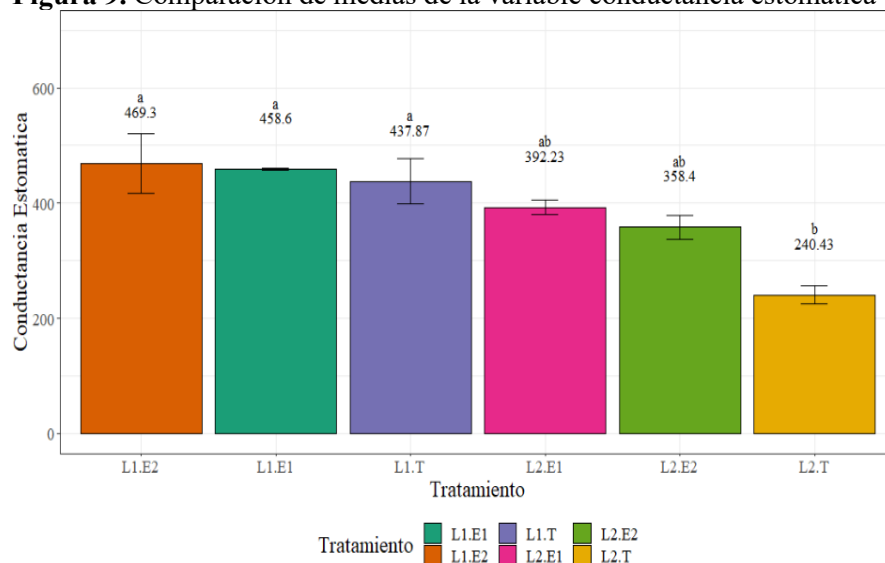
Fuente: Elaboración propia.

Cabe mencionar que los resultados de la Figura 9 son respecto a la conductancia estomática medida a los 36 ddt, donde se observó una diferencia notoria de mediciones, en comparación a otros días que se evaluó estadísticamente pero no hubo diferencia estadística.

Esto nos hace ver que la conductancia al ser una variable que depende de muchos factores como el riego, humedad, conductividad, velocidad de viento, etc., esta diferencia estadística no es tan relevante para una toma de decisiones, sino que se debe procurar tener los valores mayores a 200 mmol/m²s, así como obtuvieron (Pino et al., 2019) en sus investigaciones valores de 250-400 mmol/m²s en el cultivo de olivo.

De lo comentado líneas arriba, se puede observar en la Figura 9 que hubo diferencias en la lámina de 80% siendo sus valores menores que la lámina de 100 %. Además, el valor más bajo resultó ser el testigo con la lámina de 80 % teniendo una diferencia estadística con los otros 5 tratamientos.

Figura 9. Comparación de medias de la variable conductancia estomática



Fuente: Elaboración propia.

3.5 Variables biométricas

Los resultados estadísticos respecto a las variables biométricas mostraron que hubo diferencia significativa de las variables altura de planta y diámetro de tallo, como se observa en la Tabla 9.

En relación con la variable altura, se observa que hubo diferencia para el factor lámina de riego, siendo la lámina de 100 % mayor y diferente a la de 80 % para las mediciones de la altura de planta.

Con respecto a la variable diámetro de tallo, se observa diferencia en 2 efectos, el primero entre las láminas de riego y el segundo entre la interacción de los tratamientos. Además, se observa que la lámina de 100 % fue mayor al momento del riego y que los tratamientos de esta lamina fueron diferentes al tratamiento de la lámina de 80 % con el testigo.

Tabla 9. Comparación de medias de las variables biométricas

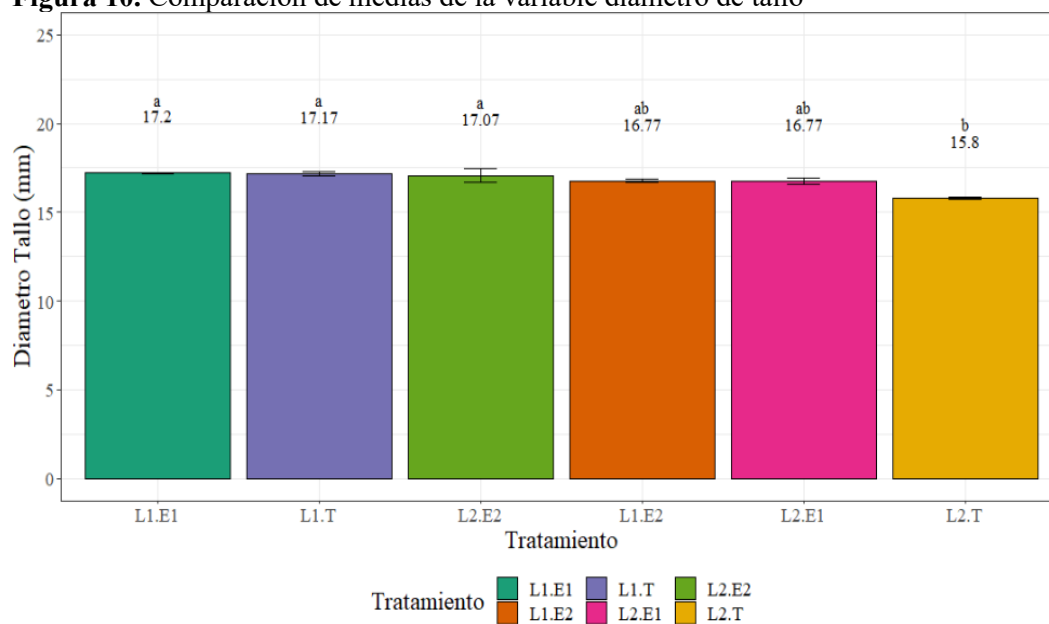
Efecto	Altura (cm)	Diámetro tallo (mm)	Profundidad raíz (cm)	Área de raíz (%)
L1	98.2 a	17.1 a	32.9 a	8.4 a
L2	95.9 b	16.5 b	33.3 a	8.6 a
E1	99.1 a	17.0 a	33.5 a	8.6 a
E2	95.3 a	16.9 a	32.2 a	8.0 a
T	96.9 a	16.5 a	33.6 a	8.9 a

E1L1	98.5 a	17.2 a	34.0 a	9.0 a
E2L1	97.5 a	16.8 a	30.8 a	7.9 a
TL1	98.6 a	17.2 a	34.0 a	8.4 a
E1L2	99.6 a	16.8 ab	33.1 a	8.2 a
E2L2	93.1 a	17.1 ab	33.6 a	8.1 a
TL2	95.1 a	15.8 b	33.3 a	9.4 a

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 10, se observa la diferencia estadística de la comparación de medias de la interacción de los tratamientos de la variable diámetro de tallo y se puede ver que la lámina de 80 % con el testigo resulto de 15.8 mm de grosor y el valor más bajo y diferente a los otros 5 tratamientos.

Figura 10. Comparación de medias de la variable diámetro de tallo



Fuente: Elaboración propia.

3.6 Variables de riego

En la Tabla 10, se muestra que no hay diferencias estadísticas significativas en ningún efecto de la variable del uso eficiente del agua (EUA). Esto se comprueba con los resultados del rendimiento porque se basa en la cantidad cosechada entre el volumen aplicado.

Los resultados muestran que en la lámina de 80 % hay un mejor uso eficiente del agua con respecto a la lámina de 100 %, por lo que, podríamos decir viendo sólo esta variable independiente que la lámina L2 sería mejor aplicar.

Además, se observa que, a pesar de que las láminas de riego de 100 % y 80 % resultaron de 18 y 19.8 kg/m³, sería más eficiente aplicar un riego con lámina de 100 %.

Todos los valores tanto del factor lamina y factor enmienda muestran que el uso eficiente de agua es similar y mayor a los mencionados por (Fernández et al., 2012) donde señala que, para un pimiento bajo invernadero, el valor de EUA es 16.9 kg/m³ para el periodo de otoño-invierno.

Tabla 10. Comparación de medias de la variable eficiencia de uso del agua (EUA)

Efecto	EUA (kg m ⁻³)
L1	18.0 a
L2	19.8 a
E1	19.0 a
E2	19.6 a
T	18.1 a
E1L1	18.0 a
E2L1	18.0 a
TL1	18.1 a
E1L2	20.1 a
E2L2	21.2 a
TL2	18.1 a

Fuente: Elaboración propia.

4.- CONCLUSIONES

Los resultados muestran tendencias que evidencian la influencia de las láminas de riego y las dosis de enmienda aplicada en el desarrollo del cultivo de pimiento, afectando tanto las variables agronómicas como biométricas.

Para el factor de lámina de riego, se concluye que la lámina del 100 % Etc, con un valor promedio de 1.32 mm durante el ciclo del cultivo, es relativamente más eficiente que una lámina de 80 % Etc (1.05 mm). Esta diferencia se refleja en variables como: calidad de los frutos, altura y diámetro de tallo.

En la eficiencia de uso del agua (EUA), no se encontró diferencia estadística entre tratamientos. Sin embargo, el tratamiento con una dosis de 30 g y una lámina de reposición del 80 % presentó la mayor EUA, con un valor de 21.2 kg.m⁻³.

El rendimiento no se vio afectado por las láminas ni por las dosis de enmienda en ninguno de los tratamientos. Sin embargo, aunque no se observaron diferencias estadísticas bajo el diseño de parcelas divididas (DPD), los tratamientos con la dosis de 30 g de enmienda mostraron mayores rendimientos.

No se encontraron diferencias estadísticas en la variable de número de frutos de primera categoría entre las láminas del 100 % y 80 % de reposición. En promedio, los tratamientos con una lámina del 100 % produjeron 32.4 frutos, mientras que aquellos con el 80 %, generaron 22.4 frutos. Sin embargo, se observaron diferencias significativas en los tratamientos E1L2 y TL2, los cuales presentaron valores inferiores en comparación con los demás tratamientos.

En cuanto a las características del fruto, el peso y la longitud fueron influenciados por los factores evaluados. Por otro lado, el diámetro de fruto si se vio afectado por las láminas de riego. En la lámina de reposición del 100 %, se obtuvo un diámetro de 85.6 mm, siendo superior al registrado con la lámina del 80 % Etc, que alcanzó los 82.4 mm.

La conductancia estomática presento diferencia estadística en el tratamiento TL2 (testigo-sin enmienda y lámina del 80% Etc). Con este resultado se concluye que la conductancia es un valor que depende de la cantidad de agua suministrada en el Fertirriego.

Para las variables biométricas como la altura de planta y diámetro de tallo, se concluye que estas variables fueron influenciadas por las láminas de riego, observándose que en la lámina de reposición del 100 %, se obtuvo los mayores resultados. Además, para el diámetro de fruto se observó diferencia estadística entre el TL2 (testigo y lamina de reposición del 80 %) con los demás tratamientos. Para las variables de profundidad y área de raíz, se puede que concluir que estas variables no se vieron afectadas estadísticamente.

5.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Allen, G. R.; Pereira, L.; Raes, D.; Smith, M. (2006). Estudio FAO Riego y drenaje 56. Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Serie Cuadernos Técnicos. Roma, Italia. FAO. 298 p. 60
- Fernández, C. A. y Abraham, E. (2002). El agua en Iberoamérica. De la escasez a la desertificación. CYTED XVII Aprovechamiento y Gestión de Recursos Hídricos. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el desarrollo. ISBN 987-43-5080-6.
- Gómez T. G. (2021). Efecto de dos enmiendas retentivas de humedad con dos frecuencias en riego por goteo para el cultivo Pimiento en invernadero [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/5098>
- Guzmán P. y López J. (2004). Ferti-riego: Tecnologías y Programación en Agroplasticultura. Resultados del Curso de formación sobre Plasticultura y Tecnología de Riego (Bogotá 2002). Taller de fertiirrigación Col. Posgraduados (U. Chapingo. 2004). URI: <http://hdl.handle.net/10835/3129>
- Hortus, s.f. Consultado el 25 de septiembre del 2020. Disponible en: <https://hortus.com.pe/detalle-producto/fungicidas/pimiento-jessica-fl-sobre>
- Joya, Cindy. (2019). Tesis: Enmiendas retentivas de humedad en el cultivo de acelga (Beta vulgaris var. Cycla) cv. Fordhook Giant. Recuperada del repositorio de la UNALM. Recuperada de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/4095>
- Llamas, J. (1987). "Risk of Drought and Future Water requirements on a Regional Scale". Water Resource Development, vol. 3, N° 4, 260-265, DOI: 10.1080/07900628708722359
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MINAMBIENTE).2020. Administración del recurso hídrico. En línea. Consultado el 5 de abril de 2020. Disponible en: <https://www.minambiente.gov.co/index.php/gestion-integral-del-recurso-hidrico/administracion-del-recurso-hidrico/demanda/uso-eficiente-y-ahorro-de-agua#gu%C3%ADa>
- Montoya, P. (2017). Ficha técnica de producto: MALLKI mejorador de suelos. En línea consultado el 2 de junio del 2020. Disponible en:



<https://mallki.pe/upload/productos/archivos/ficha%20tecnica%20mallki%20mejorador%20de%20suelos-20180123.pdf>

ONU-DAES (Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas). 2020. Gestión de Recursos Hídricos. En línea. Consultado el 5 de abril del 2020. Disponible en: <https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/iwrm.shtml>

R Core Team (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org/>.

Rivera Fernández, R., Moreira Saltos, J., Moreira Muñoz, C., & Cevallos Rivera, J. (2020). Respuesta del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L) al riego deficitario en la etapa inicial y de desarrollo en un suelo franco. Revista ESPAMCIENCIA ISSN 1390-8103, 11(2), 88 - 94. https://doi.org/10.51260/revista_espamciencia.v11i2.210

Urquijo, J. (2015, 13 octubre). *Calcula el porcentaje de cubierta vegetal con Canopeo*. Greenapps&web. <https://www.greenappsandweb.com/android/calcula-el-porcentaje-de-cubierta-vegetal-con-canopeo/>

Valera, C. (2013). Programación y Manejo del Riego Localizado, en el cultivo de pimentón (*Capsicum annuum* L.) mediante tres métodos de estimación de la evapotranspiración en condiciones de invernadero, Santa Rosa, Mérida, Venezuela. Tesis de Maestría. Centro Interamericano de Desarrollo Ambiental y Territorial (CIDIAT). Mérida, Venezuela.

