

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**Hidrogel y niveles de lámina de agua en el rendimiento de
pepinillo (*Cucumis sativus* L.), Canaán a 2750 m.s.n.m.,
Ayacucho - 2022**

**Tesis para obtener el título profesional de:
Ingeniero Agrónomo**

**Presentado por:
Bach. Juvenal Pablo Curo Ccente**

**Asesor:
Mtro. Jaime Villar Rodríguez**

Ayacucho - Perú

2024

Para mis padres, en especial a mi madre Fidela Curo Ccente y Marcelino Condori Espinoza, por ser el pilar de nuestra familia.

A mis hermanas Diana Rosmery y Yulisa, quienes siempre han sido mi mayor apoyo y fuente de inspiración. Gracias por creer en mí y por estar a mi lado en cada paso de este camino.

A mis profesores, por su paciencia y sabiduría compartida.

A mis amigos, por su apoyo incondicional y por alegrar mis días. Y a todas las personas que de alguna manera han contribuido a mi crecimiento académico y personal.

Juvenal.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, a la Escuela Profesional de Agronomía, a los docentes de la Facultad de Ciencias Agrarias y todas las personas que hicieron posible la realización de esta tesis.

A mi asesor, Mtro. Jaime Villar Rodríguez, ingeniero Alexander Curi Mendoza y al M.Sc. Alex Lázaro Tineo Bermúdez por su orientación y apoyo constante durante todo el proceso de la realización de este trabajo de investigación.

Asimismo, expreso mi gratitud a mis familiares y amigos por su apoyo emocional y palabras de aliento. Además, agradezco a los participantes de mi estudio por su tiempo y disposición para colaborar.

Al Centro Experimental Canaán, de la UNSCH por cederme un terreno para la realización de mi proyecto de tesis.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE ANEXOS	x
RESUMEN	xi
INTRODUCCIÓN	12
CAPÍTULO I	
MARCO TEÓRICO	15
1.1. Antecedentes	15
1.2. Cultivo de Pepinillo (<i>Cucumis sativus</i> L.)	16
1.2.1. Origen	16
1.2.2. Situación del cultivo	16
1.2.3. Taxonomía	17
1.2.4. Descripción botánica	18
1.2.5. Composición	18
1.2.6. Curva de extracción de nutrientes de pepinillo	19
1.3. Hidrogeles y aplicaciones	23
1.3.1. Clasificación	23
1.3.2. Características técnicas del hidrogel	24
1.3.3. Proceso de absorción del agua	25
1.3.4. Propiedades y composición del hidrogel	25
1.3.5. Beneficios en la agricultura	26

1.4.	Evapotranspiración del cultivo	26
1.4.1.	Coeficiente del cultivo (Kc)	27
1.4.2.	Lámina de agua.....	27
1.4.3.	Estudios realizados del cultivo de pepinillo y otras hortalizas	29

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA.....	31
2.1. Localización.....	31
2.1.1. Ubicación específica.....	31
2.1.2. Ubicación política.....	31
2.1.3. Ubicación geográfica	31
2.1.4. Ubicación ecológica	31
2.2. Condiciones edáficas y climáticas	33
2.2.1. Antecedentes del terreno	33
2.2.2. Condiciones climáticas	33
2.2.3. Características fisicoquímicas del suelo	34
2.3. Método procedimental	35
2.3.1. Tratamientos aplicados	35
2.3.2. Diseño experimental	35
2.3.3. Análisis estadístico	36
2.3.4. Criterios de aplicación de hidrogel y lámina de agua.....	37
2.3.5. Establecimiento de láminas de riego	39
2.3.6. Protocolos de calibración de sistema Arduino UNO.....	39
2.3.7. Métodos y criterios de evaluación de las variables dependientes	40
2.3.8. Material biológico	42
2.3.9. Materiales y equipos de campo	42
2.3.10. Instalación y conducción del ensayo	42

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
3.1. Análisis de la humedad del suelo.....	45
3.1.1. En función de láminas de riego	46
3.1.2. En función de las láminas de agua con y sin hidrogel.....	47
3.1.3. Análisis de la varianza (ANVA) y comparación de medias.....	48
3.1.4. Comparación de medias en función de las dosis del hidrogel.....	51
3.2. Análisis de caracteres agronómicos de la planta.....	51
3.2.1. Materia seca.....	51
3.2.2. Número de frutos por planta.....	53
3.2.3. Altura de la planta.....	54
3.2.4. Peso verde del fruto	56
3.2.5. Diámetro del fruto	58
3.2.6. Longitud del fruto.....	60
3.2.7. Correlación de las variables cuantitativas	61
3.2.8. Clasificación de frutos por calidad	63
CONCLUSIONES	65
RECOMENDACIONES	66
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
ANEXOS	71

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.1. Composición nutritiva de pepinillo (<i>Cucumis sativus</i> L.).....	19
Tabla 1.2. Curva de extracción total de nutrientes durante el ciclo de pepinillo.....	20
Tabla 2.1. Balance hídrico anual correspondiente según los datos de la estación meteorológica de INIA-CANAÁN.....	33
Tabla 2.2. Descripción y características de los tratamientos	35
Tabla 2.3. Características de las unidades experimentales	36
Tabla 2.4. Valores del Kc para diferentes etapas del cultivo de pepinillo (<i>Cucumis sativus</i> L.).....	39
Tabla 2.5. Etapas de crecimiento del cultivo de pepinillo (<i>Cucumis sativus</i> L.).....	39
Tabla 2.6. Parámetros de calidad de pepinillo según INACAL	41
Tabla 3.1. Análisis de la varianza de la humedad del suelo (% H) y de los efectos simples del hidrogel en láminas de agua del cultivo de pepinillo (<i>Cucumis sativus</i> L.), Canaán, 2750 msnm.....	49
Tabla 3.2. Comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$) de los efectos simples de porcentaje de humedad del suelo.....	49
Tabla 3.3. Análisis de la varianza (ANVA) del porcentaje de materia seca del cultivo de pepinillo (<i>Cucumis sativus</i> L.), Canaán, 2750 msnm.	52
Tabla 3.4. Análisis de la varianza (ANVA) del número de frutos por planta del cultivo de pepinillo (<i>Cucumis sativus</i> L.), Canaán, 2750 msnm.....	54
Tabla 3.5. Análisis de la varianza (ANVA) de la altura de planta del cultivo de pepinillo (<i>Cucumis sativus</i> L.), Canaán, 2750 msnm.....	55
Tabla 3.6. Análisis de la varianza (ANVA) del peso verde del fruto de pepinillo (<i>Cucumis sativus</i> L.), Canaán, 2750 msnm.....	57
Tabla 3.7. Análisis de la varianza (ANVA) del diámetro del fruto de pepinillo (<i>Cucumis sativus</i> L.), Canaán, 2750 msnm.....	59
Tabla 3.8. Análisis de la varianza (ANVA) de la longitud del fruto de pepinillo (<i>Cucumis sativus</i> L.), Canaán, 2750 msnm.....	60
Tabla 3.9. Correlación de las 6 variables evaluadas del cultivo de pepinillo (<i>Cucumis sativus</i> L.), Canaán, 2750 msnm.....	62
Tabla 3.10. Clasificación de los frutos por calidad extra, primera y segunda del cultivo de pepinillo (<i>Cucumis sativus</i> L.), Canaán, 2750 msnm.	64

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1. Perfil de absorción de nitrógeno durante el crecimiento del pepinillo.	20
Figura 1.2. Perfil de absorción de fósforo durante el crecimiento del pepinillo.	21
Figura 1.3. Perfil de absorción de potasio durante el crecimiento del pepinillo.	21
Figura 1.4. Perfil de absorción de calcio durante el crecimiento del pepinillo.	22
Figura 1.5. Perfil de absorción de magnesio durante el crecimiento del pepinillo.	22
Figura 1.6. Ilustración de las diferencias que existen en el sistema radicular de las plantas con y sin hidrogel.	26
Figura 1.7. Curva del Kc de pepinillo (<i>Cucumis sativus</i> L.).	27
Figura 1.8. Equivalencia entre volumen de precipitación y altura de lámina de agua. ..	28
Figura 2.1. Mapa de ubicación del Centro Experimental Canaán, lugar donde se instaló el experimento.	32
Figura 2.2. Climograma con los datos meteorológicos del año 2022.	34
Figura 2.3. Representación gráfica de la distribución de los tratamientos en el área experimental.	37
Figura 3.1. Curva de calibración para las lecturas de humedad del suelo experimental, en condiciones de Canaán, 2750 msnm.	46
Figura 3.2. Gráficos de cajas de la humedad del suelo y comportamiento de la distribución de los datos según la lámina de agua aplicado.	47
Figura 3.3. Gráficos de cajas de la humedad del suelo y comportamiento de la distribución de los datos en cada tratamiento.	48
Figura 3.4. Comportamiento de las 51 lecturas de humedad del suelo para cada tratamiento (T), tomadas interdiariamente y 15 días después de la siembra.	50
Figura 3.5. Comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$) de humedad del suelo en función de la aplicación del hidrogel.	51
Figura 3.6. Comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$) de los efectos principales del porcentaje de materia seca del cultivo de pepinillo (<i>Cucumis sativus</i> L.), Canaán, 2750 msnm.	53
Figura 3.7. Comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$) de los efectos principales de la altura de planta de pepinillo (<i>Cucumis sativus</i> L.), Canaán, 2750 msnm. ...	56

- Figura 3.8.** Comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$) de los efectos principales del peso verde del fruto de pepinillo (*Cucumis sativus* L.), Canaán, 2750 msnm. 57
- Figura 3.9.** Comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$) de los efectos principales del diámetro del fruto de pepinillo (*Cucumis sativus* L.), Canaán, 2750 msnm.
..... 59
- Figura 3.10.** Comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$) de los efectos principales de la longitud del fruto de pepinillo (*Cucumis sativus* L.), Canaán, 2750 msnm. 61
- Figura 3.11.** Correlación indirecta de las 6 variables evaluadas del cultivo de pepinillo 63

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Lecturas interdiarias de la humedad del suelo en los tratamientos estudiados..	72
Anexo 2. Rendimiento de materia seca (g/maceta) de pepinillo, Canaán, 2023.....	73
Anexo 3. Lecturas establecidas para realizar curva de calibración con Arduino UNO en condiciones de Canaán, Ayacucho.	73
Anexo 4. Variables evaluadas, ordenados para su procesamiento respectivo.....	74
Anexo 5. Cálculo de reposición de agua según la ecuación de calibración para cada lámina de agua (50, 75 y 100 %).	75
Anexo 6. Cálculo de reposición de agua por maceta (litros) ajustado según el Kc del cultivo, recomendado por FAO.	76
Anexo 7. Catálogo de fotografías del proceso de ejecución de la tesis.....	77
Anexo 8. Análisis de caracterización del suelo, Canaán, Ayacucho.....	83

RESUMEN

El pepinillo es una hortaliza ampliamente consumida y con una importante presencia en la costa, tanto para el mercado nacional como para la exportación. El objetivo de este estudio fue analizar el efecto del hidrogel y niveles de lámina de agua en el rendimiento del pepinillo (*Cucumis sativus* L.) cultivado en macetas. La investigación se llevó a cabo en el Centro Experimental Canaán de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, donde se evaluaron 6 tratamientos, que resultaron del arreglo factorial 2H*3L (H: sin y con 8 g Hidrogel/maceta; L: láminas de agua al 50, 75 y 100 % de Capacidad de Campo, distribuidos según el Diseño Completamente al Azar (DCA). Se evaluaron caracteres agronómicos cuantitativos, así como de calidad de los frutos. Como resultado, se encontró que los tratamientos con hidrogel contienen mayor humedad en el suelo (84.64 %) respecto de los que no tuvieron el hidrogel con una humedad promedio de 72.62 %. En la evaluación de las variables de respuesta en pepinillo, según el efecto de hidrogel en el rendimiento de pepinillo, tuvo una diferencia significativa, se encontró 19.00 cm de longitud del fruto, mientras que en las demás variables no se encontraron diferencias significativas. Según la influencia del polímero (hidrogel) en la retención de humedad, se observó una diferencia estadísticamente significativa, con un contenido de materia seca de 12.99 % y una altura de pepinillo de 89.08 cm, al utilizar la lámina de agua de 75 %. Además, con lámina de agua al 100 %, se logró un rendimiento de peso verde de 3.856 kg/planta (equivalente a 96,400 kg ha⁻¹); no obstante, no se observaron diferencias significativas en comparación con la lámina de agua de 75 %. Se determinó una correlación más alta entre las variables de diámetro del fruto, longitud del fruto y peso verde del fruto, con valores de 0.620 y 0.540 respectivamente. En los tratamientos T5 y T6, se obtuvo un 77.78 % de frutos de primera calidad.

Palabras clave: pepinillo, hidrogel, láminas de agua, rendimiento.

INTRODUCCIÓN

La producción mundial del cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus* L.) logró alcanzar un récord histórico en el año 2020, logrando los 91.258,27 millones de kg. Esto se refleja en la gran superficie a nivel mundial de pepinillo (2.261.318 hectáreas), presentando 4.04 kg de rendimiento medio por metro cuadrado (Agencia Agraria de Noticias, 2022). Según MINAGRI (2017), en el Perú los departamentos que lideran en la producción son: Lima, Libertad, Loreto y Tacna, con una producción de 17 866, 11 048, 2 413 y 1 340 t ha⁻¹, respectivamente, para consumo nacional. En la región de Ayacucho, se cuenta con un alto índice de consumo anual, sin embargo, la producción del cultivo de pepinillo se ve limitado por el bajo rendimiento, lo que implica desarrollar técnicas.

El pepinillo es un importante cultivo de verano, que requiere de regímenes de riego adecuados para lograr un rendimiento y calidad óptimos. Aunque las condiciones ambientales sean favorables, el crecimiento vegetal se suprime y los rendimientos se reducen si el agua suplementaria es inadecuada o muy poco frecuente durante los meses de escasez de lluvia (Kirnak & Demirtas, 2006).

La agricultura en regiones con bajas precipitaciones y no distribuidas uniformemente durante el año se ve limitado, debido a que la disponibilidad de agua es el factor más importante de la agricultura. Bajo estas condiciones, las nuevas innovaciones para ahorrar el agua de riego y aumentar la eficiencia en el uso de agua son muy relevantes en zonas con escasez de agua (Rahil & Qanadillo, 2015). De esta forma, se realizaron estudios en otras hortalizas, como el tomate, determinando que los regímenes de riego influyen sobre el rendimiento de estos cultivos, siendo necesario reponer hasta un 150 % de evapotranspiración real para obtener mayores producciones totales, mediante una estimación de láminas de riego (Ortega et al., 2001; Mahadeena et al., 2011).

El Perú es uno de los países vulnerables frente a los eventos climáticos en la actualidad, lo que repercute directamente en la productividad de muchos cultivos en las regiones donde se

practica la agricultura. Ante ello, el hidrogel (lluvia sólida) es una alternativa tecnológica para suplir la escasez y baja eficiencia de riego, de esta manera salvaguardar las cosechas frente a la escasez de agua (Orbegoso, 2016).

Salto (2009) señala que existe un vínculo bien establecido entre el riego y rendimiento de frutos en pepinillo, por tal razón se recomienda realizar estudios en las diversas regiones para introducir estrategias y métodos para aumentar el uso eficiente del agua. Así mismo, logró determinar la importancia de un régimen de riego en el cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus* L.), puesto que los rendimientos se vieron favorecidos mediante la aplicación de láminas de riego entre 1.05-2.52 mm/día, de acuerdo al estado vegetativo del cultivo. Así mismo, Mahadeena et al. (2011), menciona que las hortalizas responden altamente a la cantidad de riego, de manera que, en un estudio realizado, llegó a la conclusión de que el rendimiento total se ve afectado por la eficiencia y los intervalos de riego, llegando a aumentar alrededor de un 10 % y 17 % de rendimiento para el tratamiento con un mejor régimen de riego (restitución del 100 % de la evapotranspiración).

Por tal razón, es imprescindible realizar un uso eficiente del agua de riego y aprovechar más áreas bajo riego a través de los recursos hídricos disponibles, logrando mejorar la seguridad alimentaria. Esto se logrará introduciendo métodos y dispositivos avanzados de riego y mejorando las prácticas de gestión del agua. Se requiere de estudios que permitan determinar el requerimiento hídrico del cultivo y la influencia de nuevos métodos como son las enmiendas retentivas de humedad (hidrogel). Este método está tomando relevancia debido a su capacidad de retener humedad y nutrientes en el suelo y poner a disponibilidad de la planta de manera gradual (Ortega et al., 2001). Se requiere de estudios que permitan determinar el requerimiento hídrico del cultivo y la influencia de nuevos métodos como son las enmiendas retentivas de humedad (hidrogel). Este método está tomando relevancia debido a su capacidad de retener humedad y nutrientes en el suelo y poner a disponibilidad de la planta de manera gradual.

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo general: Determinar el efecto del hidrogel y láminas de agua en el rendimiento de pepinillo (*Cucumis sativus* L.) en macetas, en condiciones de Canaán, 2750 m.s.n.m., Ayacucho, 2022.

Objetivos específicos:

- a. Evaluar el efecto del hidrogel en el rendimiento de pepinillo (*Cucumis sativus* L.) Canaán, 2750 m.s.n.m., Ayacucho, 2022.
- b. Evaluar el efecto de tres niveles de lámina de agua en el rendimiento de pepinillo (*Cucumis sativus* L.) Canaán, 2750 m.s.n.m., Ayacucho, 2022.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

Joya (2019), realizó un estudio que tuvo como propósito evaluar los polímeros retentivos de agua (hidrogel) en tres dosis (baja, media y alta; 8, 13, 18 g/planta respectivamente) y láminas de agua en 3 dosis (adecuada, moderada y deficitaria; 30 %, 15 %, 7.5 % respectivamente) en el cultivo de acelga. Las variables evaluadas incluyeron el contenido de clorofila, porcentaje de humedad gravimétrica, peso fresco y la materia seca. Todas fueron evaluadas dentro de un diseño experimental aleatorizado (DCA). Como resultado, se reportó que la enmienda influyó de manera significativa en los variables de porcentaje de humedad, peso fresco, materia seca.

Saltos (2009) realizó un estudio que tuvo por objetivo evaluar el efecto de dos sustratos, S1 (100 % arena) y S2 (50 % compost + 38 % arena + 12 % casulla de arroz), en la producción de pepinillo (*Cucumis sativus* L.) y dos láminas de agua L1 (lámina reducida en 15 % de la actual para cada etapa de crecimiento) y L2 (semana 1 a 4: 1.05 mm/día, semana 5 a 8: 2.20 mm/día y semana 9 a 12: 2.52 mm/día, y otra). El estudio se realizó en condiciones de macro túnel. En conclusión, el tratamiento con lámina reducida y arena presentó el rendimiento más bajo. Los tratamientos con láminas de riego superior resultaron mejores y no mostraron diferencias significativas entre sí.

Por otro lado, Ortega-Farias et al. (2001) realizó una investigación que tuvo por objetivo evaluar el efecto de cuatro láminas de agua en el rendimiento y calidad de un cultivo de tomates (*Solanum lycopersicum*). Los tratamientos fueron la reposición de 70, 100 y 150 % de la evapotranspiración real (ETreal) y un testigo que correspondió a las láminas de agua utilizadas por el agricultor tradicionalmente. Para estimar la ETreal del tomate utilizaron la el método de la evaporación de la bandeja clase A, siendo el más usado por su bajo costo y

fácil manejo. Los resultados mostraron que el rendimiento total y comercial fue superior en el tratamiento de 150 % de la ETreal, alcanzando las mayores producciones totales, sin embargo, disminuyó a medida que se aplicaron cantidades de agua menores.

1.2. Cultivo de Pepinillo (*Cucumis sativus* L.)

1.2.1. Origen

El pepinillo (*Cucumis sativus* L.) es originario de las regiones tropicales del sur de Asia; por lo que algunos autores señalan que fue cultivado al norte de India desde hace más de 3000 años. Más adelante fue cultivado en Grecia y Roma, posteriormente se extendió hacia China. Los romanos introdujeron este cultivo en otros países europeos; según registros, este cultivo aparece en Francia en el siglo IX, y fue llevado a Norteamérica por Cristóbal Colón a mediados del siglo XVI (Maroto, 1983).

1.2.2. Situación del cultivo

Según la Agencia Agraria de Noticias (2022), el cultivo de pepinillo en el año 2020 alcanzó un récord histórico en la producción mundial, logrando los 91,258.27 millones de kilos. Esto se refleja en la gran superficie a nivel mundial de pepinillo (2,261.318 hectáreas), presentando 4.04 kilos de rendimiento medio por metro cuadrado. Países Bajos lideran en la producción de pepinillo, en cuanto al rendimiento a nivel mundial, obteniendo 70.52 kg m⁻², lo que representa el 585.99 % más que España, que es el segundo que presenta mejor rendimiento, siendo 10.28 kg m⁻². Los principales competidores de España son: Turquía, que produce 5.04 kg m⁻²; Egipto, 2.25 kg m⁻²; Polonia, 6.71 kg m⁻², y Grecia, con unos 8.01 kg m⁻².

China encabeza la lista como el principal productor mundial del cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus* L.), con una producción de 72,779.78 millones de kilos, lo que representa el 79.75 % del total de pepinillos cultivados a nivel mundial. En el 2020, China dedicó una extensión de 1,278.152 hectáreas a la producción de pepinillo, con un rendimiento medio de 5,69 kg m⁻². El segundo productor mundial es Turquía, con 1,926.88 millones de kilos de pepinillo, una superficie de 38,246 hectáreas y un rendimiento de 5.04 kg m⁻²; Rusia ocupa la tercera posición mundial con 1,686.98 millones de kilos, una superficie de 40,029 hectáreas y un rendimiento de 4.21 kg m⁻². Irán ocupa el cuarto lugar con 1,205.68 millones

de kilos, 40.344 hectáreas y un rendimiento de 2.99 kg m⁻²; México ocupa el quinto lugar con 1,159.93 millones de kilos de pepinillo producidos, una superficie de 15.742 hectáreas y un rendimiento medio de 7.37 kg m⁻² (Agencia Agraria de Noticias, 2022).

En el Perú, el cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus* L.) es más común en las áreas de la costa central, donde se siembra en extensiones de tierra más amplias. Esta hortaliza presencia un gran potencial agroindustrial, destinada a la exportación y al mercado interno, donde se ampliará la demanda de este cultivo a través de mercados especializados (Chávez, 2019).

Según MINAGRI (2017), en el Perú los departamentos que lideran en la producción son: Lima, Libertad, Loreto y Tacna, con una producción de 17 866, 11 048, 2 413 y 1 340 t ha⁻¹, respectivamente, para consumo nacional. En nuestra región, se cuenta con un alto índice de consumo anual, sin embargo, la producción del cultivo de pepinillo se ve limitado por el bajo rendimiento.

1.2.3. Taxonomía

Según Jeffrey (1990, citado en Chávez, 2019), de acuerdo al sistema de clasificación taxonómica de Cronquist, la categorización del pepinillo (*Cucumis sativus* L.) es la siguiente:

Reino	: Plantae
Subreino	: Tracheobionta
División	: Magnoliophyta
Clase	: Magnoliopsida
Sub clase	: Dicotyledonae
Orden	: Cucurbitales
Familia	: Cucurbitaceae
Subfamilia	: Cucurbitoideae Endl.
Género	: Cucumis
Nombre científico	: <i>Cucumis sativus</i> L.
Nombre común	: Pepino, pepinillo

1.2.4. Descripción botánica

Maroto (1983) menciona que el pepinillo (*Cucumis sativus* L.) es una planta herbácea anual, que está recubierta en toda su superficie por pelos rizados, y posee raíces fasciculadas. Presenta “tallos trepadores o rastreros muy ramificados en la base, con zarcillos simples. Sus hojas son largamente pecioladas, cortadas en la base, con el ápice acuminado en cuyo limbo se aprecian 3-5 lóbulos angulados y triangulares con borde dentado”.

Así mismo, presenta flores unisexuales localizadas axialmente, con un color amarillento; inician con la formación de flores masculinas y posteriormente desarrollan las femeninas. La eficiente polinización se realiza principalmente mediante insectos, sin embargo, este cultivo posee una tendencia a la partenocarpia.

Los frutos varían en tamaño y forma (oblongos, cilíndricos o globulosos) de acuerdo a la variedad utilizada; así como el color de la corteza del fruto, siendo verde, amarillo o blanco, mientras que la carne se presente de color blanco y acuoso. En los estadios jóvenes, los frutos frecuentemente muestran en la parte superficial, espinas y pequeñas verrugas diseminadas. Las semillas son aplastadas, ligeramente alargadas, ovales, y de color amarillento. El peso de la semilla es muy variable, que en promedio varía entre 30 y 40 semillas/gramo. La viabilidad de las semillas, que traen consigo la capacidad germinativa, es aproximadamente de cinco años.

1.2.5. Composición

El cultivo de pepinillo presenta propiedades nutritivas de gran importancia, como el alto contenido de ácido ascórbico y cantidades ideales de la vitamina B1 y B2. Es rico en minerales como el calcio, potasio, hierro y cloro (Fersini, 1976).

Tabla 1.1*Composición nutritiva de pepinillo (Cucumis sativus L.)*

Agua	94-97 %
Hidratos de carbono estables.....	1-2,4 %
Proteínas	0,8-1,6 %
Azúcares.....	0,7-1,5 %
Celulosa	0,5-1,2 %
Grasas.....	0,03-0,2 %
Potasio	100 mg/100 g de fruto fresco
Fósforo	33 mg/100 g de fruto fresco
Calcio	16 mg/100 g de fruto fresco
Azufre	12 mg/100 g de fruto fresco
Magnesio	12 mg/100 g de fruto fresco
Vitamina A	250 UI/100 g de fruto fresco
Vitamina B1	30 mg/100 g de fruto fresco
Vitamina B2	40 mg/100 g de fruto fresco
Vitamina C	8 mg/100 g de fruto fresco
Colina	Vestigios
Inositol	30-55 mg/100 g de fruto fresco
Ácido oxálico	27 mg/100 g de fruto fresco
Valor calórico	17 cal/100 g de producto comestible

Fuente: (Fersini, 1976).**1.2.6. Curva de extracción de nutrientes de pepinillo**

En el cuadro presentado, se observa la cantidad total de nutrientes absorbidos por el cultivo de pepinillo. El potasio destaca como el macronutriente con la mayor absorción (442.90 kg ha⁻¹), seguido del nitrógeno (399.58 kg ha⁻¹). Además, el total de calcio absorbido fue de 363.94 kg ha⁻¹, el fósforo presentó un nivel de absorción total de 75.30 kg ha⁻¹, y el

magnesio, 71.44 kg ha⁻¹. En cuanto a los micronutrientes, el hierro registró el mayor nivel de absorción (2130.35 g ha⁻¹), seguido del zinc (30.73 g ha⁻¹), manganeso (404.67 g ha⁻¹) y cobre (178.57 g ha⁻¹).

Tabla 1.2

Curva de extracción total de nutrientes durante el ciclo de pepinillo.

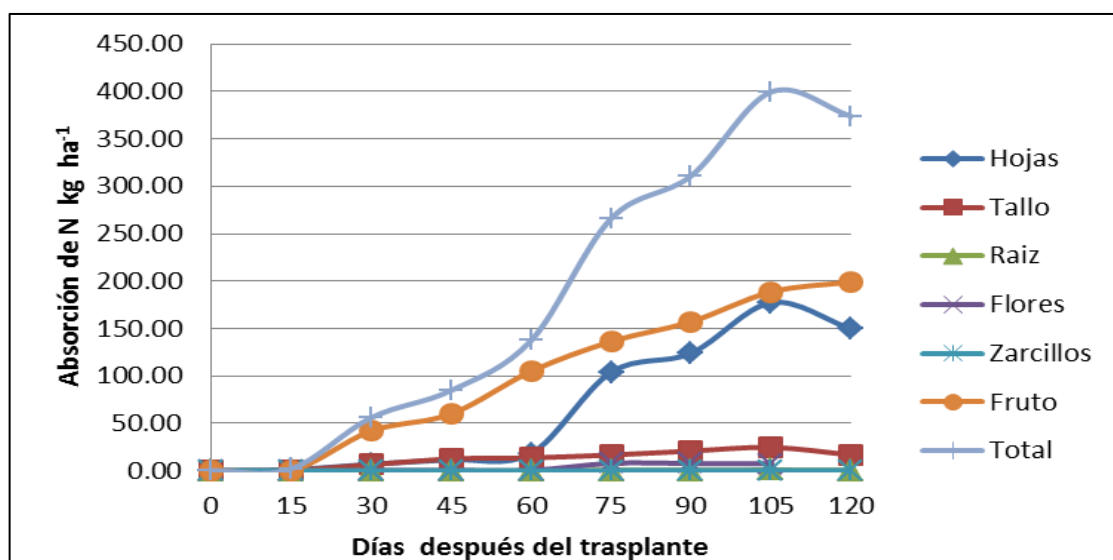
DDT	kg/ha					g/ha			
	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn
0	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.07	0.09	0.24	0.06
15	1.91	0.30	2.93	1.09	0.24	0.88	4.05	18.20	3.10
30	55.84	10.57	68.76	14.91	5.24	15.81	84.04	262.14	29.38
45	84.63	16.42	118.67	20.70	8.41	35.40	106.21	306.35	23.88
60	137.30	28.06	173.15	46.52	16.39	49.91	234.18	518.19	53.74
75	265.99	51.98	313.45	182.67	41.24	77.42	398.20	959.49	183.55
90	311.12	63.16	336.45	245.24	53.96	113.50	553.86	1633.14	324.89
105	399.58	75.30	442.90	262.33	57.25	125.39	630.73	2130.35	404.67
120	373.64	73.62	394.12	363.94	71.44	178.57	616.75	1777.31	307.69

Nota: DDT= Días después del trasplante. Fuente: Fuentes (2015).

a. Curva de extracción del Nitrógeno

Figura 1.1

Perfil de absorción de nitrógeno durante el crecimiento del pepinillo.

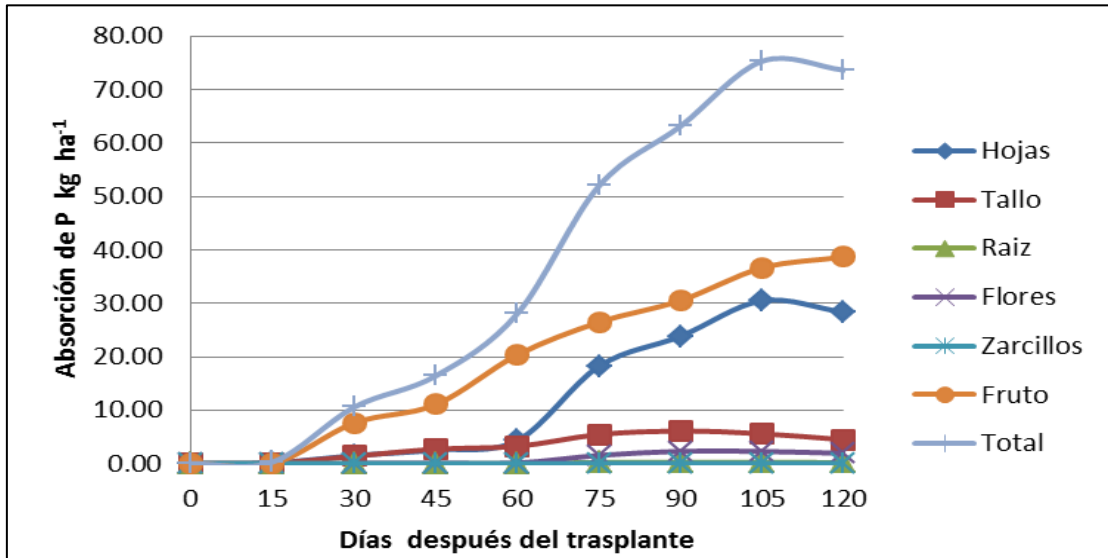


Fuente: Fuentes (2015).

b. Curva de extracción del Fósforo

Figura 1.2

Perfil de absorción de fósforo durante el crecimiento del pepinillo.

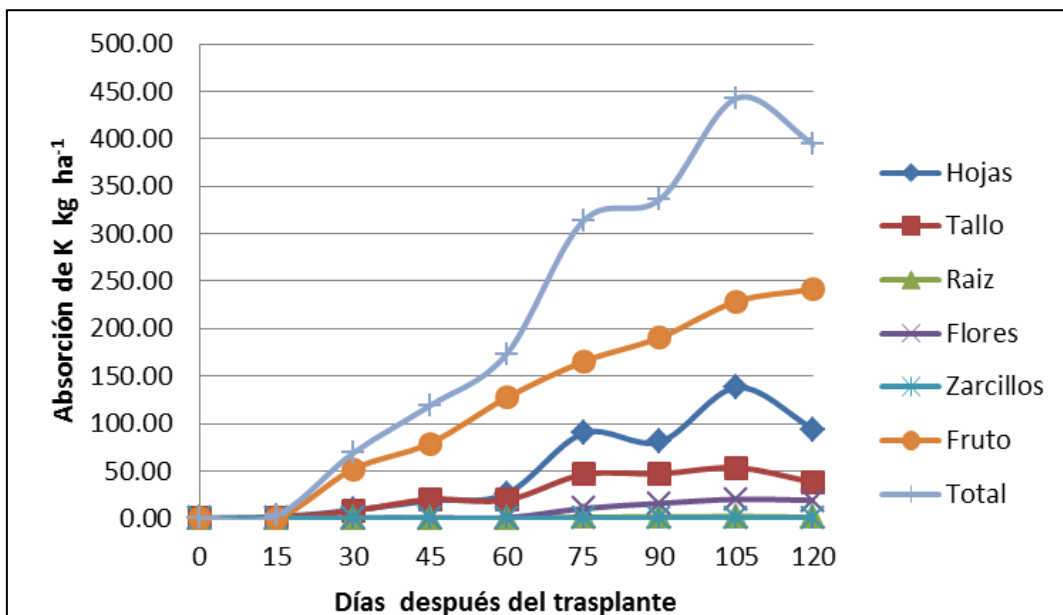


Fuente: Fuentes (2015).

c. Curva de extracción del Potasio

Figura 1.3

Perfil de absorción de potasio durante el crecimiento del pepinillo.

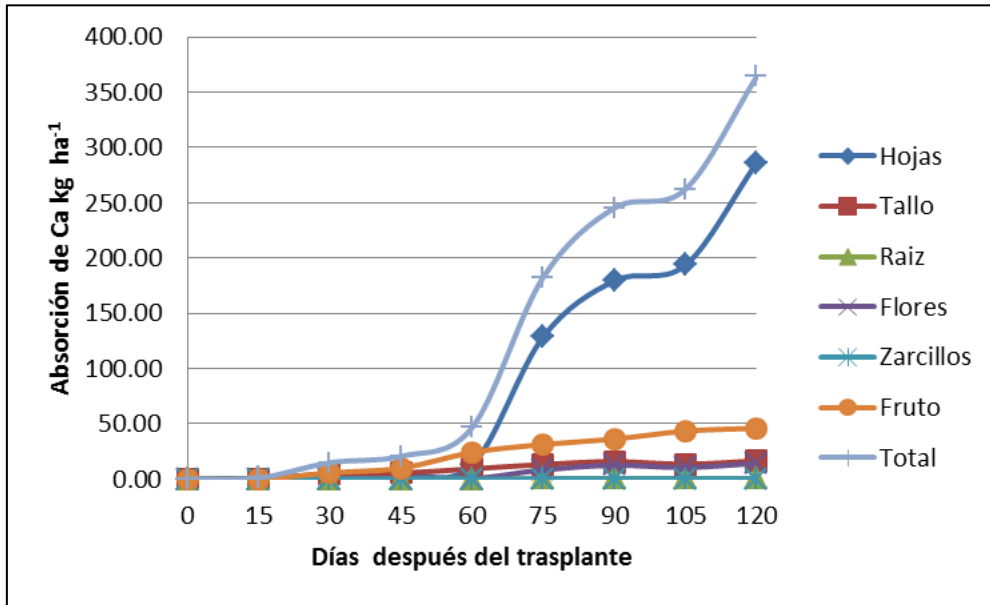


Fuente: Fuentes (2015).

d. Curva de extracción del Calcio

Figura 1.4

Perfil de absorción de calcio durante el crecimiento del pepinillo.

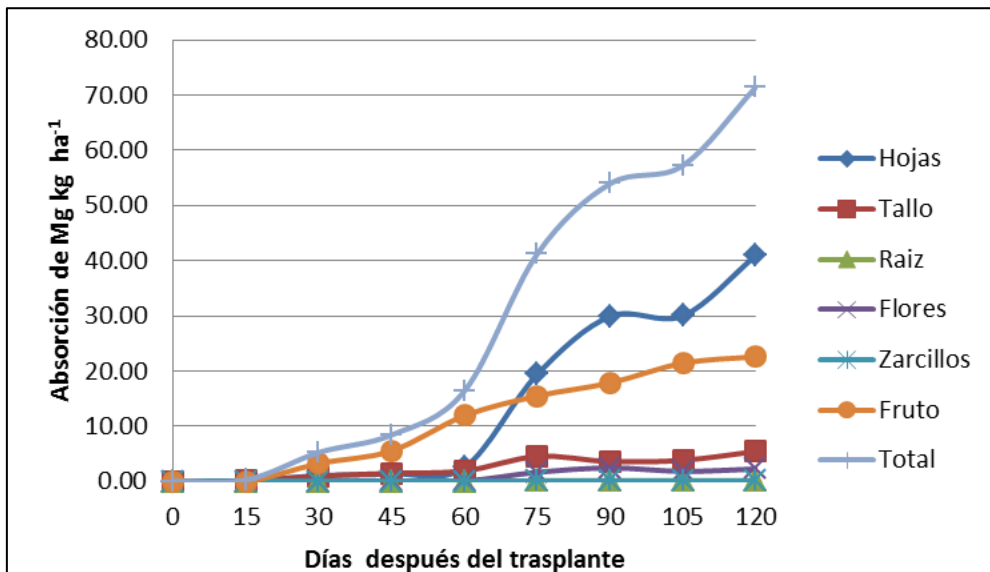


Fuente: Fuentes (2015).

e. Curva de extracción del Magnesio

Figura 1.5

Perfil de absorción de magnesio durante el crecimiento del pepinillo.



Fuente: Fuentes (2015).

1.3. Hidrogeles y aplicaciones

Son denominados polímeros con capacidad particular de absorber y ceder volúmenes considerables de agua y similares soluciones acuosas. La absorción de agua ocurre mediante difusión desde la superficie hacia el interior o por penetración por cavidades porosas, reteniendo el doble de su peso y a la vez la liberación del líquido es proporcional a la temperatura a la que se expone (Estrada et al., 2010). Por tal motivo, estos polímeros retentivos de agua han venido cumpliendo un papel fundamental en el campo del proceso productivo agrícola desde hace varios años; asimismo, existe ventana de oportunidades a futuro en este campo. A base de fuentes de origen, los hidrogeles se pueden clasificar en: sintéticos, semisintéticos, biopoliméricos, y por último hidrogeles superabsorbente (Guilherme et al., 2015).

Tienen aplicaciones en ingeniería, biología y ciencias farmacéuticas, son polielectrolitos que tienen la capacidad de unirse con otras especies de carga contraria y llegando a formar compuestos complejos. Este carácter hace que su aplicación sea numerosa como en el campo agrícola (Guilherme et al., 2015). Según las investigaciones, el hidrogel también permite realizar una liberación controlada de nutrientes cargados de fertilizantes en el suelo para los cultivos; esto es una forma de incrementar la eficiencia de absorción de las raíces, disminuyendo la pérdida por factores como la lixiviación, lavado, procesos químicos (Ullah et al., 2015).

1.3.1. Clasificación

Según Woodhouse y Johnson (1991), los polímeros retenedores de agua se dividen en tres grupos según su origen:

- ✓ Polímeros de injerto de almidón-poliacrilonitrilo (copolímeros de almidón).
- ✓ Copolímeros de polivinil alcohol-acrilato (alcoholes de polivinilo).
- ✓ Copolímeros de ácido acrílico-sodio (Na) o potasio (K) (poliacrilato reticulado).

Los polímeros retentivos de agua (hidrogel) con aplicación en la agricultura pertenecen al tercer grupo, debido a que han demostrado estar activos un tiempo prolongado y son biodegradables, no tóxicos (Joya, 2019).

Según Joya (2019), los hidrogeles se clasifican de acuerdo a su configuración, dependiendo del tipo de entrecruzamiento que presenten, apariencia física, carga eléctrica de la red; que se detalla a continuación:

- a. Categorización basada en la estructura.
 - ✓ No cristalino (amorfo)
 - ✓ Semicristalino: una combinación compleja de fases amorfas y cristalinas
 - ✓ Cristalino
- b. Categorización basada en el tipo de entrecruzamiento:
 - ✓ Redes químicamente entrelazadas presentan uniones permanentes
 - ✓ Redes físicas presentan uniones transitorias que surgen de enredos de cadenas de polímeros o interacciones físicas como interacciones iónicas, enlaces de H⁺ o interacciones hidrófobas.
- c. Categorización basada en su apariencia física:
 - ✓ Como matriz, película o microesfera, dependiendo de la técnica de polimerización utilizada en el proceso de preparación.
- d. Categorización basada en la carga eléctrica de red: según la presencia de carga eléctrica en las redes reticuladas, se puede mencionar los siguientes:
 - ✓ Sin carga iónica
 - ✓ Con carga iónica (aniónico o catiónico)
 - ✓ Electrolito anfótero (anfótero) compuesto por grupos ácidos y básicos

1.3.2. Características técnicas del hidrogel

Según Ullah et al. (2015), geles hidrofílicos tiene la siguiente enumeración de sus características técnicas:

- ✓ Máxima estabilidad y constancia en un ambiente hinchado y durante el almacenamiento.
- ✓ Máxima capacidad de absorción (máximo hinchamiento en equilibrio) en salmuera.
- ✓ Tasa preferida de absorción, tamaño de partícula y porosidad.
- ✓ pH neutro, incoloro, inodoro y absolutamente no tóxico.
- ✓ La más alta absorbancia baja carga.
- ✓ Fotoestabilidad, bajo contenido soluble y momento residual y bajo precio.

- ✓ Capacidad de rehumectación: se refiere a su capacidad para liberar la solución que ha absorbido o retenerla según sea necesario.
- ✓ Máxima biodegradabilidad sin formación de grupos tóxicos.

1.3.3. Proceso de absorción del agua

El proceso de expansión de los polímeros hidrogeles es un procedimiento complejo que involucra múltiples etapas. Primero, las moléculas de agua que penetran a la matriz del hidrogel hidratan grupos llamados hidrofílicos (afinidad por el agua) más polares; segundo, los grupos hidrofóbicos (repele agua) también interactúa con el agua, dando lugar al llamado agua unida hidrofóticamente. Tercero, dado que los enlaces covalentes ofrecen resistencia a la fuerza impulsora osmótica de la red hacia la dilución infinita, entonces ocurre una absorción adicional de agua. La cantidad de agua absorbida por un hidrogel depende de la temperatura y de la interacción entre las moléculas de agua y las cadenas poliméricas que lo componen (Gibas & Janik, 2007). Los hidrogeles tienen la capacidad de absorber una gran cantidad de agua en un corto período de tiempo (Ullah et al., 2015).

1.3.4. Propiedades y composición del hidrogel

El hidrogel puede cambiar su estado similar al gas que cambia su volumen drásticamente, así como tiene la capacidad de retener agua, no se disuelve y es elástico, blanda, aunque no todos los polímeros son iguales (González, 2007).

Como describe Ullah et al. (2015), de acuerdo a su fuente de fabricación, ya sean sintéticos, naturales; pueden tener las siguientes propiedades:

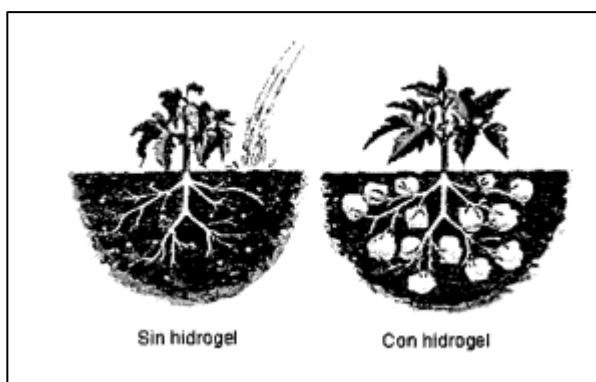
- a. **Polímero natural:** consta de alginato, que es polímero biocompatible y biodegradable; quitosano, polímero soluble; almidón, soluble y barato, biocompatible y biodegradable; dextrano, soluble y biodegradable; glucano, soluble y biocompatible; gelatina, también es soluble.
- b. **Polímeros sintéticos:** compuesto de polímero montmorillonita (MMT) arcilla, que es inorgánica natural y de naturaleza hidrofilia, necesita modificación antes de su uso.

1.3.5. Beneficios en la agricultura

Retención y disponibilidad de agua de manera prolongada, aeración, floculación, permeabilidad, favorece en la agregación del suelo. Mientras en la planta puede favorecer incrementando la capacidad germinativa de sus semillas, mayor desarrollo vegetativo, absorbe nutrientes y los libera de manera controlada, aporta al desarrollo radicular, reduce frecuencia de riegos, evita pérdida de nutrientes por lavado y lixiviación (González, 2007).

Figura 1.6

Ilustración de las diferencias que existen en el sistema radicular de las plantas con y sin hidrogel.



Fuente: González (2007).

1.4. Evapotranspiración del cultivo

Se conoce como evapotranspiración (ET) a la pérdida de agua mediante la combinación de dos procesos: por evaporación a través de la superficie del suelo y por transpiración del cultivo. Estos procesos ocurren simultáneamente y resulta complejo distinguir entre ambos. Además de presencia de agua en los horizontes superficiales del suelo, la evaporación depende de la fracción de radiación solar que llega a esta zona, debido a que la evaporación disminuye a lo largo del ciclo del cultivo a medida que la cobertura vegetal proyecta un mayor porcentaje de sombra sobre el suelo. Al momento de la siembra, casi el 100 % de la evapotranspiración ocurre mediante la evaporación, sin embargo, cuando la cobertura vegetal culmina su crecimiento, más del 90 % de la evapotranspiración ocurre por la transpiración (FAO, 2006).

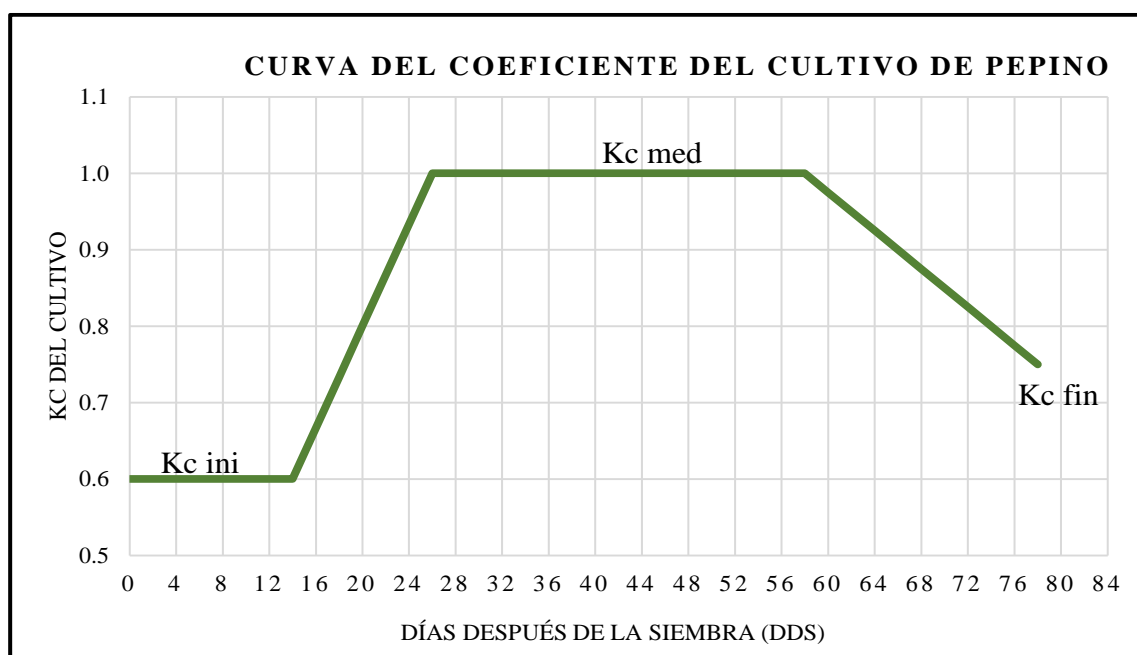
El riego está vinculado al rendimiento de fruto en pepinillo, por lo cual, es muy importante programar la aplicación de agua haciendo más eficiente el uso del agua. La aplicación inadecuada de riego genera estrés hídrico y disminuye la producción. Los cultivos que se desarrollan en campo abierto están sujetos a la luz solar directa, altas temperaturas y viento, generando una alta evapotranspiración del cultivo (ETc), por ende, la demanda de agua es alta.

1.4.1. Coeficiente del cultivo (Kc)

El coeficiente del cultivo es un indicador de la relación entre la evapotranspiración del cultivo (ETc) y la evapotranspiración de referencia del cultivo (ETo). Este valor varía según las etapas fenológicas del cultivo, incrementándose a medida que la planta desarrolla, mientras disminuye con la senectud del cultivo (Avidan, 1994).

Figura 1.7

Curva del Kc de pepinillo (Cucumis sativus L.).



Fuente: Romero et al. (2009).

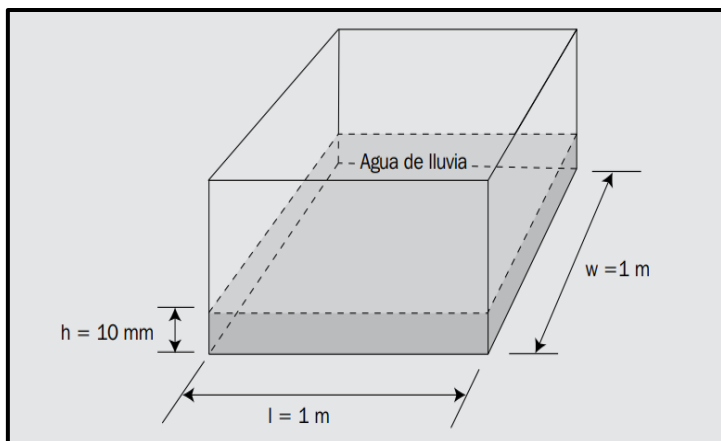
1.4.2. Lámina de agua

El agua que se encuentra contenido dentro de un volumen de suelo (volumen de las partículas del suelo más el de los poros) se puede expresar en altura de lámina de agua. Es

decir, si sacamos el agua contenida en un volumen de 1m^3 de suelo (1 m^2 de superficie y 1 m de profundidad) y lo acumulamos sobre la misma superficie, alcanzaría una determinada altura (h). Por ejemplo, si la altura (h) fuera de 150 mm , se podría expresar la lámina de agua en este suelo como 150 mm en 1 m de profundidad, o 150 mm/m (Carrazón, 2007).

Figura 1.8

Equivalencia entre volumen de precipitación y altura de lámina de agua.



Fuente: Carrazón (2007).

Salto (2009) señala que la evapotranspiración del cultivo (ETc) es un indicador efectivo para calcular la cantidad óptima de agua requerida en el cultivo de pepinillo en condiciones de macro túnel. Esto implica tener en cuenta el drenaje de los sustratos, determinar la frecuencia de riego necesaria y prevenir el exceso de drenaje. Además, sugieren dividir en 6 fases el ciclo del cultivo, aplicando el riego, tomando en cuenta demanda hídrica.

Hidalgo (1971) señala que, para aplicar en una hectárea, se calcula la dosis máxima de agua de la siguiente manera:

$$Lam = \frac{Cc - Pm}{100} \times Da \times Pr$$

Donde:

- ✓ Lam o Lr: Lámina de riego (mm).
- ✓ Cc: Capacidad de campo (%).
- ✓ Da: Densidad aparente (g/cm³).

- ✓ Pr: Profundidad radicular (cm).

Cuadra y García (2016) determinaron las láminas de riego mediante los parámetros del suelo y clima de la región, siendo corroborada por Cropwat v 8.0, haciendo uso de siguiente fórmula:

$$ETc = Kc \times ETo$$

Dónde:

- ✓ Kc = Coeficiente del cultivo.
- ✓ Eto = Evapotranspiración diaria.

1.4.3. Estudios realizados del cultivo de pepinillo y otras hortalizas

Saltos (2009) observó que cuando la lámina de agua durante la fase de cultivo es menor que la demanda hídrica del cultivo, tal como se determina por la ETc, se produce estrés hídrico en el cultivo debido a la deficiencia de agua. El estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de dos sustratos, S1 (100 % arena) y S2 (50 % compost + 38 % arena + 12 % casulla de arroz), en la producción de pepinillo (*Cucumis sativus* L.), junto con dos niveles de riego, L1 (una lámina reducida en un 15 % de la cantidad actual para cada etapa de crecimiento) y L2 (1.05 mm/día en la semana 1 a 4, 2.20 mm/día en la semana 5 a 8, y 2.52 mm/día en la semana 9 a 12). Este estudio se llevó a cabo en condiciones de macro túnel. En resumen, el tratamiento que utilizó la lámina reducida y arena mostró el rendimiento más bajo. Por otro lado, los tratamientos con láminas de riego superiores tuvieron un desempeño mejor y no mostraron diferencias significativas entre sí. Por otro lado, Ortega et al. (2001) realizó una investigación que tuvo por objetivo evaluar el efecto de cuatro láminas de agua en el rendimiento y calidad de un cultivo de tomates (*Solanum lycopersicum*). Los tratamientos fueron la reposición de 70, 100 y 150 % de la evapotranspiración real (ETreal) y un testigo que correspondió a las láminas de agua utilizadas por el agricultor tradicionalmente. Para estimar la ETreal del tomate utilizaron el método de la evaporación de la bandeja clase A, siendo el más usado por su bajo costo y fácil manejo. Los resultados mostraron que el rendimiento total y comercial fue superior en el tratamiento de 150 % de la ETreal, alcanzando las mayores producciones totales, sin embargo, disminuyó a medida que se aplicaron cantidades de agua menores.

Así mismo, Mahadeena et al. (2011) investigó la influencia de los regímenes de riego sobre el rendimiento de 2 cultivos de tomate (*Solanum lycopersicum*). Los tratamientos experimentales fueron tres intervalos de riego (2, 4 y 6 días) y tres cantidades de riego (50 %, 75 % y 100 % de evaporación en bandeja [Ep]). En consecuencia, se observaron que el rendimiento total aumentó a medida que se incrementaba la cantidad de agua de riego para ambas variedades de cultivo. El rendimiento total aumentó alrededor de un 10 % y un 17 % para el tratamiento con 100 % de Ep en comparación con el tratamiento con 50 % de Ep para ambos cultivos; de igual manera, el tratamiento 100 % Ep mostró la menor eficiencia de uso de agua de riego con respecto al tratamiento con 50 % de Ep.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Localización

2.1.1. Ubicación específica

El presente trabajo de investigación se instaló en el Centro Experimental Canaán, de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, 2750 m.s.n.m.

2.1.2. Ubicación política

Departamento : Ayacucho
Provincia : Huamanga
Distrito : Andrés Avelino Cáceres Dorregaray
Localidad : Canaán

2.1.3. Ubicación geográfica

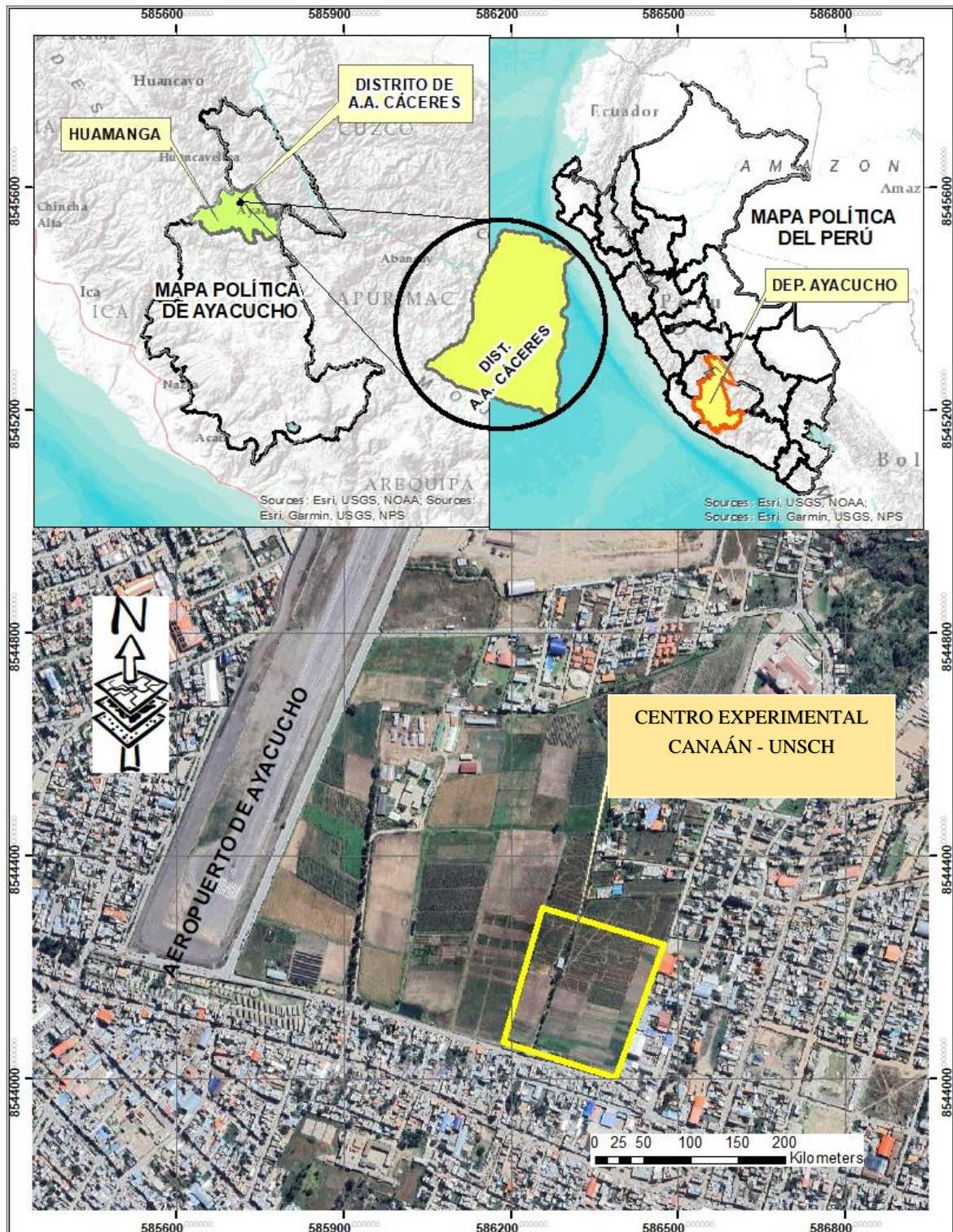
Latitud : 13° 9'20.85"S
Longitud : 74°13'12.72"O
Altitud : 2750 m.s.n.m.
Región natural : Región quechua

2.1.4. Ubicación ecológica

Según la clasificación de zonas de vida por Holdridge, el Centro Experimental Canaán pertenece a la zona de vida estepa espinosa – montano bajo subtropical (ee-MBS), que engloba de 2000 a 3100 msnm.

Figura 2.1

Mapa de ubicación del Centro Experimental Canaán, lugar donde se instaló el experimento.



2.2. Condiciones edáficas y climáticas

2.2.1. Antecedentes del terreno

La tierra para utilizar como sustrato se recogió del terreno con un año de descanso, en la que el cultivo anterior era col.

2.2.2. Condiciones climáticas

La precipitación acumulada anual para Centro Experimental Canaán es 493.50 mm, temperatura máxima promedio 25.15 °C, temperatura mínima mensual 9.2 °C. los detalles se muestran en la Tabla 2.1 y Figura 2.2.

Tabla 2.1

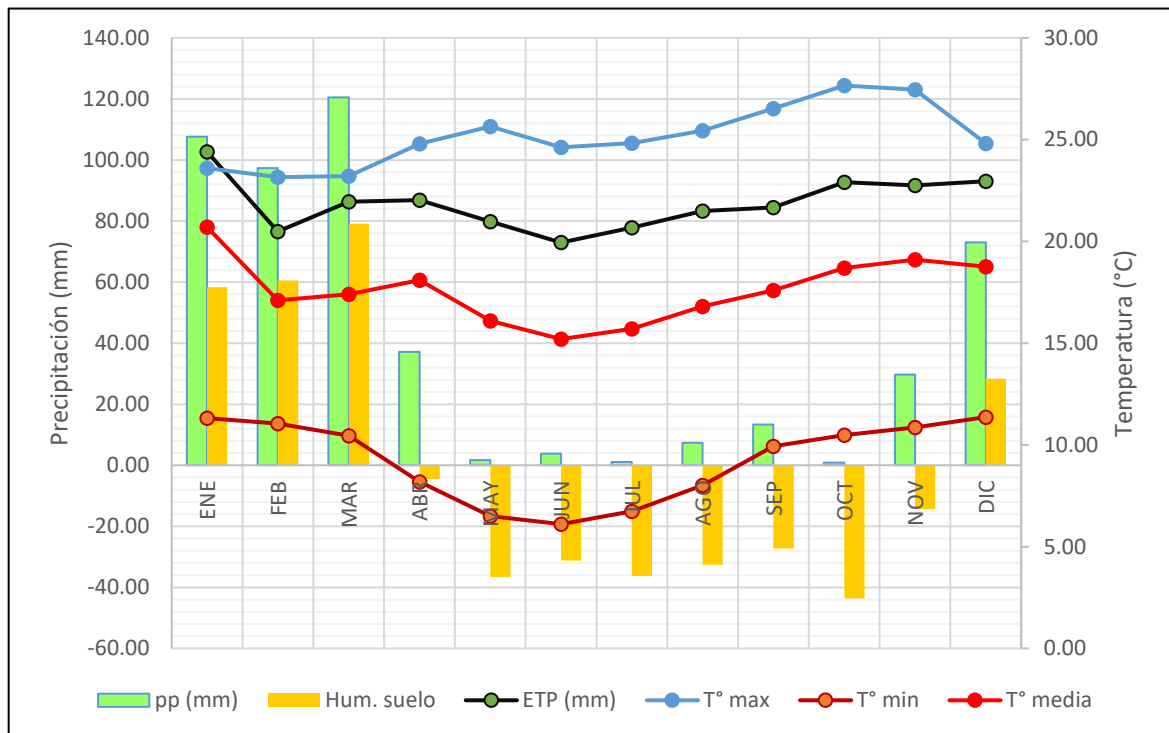
Balance hídrico anual correspondiente según los datos de la estación meteorológica de INIA-CANAÁN.

ESTACIÓN : INIA-CANAÁN		DISTRITO : AYACUCHO		ALTITUD : 2735 msnm									
		PROVINCIA : HUAMANGA		LATITUD : 13° 10' 00.06" S									
		DEPARTAMENTO : AYACUCHO		LONGITUD : 74° 12' 22.92" W									
DESCRIPCIÓN	UNID	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Días		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
T° max. Media mensual	°C	23.60	23.16	23.21	24.80	25.65	24.63	24.83	25.45	26.53	27.66	27.46	24.81
T° min. Media mensual	°C	11.32	11.05	10.45	8.19	6.50	6.11	6.74	8.01	9.93	10.49	10.85	11.37
T° media mensual	°C	20.70	17.10	17.40	18.10	16.10	15.20	15.70	16.80	17.60	18.70	19.10	18.75
Factor de multiplicacion		4.96	4.48	4.96	4.80	4.96	4.80	4.96	4.96	4.80	4.96	4.80	4.96
ETP	mm	102.67	76.62	86.30	86.88	79.86	72.96	77.87	83.33	84.48	92.75	91.68	93.00
Precipitación	mm	107.60	97.30	120.50	37.20	1.70	3.80	1.10	7.40	13.30	0.90	29.70	73.00
ETP ajustado	mm	49.27	36.77	41.41	41.69	38.32	35.01	37.37	39.99	40.54	44.51	43.99	44.63
Humedad del suelo	mm	58.33	60.53	79.09	-4.49	-36.62	-31.21	-36.27	-32.59	-27.24	-43.61	-14.29	28.37
Exceso	mm	58.33	60.53	79.09									28.37
Déficit	mm				-4.491	-36.62	-31.21	-36.27	-32.59	-27.24	-43.61	-14.29	

Nota. Los datos de la estación meteorológica corresponden al año 2022.

Figura 2.2

Climograma con los datos meteorológicos del año 2022.



2.2.3. Características fisicoquímicas del suelo

Según los resultados obtenidos en el laboratorio de análisis de caracterización, se detalla a continuación: pH = 7.69 (ligeramente alcalino), CE = 0.73 dS m⁻¹ (suelo normal), CaCO₃ = 1.83 % (muy bajo), % MO = 1.62 (pobre), P disponible (ppm) = 33.50 (muy alto), K disponible (ppm) = 178 (muy alto), textura franco arcillo arenoso, CIC = 20.73 (medio). Cationes cambiabiles en Cmol (+) kg⁻¹: Ca = 16.31, Mg = 2.93, K = 0.59, Na = 0.89, acidez cambiabiles = 0. Estos resultados son de tierra agrícola y arena fina en una proporción de 60 % y 40 %, respectivamente, en el laboratorio de MULTISERVICIOS AGROLAB (Anexo 8).

2.3. Método procedimental

2.3.1. Tratamientos aplicados

Tabla 2.2

Descripción y características de los tratamientos

Tratamientos	Descripción
T1	Sin hidrogel, lámina de agua (50 %)
T2	Sin hidrogel, lámina de agua (75 %)
T3	Sin hidrogel, lámina de agua (100 %)
T4	Con hidrogel (8 g), lámina de agua (50 %)
T5	Con hidrogel (8 g), lámina de agua (75 %)
T6	Con hidrogel (8 g), lámina de agua (100 %)

2.3.2. Diseño experimental

El trabajo de investigación se instaló bajo el Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial 2H x 3L, con 6 tratamientos, 6 repeticiones y un total de 36 unidades experimentales (macetas). La unidad experimental estuvo conformada por una maceta y cada maceta estaba integrado por una planta de pepinillo. La lámina de agua estuvo conformada por 3 niveles (50 %, 75 % y 100 %), mientras la dosis del hidrogel fue (H1: 8 g/planta), incluyendo un testigo (H0: 0 g/planta).

El modelo aditivo lineal del análisis estadístico fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + A_j + B_k + (AB)_{jk} + e_{ijk}$$

Donde:

- ✓ Y_{ijk} = Es la observación de la unidad experimental.
- ✓ μ = Es la media general.
- ✓ A_j = Es el efecto debido al j-ésimo del factor hidrogel.
- ✓ B_k = Es el efecto debido al k-ésimo del factor nivel de lámina de agua.

- ✓ $(AB)_{jk}$ = Efecto de la interacción entre el j-ésimo del factor hidrogel y el k-ésimo del factor niveles de lámina de agua.
- ✓ EE_{ijk} = Es el efecto del error experimental.

2.3.3. Análisis estadístico

Los datos cuantitativos se analizaron mediante Análisis de la Varianza (ANVA, $\alpha=0.05$) y la prueba de Contraste de Tukey (0,05). Correlación de los variables dependientes. Todo análisis se realizó mediante el software “Infostat” y Rstudio.

Tabla 2.3

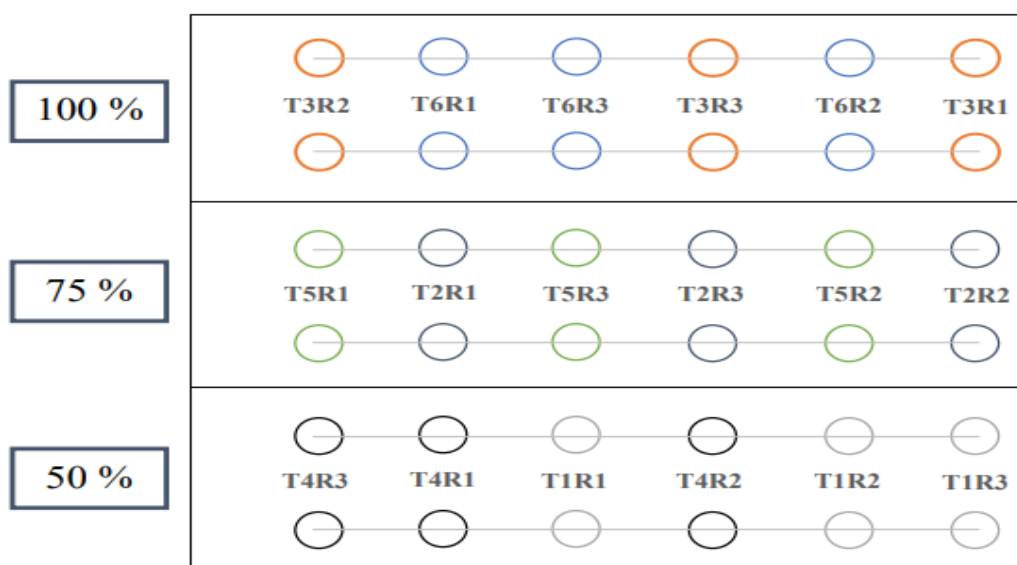
Características de las unidades experimentales

Descripción	Unidad	Medida
Diámetro de maceta	M	0.56
Altura de maceta	M	0.40
Área de superficie de la maceta	m ²	0.246
Volumen de maceta hasta altura de tierra	m ³	0.0984
Distancia entre macetas	M	0.40
Número de semillas/maceta en la siembra	Unidades	3.0
Número de plantas manejadas/maceta	Unidades	1.0

El gráfico siguiente muestra el patrón de distribución aleatoria de las unidades experimentales en el campo de experimentación:

Figura 2.3

Representación gráfica de la distribución de los tratamientos en el área experimental.



Nota: T: tratamientos, R: repeticiones

2.3.4. Criterios de aplicación de hidrogel y lámina de agua

Uso del hidrogel

- Sin hidrogel.** Se empleó macetas sin la aplicación del hidrogel para control o testigo.
- Con hidrogel.** Se aplicó dosis de 8 g del hidrogel en cada maceta. Para su aplicación se procedió a hidratar con 2 L de agua de riego durante 1 hora. Luego se colocó antes de sembrar a una altura de 3/4 en cada una de las macetas (Joya, 2019). Esta se aplicó una vez para todo el experimento.

Lámina de agua

- Lámina de agua al 50 %.** Consistió en reponer el 50 % de la capacidad de campo, ajustado por el coeficiente del cultivo (K_c) para cada etapa de desarrollo del cultivo (Anexo 6 y 7).
- Lámina de agua al 75 %.** Consistió en reponer el 75 % de la capacidad de campo, ajustado por el coeficiente del cultivo (K_c) para cada etapa de desarrollo del cultivo (Anexo 6 y 7).

- c **Lámina de agua al 100 %.** Consistió en reponer el 100 % de la capacidad de campo, ajustado por el coeficiente del cultivo (K_c) para cada etapa de desarrollo del cultivo (Anexo 6 y 7).

a. Medición de la evapotranspiración del cultivo

La evapotranspiración del cultivo (ET_c), cantidad de agua que requiere la planta, se calculó con la siguiente ecuación:

$$ET_c = ET_o \times K_c$$

b. Capacidad de campo (CC).

$$\%CC = \frac{psh - psse}{psse} * 100$$

Dónde:

- ✓ psh: Peso de suelo húmedo.
- ✓ psse: Peso de suelo seco a la estufa.

c. Volumen m^3

Para calcular el volumen de agua que requiere una planta, se utilizó la siguiente ecuación que se describe a continuación:

$$Vol = L_r \times A$$

$$A = \pi r^2$$

Donde:

- ✓ Vol: Volumen.
- ✓ L_r : Lámina de riego.
- ✓ A: Área de la maceta.
- ✓ r: Radio de la maceta.

2.3.5. *Establecimiento de láminas de riego*

El riego se estableció mediante la determinación de los puntos de capacidad de campo y punto de marchitez con dispositivo Arduino UNO, este proceso de calibración se realizó en el laboratorio con las muestras de sustrato.

Tabla 2.4

Valores del Kc para diferentes etapas del cultivo de pepinillo (Cucumis sativus L.).

Cultivo	Kc inicial	Kc medio	Kc final
Pepinillo	0.60	1.00	0.75

Fuente: FAO (2006)

Tabla 2.5

Etapas de crecimiento del cultivo de pepinillo (Cucumis sativus L.).

Cultivo de pepinillo	
Etapas inicial	20 días
Etapas de crecimiento y desarrollo	30 días
Etapas de floración y fructificación	40 días
Etapas de Estación Final	15 días

Fuente: FAO (2006).

2.3.6. *Protocolos de calibración de sistema Arduino UNO*

- Calibración del sensor resistencia – tensión.** Se realizará en un ambiente de laboratorio, Se llevaron a cabo nueve tratamientos dobles en macetas pequeñas, utilizando sustrato de 800 g. Se aplicaron cantidades de agua que iban desde 40 ml hasta 200 ml a cada tratamiento doble. Después de 24 horas, se tomaron lecturas manuales con Arduino UNO, utilizando sensores instalados a una profundidad de 0.15 m, durante tres días consecutivos. Posteriormente, se realizó una curva de calibración con las lecturas del Arduino UNO y la humedad gravimétrica. Se calculó la reposición de agua para lámina de agua al 50 %, 75 % y 100 % utilizando la

ecuación de calibración correspondiente. Para simular lámina de agua del 50 %, 75 % y 100 % en el campo, se midió la humedad con Arduino UNO instalado en bolsas de polietileno que simulan una lámina al 100 %. Con la lectura promedio de la humedad del suelo, se calculó la reposición de agua utilizando la ecuación de lámina de agua. El resultado se utilizó para reponer el agua según el porcentaje de lámina de agua, con monitoreo interdiario basado en las lecturas del Arduino UNO.

- b. **Curva de calibración de tensión en los sensores.** Se analizará las propiedades de retención – tensión del contenido de humedad o potencial mátrico del suelo muestra. Aquí se registrará los potenciales matriciales de la muestra de los sensores y los tensiómetros analógicos o convencionales a una profundidad dada (0.15 m). La medición de T°C se tomará a una profundidad de 0.15 m.

2.3.7. *Métodos y criterios de evaluación de las variables dependientes*

- a. **Materia seca de la planta (%).** Se evaluó el rendimiento de materia seca de la planta a la madurez de cosecha del cultivo de pepinillo. Una planta entera de cada repetición, fue llevado a la estufa durante 72 horas a una temperatura constante de 70 °C hasta obtener un peso constante en gramos. Para obtener el peso de la materia seca, se empleó una balanza analítica. Para calcular el porcentaje de materia, se aplicó la fórmula matemática siguiente:

$$MS = \frac{PS}{PF} \times 100$$

Donde;

- ✓ MS = Materia seca.
 - ✓ PS = Peso seco de la planta en laboratorio al alcanzar la madurez comercial.
 - ✓ PF = Peso fresco de la planta en el campo al alcanzar la madurez comercial.
- b. **Número de frutos por planta (u).** Se contabilizó en el momento de la cosecha la cantidad de frutos de pepinillo por cada unidad experimental, que estuvo conformado por una planta por maceta.
 - c. **Peso verde del fruto (g).** Se evaluó el peso total en verde de los frutos en cada UE, a la vez, estas mediciones sirvieron para clasificar en calibres de los frutos.

- d. **Clasificación de frutos por calidad.** Se clasificarán los frutos en cada tratamiento de acuerdo al tamaño, diámetro, color y forma: calidad extra, calidad primera, calidad segunda, utilizando los estándares y criterios presentados en la Tabla 2.6.

Tabla 2.6

Parámetros de calidad de pepinillo según INACAL

Factores de calidad	Calidad extra	Calidad primera	Calidad segunda
1. Tamaño			
Long. Máx.	17 cm	20 cm	más de 20 cm
Peso Máximo	260 g	380 g	más de 380 g
Tolerancia	5 % fruto de calidad inmediata inferior	5 % fruto de calidad inmediata inferior	
2. Diámetro			
Máxima	4.5 cm	5.0 cm	más de 5.0 cm
Tolerancia	5 % fruto de calidad inferior	10 % fruto de calidad inmediata inferior	
3. Color			
Color comercial	Verde oscuro	Verde oscuro	Verde oscuro
Tolerancia	10 % coloración comercial mediana	15 % coloración comercial mediana	20 % coloración comercial mediana
4. Forma	Normal	Normal	Normal
Tolerancia	10 % fruto ligeramente deforme	15 % fruto ligeramente deforme	25 % fruto ligeramente deforme

Fuete: Instituto Nacional de Calidad. (2012), Norma Técnica Peruana: pepinillo fresco - INACAL.

- e. **Altura de la planta (cm).** Durante la etapa de plena floración, se llevó a cabo la medición de la altura de cada planta por unidad experimental. Se determinó la altura desde el cuello de la planta hasta la yema apical más alta del mismo tallo utilizando un flexómetro (wincha en sistema métrico).

- f. **Diámetro del fruto (cm).** Se midió en 3 frutos al azar por cada repetición, luego estos fueron expresados en cm.
- g. **Longitud del fruto (cm).** Fueron medidos en 3 frutos al azar por cada repetición, las mismas en la que se midió el diámetro.

2.3.8. Material biológico

Fueron utilizadas semillas de pepinillo híbrido F1 (*Cucumis sativus* L.) diamante, en total se utilizó 108 semillas, 3 por cada maceta.

2.3.9. Materiales y equipos de campo

- | | |
|---------------------|--------------------------------|
| ✓ Lampas | ✓ Balanza electrónica |
| ✓ Picos | ✓ Baldes de 18 L |
| ✓ Cinta métrica | ✓ Cuaderno de campo |
| ✓ Arduino UNO | ✓ Cámara fotográfico (celular) |
| ✓ Sensor de humedad | ✓ Tijera de poda |
| ✓ Bolsas de cartón | ✓ Pitas para tutorado |
| ✓ Vernier | ✓ Carrizo |

2.3.10. Instalación y conducción del ensayo

- a. **Sustrato.** El sustrato utilizado fue tierra agrícola y arena fina en una proporción de 60 % y 40 %, respectivamente, en el base de cada maceta se puso piedra chancada con la finalidad de mantener un drenaje adecuado.
- b. **Desinfección del sustrato.** El sustrato se desinfectó mediante el riego con agua ozonizada bajo siguientes protocolos: (a una concentración de ozono generado en 1 hora) en las respectivas macetas antes de sembrar las semillas. El agua ozonizada se preparó en agua de riego.
 - ✓ Se hizo tratamiento con agua ozonizada 24 h antes de sembrar.
 - ✓ Se remojó el suelo a capacidad de campo con agua ozonizada.
 - ✓ Luego se dejó que el agua ozonificada tratada se escurra 24 h.

- c. Llenado de las macetas con el sustrato.** La maceta empleada fue una bolsa de polietileno de 56 cm de diámetro y 63 cm de altura, a la cual se llenó el sustrato hasta una altura de 40 cm.
- ✓ Se procedió a llenar piedra chancada a la base de la bolsa hasta una altura de 10 cm.
 - ✓ Luego se llenó tierra agrícola hasta una altura de 40 cm desde la base.
 - ✓ Luego el hidrogel de 8 g previamente hidrolizado se colocó a una altura de $\frac{3}{4}$ partes de la maceta, luego se tapó con tierra hasta completar una altura de 40 cm.
 - ✓ Luego, los sensores de humedad se colocaron al momento de la aplicación de hidrogel, con la finalidad de controlar o tomar la humedad del suelo.
- d. Adquisición y desinfección de semillas.** La semilla fue comprada de la tienda agropecuaria (Sierra seeds) de la ciudad de Lima, luego estos fueron sembradas directo al suelo en las macetas.
- e. Siembra.** Fueron sembradas 3 semillas por maceta, de los cuales se conservó una planta por maceta hasta la cosecha. Esta actividad se realizó el 28 de enero del año 2023
- f. Fertilización.** Se realizó la aplicación de NPK granulado mediante el nivel de extracción de 399-171-530 (Fuentes, 2015) que se muestra en la Tabla 2.2. Las fuentes de fertilizantes fueron: úrea (46-0-0), fosfato di amónico (18-46-0) y cloruro de potasio (0-0-60). El nivel de abonamiento calculado por hectárea fue 522 – 171 – 122, mientras la cantidad de fertilizantes por hectárea fue 987 kg de úrea, 372 kg de FDA y 203 kg de KCl; dosis calculadas por maceta para una densidad de siembra de 2500 plantas ha⁻¹ resultaron: 394.8 g de úrea, 148.8 g de FDA y 81.20 g de cloruro de potasio. Estas cantidades de dosis calculado fueron diluidas en 6 L de agua de riego, luego de esta dilución concentrada se extrajo 20 mL de solución para combinar con el agua de riego de reposición para cada lámina de riego. La fertilización se realizó cada semana, días a partir de la emergencia.

Además, se utilizó el producto llamado “CALCIO-BORO” vía foliar a una razón de 1 L/200 L, el cual contenía Ca, B, Zn, S, N, fitohormona y aminoácidos. Este producto evita caída de flores frutos, estrés y envejecimiento prematuro.

- g. Riego.** El riego se aplicó en tres volúmenes (mm) diferentes, reponiendo el 50 %, 75 % y 100 % de agua perdido por día de evapotranspiración según la etapa fenológica del cultivo (Anexo 5 y 6). El control de humedad del suelo se realizó con Arduino UNO e Higrómetro. El pH de agua de riego medido fue 6.43, una conductividad eléctrica (CE) de 93 mS cm⁻¹ y 23.1 °C.
- h. Tutorado.** Cuando las plantas estuvieron con una altura de 10 cm, se instaló los tutores correspondientes para guiar la rama de la planta en forma erguida, para lo cual se utilizó palos delgados y pita.
- i. Deshierbe.** Esta actividad se realizó de forma manual y de manera constante hasta el término del experimento.
- j. Control fitosanitario.** Se aplicó dos controles fitosanitarios, la primera aplicación se realizó 20 días después de emergencia (19/02/2023) y la segunda antes de la floración (26/03/2023). Los productos utilizados fueron: fungicida FORDAZIM (80 mL/200 L) e insecticida CIGARRAL (60 g/200 L), además se utilizó adherente MAXI-COVER (50 mL/200 L).
- k. Poda.** La poda se realizó según el desarrollo de la planta, eliminando los primeros brotes que aparecen en el tallo principal durante el desarrollo vegetativo por debajo de los 30 cm.
- l. Cosecha.** En el estado de madurez de cosecha se recogió los frutos debidamente etiquetados, luego se procedió a evaluar los frutos recogidos. La cosecha se realizó en forma escalonada hasta 3 cosechas. La última cosecha se realizó el 29 de abril del 2023.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

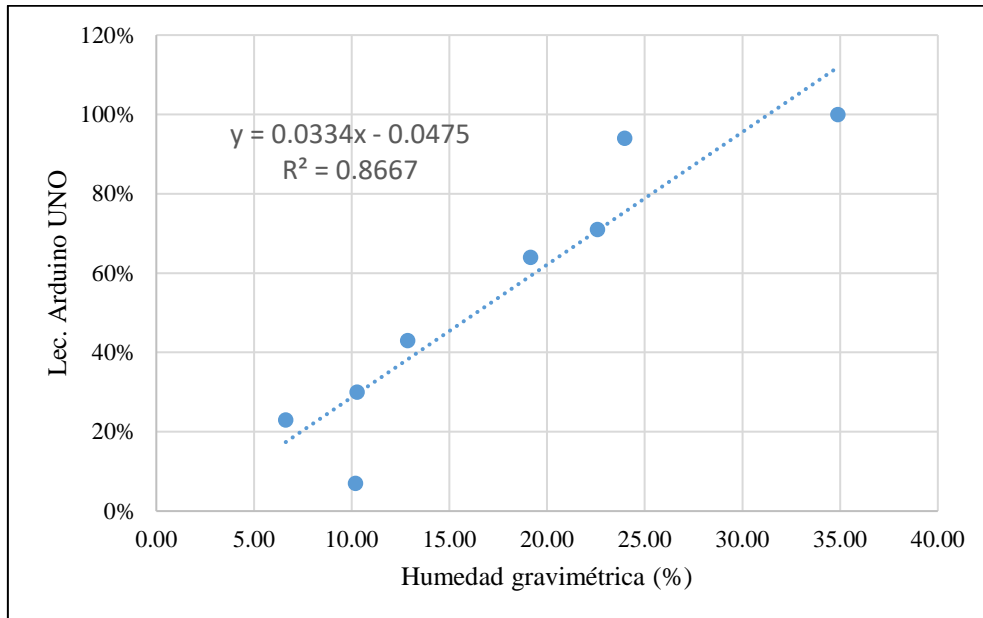
3.1. Análisis de la humedad del suelo

En la Figura 3.1, se observa curva de calibración de lectura de la humedad con Arduino UNO en función del porcentaje de humedad gravimétrica (Anexo 3), en tres repeticiones. La humedad gravimétrica se determinó mediante la relación: diferencia entre peso del suelo húmedo (psh) y peso seco del suelo a la estufa (psse), todo dividido entre psse, finalmente multiplicando por 100 para convertir en porcentaje. La curva resultó en el modelo lineal ($Y = 0.0334x + 0.0475$) con un coeficiente $r = 0.930$.

Los cálculos de reposición de agua se realizaron en función de la ecuación mencionada anteriormente y según la lectura de Arduino UNO, para una capa arable de 20 cm, volumen de maceta efectiva de 0.0492 m^3 , luego se ajustaron las cantidades resultantes según el coeficiente del cultivo (K_c) (Anexo 5 y 6); asimismo, los cálculos de reposición están basadas de acuerdo a la capacidad de campo ($\% \text{ CC} = 31.36$) del suelo empleado, franco arcillo arenoso. Traxco (2009), menciona que el suelo franco arcilloso tiene 30 % de CC; mientras, Fertilab (s.f.), menciona 25 a 35 % de CC para suelos francos arcillosos.

Figura 3.1

Curva de calibración para las lecturas de humedad del suelo experimental, en condiciones de Canaán, 2750 msnm.

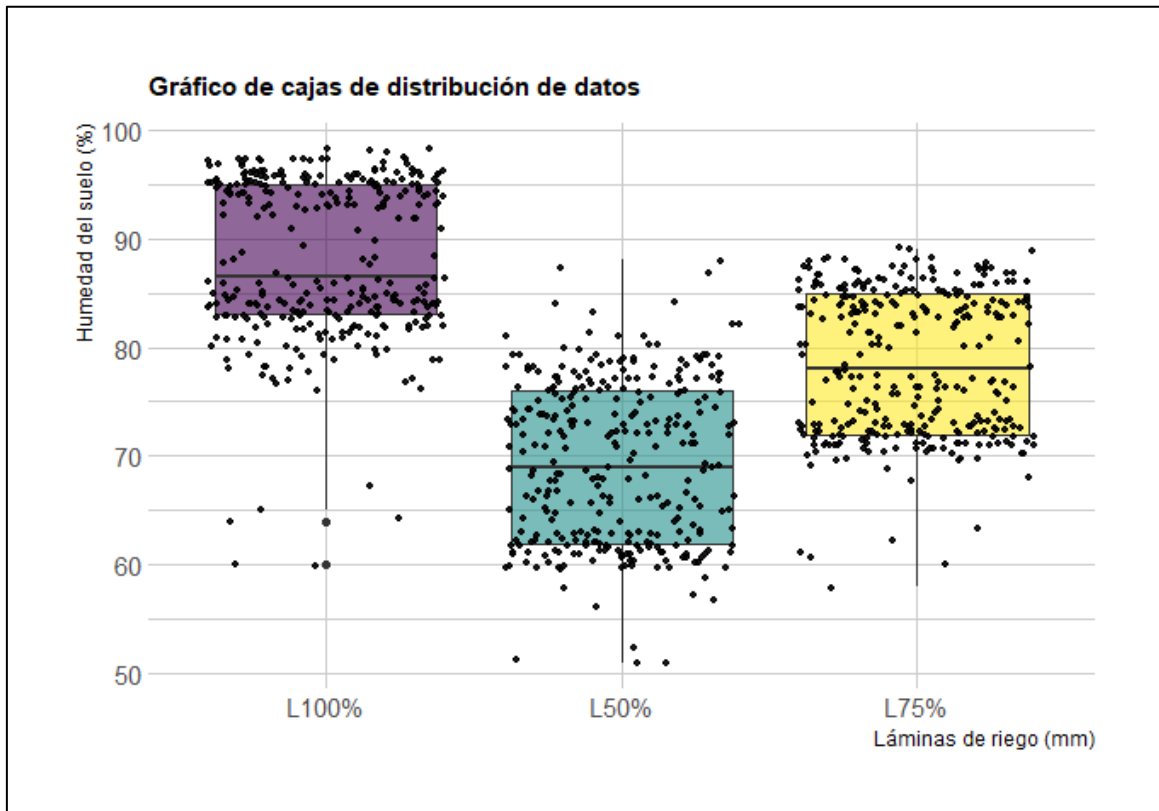


3.1.1. En función de láminas de riego

Para los tratamientos de este estudio, se suministraron diferentes niveles de lámina de agua (50 %, 75 % y 100 %), los cuales consistieron en reponer la cantidad de agua perdida por el cultivo de pepinillos debido a la evapotranspiración. En la Figura 3.2, se puede observar que, en el caso del riego al 100 %, la mayoría de las mediciones de humedad se concentraron en el primer y tercer cuartil (Q1 y Q3), además de presentarse algunos valores atípicos. El rango de humedad para el tratamiento con lámina al 100 % se situó entre el 60 % y el 98 %. En cuanto al tratamiento con lámina al 50 %, la humedad del suelo mostró un rango del 51 % al 88 %, lo que indica una mayor dispersión de datos. Finalmente, el tratamiento con riego al 75 % presentó un rango del 57 % al 89 %, esto demuestra que en las lecturas realizadas existe una fluctuación en el rango de humedad del suelo. Con respecto a los diferentes niveles de lámina de agua (100 %, 50 % y 75 %), la distribución de los datos indica una gran dispersión. Las mediciones de humedad comenzaron a realizarse 15 días después de la siembra, cuando las semillas emergieron.

Figura 3.2

Gráficos de cajas de la humedad del suelo y comportamiento de la distribución de los datos según la lámina de agua aplicado.



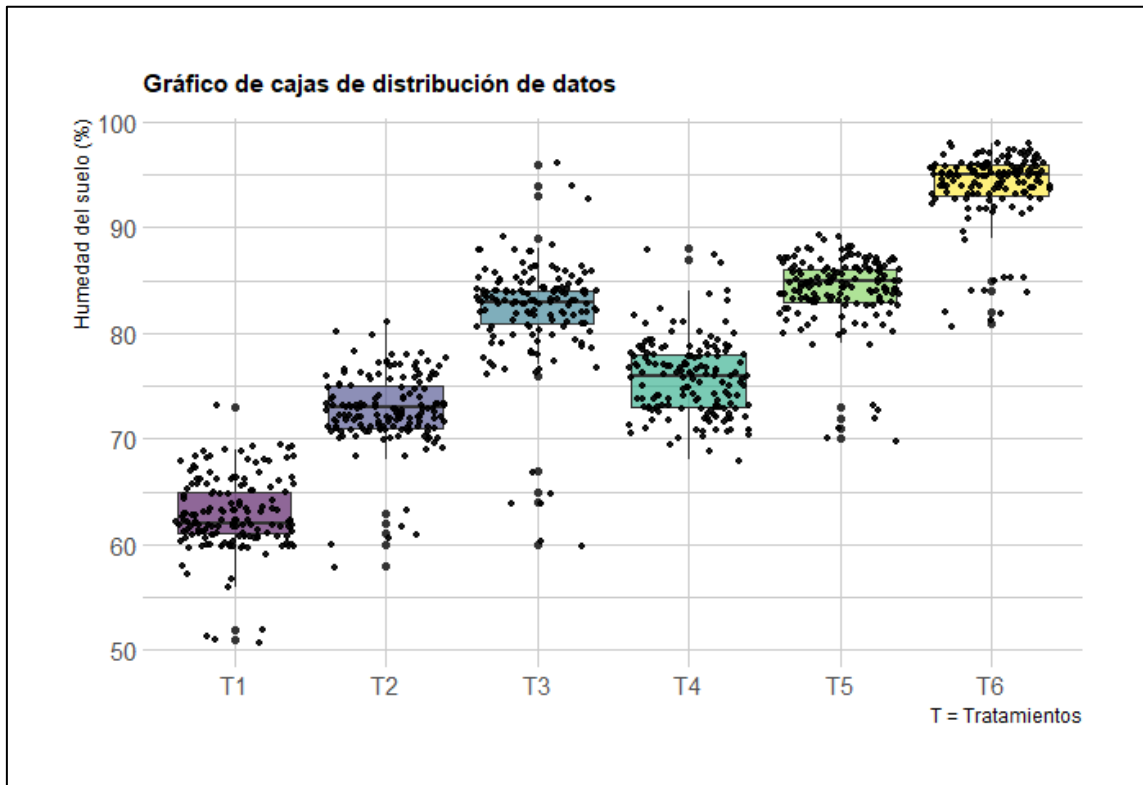
Nota: L= Láminas al 50 %, 75 % y 100 %.

3.1.2. En función de las láminas de agua con y sin hidrogel

En este estudio, se evaluaron 6 tratamientos, y se realizaron lecturas de humedad del suelo en macetas a lo largo de todo el período, obteniéndose un total de 51 lecturas provenientes de tres repeticiones. Cada lectura se llevó a cabo de forma interdiaria utilizando el Arduino UNO. En la Figura 3.3, se observa que el tratamiento (T6) con hidrogel y lámina de agua al 100 %, presenta el mayor promedio de humedad del suelo en comparación con los demás tratamientos, además de mostrar un rango más estrecho, entre el 81 % al 98 %. Por otro lado, en el tratamiento (T1) que sin hidrogel y lámina de agua al 50 %, las lecturas de humedad mostraron un rango del 51 % al 74 %. En cuanto al resto de los tratamientos, se observó un comportamiento muy variable en las lecturas de humedad.

Figura 3.3

Gráficos de cajas de la humedad del suelo y comportamiento de la distribución de los datos en cada tratamiento.



3.1.3. Análisis de la varianza (ANVA) y comparación de medias

En el análisis de la varianza realizado, se encontró estadísticamente una diferencia significativa ($\alpha < 0.001$) para los tratamientos, dosis del hidrogel, láminas de agua y para la interacción. El coeficiente de variación (4.78 %) resultó ser un valor de buena precisión, es decir, que los resultados mostrados tienen confiabilidad (Tabla 3.1). Las lecturas de humedad se realizaron 3 veces por cada tratamiento, las mismas que fueron tomadas en las mismas unidades experimentales (macetas) desde el principio hasta el final. Según este ANVA, tanta lámina de agua y dosis del hidrogel influyeron de manera positiva en la humedad del suelo, debido a que hubo interacción, se estudiará los efectos simples del hidrogel en distintas láminas de agua.

Tabla 3.1

Análisis de la varianza de la humedad del suelo (% H) y de los efectos simples del hidrogel en láminas de agua del cultivo de pepinillo (Cucumis sativus L.), Canaán, 2750 msnm.

F. V	GL	SC	CM	Fc	P-valor
Tratamientos	5	87505.83	17501.17	1244.271	<0.0001**
Dosis del hidrogel (DH)	1	33180.13	33180.13	2358.99	<0.0001**
Láminas de agua (L)	2	54231.84	27115.92	1927.846	<0.0001**
Interacción (DH*L)	2	93.86	46.93	3.336557	0.036*
H en L100 %	1	10552.97	10552.97	750.2788	<0.0001**
H en L75 %	1	9973.89	9973.89	709.1083	<0.0001**
H en L50 %	1	12747.14	12747.14	906.2765	<0.0001**
Error	917	12897.97	14.0654		
Total	922	100403.80			

CV = 4.78 %

Nota. Datos de las lecturas de humedad se muestran en el Anexo 1. La humedad de cada tratamiento se tomó en 3 repeticiones para cada tratamiento.

En la Tabla 3.2 se observa que la dosis del hidrogel (8 g) aplicada en distintas láminas de agua influyó en la conservación de la humedad del suelo, en los cuales resultaron superiores estadísticamente. Se encontraron valores de 94.02, 84.13 y 75.78 % de humedad en láminas de 100, 75 y 50 %, respectivamente; todos estos resultados con la aplicación del hidrogel.

Tabla 3.2

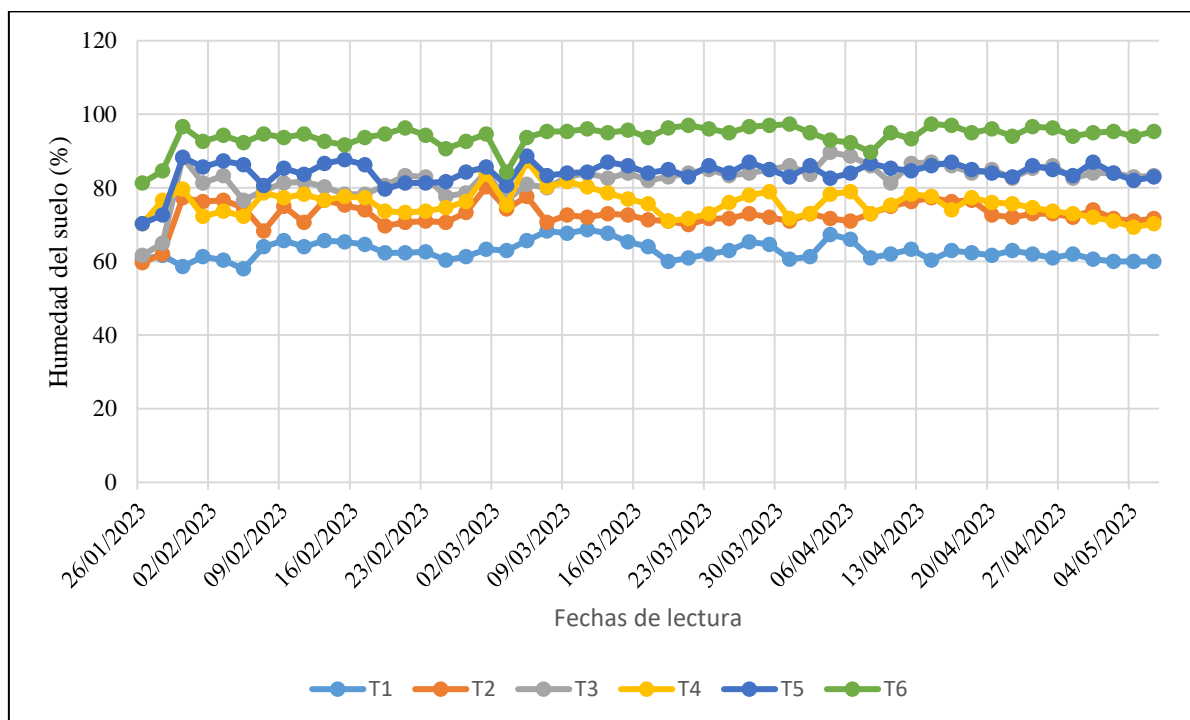
Comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$) de los efectos simples de porcentaje de humedad del suelo.

Tratamientos	Humedad del suelo (%)	Tukey
Dosis del hidrogel en L100 %		
H (8 g) en L100 %	94.02	a
H (0 g) en L100 %	82.27	b
Dosis del hidrogel en L75 %		
H (8 g) en L75 %	84.13	a
H (0 g) en L75 %	72.710	b
Dosis del hidrogel en L50 %		
H (8 g) en L50 %	75.78	a
H (0 g) en L50 %	62.87	b

En la Figura 3.4, se muestra comportamiento de las lecturas de humedad realizadas interdiariamente, los mismos que tuvieron fluctuación regular, excepto en algunos puntos que alcanzaron picos más altos y bajos.

Figura 3.4

Comportamiento de las 51 lecturas de humedad del suelo para cada tratamiento (T), tomadas interdiariamente y 15 días después de la siembra.



Este resultado se asemeja a los reportes mostrados por Estrada et al. (2010), quienes demostraron que los polímeros (hidrogel) eran capaces de absorber agua el doble de su peso; asimismo, mencionan que la liberación de agua es constante y lineal. Los hidrogeles tienen esa característica de absorber agua por la gradiente de presión que existe, siendo mayor fuera del hidrogel. Por estas características, el hidrogel mantiene la humedad en la rizósfera del cultivo. Mora y Solorzano (2017), en una investigación de polímero de acrilamida de potasio en tres tipos de suelos (arcilloso, franco arcilloso, limo y franco arenoso), reportaron que el hidrogel aplicado directamente al suelo sólo llega a hidratarse en 42 %, por lo que es necesario realizar pre hidratación antes de colocar en las macetas o suelos. Beltrán (2020), encontró alta significancia entre los niveles de láminas de agua ($p < 0.0001$) en análisis de la varianza, donde reporta 67 mm/planta/ciclo como la cantidad óptima. Joya (2019), evaluó riego deficitario con hidrogel en hortaliza de acelga (*Beta vulgaris* var. *cycla*, cv. Fordhook

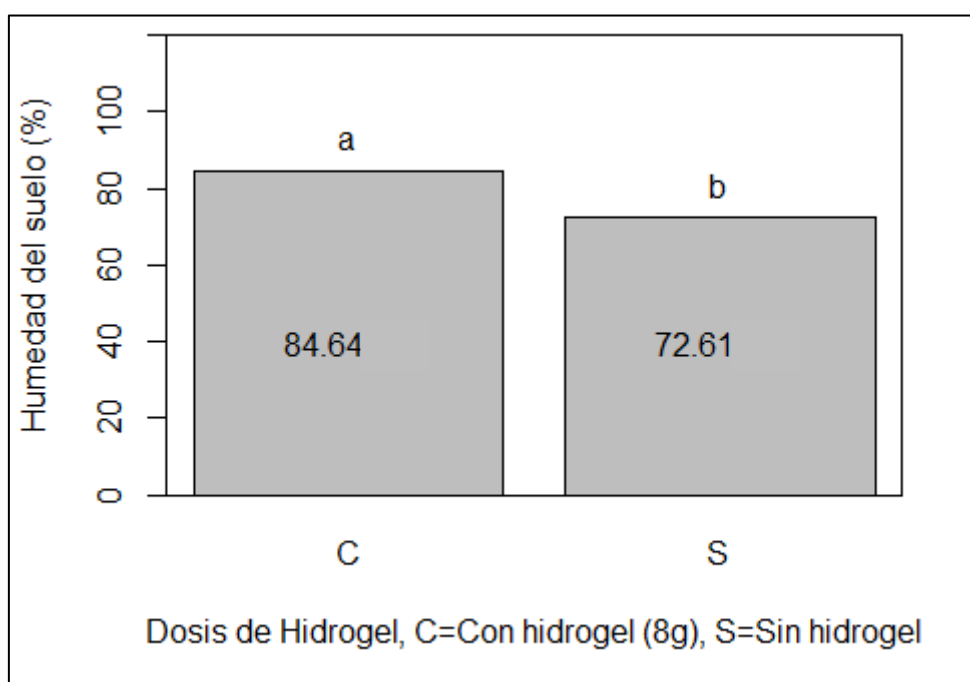
Giant), en la que reporta humedad gravimétrica del suelo más alto (14.33 %) para el tratamiento con dosis de 18 g de hidrogel + 540 mL de volumen de riego, y la mínima (2.44 %) con 8 g de hidrogel + 38 mL de volumen de riego.

3.1.4. Comparación de medias en función de las dosis del hidrogel

Se encontró 84.642 % de humedad del suelo en los tratamientos con uso del hidrogel (T4, T5 y T6), el cual, resultó mayor con respecto a los tratamientos sin hidrogel (T1, T2 y T3) con sólo 72.619 %, con una diferencia de 12.023 %. Esto evidencia que el hidrogel tuvo efecto en la capacidad de almacenamiento de agua aplicada en los tratamientos.

Figura 3.5

Comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$) de humedad del suelo en función de la aplicación del hidrogel.



3.2. Análisis de caracteres agronómicos de la planta

3.2.1. Materia seca

En el análisis de la varianza del porcentaje de la materia seca (Tabla 3.3) se evidencia una diferencia significativa en las fuentes de variación, tratamientos y láminas de agua, mientras que no se observa diferencia significativa para las dosis del hidrogel ni para la

interacción entre las dosis del hidrogel y las láminas de riego. Se reporta un coeficiente de variación de 19.84 %, lo que significa que los datos son relativamente homogéneos; por lo tanto, la media es representativa. El hecho de que no hubo interacción entre lámina de agua e hidrogel, hace suponer que estas variables actúan principalmente de manera independiente para el rendimiento de la materia seca. Debido a que no existe interacción, se estudiará en función de los efectos principales.

Tabla 3.3

Análisis de la varianza (ANVA) del porcentaje de materia seca del cultivo de pepinillo (Cucumis sativus L.), Canaán, 2750 msnm.

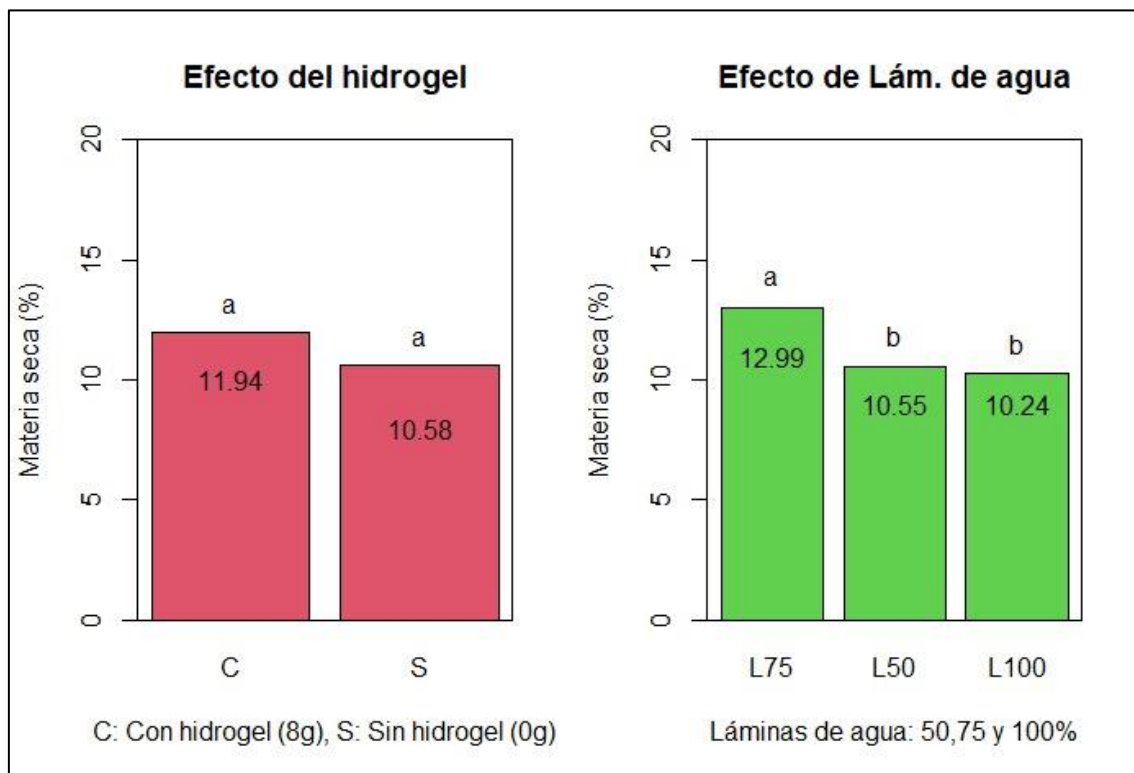
F. V	GL	SC	CM	Fc	P-valor
Tratamientos	5	96.68	19.336	3.87495	0.007918*
Dosis del hidrogel (DH*L)	1	16.72	16.72	3.35	0.0772ns
Láminas de agua (L)	2	54.6	27.3	5.47	0.0094**
Interacción (DH*L)	2	25.36	12.68	2.54	0.0957ns
Error	30	149.77	4.99		
Total	35	246.45			

CV = 19.84 %

En la Figura 3.6, se aprecia que la lámina de agua al 75 % influyó en el porcentaje de materia seca de manera diferenciada (12.99 %), mientras con el suministro de agua al 50 y 100 % se obtuvieron resultados inferiores similares. En comparación de medias en función al efecto del hidrogel, no se encontró ninguna respuesta diferenciada.

Figura 3.6.

Comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$) de los efectos principales del porcentaje de materia seca del cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus* L.), Canaán, 2750 msnm.



El análisis de la varianza de materia seca, coincide con los resultados mostrados por Beltrán (2020), en una investigación del hidrogel, en cantidades 0, 0.25, 0.50 y 0.75 g, bajo condiciones de invernadero en cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L), reportó que no hubo respuesta para materia seca, por lo tanto, resultó no significativo. Joya (2019), evaluó riego deficitario con hidrogel en hortaliza de acelga (*Beta vulgaris* var. *cycla*, cv. Fordhook Giant), en la que reporta una interacción positiva entre láminas de riego y el producto (hidrogel), donde evidencia que la materia seca se incrementa a medida que se incrementan los productos de los tratamientos. El rendimiento más alto (22.9 %) se registró con dosis de 13 g de hidrogel + 76 mL de volumen de riego (riego moderado), mientras el más bajo (6.5 %) para dosis de 18 g de hidrogel + 540 mL de volumen de riego.

3.2.2. Número de frutos por planta

El análisis de la varianza sobre el número de frutos por planta (Tabla 3.4) indica que no se detectaron diferencias significativas en todas las fuentes de variación estudiadas, lo

que sugiere que tanto las dosis del hidrogel como las láminas de agua aplicadas resultó no significativo en la cantidad de frutos del cultivo de pepinillo. Se reporta un coeficiente de variación de 15.12 %, lo que significa que los datos son relativamente homogéneos; por lo tanto, la media es representativa. Debido a que el resultado es todo no significativo, ya no se procede a realizar la comparación de medias.

Tabla 3.4

Análisis de la varianza (ANVA) del número de frutos por planta del cultivo de pepinillo (Cucumis sativus L.), Canaán, 2750 msnm.

F. V	GL	SC	CM	Fc	P-valor
Tratamientos	5	11.8	2.36	0.733	0.6044ns
Dosis del hidrogel (DH)	1	0.69	0.69	0.22	0.6455ns
Láminas de agua (L)	2	7.72	3.86	1.2	0.3151ns
Interacción (DH*L)	2	3.39	1.69	0.53	0.5959ns
Error	30	96.5	3.22		
Total	35	108.30			

CV = 15.12 %

Este resultado coincide según los reportes de Marcano et al. (2012), quienes tampoco encontraron diferencias significativas en el número de frutos al evaluar el crecimiento y desarrollo del cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus L.*), bajo condiciones de tres localidades sin uso de polímeros de hidrogel.

3.2.3. Altura de la planta

Según el análisis de la varianza de la altura de la planta (Tabla 3.5), se observó una disparidad relevante en las fuentes de variación, tratamientos y dosis del hidrogel ($\alpha < 0.001$), lo que indica que hubo una reacción positiva a la aplicación de láminas de agua en la altura de la planta (cm). No hubo interacción significativa entre dosis del hidrogel y láminas de agua, lo que nos hace deducir que posiblemente estos actúan principalmente de manera independiente para esta variable evaluada. Se reporta un coeficiente de variación de 13.89 %, lo que significa que los datos son relativamente homogéneos; por lo tanto, la media es representativa.

Tabla 3.5

Análisis de la varianza (ANVA) de la altura de planta del cultivo de pepinillo (Cucumis sativus L.), Canaán, 2750 msnm.

F. V	GL	SC	CM	Fc	P-valor
Tratamientos	5	4851.56	970.312	9.251	<0.0001*
Dosis del hidrogel (DH)	1	367	367.36	3.5	0.0711ns
Láminas de agua (L)	2	4260.17	2130.08	20.31	<0.0001*
Interacción (DH*L)	2	224.39	112.19	1.07	*
Error	30	3146.83	104.89		0.3559ns
Total	35	7998.39			

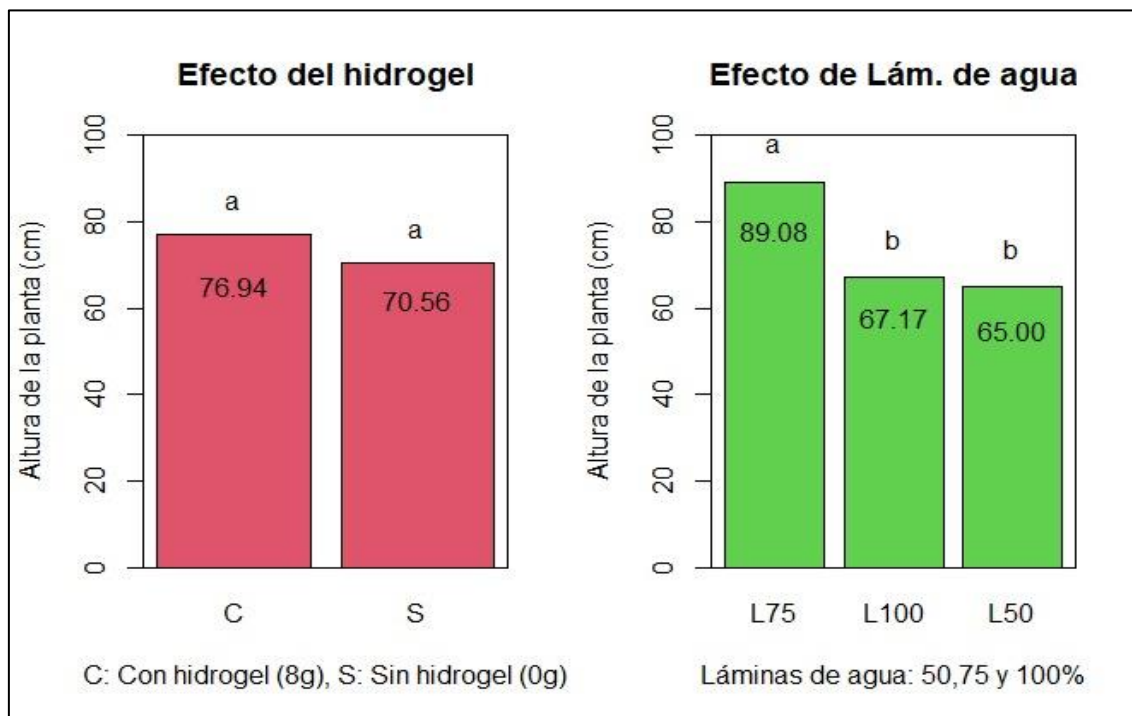
CV = 13.89 %

En la Figura 3.7 se muestra comparación de medias de los efectos principales, donde la lámina de agua 75 % aplicado influyó de manera diferenciada (89.08 cm) en la altura promedio de la planta; mientras el resto de los niveles tuvieron resultados similares. Según la influencia de dosis del hidrogel, no se encontró ninguna diferencia significativa.

Los resultados encontrados en la longitud de frutos en este trabajo, son inferiores a lo que reportan Ortega-Torres et al. (2020), quienes, mediante una investigación del hidrogel más fibras de coco en cultivos de pepinillo y jitomate, mezclados en distintos porcentajes, reportaron para pepinillo altura promedio de 200 cm. Los reportes de Marcano et al. (2012) fueron muy superiores. En un estudio sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus* L.), reportaron una altura promedio de las plantas para tres localidades, 177.95, 164.50 y 167 cm, respectivamente. Sin embargo, ellos no emplearon polímeros de hidrogel.

Figura 3.7

*Comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$) de los efectos principales de la altura de planta de pepinillo (*Cucumis sativus* L.), Canaán, 2750 msnm.*



3.2.4. *Peso verde del fruto*

En el análisis de la varianza del peso verde del fruto (Tabla 3.6), se evidencia una disparidad relevante en las fuentes de variación, tratamientos y láminas de agua; es decir, que existe una respuesta positiva en el rendimiento de pepinillo (peso verde del fruto) a la aplicación de láminas de agua. El hecho que no exista diferencia significativa en la interacción, se deduce que estos dos factores no actúan en conjunto entre sí para el rendimiento de este cultivo. Se reporta un coeficiente de variación de 22.37 %, lo que significa que los datos son relativamente homogéneos, por lo tanto, la media es representativa.

Tabla 3.6

Análisis de la varianza (ANVA) del peso verde del fruto de pepinillo (Cucumis sativus L.), Canaán, 2750 msnm.

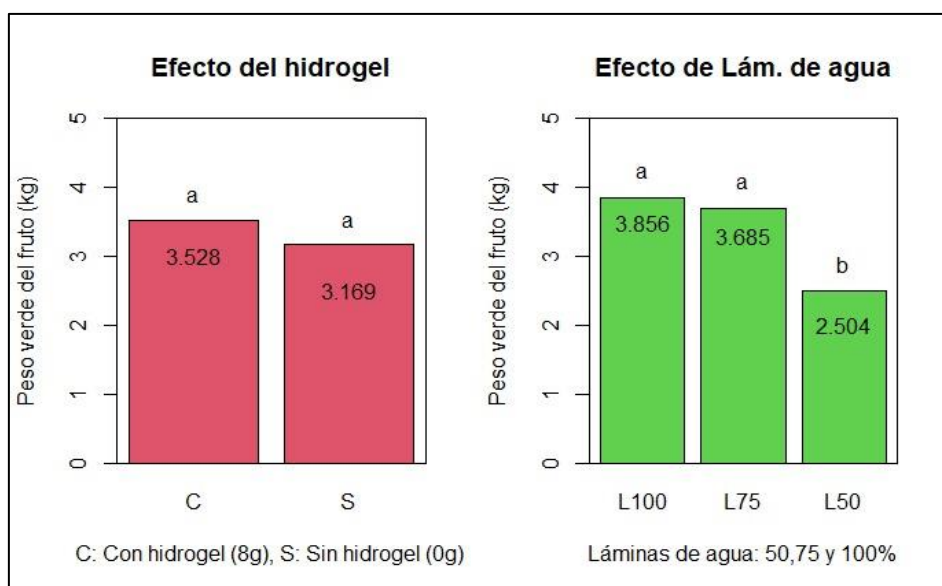
F. V	GL	SC	CM	Fc	P-valor
Tratamientos	5	17.42	3.484	6.221	0.0005**
Dosis del hidrogel (DH)	1	1.16	1.16	2.07	0.1608ns
Láminas de agua (L)	2	12.99	6.5	11.58	0.0002**
Interacción (DH*L)	2	3.27	1.64	2.91	0.0697ns
Error	30	16.83	0.56		
Total	35	34.25			

CV = 22.37 %

En la Figura 3.8 se muestra comparación de medias de los efectos principales del peso verde del fruto por planta. Con la aplicación de lámina de agua 100 %, se encontró peso promedio verde más alto (3.856 kg = 96,400 kg ha⁻¹); no obstante, este número no se diferencia estadísticamente respecto al efecto de lámina de agua 75 % (3.685 kg = 91,450 kg ha⁻¹). En el efecto del hidrogel, no se encontró ninguna diferencia, esto significa que los efectos fueron similares. La densidad de plantas se manejó a razón de 25000 plantas por hectárea con distanciamientos de 1 x 0.4 m.

Figura 3.8

Comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$) de los efectos principales del peso verde del fruto de pepinillo (Cucumis sativus L.), Canaán, 2750 msnm.



Beltrán (2020), en una investigación de hidrogel, en cantidades 0, 0.25, 0.50 y 0.75 g, bajo condiciones de invernadero en cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L), reportó que este polímero se influye en el rendimiento con una dosis de 0.25 g, de la misma forma, permitió el ahorro de agua de riego en 10.86 % para una dosis de 0.50 g de hidrogel. Por lo que concluye que los beneficios productivos y ahorro hídrico compensa las inversiones. Ortega-Torres et al. (2020), mediante una investigación del hidrogel más fibras de coco del cultivo de pepinillo y jitomate, reportaron para pepinillo un rendimiento de 2.3 kg por cada metro cuadrado, con una densidad de 3 plantas por metro cuadrado. Estos resultados fueron muy superiores a lo reportado por Marcano et al. (2012), en un estudio de seguimiento de crecimiento y desarrollo del cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus* L.), sin uso de polímeros, evidenciaron pesos promedios para tres localidades (157.10, 201.05 y 166.16 g). Según Gholamhoseini et al. (2018), el hidrogel mezclado con otras sustancias mejora las propiedades de los sustratos y la disponibilidad de agua en la rizósfera, por lo tanto, esto repercute en el rendimiento. Saltos (2009) realizó un estudio que tuvo por objetivo evaluar el efecto de dos sustratos, S1 (100 % arena) y S2 (50 % compost + 38 % arena + 12 % casulla de arroz), en la producción de pepinillo (*Cucumis sativus* L.) y dos láminas de agua L1 (lámina reducida en 15 % de la actual para cada etapa de crecimiento) y L2 (semana 1 a 4: 1.05 mm/día, semana 5 a 8: 2.20 mm/día y semana 9 a 12: 2.52 mm/día, y otra). El estudio se realizó en condiciones de macro túnel. En conclusión, el tratamiento con lámina reducida y arena presentó el rendimiento más bajo. Los tratamientos con láminas de riego superior resultaron mejores y no mostraron diferencias significativas entre sí, reportando un rendimiento promedio de 52 000 kg ha⁻¹, bajo invernadero.

3.2.5. Diámetro del fruto

según el análisis de la varianza del diámetro del fruto (Tabla 3.7), se observa que no se encontró ninguna diferencia significativa para todas las fuentes de variación estudiada, excepto en láminas de agua, lo cual significa que tuvo una respuesta positiva. Se reporta un coeficiente de variación de 7.29 %, lo cual quiere decir que los datos son homogéneos; por lo tanto, la media es representativa; del mismo modo, los resultados son confiables.

Tabla 3.7

Análisis de la varianza (ANVA) del diámetro del fruto de pepinillo (Cucumis sativus L.), Canaán, 2750 msnm.

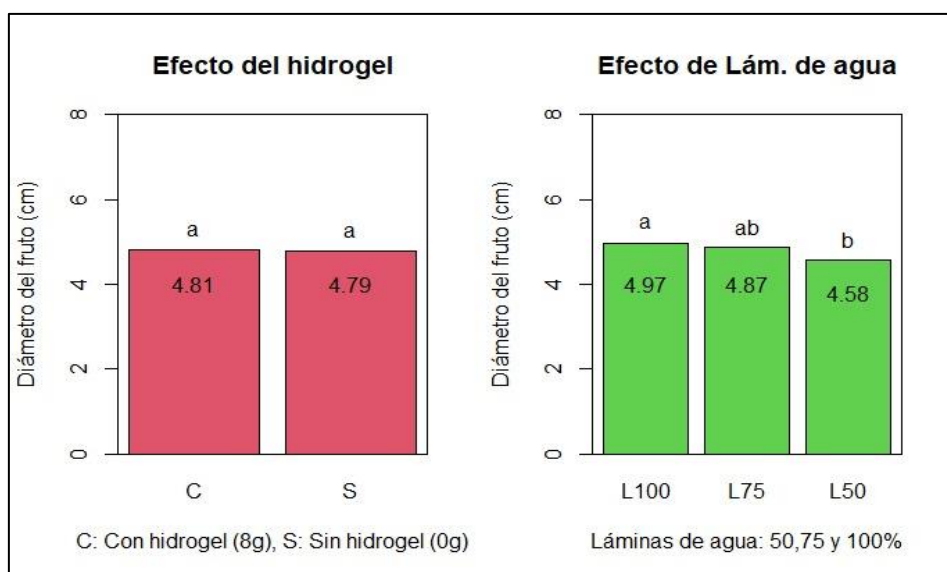
F. V	GL	SC	CM	Fc	P-valor
Tratamientos	5	1.0625	0.2125	1.771	0.1558ns
Dosis del hidrogel (DH)	1	0.0025	0.0025	0.02	0.8875ns
Láminas de agua (L)	2	0.99	0.5	4.05	0.0277*
Interacción (DH*L)	2	0.07	0.04	0.29	0.7489ns
Error	30	3.68	0.12		
Total	35	4.74			

CV = 7.29 %

En la Figura 3.9 se presenta la comparativa de las medias de los efectos principales en el diámetro promedio del fruto de pepinillo. Según el efecto de láminas de agua aplicado, con nivel 100 % de reposición se encontró diámetro mayor (4.97 cm); no obstante, esta respuesta no difiere respecto al efecto de lámina 75 % (4.87 cm), esto significa que son similares. Ortega-Torres et al. (2020), mediante una investigación de hidrogel más fibras de coco del cultivo de pepinillo y jitomate, mezclados en distintos porcentajes, reportaron para pepinillo frutos con diámetro promedio de 4.22 cm.

Figura 3.9

Comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$) de los efectos principales del diámetro del fruto de pepinillo (Cucumis sativus L.), Canaán, 2750 msnm.



3.2.6. Longitud del fruto

En el análisis de la varianza de longitud del fruto (Tabla 3.8), se muestra que existe una diferencia significativa para las fuentes de variación, tratamientos, dosis de hidrogel y láminas de agua, excepto en la interacción, lo cual resultó no significativo; por lo tanto, estos actúan de forma independiente principalmente. Entonces hay una respuesta positiva a la lámina de agua y dosis del hidrogel. Se reporta un coeficiente de variación de 9.85 %, lo que significa que los datos son homogéneos; como consecuencia, la media es representativa y los resultados son confiables.

Tabla 3.8

Análisis de la varianza (ANVA) de la longitud del fruto de pepinillo (Cucumis sativus L.), Canaán, 2750 msnm.

F. V	GL	SC	CM	Fc	P-valor
Tratamientos	5	160.26	32.052	10.792	<0.0001**
Dosis del hidrogel (DH)	1	81.9	81.9	27.58	<0.0001**
Láminas de agua (L)	2	68.58	34.29	11.55	0.0002**
Interacción (DH*L)	2	9.78	4.89	1.65	0.2096ns
Error	30	89.09	2.97		
Total	35	249.35			

CV = 9.85 %

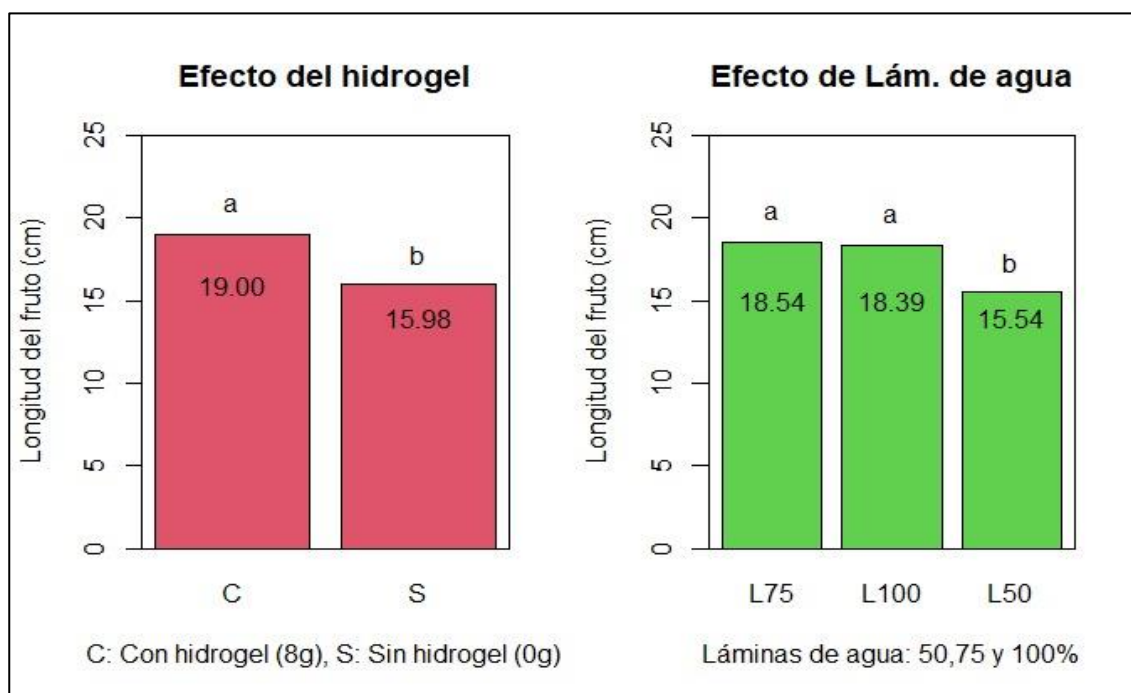
En la figura 3.10 se muestra comparación de medias de los efectos principales en longitud del fruto de pepinillo. En la que se puede notar que la aplicación del hidrogel (8 g) influyó de manera diferenciada en la respuesta, 19.0 cm; mientras sin hidrogel tuvo menos efecto, 15.98 cm. En función del efecto de láminas de agua empleado, mediante reposición al 75 % influyó más en la respuesta (18.54 cm); sin embargo, esto no difiere del efecto de lámina de 100 % (18.39 cm), esto nos hace deducir que estos son similares.

Los resultados encontrados para la longitud de frutos en este trabajo, son inferiores a lo que reportan Ortega-Torres et al. (2020), quienes, mediante una investigación del hidrogel más fibras de coco del cultivo de pepinillo y jitomate, mezclados en distintos porcentajes, reportaron para pepinillo frutos con longitud promedio de 23.0367 cm. Los reportes de Marcano et al. (2012) fueron superiores, quienes, en un estudio de seguimiento

de crecimiento y desarrollo del cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus* L.), reportaron una longitud promedio del fruto de 21.31 cm.

Figura 3.10

*Comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$) de los efectos principales de la longitud del fruto de pepinillo (*Cucumis sativus* L.), Canaán, 2750 msnm.*



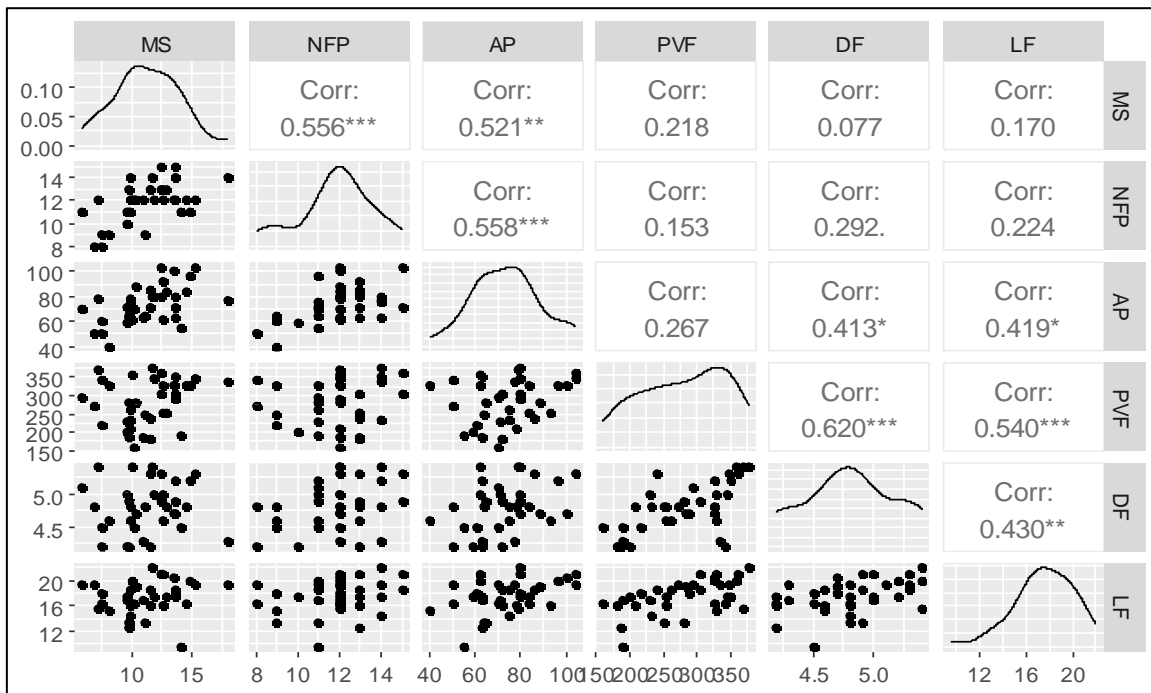
3.2.7. Correlación de las variables cuantitativas

La Tabla 3.9 muestra la correlación general de todas las variables, lo cual se realizó con la finalidad de identificar alguna influencia positiva de las demás variables en el rendimiento del fruto de pepinillo. Existe una alta correlación positiva ($r = 0.521$) entre la materia seca (MS) y la altura de la planta, así como una alta correlación positiva ($r = 0.540$) entre la longitud del fruto y el peso verde del fruto. También hay una alta correlación positiva ($r = 0.620$) entre el peso verde del fruto y el diámetro del fruto, y finalmente una alta correlación positiva ($r = 0.558$) entre el número de frutos por planta y la altura de la planta. Estas correlaciones sugieren posibles relaciones significativas entre las variables evaluadas y el rendimiento del fruto de pepinillo.

Las correlaciones positivas tienen una relación directa, mientras las negativas tienen relación inversa (Tabla 3.9 y Figura 3.4).

Tabla 3.9

Correlación de las 6 variables evaluadas del cultivo de pepinillo (Cucumis sativus L.), Canaán, 2750 msnm.

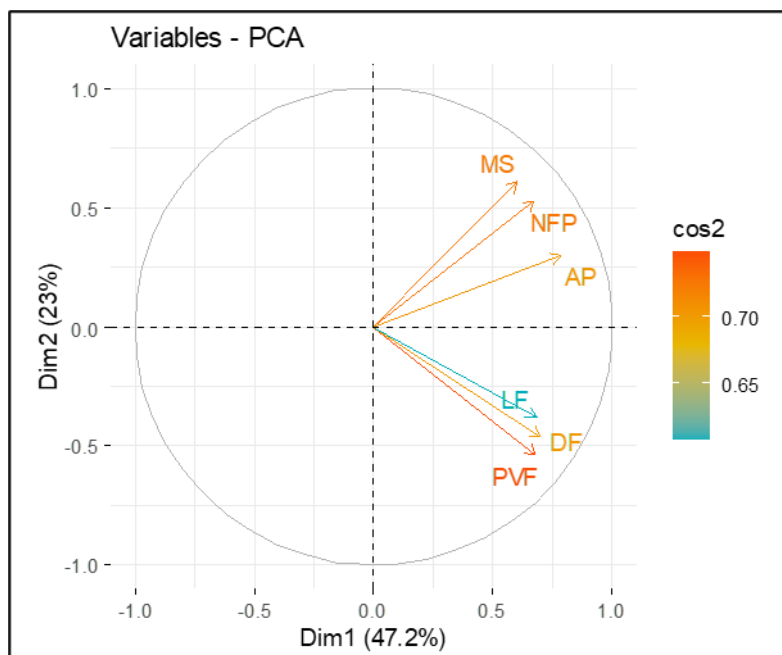


Nota. MS: materia seca, NFP: número de frutos por planta, AP: altura de la planta, PVF: peso verde del fruto, DF: diámetro del fruto, LF: longitud del fruto.

En la Figura 3.11, se presenta una relación indirecta en función de las variables. En el primer cuadrante están agrupados 3 variables cuantitativas, esto significa que existe una correlación positiva entre ellos; de la misma forma ocurre en el cuarto cuadrante, en la que el peso verde del fruto (PVF) se correlaciona en forma positiva con longitud del fruto (LF) y diámetro del fruto (DF). Esta correlación explica el 70.2 % de la varianza observada de los datos. En la leyenda, el \cos^2 muestra el grado de cohesión positiva o negativa entre las variables.

Figura 3.11

Correlación indirecta de las 6 variables evaluadas del cultivo de pepinillo



Nota: MS: materia seca, NFP: número de frutos por planta, AP: altura de la planta, PVF: peso verde del fruto, DF: diámetro del fruto, LF: longitud del fruto.

3.2.8. Clasificación de frutos por calidad

Los frutos se cuantificaron por cada tratamiento, con la finalidad de ver el calibre de frutos para los 6 tratamientos. Se contabilizaron 18 frutos por tratamiento, los cuales fueron clasificados según los parámetros de INACAL de la Tabla 2.3. En la Tabla 3.10 se muestra que, para los tratamientos T1 y T4, entre los calibres extra, primera y segunda, presentan 55.56 %, 11.11 % y 33.33 %, respectivamente. Para el tratamiento T2, entre los calibres extra, primera y segunda, presentan 44.44 %, 22.22 % y 33.33 %, respectivamente. Para el tratamiento T3, entre los calibres extra, primera y segunda, presentan 0.0 %, 66.67 % y 33.33 %, respectivamente. Para el tratamiento T4, entre los calibres extra, primera y segunda, presentan 55.56 %, 11.11 % y 33.33 %, respectivamente. Para los tratamientos T5 y T6, entre los calibres extra, primera y segunda, presentan 0.0 %, 77.78 % y 22.22 %, respectivamente. En conclusión, en los tratamientos T5 y T6, los frutos resultaron con calidad de primera.

Tabla 3.10

Clasificación de los frutos por calidad extra, primera y segunda del cultivo de pepinillo (Cucumis sativus L.), Canaán, 2750 msnm.

Cuantificación de los frutos por tratamiento (18 frutos/tratamiento)					
Tratamientos	Calidad extra	Calidad primera	Calidad segunda	Forma	Color
T1	10	2	6	Normal	Verde oscuro
T2	8	4	6	Normal	Verde oscuro
T3	0	12	6	Normal	Verde oscuro
T4	10	2	6	Normal	Verde oscuro
T5	0	14	4	Normal	Verde oscuro
T6	0	14	4	Normal	Verde oscuro

Cuantificación de los frutos en porcentaje (%)					
Tratamientos	Calidad extra	Calidad primera	Calidad segunda	Forma	Color
T1	55.56	11.11	33.33	Normal	Verde oscuro
T2	44.44	22.22	33.33	Normal	Verde oscuro
T3	0.00	66.67	33.33	Normal	Verde oscuro
T4	55.56	11.11	33.33	Normal	Verde oscuro
T5	0.00	77.78	22.22	Normal	Verde oscuro
T6	0.00	77.78	22.22	Normal	Verde oscuro

CONCLUSIONES

- a. El uso del hidrogel resultó significativo en el tamaño de los pepinillos, mostrando una diferencia de 19.00 cm en la longitud promedio del fruto, sin embargo, no se alcanzaron diferencias significativas en las demás variables.

- b. La influencia del hidrogel en la retención de humedad, resultó significativo, con un contenido de materia seca de 12.99 % y una altura del pepinillo de 89.08 cm, al utilizar la lámina de agua de 75 %. Asimismo, con una lámina al 100 %, se obtuvo un rendimiento de peso verde de 3.856 kg planta⁻¹ (equivalente a 96,400 kg ha⁻¹); sin embargo, no se observaron diferencias con respecto a la lámina de agua de 75 %.

RECOMENDACIONES

- a. Evaluar en una próxima investigación o ensayo más de 2 niveles de dosis de hidrogel en el cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus* L.) y en otros cultivos, con el propósito de obtener una dosis óptima.
- b. Realizar el cálculo de la humedad del suelo empleando otros instrumentos y métodos más adecuados que brindan datos con más exactitud, aparte del Arduino UNO.
- c. Evaluar la dosis del hidrogel en diferentes tipos texturales de suelo, a fin de contrastar el comportamiento de las variables de respuesta utilizada en esta investigación.
- d. Cultivar el pepinillo (*Cucumis sativus* L.) suministrando riego al 100 % de Capacidad de Campo, debido a que se obtuvo un rendimiento alto de 96,400 kg ha⁻¹.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia Agraria de Noticias. (enero de 27 de 2022). *Agraria.pe*. Producción mundial de pepino alcanza los 91.258,27 millones de kilos en 2020: <https://agraria.pe/noticias/produccion-mundial-de-pepino-alcanza-los-91-258-27-millones--26801>
- Avidan, A (1994), *Determinación del régimen de riego de los cultivos*. Israel: Dan Scheuer - Servicios Editoriales. (La evaporación de los cultivos, 2).
- Beltrán, J. F. (2020). *Evaluación del comportamiento del cultivo de lechuga (Lactuca sativa L.) y eficiencia del uso de agua utilizando poliacrilato de potasio en la granja experimental la Pradera, Imbabura* (Vol. 7, Issue 2) [Universidad Técnica del Norte]. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10465>
- Carrazón, J. (2007). *Manual práctico para el diseño de sistemas de minirriego*. FAO, Honduras. <https://www.fao.org/3/at787s/at787s.pdf>
- Chávez, D. (2019). *Productividad de pepinillo (Cucumis sativus L.) cv. Ajax con abonos foliares y residuos de cosecha en el valle de Chillón, Lima*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4187>
- Cuadra, F., & García, D. (2016). *Evaluación de tres láminas de riego por goteo y dosis de biofertilizante EM-5 (Sutocho) sobre el crecimiento, desarrollo y producción de tomate (Solanum lycopersicum Mill) cv. Shanty, UNA, 2016*. Universidad Nacional Agraria, Nicaragua. <https://repositorio.una.edu.ni/3434/1/tnf06c961.pdf>
- Estrada, R. G., Lemus, D. T., Mendoza, D. A., & Rodriguez, V. L. (2010). Hidrogeles biopoliméricos potencialmente aplicables en agricultura. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 12(2)(August 2015), 76–87. <https://n9.cl/jy4gf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (2006). *Evapotranspiración del cultivo*. Roma. <https://www.fao.org/3/x0490s/x0490s.pdf>
- Fersini, A. (1976). *Horticultura práctica*. Tlacoquemécatl, México: Editorial Diana.
- Fertilab (s.f.)*. Interpretación de resultados de textura y humedad del suelo. <https://www.fertilab.com.mx/Sitio/notas/INTERPRETACION%20DE%20RESULTADOS%20DE%20TEXTURA%20Y%20HUMEDAD%20DEL%20SUELO.pdf>
- Fuentes, E. (2015). Descripción de la dinámica de absorción nutrimental en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L. híbrido Diomede), bajo condiciones de invernadero en el centro experimental Docente de la Facultad de Agronomía. Universidad de San Carlos de

- Guatemala, Guatemala. [http://www.repositorio.usac.edu.gt/2850/1/TESIS%20PEPI NO.pdf](http://www.repositorio.usac.edu.gt/2850/1/TESIS%20PEPI%20NO.pdf)
- Gholamhoseini, M., Habibzadeh, F., Ataei, R., Hemmati, P., & Ebrahimian, E. (2018). Zeolite and hydrogel improve yield of greenhouse cucumber in soil-less medium under water limitation. *Rhizosphere*, 6, 7–10. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2018.01.006>
- Gibas, I., & Janik, H. (2007). Synthetic polymer hydrogels for biomedical applications. *Chemistry and Chemical Technology*, 4(4), 2–3. <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2017/may/1218/fulltext338.pdf>
- Gonzalez, O. H. (2007). Hidrogeles mejoradores de cultivos agrícolas. *Centro de Investigación En Química Aplicada*, 64. [https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/404/1/Obdulia Gonzalez Hernandez.pdf](https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/404/1/Obdulia%20Gonzalez%20Hernandez.pdf)
- Guilherme, M. R., Aouada, F. A., Fajardo, A. R., Martins, A. F., Paulino, A. T., Davi, M. F. T., Rubira, A. F., & Muniz, E. C. (2015). Superabsorbent hydrogels based on polysaccharides for application in agriculture as soil conditioner and nutrient carrier: A review. *European Polymer Journal*, 72, 365–385. <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2015.04.017>
- Hidalgo, A. (1971). *Métodos modernos de riego de superficie (1. edición)*. Madrid.
- Instituto Nacional de Calidad. (2012). Norma Técnica Peruana: Pepinillo fresco. Instituto Nacional de Calidad (INACAL). Lima, Perú. 7 p.
- Joya, Y. H. (2019). Enmiendas retentivas de humedad en el cultivo de acelga (*Beta vulgaris* var. *cycla*) cv. Fordhook Giant [Universidad Nacional Agraria de la Molina]. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3013255>
- Kirnak, H., & Demirtas, M. (2006). Effects of Different Irrigation Regimes and Mulches on Yield and macronutrition levels of drip-irrigated cucumber under open field conditions. *Journal of Plant Nutrition*, 29, 1675–1690. [https://doi.org/DOI: 10.1080/01904160600851619](https://doi.org/DOI:10.1080/01904160600851619)
- Mahadeena, A., Mohawesha, O., Al-Absi, K., & Al-Shareef, W. (2011). Effect of irrigation regimes on water use efficiency and tomato yield (*Lycopersicon esculentum* Mill.) grown in an arid environment. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 57(1), 105–114. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/03650340903225024>
- Marcano, C., Acevedo, I., Contreras, J., Jiménez, O., Escalona, A., & Pérez, P. (2012). Crecimiento y desarrollo del cultivo pepino (*Cucumis sativus* L.) en la zona hortícola de Humocaro bajo, estado Lara, Venezuela. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*,

3(8), 1629–1636. <https://acortar.link/Y69r1E>

- Maroto, J. (1983). *Horticultura herbácea especial*. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa. <https://acortar.link/EmTdhd>
- Mora, C. M., & Solorzano, M. F. (2017). *Determinación del volumen de humedecimiento de tres tipos de suelo con el uso de hidrogel* (Vol. 9) [Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí]. <https://repositorio.ulead.edu.ec/handle/123456789/150>
- Orbegoso, L. (2016). Efecto del Polímero (Lluvia Solida) y Frecuencias de Riego en el Rendimiento de Maíz Amarillo (Mega Híbrido), Bajo Condiciones de Cambio Climático, Fundo “La Pampa”, C.U. Morrope, Lambayeque, 2016.. *Unprg.edu.pe*. <https://doi.org/https://hdl.handle.net/20.500.12893/1389>
- Ortega-Farias, S., Marquez, L., Héctor Valdés, & Paillán, J. H. (2001). Efecto de cuatro láminas de agua sobre el rendimiento y calidad de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. FA-144) de invernadero producido en otoño. *Agricultura Técnica*, 61(4). <https://doi.org/10.4067/s0365-28072001000400010>
- Ortega-Torres, A. E., Flores Tejeida, L. B., Guevara-González, R. G., Rico-García, E., & Soto-Zarazúa, G. M. (2020). Hidrogel acrilato de potasio como sustrato en cultivo de pepino y jitomate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(6), 1447–1455. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342020000601447&script=sci_arttext
- Rahil, M., & Qanadillo, A. (2015). Effects of different irrigation regimes on yield and water use efficiency of cucumber crop. *Agricultura Water Management*, 148, 10-15. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.09.005>
- Saltos, J. (2009). Evaluación del efecto de dos láminas de riego y dos sustratos en la producción de pepino bajo condiciones de macro túnel en El Zamorano, Honduras Universidad Zamorano, Honduras. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/27670c48-a92a-49fb-b997-106c2ebad672/content>
- Romero, E., Rodríguez, A., Rodríguez, L., Suniaga, J., & Montilla, E. (2009). Estimación de las necesidades hídricas del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.), durante las diferentes etapas fenológicas, mediante la tina de evapotranspiración. *Agricultura andina*, 16. <http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/30236/articulo5.pdf;jsessionid=9E89987ED6322EF5E5D9D240EA318515?sequence=1>
- Traxco. (2009, December 10). *Humedad en suelos según texturas - Velocidad de infiltración*. El Blog de Traxco. <https://www.traxco.es/blog/tecnologia-del-riego/humedad-en-suelos-de-diferente-textura>

Ullah, F., Othman, M. B. H., Javed, F., Ahmad, Z., & Akil, H. M. (2015). Classification, processing and application of hydrogels: A review. *Materials Science and Engineering C*, 57, 414–433. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2015.07.053>

Woodhouse, J., & Johnson, M. S. (1991). Effect of superabsorbent polymers on survival and growth of crop seedlings. *Agricultural Water Management*, 20(1), 63–70. [https://doi.org/10.1016/0378-3774\(91\)90035-H](https://doi.org/10.1016/0378-3774(91)90035-H)

ANEXOS

Anexo 1. Lecturas interdiarias de la humedad del suelo en los tratamientos estudiados.

laminas de agua	Tratamientos	Unidades experimentales																																																					
			26/01/2023																																																				
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51		
L50%	T4	T4R3	72	76	80	72	74	73	78	77	79	76	78	77	73	72	74	75	76	84	75	87	81	82	81	78	77	76	71	72	73	76	78	79	72	73	78	79	73	76	79	78	74	77	76	75	74	73	72	71	69	70			
	T4	T4R1	71	77	79	72	74	72	79	77	79	77	77	77	74	74	73	74	76	83	76	87	81	81	80	79	77	76	71	72	73	76	78	79	71	73	78	79	73	75	78	77	74	77	76	75	74	73	72	71	69	70			
	T1	T1R1	60	62	51	61	60	61	58	66	57	66	65	64	62	61	62	61	62	56	51	73	69	68	69	68	65	64	60	61	62	63	66	64	61	62	66	66	61	63	66	61	63	62	62	63	62	61	60	60	60				
	T4	T4R2	68	77	80	73	73	72	79	78	77	77	78	78	74	74	74	75	77	84	75	88	79	82	80	79	77	75	71	71	73	76	78	79	72	73	79	79	73	75	78	78	74	78	76	75	74	73	72	71	70	71			
	T1	T1R2	62	62	63	62	61	52	68	65	67	66	65	65	63	63	63	61	60	68	69	61	69	68	69	68	65	64	60	61	62	63	66	65	61	62	68	66	61	61	57	51	63	62	62	63	62	61	62	61	60	60	60		
	T1	T1R3	60	61	62	61	60	61	66	66	68	65	66	65	62	63	63	59	62	66	69	63	67	67	68	67	66	64	60	61	62	63	64	65	60	60	68	66	61	62	67	69	63	63	61	63	62	61	62	60	60	60	60		
L75%	T5	T5R1	71	72	88	86	87	86	80	85	84	87	88	86	79	81	82	83	85	86	80	88	83	84	85	87	86	84	85	83	86	84	87	85	83	86	83	84	87	86	85	88	87	85	84	83	86	85	83	87	84	82	83		
	T2	T2R1	61	63	78	76	76	75	69	76	70	78	76	72	69	70	72	71	74	80	75	78	71	73	72	73	72	71	70	72	72	73	72	71	73	72	71	73	72	71	73	76	77	78	77	76	73	72	73	73	72	74	71	71	72
	T5	T5R3	70	73	88	86	87	86	81	85	84	87	88	86	80	81	82	83	85	85	81	89	83	84	85	87	86	84	85	83	86	84	87	85	83	86	82	84	87	86	84	85	88	87	85	84	83	86	85	83	87	84	82	83	
	T2	T2R3	58	62	77	77	77	75	68	75	71	76	75	75	70	70	70	71	73	81	74	77	70	73	72	73	72	71	70	72	72	73	72	71	73	71	71	73	71	73	76	77	76	77	73	72	73	72	74	72	71	71	72		
	T5	T5R2	70	73	89	85	88	87	81	86	83	86	87	87	80	82	80	79	83	86	81	89	84	84	83	87	86	84	85	83	86	84	87	85	83	86	83	84	86	84	85	85	87	85	84	83	86	85	84	87	84	82	83		
	T2	T2R2	60	61	77	76	77	74	68	74	71	76	75	75	70	72	71	70	73	80	74	78	71	72	72	73	73	71	71	70	71	71	73	72	71	73	72	71	73	76	76	77	76	77	72	72	73	73	72	74	72	71	71		
L100%	T3	T3R2	65	67	88	81	84	77	80	81	82	80	78	79	80	84	83	78	79	84	77	82	81	83	84	83	84	82	83	84	85	83	84	85	86	83	88	85	82	82	88	87	86	84	85	82	86	86	83	84	84	83	84		
	T6	T6R1	82	84	98	92	95	92	94	93	95	93	91	94	95	96	94	91	93	96	84	95	96	95	96	95	94	96	96	94	96	97	96	95	96	95	96	93	96	94	93	96	94	97	96	94	95	95	94	95	94	95			
	T6	T6R3	81	85	96	93	93	92	95	94	95	92	92	93	94	97	95	90	92	94	84	93	95	95	96	95	96	94	96	97	96	95	97	97	95	97	95	89	85	82	93	94	98	97	95	96	94	95	95	94	95	94	95		
	T3	T3R3	60	64	89	82	83	77	79	82	81	80	78	79	81	83	83	78	79	84	76	80	80	83	84	83	84	82	83	84	85	83	84	85	86	84	93	96	94	82	86	88	86	84	85	83	85	86	83	84	84	83	83		
	T6	T6R2	81	85	96	93	95	93	95	94	94	93	92	94	95	96	94	91	93	94	85	93	95	96	96	95	95	93	97	97	96	95	97	97	98	95	95	96	94	96	93	98	97	95	96	94	96	97	94	95	96	94	96		
	T3	T3R1	60	64	88	81	83	76	79	81	82	81	79	77	81	83	83	77	78	85	77	81	79	83	84	82	84	82	83	84	85	84	85	86	84	88	85	82	80	86	86	86	86	84	85	83	85	86	82	84	84	83	83		

Anexo 2. Rendimiento de materia seca (g/maceta) de pepinillo, Canaán, 2023.

Lámina de agua	UE	Peso fresco (g)		Peso seco (g)		Materia seca (%)	
		I	II	I	II	I	II
50%	T4R3	103.480	135.110	7.850	15.550	7.586	11.509
	T4R1	106.210	137.420	10.260	15.100	9.660	10.988
	T1R1	117.490	128.970	11.410	12.840	9.711	9.956
	T4R2	186.690	110.370	23.400	10.600	12.534	9.604
	T1R2	121.380	143.060	11.790	14.540	9.713	10.164
	T1R3	146.060	102.540	16.140	14.470	11.050	14.112
75%	T5R1	167.380	152.560	25.540	20.520	15.259	13.450
	T2R1	150.480	150.280	15.540	14.850	10.327	9.882
	T5R3	195.750	141.060	24.420	21.040	12.475	14.916
	T2R3	184.080	113.560	23.220	11.180	12.614	9.845
	T5R2	129.010	127.830	23.250	18.660	18.022	14.598
	T2R2	193.810	153.630	22.430	19.920	11.573	12.966
100%	T3R2	172.220	156.730	12.380	21.480	7.188	13.705
	T6R1	169.250	97.630	10.050	6.800	5.938	6.965
	T6R3	201.880	157.480	25.070	18.500	12.418	11.748
	T3R3	92.770	110.030	6.990	8.920	7.535	8.107
	T6R2	219.300	218.100	30.050	29.660	13.703	13.599
	T3R1	144.476	109.500	14.590	13.020	10.099	11.890

Anexo 3. Lecturas establecidas para realizar curva de calibración con Arduino UNO en condiciones de Canaán, Ayacucho.

Peso de agua (g)	Peso de suelo (g)	R1		R2		R3	
		Psh	Psse	Psh	Psse	Psh	Psse
180	700	31.58	22.65	34.12	23.87	33.35	27.27
160	700	44.60	35.77	36.23	29.04	42.82	34.96
140	700	55.79	45.37	48.57	39.21	42.77	35.37
120	700	59.03	49.96	59.03	49.96	47.31	39.05
100	700	58.52	52.33	51.39	45.81	56.35	49.17
80	700	58.53	53.00	47.01	42.62	71.45	64.90
60	700	63.85	60.11	61.21	56.93	50.88	47.94
40	700	54.71	47.71	48.65	45.01	50.58	46.90

Lectura de arduino	R1		R2		R3		Promedio
	H. gravimétrica (%)	H. gravimétrica (%)	H. gravimétrica (%)	H. gravimétrica (%)	H. gravimétrica (%)	H. gravimétrica (%)	
100%	39.43	42.94	22.30	34.89			34.89
94%	24.69	24.76	22.48	23.98			23.98
71%	22.97	23.87	20.92	22.59			22.59
64%	18.15	18.15	21.15	19.15			19.15
43%	11.83	12.18	14.60	12.87			12.87
30%	10.43	10.30	10.09	10.28			10.28
23%	6.22	7.52	6.13	6.62			6.62
7%	14.67	8.09	7.85	10.20			10.20

Anexo 4. Variables evaluadas, ordenados para su procesamiento respectivo.

Unidades experiment.	Tratamient.	Repetición	Hidrogel	Lám. Riego	Materia seca	Núm. Frutos por planta	Altura de planta	Peso verde de fruto	Diámetro de fruto	Longitud de fruto
1	T1	I	S	L50	9.711	13	63	2.418	4.20	12.50
2	T1	II	S	L50	9.956	14	75	3.262	4.80	14.50
3	T1	III	S	L50	9.713	11	65	3.102	4.90	13.50
4	T1	IV	S	L50	10.164	12	70	1.92	4.50	16.50
5	T1	V	S	L50	11.050	9	64	2.25	4.80	13.50
6	T1	VI	S	L50	14.112	11	55	2.079	4.50	9.50
7	T2	I	S	L75	10.327	12	88	3.396	4.70	19.00
8	T2	II	S	L75	9.882	12	78	2.508	4.80	16.00
9	T2	III	S	L75	12.614	13	93	3.302	4.60	16.00
10	T2	IV	S	L75	9.845	11	75	2.871	4.60	18.50
11	T2	V	S	L75	11.573	13	86	3.12	5.30	18.50
12	T2	VI	S	L75	12.966	13	84	3.289	4.80	17.50
13	T3	I	S	L100	7.188	12	79	4.44	5.40	15.50
14	T3	II	S	L100	13.705	14	63	4.928	5.20	17.40
15	T3	III	S	L100	7.535	8	50	2.744	4.20	16.50
16	T3	IV	S	L100	8.107	9	40	2.97	4.60	15.30
17	T3	V	S	L100	10.099	12	62	4.296	5.40	20.00
18	T3	VI	S	L100	11.890	12	80	4.152	5.00	17.50
19	T4	I	C	L50	7.586	9	61	1.953	4.50	18.00
20	T4	II	C	L50	11.509	13	72	2.34	4.20	16.00
21	T4	III	C	L50	9.660	11	71	2.519	5.00	17.00
22	T4	IV	C	L50	10.988	12	63	2.256	4.30	17.00
23	T4	V	C	L50	12.534	12	62	3.96	5.00	21.00
24	T4	VI	C	L50	9.604	10	59	2.00	4.20	17.50
25	T5	I	C	L75	15.259	12	104	4.176	5.30	19.50
26	T5	II	C	L75	13.450	12	100	3.912	4.70	20.50
27	T5	III	C	L75	12.475	15	104	5.445	5.30	21.00
28	T5	IV	C	L75	14.916	11	96	3.586	5.20	20.00
29	T5	V	C	L75	18.022	14	77	4.704	4.30	19.50
30	T5	VI	C	L75	14.598	12	84	3.912	4.80	16.50
31	T6	I	C	L100	5.938	11	70	3.245	5.10	19.50
32	T6	II	C	L100	6.965	8	50	2.176	4.80	19.50
33	T6	III	C	L100	12.418	13	80	3.978	4.90	21.00
34	T6	IV	C	L100	11.748	14	80	5.292	5.40	22.00
35	T6	V	C	L100	13.703	15	72	4.575	4.90	18.50
36	T6	VI	C	L100	13.599	12	80	3.48	4.70	18.00

Anexo 5. Cálculo de reposición de agua según la ecuación de calibración para cada lámina de agua (50, 75 y 100 %).

Lectura arduino	% Humedad gravimétrica	L/maceta (h=20cm)	Lám-50% Reposición (L/maceta)	Lám-75% Reposición (L/maceta)	Lám-100% Reposición (L/maceta)
50%	16.39	8.06	3.7	5.5	7.4
51%	16.69	8.21	3.6	5.4	7.2
52%	16.99	8.36	3.5	5.3	7.1
53%	17.29	8.51	3.5	5.2	6.9
54%	17.59	8.65	3.4	5.1	6.8
55%	17.89	8.80	3.3	5.0	6.6
56%	18.19	8.95	3.2	4.9	6.5
57%	18.49	9.10	3.2	4.8	6.3
58%	18.79	9.24	3.1	4.6	6.2
59%	19.09	9.39	3.0	4.5	6.0
60%	19.39	9.54	2.9	4.4	5.9
61%	19.69	9.69	2.9	4.3	5.7
62%	19.99	9.83	2.8	4.2	5.6
63%	20.28	9.98	2.7	4.1	5.5
64%	20.58	10.13	2.7	4.0	5.3
65%	20.88	10.27	2.6	3.9	5.2
66%	21.18	10.42	2.5	3.8	5.0
67%	21.48	10.57	2.4	3.6	4.9
68%	21.78	10.72	2.4	3.5	4.7
69%	22.08	10.86	2.3	3.4	4.6
70%	22.38	11.01	2.2	3.3	4.4
71%	22.68	11.16	2.1	3.2	4.3
72%	22.98	11.31	2.1	3.1	4.1
73%	23.28	11.45	2.0	3.0	4.0
74%	23.58	11.60	1.9	2.9	3.8
75%	23.88	11.75	1.8	2.8	3.7
76%	24.18	11.89	1.8	2.7	3.5
77%	24.48	12.04	1.7	2.5	3.4
78%	24.78	12.19	1.6	2.4	3.2
79%	25.07	12.34	1.5	2.3	3.1
80%	25.37	12.48	1.5	2.2	2.9
81%	25.67	12.63	1.4	2.1	2.8
82%	25.97	12.78	1.3	2.0	2.7
83%	26.27	12.93	1.3	1.9	2.5
84%	26.57	13.07	1.2	1.8	2.4
85%	26.87	13.22	1.1	1.7	2.2
86%	27.17	13.37	1.0	1.5	2.1
87%	27.47	13.52	1.0	1.4	1.9
88%	27.77	13.66	0.9	1.3	1.8
89%	28.07	13.81	0.8	1.2	1.6
90%	28.37	13.96	0.7	1.1	1.5
91%	28.67	14.10	0.7	1.0	1.3
92%	28.97	14.25	0.6	0.9	1.2
93%	29.27	14.40	0.5	0.8	1.0
94%	29.57	14.55	0.4	0.7	0.9
95%	29.87	14.69	0.4	0.6	0.7
96%	30.16	14.84	0.3	0.4	0.6
97%	30.46	14.99	0.2	0.3	0.4
98%	30.76	15.14	0.1	0.2	0.3
99%	31.06	15.28	0.1	0.1	0.1
100%	31.36	15.43	0.0	0.0	0.0

Anexo 6. Cálculo de reposición de agua por maceta (litros) ajustado según el Kc del cultivo, recomendado por FAO.

Lectura arduino	Reposición de agua de riego (litros/maceta) ajustado según Kc del cultivo								
	Etapa inicial Kc=0.60, (20 días)			Etapa media, Kc=1 (30días)			Etapa final, Kc=0.75 (40 días)		
	L-50%	L-75%	L-100%	L-50%	L-75%	L-100%	L-50%	L-75%	L-100%
50%	2.2	3.3	4.4	3.7	5.5	7.4	2.8	4.1	5.5
51%	2.2	3.2	4.3	3.6	5.4	7.2	2.7	4.1	5.4
52%	2.1	3.2	4.2	3.5	5.3	7.1	2.7	4.0	5.3
53%	2.1	3.1	4.2	3.5	5.2	6.9	2.6	3.9	5.2
54%	2.0	3.0	4.1	3.4	5.1	6.8	2.5	3.8	5.1
55%	2.0	3.0	4.0	3.3	5.0	6.6	2.5	3.7	5.0
56%	1.9	2.9	3.9	3.2	4.9	6.5	2.4	3.6	4.9
57%	1.9	2.9	3.8	3.2	4.8	6.3	2.4	3.6	4.8
58%	1.9	2.8	3.7	3.1	4.6	6.2	2.3	3.5	4.6
59%	1.8	2.7	3.6	3.0	4.5	6.0	2.3	3.4	4.5
60%	1.8	2.7	3.5	2.9	4.4	5.9	2.2	3.3	4.4
61%	1.7	2.6	3.4	2.9	4.3	5.7	2.2	3.2	4.3
62%	1.7	2.5	3.4	2.8	4.2	5.6	2.1	3.1	4.2
63%	1.6	2.5	3.3	2.7	4.1	5.5	2.0	3.1	4.1
64%	1.6	2.4	3.2	2.7	4.0	5.3	2.0	3.0	4.0
65%	1.5	2.3	3.1	2.6	3.9	5.2	1.9	2.9	3.9
66%	1.5	2.3	3.0	2.5	3.8	5.0	1.9	2.8	3.8
67%	1.5	2.2	2.9	2.4	3.6	4.9	1.8	2.7	3.6
68%	1.4	2.1	2.8	2.4	3.5	4.7	1.8	2.7	3.5
69%	1.4	2.1	2.7	2.3	3.4	4.6	1.7	2.6	3.4
70%	1.3	2.0	2.7	2.2	3.3	4.4	1.7	2.5	3.3
71%	1.3	1.9	2.6	2.1	3.2	4.3	1.6	2.4	3.2
72%	1.2	1.9	2.5	2.1	3.1	4.1	1.5	2.3	3.1
73%	1.2	1.8	2.4	2.0	3.0	4.0	1.5	2.2	3.0
74%	1.1	1.7	2.3	1.9	2.9	3.8	1.4	2.2	2.9
75%	1.1	1.7	2.2	1.8	2.8	3.7	1.4	2.1	2.8
76%	1.1	1.6	2.1	1.8	2.7	3.5	1.3	2.0	2.7
77%	1.0	1.5	2.0	1.7	2.5	3.4	1.3	1.9	2.5
78%	1.0	1.5	1.9	1.6	2.4	3.2	1.2	1.8	2.4
79%	0.9	1.4	1.9	1.5	2.3	3.1	1.2	1.7	2.3
80%	0.9	1.3	1.8	1.5	2.2	2.9	1.1	1.7	2.2
81%	0.8	1.3	1.7	1.4	2.1	2.8	1.0	1.6	2.1
82%	0.8	1.2	1.6	1.3	2.0	2.7	1.0	1.5	2.0
83%	0.8	1.1	1.5	1.3	1.9	2.5	0.9	1.4	1.9
84%	0.7	1.1	1.4	1.2	1.8	2.4	0.9	1.3	1.8
85%	0.7	1.0	1.3	1.1	1.7	2.2	0.8	1.2	1.7
86%	0.6	0.9	1.2	1.0	1.5	2.1	0.8	1.2	1.5
87%	0.6	0.9	1.1	1.0	1.4	1.9	0.7	1.1	1.4
88%	0.5	0.8	1.1	0.9	1.3	1.8	0.7	1.0	1.3
89%	0.5	0.7	1.0	0.8	1.2	1.6	0.6	0.9	1.2
90%	0.4	0.7	0.9	0.7	1.1	1.5	0.6	0.8	1.1
91%	0.4	0.6	0.8	0.7	1.0	1.3	0.5	0.7	1.0
92%	0.4	0.5	0.7	0.6	0.9	1.2	0.4	0.7	0.9
93%	0.3	0.5	0.6	0.5	0.8	1.0	0.4	0.6	0.8
94%	0.3	0.4	0.5	0.4	0.7	0.9	0.3	0.5	0.7
95%	0.2	0.3	0.4	0.4	0.6	0.7	0.3	0.4	0.6
96%	0.2	0.3	0.4	0.3	0.4	0.6	0.2	0.3	0.4
97%	0.1	0.2	0.3	0.2	0.3	0.4	0.2	0.2	0.3
98%	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	0.2
99%	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
100%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Nota. fuente de los datos de Kc del cultivo de pepinillo: <https://www.fao.org/3/x0490s/x0490s.pdf>

Anexo 7. Catálogo de fotografías del proceso de ejecución de la tesis.



Nota. A: zarandeo de piedra chancada para la base de macetas, B: semillas del pepinillo, C: lecturas de humedad con Arduino UNO para realizar curva de calibración, D: llenado y control de peso de las macetas, E: macetas ordenadas, con peso uniforme.



Nota. A: control del pH de agua de riego, B: control de peso del hidrogel, C: aplicación del hidrogel en las macetas, D: volúmenes del agua de riego calculado, E: instalación completa de las unidades experimentales, etiquetados y su respectivo banner.



Nota. A: verificación de emergencia del pepinillo, B: proceso de tutorado del pepinillo, C: pepinillo en pleno crecimiento correctamente tutorado, D: insumos para la fertilización y control de plagas.



Nota. A: control fitosanitario del cultivo de pepinillo, B: mediciones de la altura de planta, C: trabajo de investigación en invernadero semiabierto.



Nota. A: evaluación del diámetro y longitud del fruto, B: evaluación del peso de fruto, C y D: clasificación de frutos por calibre, E: desarrollo de los frutos, F: evaluación de materia seca de la planta de pepinillo.



Nota. A: pesaje de fertilizante según los cálculos, B: cosecha escalonada de los frutos, C: pesaje de materia seca de la planta, D: libreta de campo.

Anexo 8. Análisis de caracterización del suelo, Canaán, Ayacucho.



MULTISERVICIOS AGROLAB
INGENIEROS TRABAJANDO POR UN AGRO SOSTENIBLE
 LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES
ANÁLISIS DE SUELOS : CARACTERIZACIÓN

- ASESORÍA Y CAPACITACIÓN EN:**
- EVALUACIÓN Y MAESTREO DE SUELOS.
 - INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS AGRÍCOLA.
 - USO, MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS.
 - ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL.
 - AGRICULTURA SOSTENIBLE.

Solicitante	Sr. Juvenal Curo Crente			Fecha	30/06/2023
Nombre de proyecto	N/A				
Departamento	Ayacucho	Provincia	Huamanga	Distrito	San Juan Bautista
Comunidad	N/A	Altitud (msnm)	N/A	Coordenadas	N/A
Sector					

N° Muestra	pH (1:1)	C.E. (1:1) ds.m-1	CaCO ₃ (%)	NI (%)	MO (%)	P ppm	K ppm	Análisis Muestrario			Clase Textural	CIC	Cationes cambiabiles					% Sat de Bases	
								Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³		H ⁺
12185	Campo	7.69	0.73	1.83	0.08	1.62	33.50	178	56	22	22	Fr.-Ar.-A.	20.73	16.31	2.93	0.59	0.89	0.00	100



Ph. D. **MARILENE CERDA GÓMEZ**
 Responsable de Laboratorio

A = arena, A.Fr = Arena franca; Fr.A. = Franco arenoso; Fr = Franco; Fr.L = Franco limoso; L = Limoso; FrArA = Franco arcillo arenoso; FrAr = Franco arcilloso; FrArL = Franco arcillo limoso; ArA = Arcillo arenoso; ArL = Arcillo limoso; Ar = Arcilloso.

Urb. Mariscal Cáceres Mz. "G-12" - Ayacucho / ☎ (066) 312049 - 📠 966531889 / 📧 982781298 📧 agrolab01@yahoo.es - agrolab107@gmail.com



UNSCH

FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
Bach. JUVENAL PABLO CURO CCENTE

R.D. N° 056-2024-UNSCH-FCA-D

En la ciudad de Ayacucho a los ocho días del mes de marzo del año dos mil veinticuatro, siendo las diecisiete horas, se reunieron en el auditorio de la Facultad de Ciencias Agrarias, bajo la presidencia del Dr. Felipe Escobar Ramírez Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del jurado conformado por el M.Sc. Alex Lázaro Tineo Bermúdez, Mtro. Jaime Villar Rodríguez como asesor, M.Sc. Alejandro Camasca Vargas y Ing. Orlando Fidel Sulca Castilla; actuando como secretario de actas el Mtro. Rodolfo Alca Mendoza, para recibir la sustentación de la Tesis titulada: **Hidrogel y niveles de lámina de agua en el rendimiento de pepinillo (*Cucumis sativus L.*), Canaán a 2750 m.s.n.m., Ayacucho-2022.** para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo presentado por la Bachiller **JUVENAL PABLO CURO CCENTE**.

El señor Decano, previa verificación de los documentos exigidos solicitó se proceda con la sustentación y posterior defensa de la tesis en un periodo de cuarenta y cinco minutos de acuerdo al reglamento de grados y títulos vigente. Terminado la exposición, los miembros del Jurado, formularon sus preguntas, aclaraciones y/o observaciones correspondientes. Luego se invito a los miembros del jurado pasar a otra aula para la deliberacion y calificación del trabajo de tesis, teniendo el siguiente resultado:

Jurado evaluador	Exposición	Respuestas a las preguntas	Generación de conocimiento	Promedio
M.Sc. Alex Lázaro Tineo Bermúdez	13	15	16	15
Mtro. Jaime Villar Rodríguez	16	12	14	14
M.Sc. Alejandro Camasca Vargas	17	15	17	16
Ing. Orlando Fidel Sulca Castilla	15	13	14	14
PROMEDIO GENERAL				15

Acto seguido se invita al sustentante y publico en general para dar a conocer el resultado final. Firman el acta.

.....
M.Sc. Alex Lázaro Tineo Bermúdez
Presidente

.....
Mtro. Jaime Villar Rodríguez
Asesor

.....
M.Sc. Alejandro Camasca Vargas
Jurado

.....
Ing. Orlando Fidel Sulca Castilla
Jurado

.....
Mtro. Rodolfo Alca Mendoza
Secretario Docente



UNSCH

FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS

CONSTANCIA DE CONTROL DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

El que suscribe, presidente de la comisión de docentes instructores responsables de operativizar, verificar, garantizar y controlar la originalidad de los trabajos de **TESIS** de la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, autorizado por RR N.º 294-2022-UNSCH-R; hace constar que el trabajo titulado;

Hidrogel y niveles de lámina de agua en el rendimiento de pepinillo (*Cucumis sativus* L.), Canaán a 2750 m.s.n.m., Ayacucho-2022

Autor : Juvenal Pablo Curo Ccente

Asesor : Mtro. Jaime Villar Rodríguez

Ha sido sometido al control de originalidad mediante el software TURNITIN UNSCH, acorde al Reglamento de originalidad de trabajos de investigación, aprobado mediante la RCU N.º 039-2021-UNSCH-CU, arrojando un resultado de **quince por ciento (15 %)** de índice de similitud, realizado con **depósito de trabajos estándar**.

En consecuencia, se otorga la presente Constancia de Originalidad para los fines pertinentes.

Nota: Se adjunta el resultado con Identificador de la entrega: 2338251845

Ayacucho, 04 de abril del 2024.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
Facultad de Ciencias Agrarias

Mtro. Jaime Villar Rodríguez
Instructor de Turnitin - FCA

Hidrogel y niveles de lámina de
agua en el rendimiento de
pepinillo (*Cucumis sativus* L.),
Canaán a 2750 m.s.n.m.,
Ayacucho-2022
by Juvenal Pablo Curo Ccente

Submission date: 02-Apr-2024 04:33PM (UTC-0500)

Submission ID: 2338251845

File name: BORRADOR_TESIS_JUVENAL_Curo_Corregido.docx (33.5M)

Word count: 14602

Character count: 76385

Hidrogel y niveles de lámina de agua en el rendimiento de pepinillo (*Cucumis sativus* L.), Canaán a 2750 m.s.n.m., Ayacucho-2022

ORIGINALITY REPORT

15%

SIMILARITY INDEX

15%

INTERNET SOURCES

3%

PUBLICATIONS

4%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	www.repositorio.usac.edu.gt Internet Source	2%
2	repositorio.lamolina.edu.pe Internet Source	2%
3	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Student Paper	1%
4	repositorio.uaaan.mx Internet Source	1%
5	bdigital.zamorano.edu Internet Source	1%
6	repositorio.unas.edu.pe Internet Source	1%
7	repositorio.unsch.edu.pe Internet Source	1%
8	hdl.handle.net Internet Source	1%

9	www.sabiia.cnptia.embrapa.br Internet Source	1 %
10	agraria.pe Internet Source	1 %
11	www.scielo.cl Internet Source	1 %
12	faz.ujed.mx Internet Source	<1 %
13	www.slideshare.net Internet Source	<1 %
14	Submitted to Corporación Universitaria Iberoamericana Student Paper	<1 %
15	biblioteca.usac.edu.gt Internet Source	<1 %
16	editorapantanal.com.br Internet Source	<1 %
17	purl.org Internet Source	<1 %
18	es.slideshare.net Internet Source	<1 %
19	de.slideshare.net Internet Source	<1 %
20	repositorio.utea.edu.pe	

Internet Source

<1 %

21

www.saber.ula.ve

Internet Source

<1 %

22

revista-agroproductividad.org

Internet Source

<1 %

Exclude quotes On

Exclude matches < 30 words

Exclude bibliography On