



Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Sede Ibarra

ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES

INFORME FINAL DEL PROYECTO

TEMA:

Evaluación del efecto de la adición del hidrogel en el cultivo de Tomate riñón (*Solanum lycopersicum*).

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERA AGROPECUARIA

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:

Gestión sostenible y aprovechamiento de los recursos naturales.

AUTOR: LISSETH ESTEFANIA CAYAMBE ANRANGO

ASESOR: PhD JHENNY MARLENE CAYAMBE TERÁN

Ibarra, 8 de septiembre del 2023

Ibarra, 8 de septiembre del 2023

JHENNY MARLENE CAYAMBE TERÁN

ASESOR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigente en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales (ECAA), de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI); en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.



(f).....

PhD. Jhenny Marlene Cayambe Terán

C.C.: 1721122370

PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El jurado examinador, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI):



(f).....

PhD. Jhenny Marlene Cayambe Terán

C.C.:1721122370



(f).....

PhD. José Valdemar Andrade Cadena

C.C.: 1001927167



(f).....

MSc. Edwin Fernando del Pozo Villacis

C.C.: 1001756566

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo LISSETH ESTEFANÍA CAYAMBE ANRANGO, declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 165 de Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, que manifiesta textualmente: “Se reconoce facultad de los autores y demás titulares de derecho de disponer de sus derechos o autorizar de sus obras o prestaciones, a título gratuito u oneroso, según las condiciones que determinen. Esta facultad podrá ejercerse mediante licencias libres, abiertas y otros modelos alternativos de licenciamiento o la renuncia”.

Ibarra, 8 de septiembre del 2023



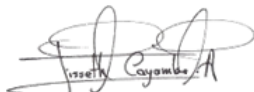
f):

LISSETH ESTEFANÍA CAYAMBE ANRANGO

C.C.: 1003809009

AUTORÍA

Yo, LISSETH ESTEFANÍA CAYAMBE ANRANGO, portador de la cédula de ciudadanía N°. 1003809009 declaro que la presente investigación es de total responsabilidad del autor, y eximo expresamente a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra de posibles reclamos o acciones legales.

f): 

LISSETH ESTEFANÍA CAYAMBE ANRANGO

C.C.: 1003809009

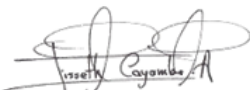
DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, LISSETH ESTEFANÍA CAYAMBE ANRANGO, con C.C.: 1003809009, autor del trabajo de grado intitulado: EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA ADICIÓN DEL HIDROGEL EN EL CULTIVO DE TOMATE RIÑÓN (*Solanum lycopersicum*), previo a la obtención del título profesional de Ingeniería Agropecuaria, en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra a difundir a través de sitio web de la Biblioteca de la PUCESI el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de Universidad.

Ibarra, 8 de septiembre del 2023

f): 

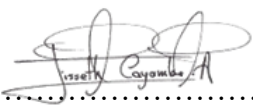
LISSETH ESTEFANÍA CAYAMBE ANRANGO

C.C.: 1003809009

**DECLARACIÓN DE COMPORTAMIENTO ÉTICO EN LA ELABORACIÓN,
DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

Por medio de la presente declaro conocer y aplicar en la elaboración, desarrollo y evaluación de Proyecto de Titulación: EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA ADICIÓN DEL HIDROGEL EN EL CULTIVO DE TOMATE RIÑÓN (*Solanum lycopersicum*), lo propuesto en el Código de Ética de la investigación y el aprendizaje de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, aprobado por el Consejo Superior de la PUCE con fecha 13 de febrero del 2023.

Para constancia firma:

f): 

Lisseth Estefanía Cayambe Anrango
Estudiante que ejecuta el trabajo de Titulación
C.C/ Pasaporte: 1003809009
Carrera: Ingeniería Agropecuaria

Ibarra, 8 de septiembre del 2023

DEDICATORIA

A Dios por ser mi guía y mi apoyo en todo momento, por darme la sabiduría y fortaleza para alcanzar mis objetivos. Gracias por haberme permitido culminar con éxito mi tan anhelada carrera.

Este logro se lo dedico a mi querido y amado esposo Angel Gabriel Chachalo Anrango, quien ha creído en mi capacidad y me ha acompañado en este duro camino, aunque en muchas ocasiones hemos pasado momentos difíciles siempre ha estado brindándome su comprensión, cariño y amor, ha sido mi apoyo moral y económico en todo el trayecto de mi carrera,

Dedico también este trabajo a mi adorada hija Ariana Sofía Chachalo Cayambe, quien ha sido mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más y así poder luchar para que la vida nos depare un mejor futuro, espero ser un ejemplo para ella, la amo con todas mis fuerzas.

A mis queridos padres José Elías Cayambe Díaz y Zoila María Anrango Vásquez, que con gran esfuerzo y sacrificio me han dado los estudios primarios y secundarios al igual que a mis hermanos, en realidad no tengo palabras para describir el significado de su bondad, agradezco el haberme dejado la mejor herencia, la “el amor a Dios y la educación”, siempre les estaré agradecida por ser mi ejemplo, por sus enseñanzas, por demostrarme que jamás debo rendirme y siempre luchar por mis sueños.

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios por permitirme tener buena salud, fortaleza, sabiduría y conocimientos para desempeñarme cada día, a mi esposo, hija, padres, hermanos, abuelitos, tíos, primos y demás familiares que indudablemente han aportado a lo largo de mi formación académica y fuera de ella.

Finalmente, a la Dra. Jhenny Cayambe como tutora del presente proyectos de investigación, por su valiosa colaboración y quien me ha brindado sus acertados conocimientos y consejos como mi mentora para obtener este logro. Extiendo mis agradecimientos a los docentes de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra por brindarme los conocimientos necesarios para ser una profesional en lo que más me apasiona, gracias a cada docente que hizo parte de este proceso integral de formación.

ÍNDICE

RESUMEN	18
ABSTRACT	19
CAPÍTULO I	21
INTRODUCCIÓN	21
CAPÍTULO II	23
OBJETIVOS	23
2.1. Objetivo general	23
2.2. Objetivos específicos	23
2.3. Hipótesis	23
CAPÍTULO III	24
ESTADO DEL ARTE	24
3.1. Cultivo de tomate riñón (<i>Solanum lycopersicum</i>)	24
3.1.1. Variedad Etereí	24
3.1.2. Características botánicas	24
3.1.3. Requerimientos edafoclimáticos	26
3.1.4. Fenología	26
3.1.5. Crecimiento vegetativo	26
3.1.6. Floración e inicio del cuaje de frutos	27
3.1.7. Inicio del desarrollo de la fruta	27
3.1.8. Maduración del fruto	28
3.2. Necesidades Hídricas del cultivo	28
3.2.1. Control del riego	29
3.2.2. Uso de tensiómetro	29
3.3. Hidrogel	30
3.3.1. Propiedades del hidrogel	31
3.3.2. Dosificación y aplicación.	32
3.3.3. Ventajas del uso de hidrogeles	32
3.3.4. Consideraciones a tomar en cuenta para su uso.	33
3.3.5. Uso actual de hidrogeles	34
3.3.5. Uso de hidrogel en hortalizas	34
3.3.6. Uso de hidrogel en cultivos perennes	34

CAPÍTULO IV	35
MATERIALES Y MÉTODOS	35
4.1. Materiales	35
DISEÑO EXPERIMENTAL	36
4.2. Métodos	38
4.2.1. Evaluación del efecto de la aplicación de diferentes dosis de hidrogel sobre el contenido de humedad y lámina de riego en el cultivo de Tomate riñón.	38
4.2.2. Evaluación del efecto de la aplicación de hidrogel sobre los días a la floración y productividad del cultivo de Tomate riñón, mediante la aplicación de diferentes dosis de este polímero.	40
CAPÍTULO V	41
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
5.1. Lámina de riego	41
5.2. Contenido de humedad	42
5.3. Días a la floración	45
5.4. Altura de planta a los 60 días	48
5.5. Rendimiento	51
CAPÍTULO VI	54
CONCLUSIONES	54
CAPÍTULO VII	56
RECOMENDACIONES	56
CAPÍTULO VIII	57
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
ANEXOS	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Lecturas e interpretación del tensiómetro</i>	28
Tabla 2 <i>Recomendaciones de dosificación de hidrogel</i>	30
Tabla 3 <i>Materiales y herramientas usadas en el experimento</i>	33
Tabla 4 <i>Resumen de diseño experimental usado en el experimento</i>	34
Tabla 5 <i>Esquematización de análisis de varianza para evaluaciones de dosis de hidrogel en tomate riñón</i>	34
Tabla 6 <i>Láminas de riego aplicadas en el cultivo de tomate riñón bajo condiciones de invernadero.</i>	36
Tabla 7 <i>Lámina de riego aplicados en cada tratamiento.</i>	38
Tabla 8 <i>Resumen de análisis de varianza de contenido de humedad antes y después de la aplicación del riego en la evaluación del efecto de la adición del hidrogel en el cultivo de Tomate riñón (Solanum lycopersicum).</i>	40
Tabla 9 <i>Prueba de normalidad Shapiro Wilk de la variable días a la floración</i>	42
Tabla 10 <i>Prueba de homogeneidad de varianza de la variable días a la floración</i>	43
Tabla 11 <i>Análisis de varianza para días a la floración en la evaluación del efecto de la adición del hidrogel en el cultivo de Tomate riñón (Solanum lycopersicum).</i>	43
Tabla 12 <i>Prueba de normalidad Shapiro Wilk de la variable altura</i>	45
Tabla 13 <i>Prueba de Homogeneidad de la variable altura</i>	46
Tabla 14 <i>Análisis de varianza para altura de plantas en la evaluación del efecto de la adición del hidrogel en el cultivo de Tomate riñón (Solanum lycopersicum).</i>	46
Tabla 15 <i>Prueba de normalidad Shapiro Wilk de la variable rendimiento</i>	48
Tabla 16 <i>Prueba de homogeneidad de la variable rendimiento</i>	48
Tabla 17 <i>Análisis de varianza para rendimiento en la evaluación del efecto de la adición del hidrogel en el cultivo de Tomate riñón (Solanum lycopersicum)</i>	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Etapa fenológica de crecimiento vegetativo</i>	22
Figura 2 <i>Etapa fenológica de floración</i>	23
Figura 3 <i>Desarrollo del fruto</i>	24
Figura 4 <i>Maduración del fruto</i>	24
Figura 5 <i>Capacidad del hidrogel para evitar pérdidas del agua por infiltración</i>	27
Figura 6 <i>Esquema de la distribución de unidades experimental</i>	33
Figura 7 <i>Prueba de significancia Tukey para la variable humedad en el cultivo de tomate riñón (Solanum lycopersicum)</i>	41
Figura 8 <i>Prueba de significancia Tukey al 1 % para la variable días a la floración en el cultivo de tomate riñón (Solanum lycopersicum) variedad Etereí durante la evaluación del efecto de la adición del hidrogel</i>	44
Figura 9 <i>Prueba de significancia Tukey al 5 % para la variable altura en el cultivo de tomate riñón (Solanum lycopersicum) variedad Etereí durante la evaluación del efecto de la adición del hidrogel</i>	47
Figura 10 <i>Prueba de significancia Tukey al 1 % para la variable rendimiento (g/planta) en el cultivo de tomate riñón (Solanum lycopersicum) variedad Etereí durante la evaluación del efecto de la adición del hidrogel</i>	49

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Limpieza y desinfección del área experimental.....	61
Anexo 2 Hidratación y mezcla del hidrogel con el sustrato	61
Anexo 3 Trasplante de plántulas de tomate riñón.....	62
Anexo 4 Medición de agua y riego.....	62
Anexo 5 Fertilización del tomate riñón	63
Anexo 6 Colocación de tensiómetros para evaluación de contenido de humedad	63
Anexo 7 Tutorio de plantas	64
Anexo 8 Floración de tomate riñón.....	64
Anexo 9 Desarrollo de los frutos.....	65
Anexo 10 Control fitosanitario de plagas y enfermedades.....	65
Anexo 11 Toma de dato de la variable rendimiento gramos por planta.....	66

RESUMEN

El agotamiento de los recursos hídricos influye en el contenido de agua necesario para satisfacer la demanda de los cultivos. Por ello es necesario tomar medidas o buscar alternativas para contrarrestar esta problemática ya que el agua es el principal factor que limita la producción agrícola en todo el mundo. El tomate es un cultivo que requiere de un riego constante además de ser una de las hortalizas más cultivadas en Ecuador. La evaluación de nuevas técnicas que permitan reducir la aplicación del riego, es un aspecto relevante por estudiar. La presente investigación tuvo como objetivo principal evaluar el efecto de la aplicación de hidrogel en el desarrollo y productividad del cultivo de Tomate riñón (*Solanum lycopersicum*), mediante la incorporación al suelo de tres diferentes dosis de este polímero. El sitio experimental fue la Granja de la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Ibarra. La metodología consistió en aplicar 3 dosis de hidrogel, una dosis baja (5g/planta), media (10g/planta) y una dosis máxima (15g/planta). Para el experimento se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), con 4 tratamientos y 3 repeticiones, en total 12 unidades experimentales, 4 plantas por unidad experimental, con una totalidad de 48 plantas. Para el control de contenido de humedad se utilizó tensiómetros colocados en el suelo en la zona radicular, antes y después de la aplicación del riego. Para el cálculo de la lámina de riego se usó un tanque evaporímetro MC del cual se tomaron datos diarios de evapotranspiración del cultivo semanalmente y se usó el Kc del cultivo de referencias establecidos por la FAO. Los beneficios de la práctica se evidenciaron a las variables días a la floración y rendimiento, siendo el T3 el mejor tratamiento (dosis de 15g) que promovió una floración más rápida y mejores valores de productividad. Finalmente, el contenido de humedad fue representativo en T3 (dosis de 15g), donde se evidenciaron que el hidrogel logró retener más humedad antes y después de la aplicación del riego; además que, el hidrogel redujo la aplicación de agua frente al testigo.

Palabras clave: *Solanum lycopersicum*, dosis de hidrogel, contenido de humedad, lámina de riego, rendimiento.

ABSTRACT

The depletion of water resources influences the water content needed to meet crop demand. For this reason, it is necessary to take measures or look for alternatives to counteract this problem, since water is the main factor that limits agricultural production throughout the world. The tomato is a crop that requires constant irrigation as well as being one of the most cultivated vegetables in Ecuador. The evaluation of new techniques that allow reducing the application of irrigation is a relevant aspect to study. The main objective of this research was to evaluate the effect of the application of hydrogel on the development and productivity of the kidney tomato crop (*Solanum lycopersicum*), by incorporating three different doses of this polymer into the soil. The experimental site was the Farm of the School of Agricultural and Environmental Sciences of the Pontifical Catholic University of Ecuador, Ibarra Campus. The methodology consisted of applying 3 doses of hydrogel, a low dose (5g/plant), a medium dose (10g/plant) and a maximum dose (15g/plant). For the experiment, a completely randomized design (DCA) was used, with 4 treatments and 3 repetitions, a total of 12 experimental units, 4 plants per experimental unit, with a total of 48 plants. To control the moisture content, tensiometers placed in the soil in the root zone were used, before and after the application of irrigation. For the calculation of the irrigation sheet, an MC evaporimeter tank was used from which daily evapotranspiration data of the crop were taken weekly and the Kc of the reference crop established by the FAO was used. The benefits of the practice were evident in the variables days to flowering and yield, with T3 being the best treatment (15g dose) that promoted faster flowering and better productivity values. Finally, the moisture content was representative in T3 (15g dose), where it was evident that the hydrogel managed to retain more moisture before and after the application of irrigation; In addition, the hydrogel reduced the application of water compared to the control. The benefits of the practice were evident in the variables days to flowering and yield, with T3 being the best treatment (15g dose) that promoted faster flowering and better productivity values. Finally, the moisture content was representative in T3 (15g dose), where it was evident that the hydrogel managed to retain more moisture before and after the application of irrigation; In addition, the hydrogel reduced the application of water compared to the control. The benefits of the practice were evident in the variables days to flowering and yield, with T3 being the best treatment (15g dose) that promoted faster flowering and better productivity values. Finally, the moisture content was representative in

T3 (15g dose), where it was evident that the hydrogel managed to retain more moisture before and after the application of irrigation; In addition, the hydrogel reduced the application of water compared to the control.

Keywords: Solanum lycopersicum, hydrogel dose, moisture content, irrigation sheet, yield.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El agua es el principal factor que limita la producción agrícola en todo el mundo. Hoy en día, la precipitación no es suficiente para satisfacer la demanda de los cultivos. Existe una creciente degradación de los recursos hídricos y del suelo, por ello es necesario tomar medidas o buscar alternativas para contrarrestar esta problemática. Con el aumento de la población mundial año tras año se incrementa también la demanda de alimentos, por ello es necesario mejorar la eficiencia y uso del agua para la producción de los cultivos, a fin de poder garantizar la seguridad alimentaria y el aprovechamiento eficiente de los recursos naturales (FAO, 2012).

El uso de polímeros como el hidrogel es una alternativa para mejorar la eficiencia del uso del agua. En esta investigación se evaluó el efecto de la adición de diferentes dosis de hidrogel en el cultivo de Tomate riñón (*Solanum lycopersicum*).

El uso de polímeros sintéticos ha aumentado en la agricultura ya que poseen múltiples beneficios. La principal característica es su gran capacidad de absorción y liberación del agua. Hace aproximadamente 40 años se ha propuesto la utilización de este polímero en la agricultura, por la capacidad que tiene de absorber y retener el agua al incorporarse en el suelo o sustrato, lo cual reduce la frecuencia de aplicación del riego y a su vez, reduce el consumo de agua en la agricultura, liberando el agua de una manera controlada a medida que el suelo se seca alrededor del polímero (González et al., 2018)

Además, algunos estudios demuestran que los hidrogeles ayudan a reducir la erosión del suelo, disminuyen la pérdida de nutrientes y tienen la capacidad de liberarlos gradualmente; permitiendo que las plantas dispongan de una reserva de nutrientes y agua. El uso de hidrogel se ha probado en especies forestales y se recomienda su uso es la agricultura, así como en horticultura, fruticultura y plantas ornamentales (Ortega et al., 2020)

En la provincia de Imbabura, Cantón Pimampiro, se encuentran 95,80 ha de Tomate riñón bajo invernadero y alrededor de 3,60 ha a campo abierto. En este cantón existen zonas secas con suelo arenosos, los cuales no logran retener el agua por mucho tiempo debido a las altas temperaturas (Varela, 2018)

Por otra parte, el tomate riñón es un producto de alta demanda en el país, por tanto, el fortalecimiento de estudios de este cultivo resulta de gran importancia (Guerrero, 2001).

Esta investigación se llevó a cabo de manera experimental, bajo invernadero en la granja Experimental de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Ibarra, en una superficie de 20 metros cuadrados aproximadamente, las plantas se sometieron a diferentes dosis de hidrogel, una dosis baja (5g/planta), media (10g/planta) y una dosis máxima (15g/planta). Para el experimento se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), con 4 tratamientos y 3 repeticiones, en total 12 unidades experimentales, 4 plantas por unidad experimental, con una totalidad de 48 plantas.

Con el uso de tensiómetros se realizó la medición de humedad antes de aplicar el riego y posteriormente después de realizar el riego, se tomaron datos de la evapotranspiración del cultivo utilizando un tanque MC. Con este dispositivo se tomaron datos diarios de evapotranspiración en mm/día, esto con el fin de realizar el cálculo de la lámina de riego para cada semana. Las plantas fueron sometidas a estrés hídrico para ver la efectividad del hidrogel, es decir que se suspendió la aplicación del riego a las plantas con dosis de hidrogel hasta visualizar los síntomas de estrés hídrico como la marchitez o cambios de coloración repentina. El efecto de la adición del hidrogel en el cultivo se midió en los parámetros productivos.

CAPÍTULO II

OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la aplicación de hidrogel en el desarrollo y productividad del cultivo de Tomate riñón (*Solanum lycopersicum*), mediante la incorporación al suelo de tres diferentes dosis de este polímero.

2.2. Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de la aplicación de diferentes dosis de hidrogel sobre el contenido de humedad y lámina de riego en el cultivo de Tomate riñón.
- Evaluar el efecto de la aplicación de hidrogel sobre los días a la floración y productividad del cultivo de Tomate riñón, mediante la aplicación de diferentes dosis de este polímero.

2.3. Hipótesis

Ha: La aplicación de hidrogel influye en la productividad del cultivo de tomate frente al testigo.

Ho: La aplicación de hidrogel no influye en la productividad del cultivo de tomate frente al testigo.

CAPÍTULO III

ESTADO DEL ARTE

3.1. Cultivo de tomate riñón (*Solanum lycopersicum*)

El cultivo de tomate es una de las hortalizas más cultivadas bajo invernadero en Ecuador. Sin embargo, el crecimiento óptimo de las plantas de tomate requiere condiciones adecuadas de suelo y agua, lo que puede ser un desafío en áreas con disponibilidad limitada de agua o suelos con retención deficiente de humedad (Álvarez et al., 2014).

Este cultivo también requiere de ciertas condiciones de temperaturas para que pueda desarrollarse normalmente, temperaturas mínimas de 15°C y temperaturas máximas de 30°C. Las provincias de mayor producción de esta especie son la provincia de Imbabura principalmente, seguida de la provincia de Cotopaxi, Carchi, Tungurahua, Azuay y Chimborazo (Asociación de Agrónomos Indígenas de Cañar (AAIC)., 2003).

3.1.1. Variedad Etereí

Según, Seminis (2021), Etereí es una variedad de tomate diseñado para invernadero, de ciclo corto, es una planta vigorosa con tallos gruesos entrenudos cortos, con excelente cuaje de frutos que llegan a pesar alrededor de 260 gramos. Posee alta resistencia a fusarium raza 1, virus del torrado, virus del mosaico del tomate razas 0-2, verticillium raza 1, Cenicilla por Fulvia razas A-E y virus de la peste negra, además presenta resistencia Intermedia a Nemátodos.

3.1.2. Características botánicas

- **Raíz:**

La raíz principal del tomate se caracteriza por ser débil y corta, sus raíces secundarias son muy numerosas y son las que pueden absorber el agua y los nutrientes, también posee raíces adventicias que le sirve de anclaje y soporte como a la mayoría de las plantas, aunque limitadamente también pueden participar en la absorción de nutrientes y agua (Sandoval y Calispa, 2015).

- **Tallo:**

Posee un tallo semileñoso de color verde, de grosor mediano, los cuales poseen tricomas simples y algunos de ellos glandulares, ayudando a la planta a repeler ácaros y algunos insectos. La longitud y grosor del tallo depende de la variedad y de otros factores como la humedad y tipo de suelo, en algunos casos puede llegar a medir más de dos metros (Sandoval y Calispa, 2015).

- **Hojas**

Sus hojas son pinadas y compuestas, con 7 o 9 folíolos peciolados, sus bordes son dentados y poseen pelos glandulares (vellosidades), estas están dispuestas en el tallo de forma alternada (Ávila, 2015).

- **Flores**

Presentan corimbos axilares de entre 6 a 15 flores, estas flores tienen un pedicelo corto, cáliz gamosépalo con 5 o 6 lóbulos y una corona gamopétala, de color amarilla y con 5 o más lóbulos. El androceo posee alrededor de 5 o incluso más estambres los cuales están adheridos a la corola por las anteras. El gineceo suele presentar de 2 a 30 carpelos que van a dar origen a los lóbulos del fruto. El número de flores va a depender del tipo de tomate. Los tomates de porte grueso suelen tener de 4 a 6 flores, en tomates de porte medianos suelen tener de 10 a 12 flores y en tomates de porte o tamaño pequeño como el Cherry hasta de 100 flores (Ávila, 2015).

- **Fruto**

El tomate es un fruto climatérico, son muy carnosos, pueden presentar diferente tamaño, está constituido por la cascara, pulpa y las semillas, dependiendo de la variedad estos pueden ser de color rojo, amarillo o rosados (Roselló y Porcuna, 2012).

3.1.3. Requerimientos edafoclimáticos

Como en la mayoría de los cultivos, el cultivo de tomate requiere un suelo profundo entre 40 a 60 cm aproximadamente para que las raíces puedan desarrollarse si problemas, también se requiere suelos bien drenados, con elevado porcentaje de materia orgánica. En cuanto a las propiedades químicas de suelo se requieren pH entre 6 a 6.5 para que los macro y micronutrientes se encuentren disponibles en la solución del suelo (Intagri, 2018).

3.1.4. Fenología

Las etapas fenológicas están determinadas por la variedad, y las condiciones climatológicas de la zona y el lugar donde se desarrolle el cultivo. Por lo general se distinguen 5 etapas iniciando desde la etapa de semillero. A continuación, se detallan las etapas identificadas del cultivo de esta investigación (López, 2016).

3.1.5. Crecimiento vegetativo

Esta etapa puede considerarse desde el trasplante hasta 4 semanas después aproximadamente, donde la planta tiene un desarrollo rápido (López, 2016).

Figura 1

Etapa fenológica de crecimiento vegetativo



3.1.6. Floración e inicio del cuaje de frutos

Esta etapa se puede considerar desde el inicio de la formación de botones florales (veinte a cuarenta días después del trasplante) hasta cuando finaliza el ciclo de crecimiento de la planta. El cuajado de frutos ocurre una vez que la flor es fecundada y empieza la formación del fruto (López, 2016).

Figura 2

Etapa fenológica de floración



3.1.7. Inicio del desarrollo del fruto

En esta fase inicial el crecimiento del fruto, este no se cae y todos los rastros de la flor desaparecen (López, 2016).

Figura 3

Desarrollo del fruto



3.1.8. Maduración del fruto

La maduración de la fruta depende de la variedad del cultivo, de la nutrición y de las condiciones climáticas, ésta ocurre aproximadamente 80 días después del trasplante (López, 2016).

Figura 4

Maduración del fruto



3.2. Necesidades Hídricas del cultivo

El cultivo de tomate necesita disponer constantemente de humedad durante su desarrollo, se debe reponer la humedad perdida por la evapotranspiración (ET), además el riego ayuda a enfriar el cultivo mediante la transpiración, es especial en días de mayor calor. El riego depende

de las condiciones meteorológicas de la zona, de la etapa fenológica del cultivo y en este caso de la evapotranspiración del cultivo (Allende et al., 2017).

La determinación de la evapotranspiración depende de los factores propios del clima de la zona, para poder determinar la demanda del cultivo (ET_c), se puede utilizar una fórmula que consiste en multiplicar la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o) por el valor del coeficiente del cultivo (K_c) (Allende et al., 2017).

Según FAO (2006) el coeficiente del cultivo de tomate es de 0.70 en etapa inicial, 1,15 en etapa media y finalmente entre 0,70 y 0,90 para la etapa final.

3.2.1. Control del riego

El monitoreo del contenido de humedad en el suelo es muy importante en la optimización de la producción y conservación del agua. Existen muchos instrumentos y equipos que nos permiten monitorear el contenido de agua en el suelo, uno de ellos es el tensiómetro, el cual es utilizado para medir en el suelo la tensión real del agua, es decir el esfuerzo que las raíces de las plantas realizan para extraer la humedad del suelo (Allende et al., 2017).

3.2.2. Uso de tensiómetro

Este instrumento posee una cápsula porosa de cerámica que se conecta a través de un tubo lleno de agua (agua destilada) a un vacuómetro o manómetro. El agua se mueve por dentro y fuera de la cápsula, cuando el suelo se seca, succiona el agua de la capa porosa, por lo que se genera una tensión que aumenta a medida que se seca el suelo y por el contrario disminuye cuando se humedece el suelo fluyendo de nuevo el agua hacia el interior de la copa. La medición de la tensión es en centibares, indicando valores de 70 centibares cuando hay poca humedad y 0 centibares cuando el suelo está saturado (Tabla 1). Este instrumento se debe colocar en la zona de mayor actividad radicular, a 15, 30 y 45 centímetros de profundidad aproximadamente (AAIC, 2003).

3.2.3 Preparación del tensiómetro

Algunas de las recomendaciones que se sugieren para un uso eficiente de este instrumento es casar el aire luego de haber llenado con agua destilada en la columna, los tensiómetros que se van usar se deben sumergir en un recipiente con agua durante un tiempo considerable, preferiblemente durante toda la noche, para que la capa porosa de cerámica esté totalmente humedecida y nos pueda dar datos correctos (Baeza et al., 2020).

Tabla 1

Lecturas e interpretación del tensiómetro

Lectura centibares	Interpretación de lecturas del tensiómetro
0-10 cbar	Suelo saturado Indica suelo con agua libre Representa peligro cuando hay problemas de drenaje
11- 30 cbar	Humedad a disposición de las raíces de la planta sin esfuerzo Capacidad de campo No aplicar el riego para evitar lixiviación de nutrientes
31 - 60 cbar	Se recomienda aplicar el riego de acuerdo a la textura del suelo. Rango de inicio de riego -30-40 para suelos franco-arenosos y arenosos -40-50 suelos franco -50-60 para suelos arcillosos
61 - 80 cbar	Peligro de estrés hídrico y punto de marchitamiento Si todavía existe humedad en el suelo para la planta es muy difícil extraerla.

3.3. Hidrogel

El hidrogel es un polímero donde su principal función es la gran capacidad de absorción de agua. Desde hace mucho tiempo se ha propuesto su utilización en la agricultura, esto debido a la principal función antes mencionada, absorbe el agua y la libera gradualmente, además ayuda a reducir la frecuencia de aplicación del riego y a su vez, reduce el consumo de agua en la agricultura, liberando el agua de una manera controlada a medida que el suelo se seca alrededor del hidrogel (Montesano et al., 2015).

El uso correcto de los hidrogeles es muy importante ya que se considera como parte integral de un sistema de riego, para ello se debe tener en cuenta algunos aspectos como son: tipos de cultivo, suelo, y clima (Taco et al., 2022).

3.3.1. Propiedades del hidrogel

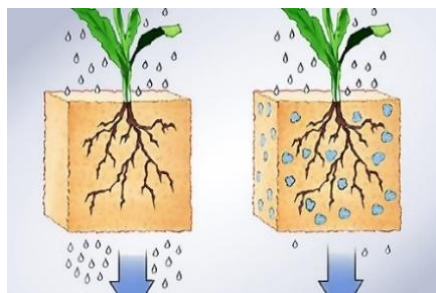
Según, Tornado Distribuidora y Comercializadora (2012), menciona que cuando el hidrogel toma contacto con el agua comienza a absorberla inmediatamente. Un kilo de hidrogel es capaz de absorber 200 litros de agua. Cuando el suelo empieza a perder humedad el hidrogel comienza a liberar el agua retenida, permitiendo así un importante ahorro de agua y por consiguiente una menor frecuencia de riego, además menciona que este polímero ayuda en la aireación y descompactación del suelo, su aplicación en la agricultura se aplica en viveros, en el sector forestal, cultivos de ciclo corto, cultivos perenes y en invernaderos.

Ramos et al., (2009) menciona la incorporación de hidrogel en el suelo ayuda a que el agua de lluvia se aproveche mejor, así como el riego, esto porque se tiene menos pérdidas de agua por infiltración, consiguiéndose también disminuir su evaporación. Estos factores resultan ser muy útiles para mejorar la actividad biológica ya que estos actúan de mejor manera con presencia de humedad.

Barón et al., (2007), manifiesta que la utilización de hidrogeles resulta ser una alternativa viable para la conservación del agua de riego, así como del suelo, ya que se disminuye el consumo de agua de los cultivos, existe un mejoramiento de las propiedades del suelo, se logra mayor rendimiento y resistencia de las especies en épocas de verano.

Figura 5

Capacidad del hidrogel para evitar pérdidas del agua por infiltración



3.3.2. Dosificación y aplicación.

Este producto puede ser aplicado directamente al surco cuando el manejo del cultivo es tecnificado, se puede incorporar al suelo con el uso de una sembradora mecánica o con un aplicador de gránulos como suele ser con los fertilizantes. En cultivos perennes y semi-perennes se puede aplicar en el hoyo antes de la siembra o trasplante. Cuando el cultivo ya se encuentra establecido se puede aplicar abriendo varios orificios a filo de gotera en la corona del árbol ya sea seco o pre-hidratado de 30 a 50g/planta (Agro activo, 2020).

Tabla 2

Recomendaciones de dosificación de hidrogel

Cultivo	Dosis recomendada
Frutos rojos y bayas	40-80g/arbusto
Tomate y otros vegetales	30-50 kg/ha
Patata	40-60 kg/ha
Maíz	30-50 kg/ha
Girasol	45-75 kg/ha
Trasplante de vegetales	1.25-3g/plantón

3.3.3. Ventajas del uso de hidrogeles

Rojas et al., (2006), menciona algunas de las ventajas más comunes en la utilización del hidrogel:

- Gran capacidad de absorción de agua, mayor disponibilidad de humedad para las plantas en un tiempo promedio de 30 días.
- No contamina el suelo, dependiendo de su manejo y cuidado puede mantener su función de absorción y liberación de agua en un tiempo promedio de 5 años, luego se desintegra sin alterar el suelo.
- El crecimiento de los cultivos se ve favorecido en regiones con escasas precipitaciones y suelos donde la infiltración es alta.

- Ayuda a descompactar el suelo, así como a una mejor aireación.
- Ayuda a un buen ahorro del agua.
- Disminuye la frecuencia de riego.
- Ayuda a incrementar el almacenamiento de agua en el suelo.
- Ayuda a un mejor crecimiento de las plantas en zonas de escasas lluvias.

3.3.4. Consideraciones a tomar en cuenta para su uso.

El uso excesivo del producto puede provocar resultados negativos como la proliferación de hongos debido al exceso de humedad, las raíces de la planta pueden pudrirse, por ende, la cantidad de agua que se ocupará para el riego cambiará a partir de la incorporación del hidrogel en el suelo. El producto debe colocarse bajo tierra para evitar el contacto de los rayos solares, se recomienda que por lo menos esté 10 cm bajo la superficie del suelo para evitar su degradación temprana incluso la pérdida de sus propiedades (Agro activo, 2020).

No se recomienda usar únicamente hidrogel para el desarrollo de una planta ya que solo es un retenedor de agua más no un sustituto del sustrato, esto debido a que no posee los nutrientes necesarios, tampoco vida microscópica para el normal crecimiento y desarrollo de una planta (Agro activo, 2020).

3.3.5. Uso actual de hidrogeles

En la actualidad este polímero se emplea en diferentes tipos de cultivos ya sea en gramíneas, cultivos perennes o especies forestales, esto por cuanto ayuda a solucionar el déficit de agua en algunas zonas, ayuda a mejorar la estructura del suelo y controla la cantidad de agua que se utiliza en el riego optimizando el desarrollo y crecimiento vegetativo de cada cultivo sin perjudicar el rendimiento y desarrollo de los frutos (Pedroza et al., 2015).

3.3.5. Uso de hidrogel en hortalizas

Según, Ortega et al., (2020), quien realizó una investigación en Querétaro con la aplicación de hidrogel en el sustrato junto con soluciones nutritivas para cultivo de tomates y pepino concluye que como resultado existe un ahorro de agua, fertilizantes y un ahorro económico.

Otra investigación realizada es la de Rivera (2020), realizada en la Granja Experimental “La Pradera”, en donde se evaluó el comportamiento del cultivo de lechuga bajo condiciones controladas, así como la eficiencia de uso del agua y el rendimiento del cultivo con el uso de poliacrilato de potasio (hidrogel). El estudio consistió en agregar dosis de hidrogel, 0.25, 0.50 y 0.75 g/planta del cual se obtuvo que la dosis con mayor rendimiento es la de 0.25g y la dosis donde mayor ahorro de agua se obtuvo fue la de 0.50 g/planta. Los resultados ayudaron a confirmar que el uso de hidrogel es una alternativa viable para ayudar en la retención del agua en el suelo y poder tener un ahorro de agua.

3.3.6. Uso de hidrogel en cultivos perennes

Un estudio realizado por Dávila (2018), donde el objetivo fue evaluar la efectividad del hidrogel para garantizar un mejor prendimiento de cinco especies nativas utilizadas en la reforestación para recuperar la estructura y composición del bosque en la provincia del Guayas. Muestra como resultado se obtuvo un mayor porcentaje de supervivencia, aproximadamente un 67% con el uso del hidrogel, mientras que sin la utilización de hidrogel solo se obtuvo un 31% de supervivencia, en conclusión, la utilización de hidrogel ayudó a garantizar un mayor porcentaje de supervivencia de las especies con las que se realizó la reforestación en el bosque cuando hubo menores precipitaciones.

CAPÍTULO IV
MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Materiales

En la Tabla 3, se muestra el detalle de materiales utilizados:

Tabla 3

Materiales y herramientas usadas en el experimento

Herramientas de campo	Insumos	Productos fitosanitarios	Materiales de oficina	Equipos de informática
Pala	Suelo	Insecticidas	Esferos	Impresora
Azadón	Tierra negra	Fungicidas	Cuaderno	Computador
Carretilla	Cascarilla de arroz	Bactericida	Etiquetas	Cámara fotográfica
Cinta métrica	Alambre	Fijador	Calculadora	
Bomba de fumigar	Piola	Regulador pH	Tijeras	
Tensiómetros	Bolsas plásticas		Silicona	
Tanque evaporímetro MC	Hidrogel			
Balanza digital (g)				
Alicate				
Baldes (10 y 20 L)				
Barra				

DISEÑO EXPERIMENTAL

En la Tabla 4, se describe el diseño experimental de la investigación:

Tabla 4

Resumen de diseño experimental usado en el experimento

Variables independientes	Metodología del experimento	Variables dependientes
Dosis T0 (testigo) T1(5g) T2 (10g) T3 (15g)	Modelo experimental: DCA Tratamientos: 4 Repeticiones: 3 Unidades experimentales: 12 Ho: T0=T1=T2=T3 Ha: T0≠ T1≠ T2≠ T3 Prueba de significancia: Tukey 1% y 5% Modelo de ANOVA	Días a la floración (N° de días) Altura a los 60 días (cm) Rendimiento (g/planta) Contenido de humedad (cbar)

Nota: T0: Testigo; T1: 5 g de hidrogel; T2: 10 g de hidrogel; T3: 15 g de hidrogel

Análisis de varianza

En la Tabla 5, se muestra el análisis de varianza del estudio

Tabla 5

Esquemización de análisis de varianza para evaluaciones de dosis de hidrogel en tomate riñón

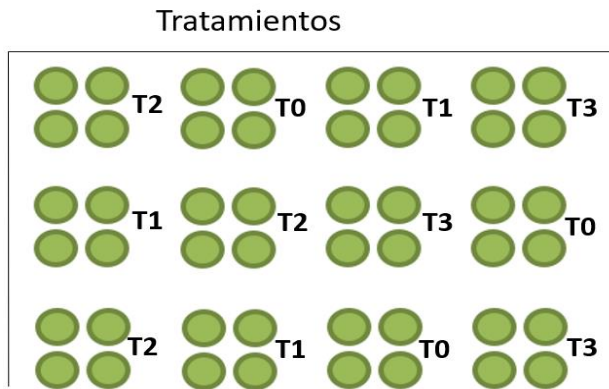
FV	GL
Total	11
Tratamientos	3
Error experimental	8

Nota: F.V: Fuentes de variación, G.L: Grados de libertad.

En la Figura 6, se muestra la forma en la que se distribuyeron los tratamientos:

Figura 6

Esquema de la distribución de unidades experimental



Nota: T0: Testigo; T1: 5 g de hidrogel; T2: 10 g de hidrogel; T3: 15 g de hidrogel

4.2. Métodos

4.2.1. Evaluación del efecto de la aplicación de diferentes dosis de hidrogel sobre el contenido de humedad y lámina de riego en el cultivo de Tomate riñón.

El cultivo se estableció, en la granja experimental ECAA, donde a las plantas se les añadió tres diferentes dosis de hidrogel, una dosis mínima que es de 5g/planta, una dosis media de 10g/planta y una dosis máxima de 15g/planta en el sustrato de las plantas antes del trasplante.

Cálculo de lámina de riego

Esta variable se calculó en base a la evapotranspiración y K_c del cultivo, se determinó una lámina de riego para cada semana puesto que se recogieron datos diarios de evapotranspiración del cultivo con la instalación de un tanque evaporímetro MC. En base a los resultados el riego se realizó de forma manual con ayuda de una probeta plástica de 2000 ml. Para calcular la lámina de riego se utilizó las siguientes fórmulas (Hidalgo, 2019).

- $ET_c = E_{To} \times K_c$

Donde,

ET_c : Evapotranspiración del cultivo (mm.día)

K_c : Coeficiente del cultivo

E_{To} : Evapotranspiración de referencia (mm.día).

- $L_n = ET_c \times P_e$

Donde,

L_n : Lámina neta

ET_c : Evapotranspiración del cultivo (mm.día)

P_e : precipitación efectiva

- $Nt = (Ln/Er) 1000$

Donde,

NT: Necesidad total

Ln: Lámina neta

Er: eficiencia de riego (Fernández et al., 2012).

A continuación, se presenta una tabla detallada de las láminas de riego usadas en el cultivo de tomate riñón durante todo el ciclo de evaluación del cultivo.

Tabla 6

Láminas de riego aplicadas en el cultivo de tomate riñón bajo condiciones de invernadero.

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21
ETo (mm.día ⁻¹)	2.71	2.57	2.58	3.70	4.28	4.42	4.42	4.42	4.58	5.28	6.42	6.42	7.00	7.28	7.85	8.14	8.71	8.71	8.85	8.85	8.85
Pe (mm.día ⁻¹)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Kc	0.70	0.70	0.70	0.90	0.90	0.90	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
ETc (mm.día ⁻¹)	1.89	1.79	1.80	2.49	3.85	3.97	5.08	5.08	5.23	6.07	7.38	7.38	8.05	8.37	9.02	9.36	10.01	10.01	10.17	10.17	10.17
Ln (mm.día ⁻¹)	1.89	1.79	1.80	2.49	3.85	3.97	5.08	5.08	5.23	6.07	7.38	7.38	8.05	8.37	9.02	9.36	10.01	10.01	10.17	10.17	10.17
Nt (m ³ .ha ⁻¹)	47.25	44.97	45.00	62.25	96.25	99.45	127.07	127.07	130.75	151.75	183.75	184.50	201.25	209.25	225.50	234.10	250.41	250.41	254.43	254.43	254.43
Cantidad usada (ml/planta)	593.57	564.93	565.31	1.040	1.209	1.249	1.596	1.596	1.651	1.906	2.308	2.317	2.500	2.628	2.832	2.940	3.145	3.145	3.194	3.194	3.194

Nota: Semana: S, Evapotranspiración de referencia: ETo, Precipitación efectiva: Pe, Coeficiente del cultivo: Kc, Evapotranspiración del cultivo: ETc, Lámina neta: Ln, Necesidad total: NT.

A medida que avanzó el desarrollo del cultivo la evapotranspiración del cultivo fue en aumento, al igual que el coeficiente del cultivo, las precipitaciones se encuentran en cero debido a que el cultivo se desarrolló bajo invernadero, se calculó la demanda o necesidad total para una hectárea y en cada semana y en base a esto se transformaron los datos para un área de 6.03 m², área en donde se desarrolló el cultivo.

Contenido de humedad

Para la evaluación de esta variable, se colocaron tensiómetros en cada unidad experimental, realizándose un monitoreo semanalmente, se realizó la medición de humedad antes y después de aplicar el riego. Los tensiómetros fueron colocados cuando las plantas se sometieron a un estrés hídrico, es decir cuando ha transcurrido un cierto número de días después de la última aplicación del riego que depende de la etapa fenológica del cultivo y de las condiciones climáticas, las plantas se empezaron a marchitar a causa de la deficiencia de humedad, esto con el objetivo de determinar la eficiencia del hidrogel (Hidalgo, 2019). Esta variable se expresó en centibares.

El cálculo de la lámina de riego ayudó a determinar la cantidad de agua que el cultivo necesitó para mantenerse bien hidratado. Al combinar el uso de tensiómetros para monitoreo del contenido de humedad con el cálculo de la lámina de riego, ayudó a saber en qué momento aplicar el riego según la tensión del agua en el suelo (Rodríguez et al., 2014).

4.2.2. Evaluación del efecto de la aplicación de hidrogel sobre los días a la floración y productividad del cultivo de Tomate riñón, mediante la aplicación de diferentes dosis de este polímero.

Días a la floración

Esta variable se tomó en cuenta desde el trasplante, hasta cuando las plantas alcanzaron el 50% de botones florales en la unidad experimental se consideró como el número de días a la floración (Ausay, 2015).

Altura de plantas a los 60 días

Esta variable se tomó en cuenta 60 días posteriores al día del trasplante, con ayuda de un flexómetro se midieron cada una de las plantas de las unidades experimentales para realizar un promedio de altura de cada tratamiento, la variable se expresó en centímetros. (Flores et al., 2005).

Rendimiento (g/planta)

Se pesaron los frutos maduros de las cuatro plantas de cada repetición en cada tratamiento, con la ayuda de una balanza digital. Se calculó el promedio y la variable se expresó en gramos por planta (Ausay, 2015).

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Lámina de riego

En la siguiente tabla se muestra la cantidad de agua usada (ml) en cada tratamiento en todas las semanas evaluadas, se puede evidenciar una misma lámina en los 4 tratamientos de acuerdo a las semanas. En la semana 2, 4 y 8 no se aplicó el riego en los tratamientos con hidrogel, únicamente en el tratamiento testigo.

Tabla 7

Lámina de riego aplicadas en cada tratamiento (ml).

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	Total ml/planta	Total L/tratamiento
T0	594	565	565	1.040	1.209	1.249	1.596	1.596	1.651	1.906	2.308	2.317	2.500	2.628	2.832	2.940	3.145	3.145	3.194	3.194	3.194	43.368	520,41
T1	594	565			1.209	1.249	1.596		1.651	1.906	2.308	2.317	2.500	2.628	2.832	2.940	3.145	3.145	3.194	3.194	3.194	40.167	482,00
T2	594	565			1.209	1.249	1.596		1.651	1.906	2.308	2.317	2.500	2.628	2.832	2.940	3.145	3.145	3.194	3.194	3.194	40.167	482,00
T3	594	565			1.209	1.249	1.596		1.651	1.906	2.308	2.317	2.500	2.628	2.832	2.940	3.145	3.145	3.194	3.194	3.194	40.167	482,00

Nota: T0: Testigo; T1: 5 g de hidrogel; T2: 10 g de hidrogel; T3: 15 g de hidrogel, S: semanas.

La tabla muestra que evidentemente existió un ahorro de agua en los tratamientos con la incorporación de hidrogel a diferencia del testigo donde se puede observar que se aplicó el riego en todas las semanas evaluadas, al final del proyecto se puede apreciar el total de mililitros usados en los tratamientos.

5.2. Contenido de humedad

Para la variable contenido de humedad, tras la realización de los análisis de varianza (ANOVA) de todas las semanas, se identificó que existen diferencias altamente significativas al 1% entre los tratamientos evaluados en la semana 1,2, 3,4 y 5, diferencias significativas al 5% entre la semana 6 y 9, y finalmente las diferencias no son significativas estadísticamente a partir de la semana 10. Del mismo modo se evidencian los promedios de los tratamientos en centibares

semana a semana antes y después de la aplicación del riego con sus respectivos rangos como se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8

Resumen de análisis de varianza de contenido de humedad (Cbar) antes y después de la aplicación del riego en la evaluación del efecto de la adición del hidrogel en el cultivo de Tomate riñón (Solanum lycopersicum).

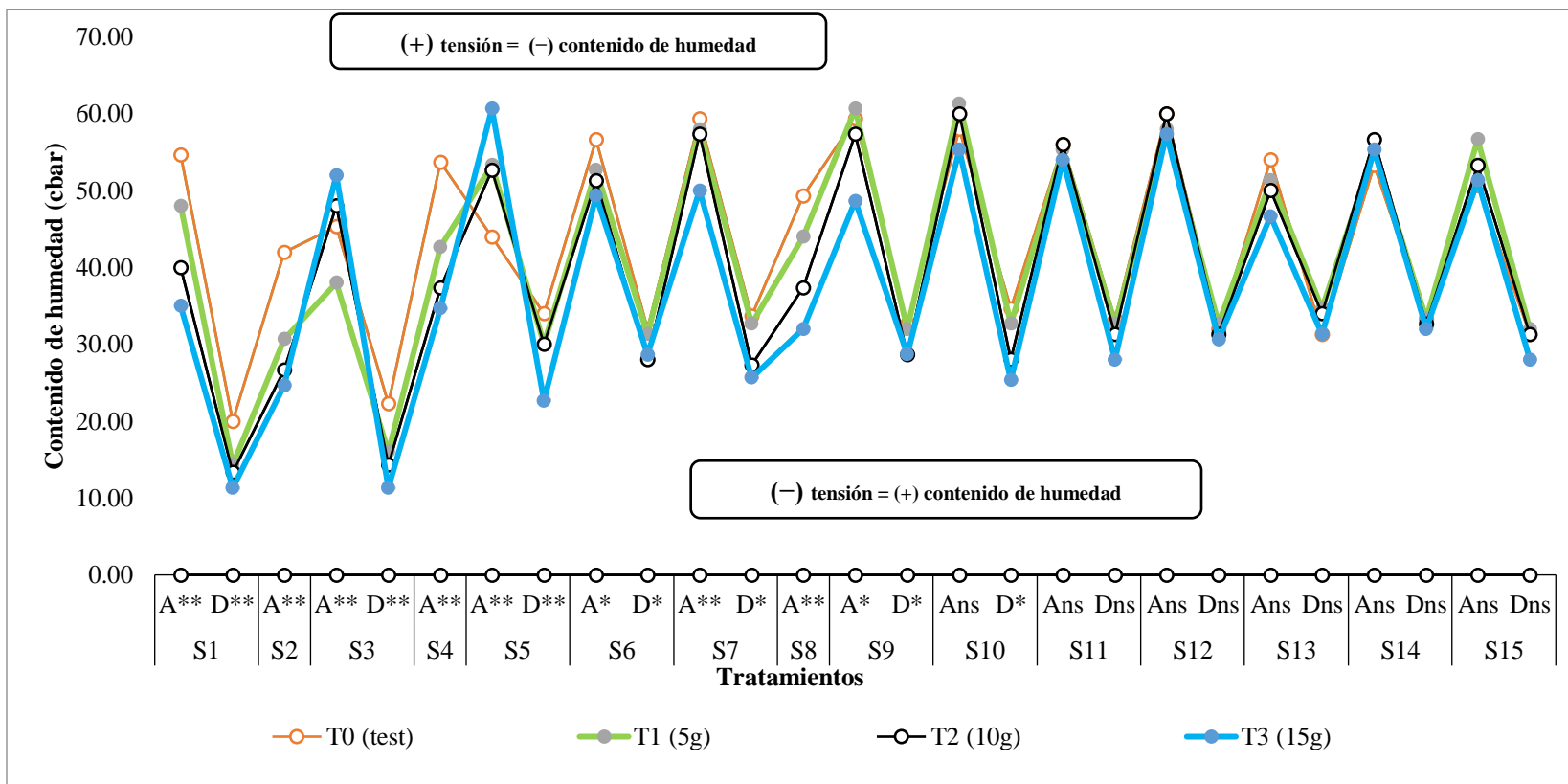
	CONTENIDO DE HUMEDAD (CBAR)																													
	S1		S2		S3		S4		S5		S6		S7		S8		S9		S10		S11		S12		S13		S14		S15	
	Antes **	Desp **	Antes **	Desp **	Antes **	Desp **	Antes **	Desp **	Antes **	Desp **	Antes *	Desp *	Antes **	Desp *	Antes **	Desp *	Antes *	Desp *	Antes ^{ns}	Desp *	Antes ^{ns}	Desp ^{ns}	Antes ^{ns}	Desp ^{ns}	Antes ^{ns}	Desp ^{ns}	Antes ^{ns}	Desp ^{ns}	Antes ^{ns}	Desp ^{ns}
T0	54.67 ^d	20.00 ^b	42.00 ^b	19.33	45.33 ^{ab}	22.33 ^b	53.67 ^b	22.67	44.00 ^a	34.00 ^b	56.67 ^b	32.00 ^a	59.33 ^b	33.66 ^a	49.33 ^b	30.67	59.33 ^{ab}	32.67 ^a	58.00	34.67 ^b	56.00	33.33	60.00	32.00	54.00	31.33	53.33	33.33	50.67	31.33
T1	48.00 ^c	14.33 ^{ab}	30.67 ^a		38.00 ^a	16.00 ^b	42.67 ^{ab}		53.33 ^b	30.00 ^{ab}	52.67 ^{ab}	31.33 ^a	58.00 ^{ab}	32.66 ^a	44.00 ^b		60.67 ^b	32.00 ^a	61.33	32.67 ^{ab}	55.33	32.67	58.00	32.66	51.33	34.67	55.33	33.33	56.67	32.00
T2	40.00 ^b	13.33 ^a	26.67 ^a		48.00 ^{ab}	14.33 ^a	37.33 ^a		52.67 ^{ab}	30.00 ^{ab}	51.33 ^{ab}	28.00 ^a	57.33 ^{ab}	27.33 ^a	37.33 ^a		57.33 ^{ab}	28.67 ^a	60.00	28.00 ^{ab}	56.00	31.33	60.00	31.33	50.00	34.00	56.67	32.67	53.33	31.33
T3	35.00 ^a	11.33 ^a	24.67 ^a		52.00 ^b	11.33 ^a	34.67 ^a		60.6 ^{ab}	22.67 ^a	49.33 ^a	28.66 ^a	50.00 ^a	25.66 ^a	32.00 ^a		48.67 ^a	28.67 ^a	55.33	25.33 ^a	54.00	28.00	57.33	30.66	46.67	31.33	55.33	32.00	51.33	28.00

Nota: Diferencias significativas: *, Diferencias altamente significativas: **, ns: No existen diferencias significativas, T0: Testigo; T1: 5 g de hidrogel; T2: 10 g de hidrogel; T3: 15 g de hidrogel, S: semana.

En la siguiente figura se puede observar el contenido de humedad en cada uno de los tratamientos, las lecturas de los tensiómetros indican valores altos de tensión cuando hay un menor contenido de humedad, por el contrario, valores bajos de tensión indican mayor contenido de humedad.

Figura 7

Prueba de significancia Tukey para la variable humedad en el cultivo de tomate riñón (Solanum lycopersicum)



Nota: T0= Testigo; T1= 5 g de hidrogel; T2= 10 g de hidrogel; T3= 15 g de hidrogel, S: semanas; A: antes del riego; D: Después del riego

En la presente investigación, el uso de hidrogel influyó en el contenido de humedad en el suelo antes y después del riego. Este dato fue tomado con el uso del tensiómetro una hora después del riego. En la Figura 8 se evidencia que el tratamiento T3 (15g de hidrogel) presentó mayor contenido de humedad después de aplicar el agua de riego en la mayoría de semanas así también antes de la aplicación del riego, con diferencias significativas hasta la semana 9.

Los datos obtenidos en esta investigación se comparan con los datos obtenidos por Andrada y Di Barbaro (2018), donde se observó un mayor contenido de humedad en el tratamiento que usó mayor dosis de hidrogel, similar a esta investigación. Por otro lado, Idrobo et al., (2010), usaron hidrogel en cultivo de rábano bajo invernadero con el propósito de verificar la eficiencia en la retención de agua, como resultado se evidenció una menor pérdida de humedad en el tratamiento con mayor dosis de hidrogel, las diferencias fueron significativas.

De la misma manera, Duarte et al., (2019) evaluaron déficit de riego y aplicación de hidrogel en la productividad de olivo en regiones desérticas. Se detectó diferencias significativas entre los tratamientos, en el primer rango se ubicaron los tratamientos sin hidrogel con menores contenidos de humedad y con mayores lecturas de tensión; y en el segundo rango, los tratamientos con menores valores de tensiones que corresponden a tratamientos con el uso de hidrogel y sin déficit hídrico.

5.3. Días a la floración

Se realizó la prueba de normalidad y homogeneidad para la variable de días a la floración.

Los datos se observan en la Tabla 9 y 10.

Tabla 9

Prueba de normalidad Shapiro Wilk de la variable días a la floración

Variable	Promedio	W°	P valor
Días a la floración	33.58	0.87	0.082

La prueba de Shapiro Wilk muestra que el p-value es igual a 0.082, siendo mayor a 0.05; por lo tanto, se acepta la hipótesis nula y se puede determinar que se encuentran distribuidos normalmente.

Tabla 10

Prueba de homogeneidad de varianza de la variable días a la floración

Variable	Promedio	P valor
Días a la floración	33.58	0.99

La prueba de homogeneidad de varianzas es igual a 0.99, esto quiere decir que si existe homogeneidad en el grupo de datos porque el valor calculado es mayor a 0.05, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula.

La Tabla 11 muestra el análisis de varianza para la variable días a la floración, dicho dato fue evaluado cuando el 50% de los botones florales de cada repetición en cada tratamiento estuvieron abiertos y desarrollados.

Tabla 11

*Análisis de varianza para días a la floración en la evaluación del efecto de la adición del hidrogel en el cultivo de Tomate riñón (*Solanum lycopersicum*).*

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fo	Fo 0,05	Fo 0,01	
Total	11	292.92	26.63				
Tratamientos	3	242.25	80.75	12.75	4.07	7.59	**
Error exp	8	50.67	6.333				
CV	7.49						

Nota: F.V: Fuentes de variación, G.L: Grados de libertad, S.C: Suma de cuadrado, C.M: Cuadrados medios, Fo: valor de F calculado, F 0.05: valor de F tabulado al 1% con un 95% de valor alfa de confiabilidad, *: Diferencias significativas, **: Diferencias altamente significativas.

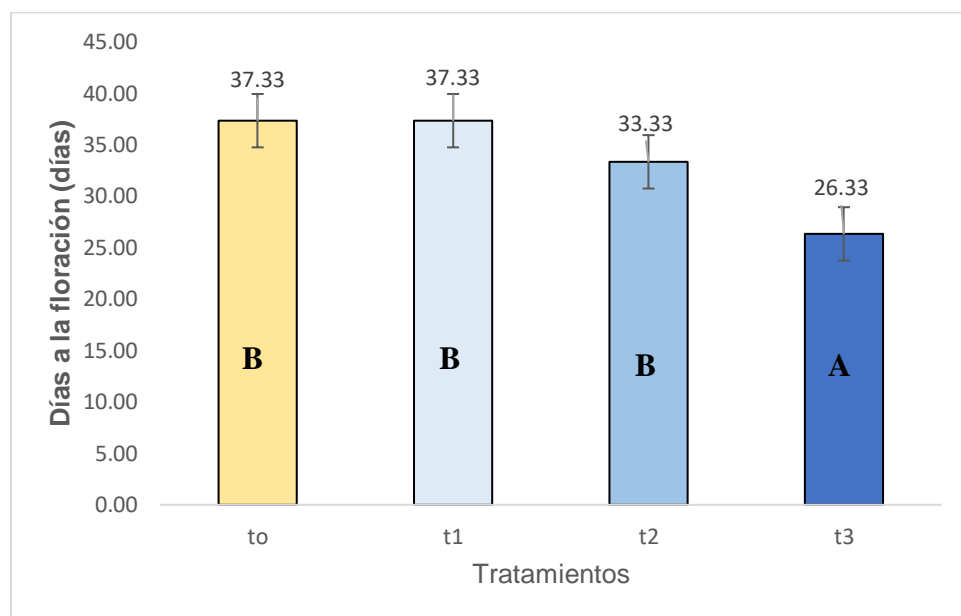
Para la variable días a la floración, tras la realización del análisis ANOVA, se identificó que existen diferencias altamente significativas al 1% entre los tratamientos evaluados, esto indica que por lo menos un tratamiento fue diferente a los demás para la variable estudiada. Del mismo

modo se evidencia un coeficiente de variación de 7.49% lo cual se analiza como un porcentaje reducido de variabilidad en los datos; y un promedio entre tratamientos de 33.58 días a la floración.

La prueba de Tukey al 1% para días a la floración (Figura 8), muestra que existen 2 rangos, en el rango B se encuentran los tratamientos T0, T1 y T2, con el mayor número de días a la floración los tratamientos T0 y T1 (5g hidrogel) con 37,33 días. En el rango A, con el menor número de días a la floración se encuentra el tratamiento T3 (15 g hidrogel) con un valor de 26,33 días a la floración.

Figura 8

*Prueba de significancia Tukey al 1 % para la variable días a la floración en el cultivo de tomate riñón (*Solanum lycopersicum*) variedad Etereí durante la evaluación del efecto de la adición del hidrogel*



Nota: T0= Testigo; T1= 5 g de hidrogel; T2= 10 g de hidrogel; T3= 15 g de hidrogel

En la presente investigación, el uso de hidrogel influyó en el número de días a la floración, evidenciándose que el tratamiento testigo es igual a utilizar 5 y 10 g de hidrogel (T1 y T2). Sin embargo, al aplicar 15 g de hidrogel (T3) se observa una influencia positiva en un menor número de días a la floración. Los resultados alcanzados en el presente estudio se comparan con los datos reportados por Chandra et al., (2023), quienes utilizaron enmiendas con hidrogeles, sembrando las

plantas de tomate en macetas (cada una de 0.27 m de diámetro x 0.32 m de profundidad), con una plántula por maceta, se mezcló un peso de 35.96 g de hidrogel liofilizado (FDH) y 32.10 g de perlas de hidrogel secado al horno (ODH) en el suelo (medio de las macetas, a una profundidad de 0,15 m) desde la parte superior de las macetas. Los días a la floración reportados en esta investigación son 45 días a la floración después del trasplante (DDT), respectivamente; mostrándose así que los datos son superiores a los datos obtenidos en mi investigación ya que utilizaron otro tipo de hidrogel.

Por otro lado, en los resultados obtenidos por Hafiz et al., (2023) al incorporar hidrogel en el suelo para el crecimiento de pimiento también obtuvo diferencias significativas al evaluar esta variable, ya que la diferencia de días entre el mejor tratamiento y el testigo fueron de 5 días.

Existe concordancia con los resultados obtenidos por Sharma et al., (2023), quienes evaluaron el efecto del hidrogel sobre características morfo-fenológicas del pepino (*Cucumis sativus* L.), donde los datos obtenidos con respecto a la variable días a la floración disminuyeron significativamente con la adición de hidrogel con respecto al testigo, dichas diferencias entre los tratamientos fueron de 7 días.

5.4. Altura de planta a los 60 días

Tabla 12

Prueba de normalidad Shapiro Wilk de la variable altura

Variable	Promedio	W°	P valor
Altura	104.56	0.91	0.25

La prueba de Shapiro Wilk muestra que el p-value es igual a 0.25, por lo tanto, si hay normalidad porque p-value es mayor al 0.05, se acepta la hipótesis nula.

Tabla 13

Prueba de Homogeneidad de la variable altura

Variable	Promedio	P valor
Altura	104.56	0.38

La prueba de homogeneidad de varianzas es igual a 0.38, esto quiere decir que si existe homogeneidad en el grupo de datos porque el valor calculado es mayor a 0.05, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula.

Tabla 14

Análisis de varianza para altura de plantas (cm) en la evaluación del efecto de la adición del hidrogel en el cultivo de Tomate riñón (Solanum lycopersicum).

FV	GL	SC	CM	Fo	Fo 0,05	Fo 0,01
Total	11	486.64	44.24			
Tratamientos	3	352.77	117.59	7.03	4.07	7.59 *
Error exp	8	133.88	16.734			
CV (%)	3.91					

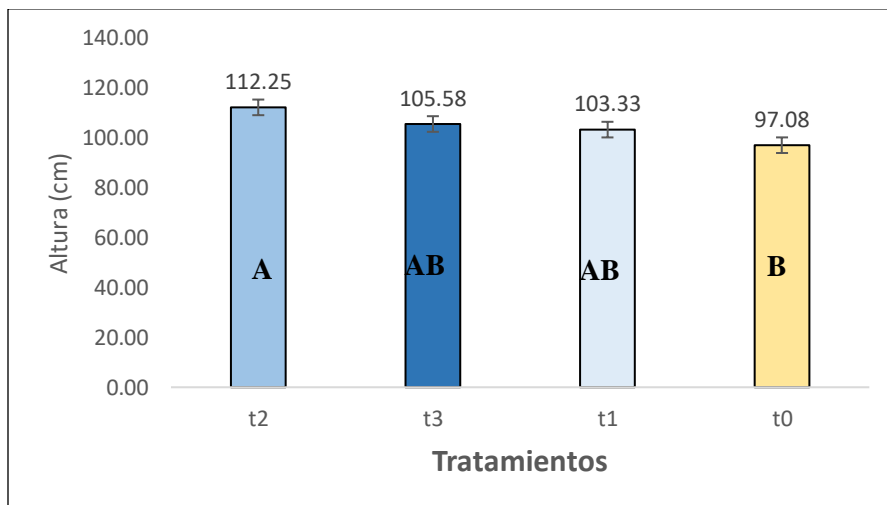
Nota: F.V: Fuentes de variación, G.L: Grados de libertad, S.C: Suma de cuadrado, CM: Cuadrados medios, Fo: valor de F calculado, F 0.05: valor de F tabulado al 5% con un 95% de valor alfa de confiabilidad, *: Diferencias significativas, **: Diferencias altamente significativas.

Para la variable altura, tras la realización del ANOVA, se identificó que existen diferencias significativas al 5% entre los tratamientos evaluados, esto indica que por lo menos un tratamiento fue diferente a los demás para la variable estudiada. Del mismo modo se evidencia un coeficiente de variación de 3.91% lo cual se analiza como un porcentaje reducido de variabilidad en los datos; y un promedio entre tratamientos de 104.56 cm de altura.

La prueba de Tukey al 5% para altura (Figura 9), muestra que existen 2 rangos, en el rango A se encuentra el tratamiento T2 (dosis de 10 g), con el mayor valor de altura que representa un valor de 112.25 cm. En el rango B, con el menor valor de altura de 97.08 cm de altura en el tratamiento T0 (testigo).

Figura 9

*Prueba de significancia Tukey al 5 % para la variable altura en el cultivo de tomate riñón (*Solanum lycopersicum*) variedad Etereí durante la evaluación del efecto de la adición del hidrogel*



Nota: T0= Testigo; T1= 5 g de hidrogel; T2= 10 g de hidrogel; T3= 15 g de hidrogel

En la presente investigación, el uso de hidrogel influyó en la altura de plantas, siendo 112.25 cm la mayor altura alcanzada con el tratamiento T2 (dosis de 10g). Demostrando así, que el uso de hidrogel influye positivamente sobre la altura de las plantas a los 60 días.

Los resultados alcanzados en esta investigación han sido significativos al igual que en la investigación realizada por Figueroa et al., (2020), quienes aplicaron 3 dosis de hidrogel en el cultivo de pimiento (1, 2 y 3 gramos/planta), se evaluó altura de planta a los 30, 60 y 90 días, no mostrando diferencias estadísticas en los primeros 30 días, pero sí a los 60 y 90 días similar a lo que ocurrió en este estudio ya que se presentó efecto significativo a los 60 días. De la misma manera De Araujo, (2019) pudo determinar que el hidrogel influye de manera positiva sobre la altura de las plantas al usar hidrogel como alternativa para el desenvolvimiento de leguminosas.

Mitsuo (2023) menciona que la presencia de hidrogel en el cultivo de tomate riñón Cherry proporcionó un efecto significativo para la variable de altura de plántulas, se observaron incrementos de la altura con forme aumentaban las concentraciones del polímero.

5.5. Rendimiento

Tabla 15

Prueba de normalidad Shapiro Wilk de la variable rendimiento

Variable	Promedio	W°	P valor
Rendimiento	939.04	0.93	0.40

La prueba de Shapiro Wilk muestra que el p-value es igual a 0.40, por lo tanto, si hay normalidad porque p-value es mayor al 0.05, se acepta la hipótesis nula.

Tabla 16

Prueba de homogeneidad de la variable rendimiento

Variable	Promedio	P valor
Rendimiento	939.04	0.87

La prueba de homogeneidad de varianzas es igual a 0.87, esto quiere decir que si existe homogeneidad en el grupo de datos porque el valor calculado es mayor a 0.05, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula.

Tabla 17

Análisis de varianza para rendimiento (g/planta) en la evaluación del efecto de la adición del hidrogel en el cultivo de Tomate riñón (Solanum lycopersicum)

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fo	Fo 0,05	Fo 0,01	
Total	11	76463.10	6951.19				
Tratamientos	3	68958.06	22986.02	24.50	4.07	7.59	*
Error experimental	8	7505.04	938.13				*
CV	3.26						

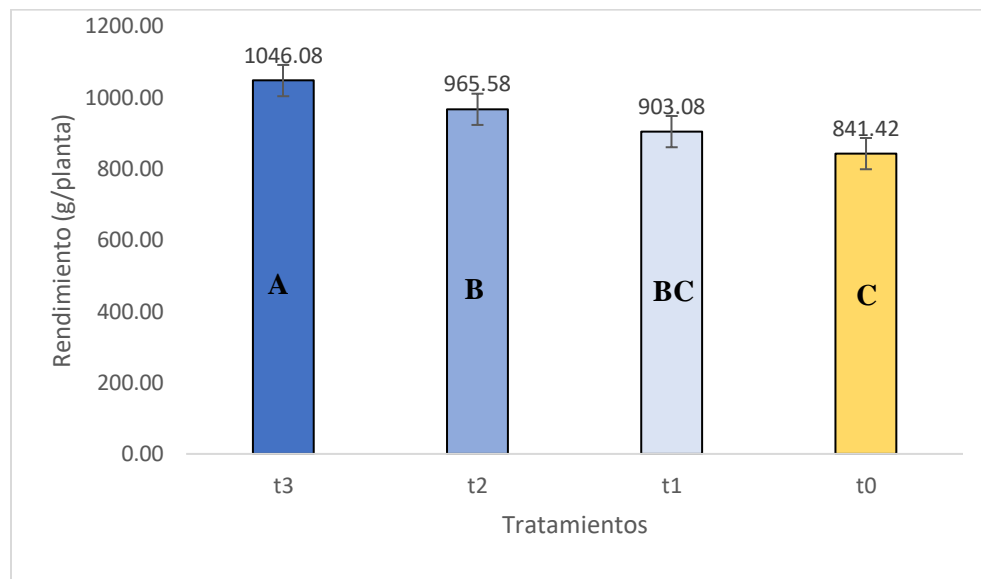
Nota: F.V: Fuentes de variación, G.L: Grados de libertad, S.C: Suma de cuadrado, C.M: Cuadrados medios, Fo: valor de F calculado, F 0.05: valor de F tabulado al 5% con un 95% de valor alfa de confiabilidad, *: Diferencias significativas, **: Diferencias altamente significativas, ns: No existen diferencias significativas.

Para la variable rendimiento, tras la realización del análisis ANOVA, se identificó que existen diferencias altamente significativas al 1% entre los tratamientos evaluados, esto indica existe un tratamiento diferente a los demás. Del mismo modo se evidencia un coeficiente de variación de 4.59% lo cual se analiza como un porcentaje reducido de variabilidad en los datos.

La prueba de Tukey al 1% para rendimiento (Figura 10), muestra que existen 3 rangos, en el rango A se encuentra el tratamiento T3 (dosis de 15 g), con el mayor valor de 1046.08g/planta. En el rango B, T1 (dosis 5g) y T2(dosis 10g), y en el rango C, con el menor valor de rendimiento de 841.42g/planta en el tratamiento T0 (testigo).

Figura 10

Prueba de significancia Tukey al 1 % para la variable rendimiento (g/planta) en el cultivo de tomate riñón (Solanum lycopersicum) variedad Etereí durante la evaluación del efecto de la adición del hidrogel



Nota: T0= Testigo; T1= 5 g de hidrogel; T2= 10 g de hidrogel; T3= 15 g de hidrogel

En la presente investigación, el uso de hidrogel influyó positivamente en el rendimiento del cultivo, siendo 1046.08g/planta, el mayor valor alcanzado con el tratamiento T3 (dosis de 15g). Demostrando así, que el uso de hidrogel generó un efecto favorable sobre el rendimiento del cultivo. Los datos obtenidos en esta investigación son significativos al igual que en los datos obtenidos por Idrobo et al., (2010) quienes obtuvieron los mejores rendimientos en el cultivo de rábano al usar un mayor porcentaje de hidrogel (40 g de hidrogel hidratado), frente a 20 y 30 g.

Del mismo modo Pedroza et al., (2015), evaluaron el efecto del hidrogel en la producción de maíz con dosis de 12.5 y 25 kg/ha de hidrogel, alcanzando un mayor rendimiento del grano cuando se aplicó 25 kg/ha siendo la dosis máxima evaluada frente al testigo.

Finalmente, en el estudio realizado por Varela, (2018), se evidenciaron diferencias entre las dosis aplicadas en el cultivo de brócoli híbrido Avenger, los rendimientos fueron mayores con las dosis altas de hidrogel, dejando en claro una vez más, la eficacia de este producto en el suministro de agua para las plantas, ya que la humedad es el principal factor limitante de la productividad de los cultivos.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES

- Se evaluó el efecto de la aplicación de diferentes dosis de hidrogel sobre el contenido de humedad y lámina de riego en el cultivo de Tomate riñón, obteniéndose diferencias altamente significativas en las semanas 1,2,3,4, y 5, en estas semanas el tratamiento T3 (dosis de 15 g) logró retener mayor humedad antes y después de la aplicación del riego.
- El hidrogel no fue tan efectivo en la etapa de desarrollo y maduración del fruto como en la fase inicial, llegando a necesitar de la aplicación del riego semana a semana como en los demás tratamientos, con la diferencia de que la aplicación del riego se realizaba una sola vez a la semana en los tratamientos con hidrogel y dos veces en semana en el testigo, evidenciando así la efectividad del hidrogel en cultivos bajo invernadero donde las plantas transpiran más por el incremento de temperatura.
- En cuanto a la lámina de riego aplicada, en todo el ciclo evaluado se pudo determinar que existió un ahorro de agua en las plantas con hidrogel a diferencia del testigo, ya que en las semanas 2, 4 y 8 no hubo la necesidad de aplicar el riego. Este ahorro de agua sería más relevante en un número de plantas significativo ya que en las plantas donde no se aplicó el riego fueron solo 36.
- En la evaluación del efecto de la aplicación de hidrogel sobre los días a la floración, altura y productividad del cultivo de tomate riñón, se evidenció que la aplicación de diferentes dosis de hidrogel promovió el acortamiento de la floración. Se encontraron diferencias altamente significativas ya que se obtuvo un valor de 26,33 días en el tratamiento T3 (15g de hidrogel) frente al tratamiento T0 (testigo) con un valor de 37.33 días, de esta manera se acortaron 11 días en relación a la floración.
- En cuanto a los resultados de la variable altura a los 60 días, se evidenció que la aplicación de diferentes dosis de hidrogel promueve en una mayor longitud de la planta, por lo tanto,

uno de los tratamientos fue diferente a los demás, encontrando diferencias significativas al 5%; ya que se obtuvo una altura de 112.25 cm en el tratamiento T2(10g de hidrogel), evidenciándose una diferencia de 15.17 cm frente al T0 (testigo) en el cual se obtuvo un promedio de altura de 97.08 cm.

- El efecto de la aplicación de hidrogel si influyó en la productividad del cultivo de tomate frente al testigo, se obtuvieron mayores rendimientos en el tratamiento T3 (dosis de 15g), evidenciándose que la humedad es un factor decisivo en la productividad del cultivo.
- Finalmente se concluye que el uso de hidrogel en el cultivo de Tomate riñón (*Solanum lycopersicum*), mediante la incorporación al suelo de tres diferentes dosis influyó positivamente en el contenido de humedad y en la productividad del cultivo.

CAPÍTULO VII

RECOMENDACIONES

- Se recomienda a los productores mantener un plan actualizado de manejo integrado de plagas y enfermedades que permita evitar daños y retrasos en el cultivo, ya que cuando los éstos son sometidos a estrés hídrico son susceptibles a plagas y enfermedades. Por otra parte, enfocarse y garantizar las condiciones necesarias para el desarrollo del cultivo entre los más importantes, las labores culturales, la humedad, temperatura y riego. Esto por cuanto ayuda a evitar inconvenientes en las fases de evaluación, ya que en el presente estudio se detectaron deficiencias de micro y macroelementos, esto debido a la poca humedad en el suelo que dificultó su absorción ya que las plantas tuvieron que ser sometidas a estrés hídrico.
- Para futuras investigaciones, se recomienda incorporar en el invernadero un sistema de nebulización para el control de humedad, enfriamiento de ambiente, control de temperatura para de esta manera ayudar a crear un microclima favorable para el desarrollo de los cultivos ya que se registraron temperaturas elevadas las cuales pudieron dificultar el florecimiento del cultivo ya que el tomate es muy sensible a las altas temperaturas provocando caída de flores y dificultando la polinización.
- Evaluar el contenido de humedad con sensores fijos, ya que al estar insertando y sacando constantemente los tensiómetros se deja un orificio muy grande en cada medición, además de que al estar colocándolos se estaría dañando las raíces que se encuentran esparcidas en todo el sustrato.

CAPÍTULO VIII

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agro activo, distribuidor E. (2020). *Ficha técnica hidrogel*. www.agroactivocol.com

Andrada, H., y Di Barbaro, G. (2018). Efecto de la aplicación de copolímeros sobre el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.). *Revista de Ciencias Agrícolas*, 35(2), 27–35.

<https://doi.org/10.22267/RCIA.183502.89>

Allende, M., Salinas, L., Rodríguez, F., Olivares, N., Riquelme, J., y Antúnez, A. (2017). *Manual de cultivo del tomate bajo invernadero*. INIA.

<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/6708/Bolet%C3%ADn%20INIA%20N%C2%B0%20377?sequence=1&isAllowed=y>

Álvarez, T., Bravo, E., y Armendaris, E. (2014). Soberanía alimentaria y Acceso a semillas Hortícolas en el Ecuador. *La Granja: Revista de Ciencias de La Vida*, 20(2), 45–46.

<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5969804.pdf>

Asociación de Agrónomos Indígenas de Cañar (AAIC). (2003). *El cultivo de tomate riñón en invernadero (Lycopersicon esculentum)*. (M. Caguana, B. Quindi, y E. Robayo, Eds.; Abya Yala, Vol. 1). https://digitalrepository.unm.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1366&context=abya_yala

Ausay, E. (2015). *Respuesta de tomate riñón (Lycopersicum esculentum Mill) Cv Dominic bajo invernadero a dos relaciones nitrato/amonio mediante fertiriego por goteo. [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]*.

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4264/3/13T0808%20.pdf>

Ávila, E. (2015). *Manual: Tomate* (Gill Sans, Vol. 1).

<https://www.ccb.org.co/content/download/13926/file/Tomate.pdf>

- Barón, A., Barrera, I., Boada, L., y Rodríguez, G. (2007). Evaluación de hidrogeles para aplicaciones agroforestales. *Ingeniería e Investigación*, 27(3), 35–44.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56092007000300004&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Chandra, A., Jain, A., Oliva, C., Wang, Y., y Abbasi, N. A. (2023). Crecimiento y rendimiento de tomate en suelo enmendado con hidrogeles a base de papel de desecho. *Scientia Horticulturae*, 310, 111752. <https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2022.111752>
- Dávila, A. (2018). *Efectividad del gel hidrorretenedor en el cultivo de 5 especies de árboles nativos del bosque seco de la costa del Ecuador. [Tesis de grado, Universidad de Guayaquil]*.
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/33648/1/TEISIS%20-%20SR.%20ANDR%c3%89S%20D%c3%81VILA%20-%20IMPRIMIR%20Y%20GRABAR%20EN%20CD.pdf>
- De Araujo, W. (2019). Hidrogel como alternativa para desenvolvimiento de leguminosas no semiárido. [Tesis de grado, Universidad Federal Ceara centro de ciencias agrarias departamento de ciencias de suelo]. https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/44408/1/2019_tcc_wacrispim.pdf
- Duarte, R., Grijalva, R., Robles, F., López, A., & Núñez, F. (2019). Déficit de riego y aplicación de hidrogel en la productividad de olivo en regiones desérticas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(2), 393–404. <https://doi.org/10.29312/REMEXCA.V10I2.1751>
- FAO. (2006). *Evapotranspiración del cultivo Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. <https://www.fao.org/3/x0490s/x0490s.pdf>
- FAO. (2012). *El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura. La gestión de los sistemas en situación de riesgo*. Mundi-Prensa, Organización de las

Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).
<https://www.fao.org/3/i1688s/i1688s.pdf>

Fernández, Mt. R., Bonachela, S., Gallardo, M., y Granados, M. (2012). Uso del agua de riego en los cultivos en invernaderos. *Cuadernos de Estudios Agroalimentarios (CEA)*, 1(3), 115–138.

Figueroa, F., Andrade, J., Santana, J., y Menéndez, C. (2020). Evaluación de diferentes niveles de hidrogel en el cultivo de pimiento (*Capsicum annum L.*) para prolongar los periodos de riego. *Revista Científica SAPIENTIAE*, 3(6), 2600–6030.
<https://publicacionescd.ulead.edu.ec/index.php/sapientiae/article/view/51/118>

Flores, C. M., Madriz, I., Warnock de Parra, R., o Trujillo, A. (2005). Evaluación de altura de plantas y componentes del rendimiento de seis genotipos del género *Vigna* en dos localidades de Venezuela. *Revista de La Facultad de Agronomía*, 22(4), 354–368.
http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182005000400004&lng=es&nrm=iso&tlng=es

González, N., El-Halah, A., Contreras, J., y Rojas, B. (2018). Estudio de la capacidad de absorción en hidrogeles semi-interpenetrados de poliacrilamida/poli(hidroxibutirato-co-hidroxivalerato). *Revista Colombiana de Química*, 54(1), 3–12. [https://doi.org/10.1016/S0169-409X\(01\)00239-3](https://doi.org/10.1016/S0169-409X(01)00239-3)

Guerrero, N. (2001). *Evaluación de la producción comercial de tomate riñón bajo invernadero. [Tesis de Postgrado, Universidad Andina Simón Bolívar Sede Ecuador]*.
<https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/2736/1/T0148-MBA-Guerrero-Evaluaci%C3%B3n.pdf>

- Hafiz, K., Hasan, N., Rafii, M., y Sidik, N. (2023). El impacto del crecimiento de los cultivos de *Capsicum annum* en medios incorporados en hidrogel. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1, 1155. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1155/1/012031>
- Hidalgo, Franklin. (2019). *Determinación de los requerimientos hídricos óptimos del tomate (Solanum lycopersicum L.) mediante el cálculo de la Evapotranspiración y Kc, en la zona de Mocache” [Tesis de grado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo].* <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3687/1/T-UTEQ-0178.pdf>
- Idrobo, H., Rodríguez, A., y Díaz, J. (2010). Comportamiento del hidrogel en suelos arenosos. *Redalyc*, 1(9), 33–37. <https://www.redalyc.org/pdf/2311/231116434004.pdf>
- Intagri. (2018). *El Cultivo de Tomate*. <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/el-cultivo-de-tomate>
- López, L. (2016). *MANUAL TÉCNICO DEL CULTIVO DE TOMATE Solanum lycopersicum* (A. Bolaños, C. Cordero, J. Mora, L. Ramírez, M. Mesén, y N. Bonilla, Eds.; Ramírez, Laura, INTA). <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10921.pdf>
- Mitsuo, F. (2023). Aplicación de hidrogel como acondicionador en el cultivo ecológico de tomate cherry. *Revista Brasileña de Desarrollo*, 9(7), 2525–8761. <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/61323/44212>
- Montesano, F., Parente, A., Santamaria, P., Sannino, A., y Serio, F. (2015). Biodegradable Superabsorbent Hydrogel Increases Water Retention Properties of Growing Media and Plant Growth-NC-ND license. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 4, 451–458. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2015.03.052>

- Ortega, A., Flores, L., Guevara, R., y Soto, G. (2020). El Hidrogel acrilato de potasio como sustrato en cultivo de pepino y jitomate. *Revista Mexicana Ciencias Agrícolas*, 11(6).
<https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/2222/3479>
- Pedroza, A., Yáñez, L., Sánchez, I., y Samaniego, J. (2015). Efecto del hidrogel y vermicomposta en la producción de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 38(4), 375–381.
<https://www.redalyc.org/pdf/610/61043041005.pdf>
- Ramos, R., Velázquez, K., de la Rosa, P., Valdés, A., & Segura, E. (2009). Atrapamiento de sustancias húmicas en hidrogeles de gelatina con aplicación en agricultura. *CienciAcierta*, 20(5), 1–56. <http://www.cienciacierta.uadec.mx/articulos/CCPDF/CC20.pdf>
- Rivera, J. (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. [Tesis de grado, Universidad Técnica del Norte]*.
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10465/2/03%20AGP%20264%20TRABAJO%20GRADO.pdf>
- Rodríguez, R., Rázuri, L., Swarowski, A., & Rosales, J. (2014). Efecto del riego deficitario y diferentes frecuencias en la producción del cultivo de pimentón. *Interciencia*, 39(8), 591–596.
<https://www.redalyc.org/pdf/339/33931820009.pdf>
- Rojas, B., Ramírez, M., Aguilera, R., Prin, J., y Torres, C. (2006). Los hidrogeles poliméricos como potenciales reservorios de agua y su aplicación en la germinación de semillas de tomate en diferentes tipos de suelos. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 7(3), 199–210.
<https://reviberpol.files.wordpress.com/2019/08/2006-gascue.pdf>

Roselló, J., y Porcuna, J. (2012). *Cultivo Ecológico del Tomate y del Pimiento* (SEAE, Vol. 1).
https://www.icia.es/icia/download/Agroecolog%C3%ADa/Material/Cultivo_ecologico.pdf

Sandoval, C., y Calispa, A. (2015). *Guía de buenas prácticas Agrícolas para tomate riñón*. (Primera edición). Agrocalidad. <https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2022/02/Gui%C3%A1-de-BPA-para-tomate-de-rin%C3%B3n.pdf>

Seminis. (2021). *Etereí*. https://www.vegetables.bayer.com/co/es-co/productos/tomate/details.html/tomato_eterei_ecuador_seminis_all_open_field_fresh_market_all.html

Sharma, P., Tiwari, A., Bisen, B., y Rai, H. (2023). Efecto del polímero superabsorbente y del acolchado sobre características morfo-fenológicas y de rendimiento del pepino (*Cucumis sativus* L.). *The Pharma Innovation Journal*, 12(2), 1828–1833. www.thepharmajournal.com

Taco, C., López, O., Vistín, G., y López, J. (2022). Lluvia sólida como estrategia de desarrollo sostenible en el Cantón Guaranda en Ecuador. *Scielo*, 27(1), 31–48.
<https://doi.org/10.32480/RSCP.2022.27.1.30>

Tornado Distribuidora y Comercializadora. (2012). *Usos de Hidrogel*.
http://hidrogelmex.com/usos_de_hidrogel.html

Varela, L. (2018). *Evaluación del efecto del poliacrilato de potasio sobre la productividad del cultivo de brócoli híbrido Avenger, en suelos del CADER. [Tesis de grado, Universidad Central del Ecuador]*. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/16937/1/T-UCE-0004-CAG-038.pdf>

Varela, A. (2018). *Estudio de la producción y Comercialización del tomate riñón (*Lycopersicum Esculentum*) en el Cantón Pimampiro, de la Provincia de Imbabura. [Tesis de grado, Universidad*

Técnica

del

Norte].

<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8810/1/03%20AGN%20046%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>

Villablanca, A., Cajías, E., y Allende, M. (2015). Uso e instalación de Tensiómetros. *INIA*.

<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/4575/NR40242.pdf?sequence=1>

ANEXOS

Anexo 1 Limpieza y desinfección del área experimental



Anexo 2 Hidratación y mezcla del hidrogel con el sustrato



Anexo 3 *Trasplante de plántulas de tomate riñón*



Anexo 4 *Medición de agua y riego*



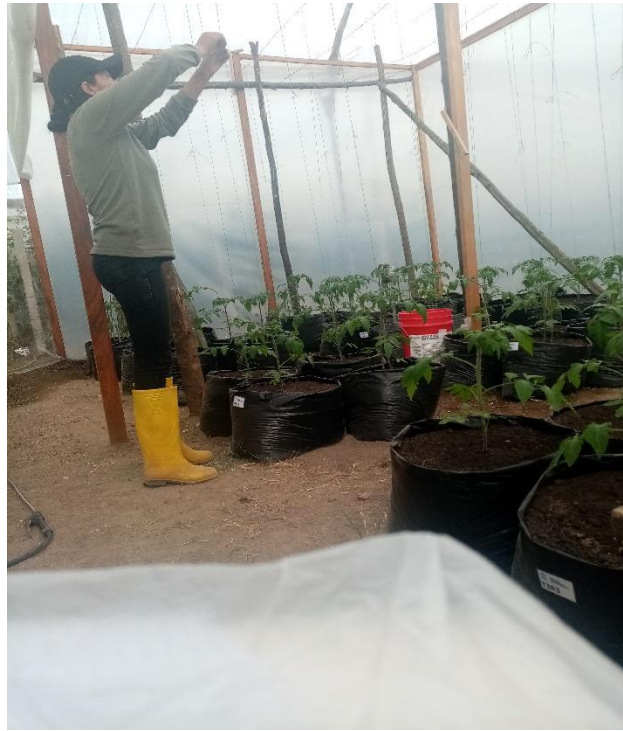
Anexo 5 Fertilización del tomate riñón



Anexo 6 Colocación de tensiómetros para evaluación de contenido de humedad



Anexo 7 *Tutoreo de plantas*



Anexo 8 *Floración de tomate riñón*



Anexo 9 *Desarrollo de los frutos*



Anexo 10 *Control fitosanitario de plagas y enfermedades*



Anexo 11 Toma de dato de la variable rendimiento gramos por planta

