



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA



TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente práctico del Examen de Grado de carácter
Complejivo, presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad,
como requisito previo para obtener el título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

TEMA:

“Efecto del hidrogel en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.)
en Ecuador”

AUTORA:

Jessica Shirley Macías Baldeón.

TUTOR:

Ing. Agr. Oscar Mora Castro, MBA.

Babahoyo - Los Ríos – Ecuador

2022

RESUMEN

La presente documentación detalla los efectos del hidrogel en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.) en Ecuador. El hidrogel libera el agua junto con los nutrientes disponibles, de manera sostenida, lo que ayuda a mantener el suelo húmedo, disminuyendo la pérdida de nutrientes y permite el desarrollo de la vida microbiana en la rizósfera. Además, promueve la absorción de nutrientes en las plantas. Las conclusiones determinan que el pimiento es una de las hortalizas de mayor importancia económica a nivel mundial y en Ecuador, se cultiva a pequeña, mediana y gran escala, como cultivo transitorio que ha favorecido al desarrollo agrícola del país; el hidrogel almacena alrededor de 103 ml de agua por cada gramo del producto en aproximadamente una hora como mínimo; la aplicación de entre 2 y 2,5 g/planta, con intervalos de 16 días en el cultivo de pimiento alcanzan los mayores rendimientos y aplicar hidrogeles reducen 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, permitiendo espaciar las frecuencias de riego, liberando el agua a medida que el suelo o sustrato se seca, permitiendo reducir el consumo de agua en la agricultura. Se recomienda utilizar hidrogel en el cultivo de pimiento para incrementar sus rendimientos y establecer que los agricultores realicen ensayos de campo con hidrogel en otros cultivos de ciclo corto.

Palabras Claves: Pimiento, Hidrogel, Agua, Retención.

SUMMARY

The present documentation details the effects of the hydrogel in the cultivation of pepper (*Capsicum annuum* L.) in Ecuador. The hydrogel releases the water together with the available nutrients, in a sustained manner, which helps keep the soil moist, reducing the loss of nutrients and allowing the development of the microbial flora in the rhizosphere. It also promotes the absorption of nutrients in plants. The conclusions determine that the pepper is one of the most economically important vegetables worldwide and in Ecuador, it is cultivated on a small, medium and large scale, as a transitory crop that has favored the agricultural development of the country; the hydrogel stores about 103 ml of water for each gram of the product in about an hour minimum; the application of between 2 and 2.5 g/plant, with intervals of 16 days in the pepper crop, achieve the highest yields and apply hydrogels reduce soil erosion, reduce the loss of nutrients and have the ability to release them gradually, allowing that the plants have a reserve of nutrients and water, allowing irrigation frequencies to be spaced, releasing the water as the soil or substrate dries, allowing water consumption in agriculture to be reduced. It is recommended to use hydrogel in pepper cultivation to increase their yields and establish that farmers carry out field trials with hydrogel in other short-cycle crops.

Keywords: Pepper, Hydrogel, Water, Retention.

CONTENIDO

RESUMEN	ii
SUMMARY	iii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	2
MARCO METODOLÓGICO	2
1.1. Definición del tema caso de estudio	2
1.2. Planteamiento del problema	2
1.3. Justificación	3
1.4. Objetivos	3
1.4.1. General	3
1.4.2. Específicos	3
1.4. Fundamentación teórica	4
1.4.1. Generalidades del pimiento	4
1.4.2. Características de los hidrogel	4
1.4.2. Beneficios del hidrogel	10
1.5. Hipótesis	16
1.6. Metodología de la investigación	17
CAPÍTULO II	18
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	18
2.1. Desarrollo del caso	18
2.2. Situaciones detectadas (hallazgo)	18
2.3. Soluciones planteadas	19
2.4. Conclusiones	19
2.5. Recomendaciones	19
Utilizar hidrogel en el cultivo de pimiento para incrementar sus rendimientos.	20
BIBLIOGRAFÍA	21

INTRODUCCIÓN

El pimiento (*Capsicum annuum* L.) es una de las hortalizas de mayor importancia económica, siendo una de las más consumidas a nivel mundial. En Ecuador, el pimiento, se cultiva a pequeña, mediana y gran escala, siendo un cultivo transitorio que ha favorecido al desarrollo agrícola del país. En el Ecuador se producen 5500 t en 1700 ha sembradas; sin embargo, actualmente existe una baja en la producción del cultivo, debido al ataque indiscriminado de plagas que afectan los rendimientos y la calidad del pimiento (Ruiz *et al.* 2021).

El cultivo de pimiento se encuentra dentro de los alimentos de mayor importancia a nivel mundial, aunque Ecuador no es uno de los principales productores, su consumo radica en los múltiples beneficios que ofrece esta hortaliza para consumo de la población, debido a que es benéfico para prevenir arteriosclerosis y reducir problemas hemorrágicos y cardiovasculares. Estos atributos provienen de la cantidad de vitamina C y antioxidantes en el pimiento. El olor y color del pimiento, que lo hacen atractivo en su consumo y es catalogado como un producto saludable y de alto interés comercial, lo cual demanda altos estándares de calidad a través de la selección de la cosecha (Martínez *et al.* 2018).

El hidrogel es un producto que cumple con los estándares de calidad ISO9001 y que poder utilizado en cultivos orgánicos por su efecto de insolubilidad en agua. La capacidad de este producto es absorber agua y proporcionarla lentamente a las raíces de las plantas mejora algunas características del suelo, tales como retención y disponibilidad del agua, aireación y disminución de compactación. Es utilizado en diversos sectores, como la agricultura, logrando reducir el consumo de agua hasta en un 50 % (Idrobo 2010).

Por lo expuesto se desarrolló la presente investigación, con la finalidad de recopilar información referente al efecto del hidrogel en el cultivo de pimiento (*C. annuum* L.) en Ecuador.

CAPÍTULO I

MARCO METODOLÓGICO

1.1. Definición del tema caso de estudio

El presente documento hace referencia sobre el efecto del hidrogel en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.) en Ecuador.

La aplicación del hidrogel, en la actualidad, está cobrando mucho interés en lo que respecta a la agricultura, debido a que mejora las condiciones de campo favoreciendo a la planta y al suelo, aumentando la retención de humedad y a su vez mejorando la estructura y aireación del mismo para el buen desarrollo de la planta.

1.2. Planteamiento del problema

El costo de la producción del pimiento para mercado o para la industria acusa enormes fluctuaciones de acuerdo a la tecnología aplicada. Uno de los problemas que afectan dichos cultivos es el uso de gran cantidad de agroquímicos que ayudan a la producción y además creando un desequilibrio del ecosistema (Pulgar 2017).

En zonas donde existe una temporada seca muy larga, y una estación lluviosa muy irregular, se convierte en un problema los cultivos de invierno sin posibilidades de riego, ya que muchas veces llegan a fracasar por las escasas lluvias, en la época de verano cultivos de regadío se hacen más costosos por los gastos que genera el riego y se suma a esto muchas veces la escasa disponibilidad de agua (Figueroa *et al.* 2020).

Por ello, cuando no se aplica hidrogel en los cultivos repercute en los rendimientos, debido a la falta de disponibilidad de agua para consumo de las plantas de pimiento.

1.3. Justificación

El cultivo de pimiento resulta rentable si se aplican técnicas apropiadas, de tal manera que pueda compensar las inversiones de los agricultores y generarle ganancias para su sustento; además de proporcionar elementos nutritivos necesarios para la alimentación humana y así mismo generar una gran cantidad de mano de obra, por ello el uso de productos que ayuden a mejorar los rendimientos (Alcívar 2017).

Entre las propiedades del producto hidrogel están relacionadas con la capacidad de retención del agua, la dosis de los nutrientes y el mejoramiento de la actividad biológica, los cuales contribuyen al óptimo desarrollo de las plantas, aún en tiempos de sequía (Idrobo 2010).

El hidrogel está considerado como retenedor de agua en cultivos hortícolas, logrando su incrementación de retención y de nutrientes en el suelo. Además, ayuda a reservar agua para que sea liberada según a necesidad de las plantas, permitiendo el desarrollo vegetal y la producción del cultivo.

1.4. Objetivos

1.4.1. General

Establecer el efecto del hidrogel en el cultivo de pimiento en el Ecuador.

1.4.2. Específicos

1. Identificar los efectos del hidrogel en el suelo en el cultivo de pimiento.
2. Determinar los beneficios del hidrogel en el cultivo de pimiento.

1.4. Fundamentación teórica

1.4.1. Generalidades del pimiento

El pimiento (*Capsicum annuum* L.) es una de las hortalizas de mayor importancia económica, siendo una de las más consumidas a nivel mundial. En Ecuador, el pimiento, se cultiva a pequeña, mediana y gran escala, siendo un cultivo transitorio que ha favorecido al desarrollo agrícola del país (Bravo 2019, citado por Ruiz *et al.* 2021).

Los vegetales se incorporaron a la dieta del hombre desde las primeras etapas de la evolución y representan una fuente muy importante de micronutrientes esenciales para la vida. Además, aportan sustancias que previenen algunas enfermedades cuya incidencia en el ámbito mundial ha ido en aumento (Alfonso y Martínez 2002, citado por Cabrera *et al.* 2011).

En nuestro país se producen 5500 t en 1700 ha sembradas; sin embargo, actualmente existe una baja en la producción del cultivo, debido al ataque indiscriminado de plagas que afectan los rendimientos y la calidad del pimiento (Reyez *et al.* 2017, citado por Ruiz *et al.* 2021).

1.4.2. Características del hidrogel

“El hidrogel está aprobado por ministerios de agricultura de Europa y Norteamérica que lo certifican para ser usado en cultivos orgánicos debido a su insolubilidad en agua” (Semillas de Agua 2008, citado por Idrobo *et al.* 2010).

El hidrogel es usado en la agricultura tanto por sus beneficios económicos como agronómicos, en hortalizas y en cultivos perennes. El hidrogel es un polímero hidrófilo, blando, elástico con capacidad de expandirse con el agua, aumentando su peso, pero sin perder su estructura, que en estado deshidratado son cristales (Ahmed 2015, citado por Rivera *et al.* 2021).

El hidrogel es un material alternativo de manejo práctico. Pero se sugiere probar un ajuste en la dosis usada en el sustrato y efectuar un riego suficiente para evitar estrés hídrico en las plántulas (Maldonado *et al.* 2011).

En la actualidad se conoce la total de aplicación, que son variadas en función del cultivo y sustrato a utilizar. Se recomienda utilizar 2% en suelos arenosos, con la aplicación de entre 2 y 2,5 g/planta en el cultivo de pimiento alcanzaron los mayores rendimientos. Aunque los estudios donde se muestra una alta influencia del hidrogel en los cultivos corresponden cuando hay altas cantidades de hidrogel (Rivera *et al.* 2021).

Mendonça *et al.* (2013) comenta que ante el uso del 70% del agua potable del planeta que consume la agricultura, se necesitan alternativas para reducir el consumo y optimizar el uso del agua durante el cultivo. Los hidrogeles son polímeros de retención de agua capaces de absorber grandes cantidades de agua y se utilizan como una alternativa viable para mejorar el almacenamiento de agua en áreas de escasez.

Cada vez se hace más intenso el cuidado por el agua dulce en el mundo, debido al calentamiento global, lo que ha permitido bajar el caudal de los ríos, efectuando investigaciones de cómo ser más eficiente en su uso en especial en la agricultura, ya que este sector es la que más consume agua, más aún si existe escasez, como es el caso de la zona centro norte de la provincia de Manabí. Donde se está utilizando como alternativa productos como los polímeros hidro retenedores que hacen eficiente el uso del agua (Rivera *et al.* 2018).

Lujan (2001) menciona que “El hidrogel mantiene su actividad durante más de 9 meses, aunque se presume que, protegido de la luz solar directa, su estabilidad puede ser de varios años”.

Al no verificarse las características del suelo se puede asumir que la retención de humedad está relacionada con la superficie específica y el contenido de arcilla. Este hecho puede provocar un mal uso del producto, que podría repercutir en el suelo e incluso en los cultivos. Se dan recomendaciones técnicas de uso, pero estas son muy generalizadas y no se pueden adaptar a todos los tipos de suelo (Ruiz *et al.* 2016, citado por Rivera *et al.* 2018).

Sus bondades le han permitido ser usado en áreas como la biomedicina y en la agricultura se ha utilizado como elemento para evitar el estrés hídrico en los cultivos ya que retener agua es sin duda su principal característica. Los primeros estudios en esta área datan en los años 70s en la germinación y crecimiento de semillas (Palacios 2016, citado por Rivera *et al.* 2021).

Se ha demostrado que la alimentación es el pilar fundamental para una agricultura sustentable, donde se desarrolla en suelo e hidroponía (cultivos sin suelo, en soluciones nutritivas, para el caso de hortalizas es en sustrato). Los sustratos han incrementado la productividad, con uso eficiente de agua y fertilizantes. Si la agricultura consume 70 % de agua y en gasto 30 % es fertilizantes, el objetivo es utilizar hidrogel de acrilato de potasio por su capacidad de disminuir la pérdida de fertilizantes como ser reserva de agua, permitiendo mantener la producción de hortalizas (Ortega *et al.* 2020).

Las acrilamidas es uno de los monómeros empleados específicamente para acortar los hidrogeles para aplicaciones hortícolas (Abd 2005, citado por Rivera *et al.* 2018) y su eficacia en una variedad de usos en la agricultura. En la explotación forestal al momento de la siembra, es muy útil usar polímeros sintéticos aplicados como auxiliar en el manejo de la plantación y para proteger las raíces, cuya principal característica es su alta capacidad de retención de agua (Johnson y Leah 1990; Nissen 1995, citado por Rivera *et al.* 2018).

El constante crecimiento de la sociedad actual genera una creciente demanda por alimentos y recursos naturales, que de acuerdo con Rittmann *et al.* (2011); Dabhi *et al.* (2013), citado por Ortega *et al.* (2020) deberán aumentar al doble para permitir este desarrollo. La agricultura, base de la alimentación, los recursos más demandados son agua, suelo y fertilizantes, en la actualidad se encuentran en escasez y con disminución considerable ejerciendo presión sobre la seguridad alimentaria.

Además, los mismos autores señalan que la hidroponía cambió el uso de suelo por sustrato con riego puntual para obtener mayor rendimiento y control del cultivo. Existe una gran cantidad de sustratos hidropónicos con los cuales se busca mantener e incrementar la producción. Una alternativa es el uso del hidrogel acrilato de potasio para usarse como sustrato en hidroponía (Ortega *et al.* 2020).

Rivera *et al.* (2018) expresa que “Las propiedades de los hidrogeles presentan algunas dificultades de usos agrícolas como horticultura. Uno de ellos es la fuerza que ejerce el suelo para poder absorber el agua de los geles, por otro lado, la cantidad de agua que pueden retener los geles”.

El hidrogel es un polímero súper absorbente de agua y otras disoluciones acuosas. Se ha propuesto su utilización desde hace 40 años para la agricultura por su capacidad de incrementar el agua disponible y su propiedad de absorción al incorporarse en suelo o sustrato (Montesano *et al.* 2015, citado por Ortega *et al.* 2020).

El hidrogel acumula alrededor de 103 ml de agua por cada gramo de producto. El tiempo necesario para que el hidrogel almacene el agua es de una hora como mínimo. Además, existe una relación directa entre el tipo de suelo principalmente por su textura y la facilidad que tiene el hidrogel hidratado en ceder agua al suelo (Rivera *et al.* 2018).

“Entre los diferentes tipos de hidrogel, los acrílicos pierden menos agua que los geles de almidón, pero los geles de almidón produjeron más biomasa que los geles acrílicos” (Lucero *et al*, 2010, citado por Figueroa *et al*. 2020).

Rivera *et al*. (2021) Expone que los suelos arenosos tienen una mayor facilidad para la infiltración del agua en comparación con los suelos pesados, de manera que se puede deducir que el agua contenida en la cápsula de hidrogel, cuando pasa al suelo, tiene un comportamiento similar al aplicar agua de riego, con la diferencia que las cantidades de agua contenidas en el hidrogel son pequeñas comparadas al riego tradicional.

Los hidrogeles se caracterizan por su capacidad hidrofihica e insolubilidad en agua, alta retención de agua, permeabilidad hacia una gran variedad de moléculas, incluyendo macromoléculas, y por su buena biocompatibilidad. La hidrofihidad se debe a la presencia de grupos solubles en agua tales como -OH, -COOH, -CONH-, -SOH, entre otros. La insolubilidad y la estabilidad de la forma del hidrogel se deben a la presencia de la red tridimensional. El alto contenido de agua en el hidrogel puede contribuir con su compatibilidad con los tejidos naturales (Klempner 1990, citado por Gonzalez 2007).

“La hidratación del hidrogel del suelo es menor al del porcentaje de la hidratación en agua, apenas llega al 42 % con respecto a la hidratación en agua. De manera que si se pretende colocar el hidrogel en el suelo sin previa hidratación se debe tener en cuenta su capacidad de hidratar al suelo y por ende a la planta” (Rivera *et al*. 2021).

“La mayoría de los hidrogeles comercializados para la agricultura provienen del tercer grupo (copolímeros del ácido acrílico y potasio), ya que han demostrado que permanecen activos durante mucho más tiempo. Son biodegradables y no tóxicos” (Romero 2022).

Los hidrogeles pueden clasificarse dependiendo de las características y propiedades. Con base a la naturaleza de los grupos laterales, son neutros o iónicos (aniónicos, catiónicos, anfóteros). Mecánicas y estructurales, en redes afines o redes fantasmas. Dependiendo del método de preparación, en red homopolimérica, copolimérica, o polimérica interpenetrada. (Hickey y Peppas 1995, citado por González 2007).

Rivera *et al.* (2021) añade que el porcentaje de hidratación responde independientemente del tipo de riego que se realice. La información referente a esta hidratación del hidrogel en el suelo no está definida en la literatura científica, aunque se recomienda ampliamente en los cultivos, principalmente en los forestales. El hecho que no se hidrate en igual proporción que la hidratación que sucede en agua libre indica que es posible que el suelo realice una resistencia, logrando que el hidrogel no se expanda normalmente y por ende no absorba el agua a plenitud.

Los hidrogeles son redes poliméricas que tienen propiedades de hidrofílicos reticulados tridimensionales. Son capaces de expandirse o encogerse de manera reversible en agua y retener grandes volúmenes de líquido en estado hinchado. Además, los hidrogeles pueden prepararse a partir de cualquiera de los polímeros sintéticos o polímeros naturales (Ahmed 2015, citado por Romero 2022).

En el caso de los cultivos masivos o extensivos, se debe aplicar el hidrogel antes de aplicar la semilla, a una profundidad de entre 7 cm a 12 cm, dependiendo el tipo de cultivo, y en caso de aplicar fertilizantes, se puede realizar en forma simultánea. El hidrogel tiene la propiedad de solubilizar los fertilizantes de tal forma que los hace asimilables para las plantas y los retiene por mayor tiempo en el suelo, evitando de esta manera la lixiviación del mismo (González 2007).

“Actualmente, los polímeros sintéticos han reemplazado a los hidrogeles de polímeros naturales debido a su pureza, alta capacidad de absorción,

estructura bien definida, funcionalidad bien definida, degradación y estabilidad en diferentes rangos de pH, temperatura, presión y enzimas” (Ullah *et al.* 2015, citado por Romero 2022).

Para mantener el hidrogel en condiciones adecuadas en el suelo, se recomienda que las siembras se realicen a través del sistema de siembra directa para no destruir la capa de gel y este pueda optimizar su vida útil (mínimo 3 años). La aplicación se puede realizar con cualquier tipo de sembradora y/o fertilizadora. En caso de cultivos de siembra manual se deberá dosificar adecuadamente su uso (González 2007).

“La capacidad de retención de agua depende de la textura del suelo, el tipo de hidrogel y el tamaño de partícula (polvo o gránulos), la salinidad de la solución del suelo y la presencia de iones” (Romero 2022).

1.4.2. Beneficios del hidrogel

La capacidad del hidrogel de absorber agua y proporcionarla lentamente a las raíces de las plantas mejora algunas características del suelo, tales como retención y disponibilidad del agua, aireación y disminución de compactación. Es utilizado en diversos sectores, como la agricultura y la arquitectura paisajista, logrando reducir el consumo de agua hasta en un 50 % (Plaza 2006, citado por Idrobo *et al.* 2010).

“Como nueva alternativa en el manejo de la plantación y para la protección de las raíces, se ha utilizado el producto hidrogel, cuya principal característica es su alta capacidad de retención de agua, la cual sería utilizable por las plantas” (Araya 1997; Nissen 1995, citado por Nissen y Ovando 1999).

El hidrogel se recomienda para cultivos extensivos tales como: soya, maíz, trigo, girasol, sorgo, fríjol y maní, por citar algunos; en el caso de las hortalizas como papa, pimiento, pepino, tomate, brócoli, etc. El uso del hidrogel es muy beneficioso, debido a que los árboles al tener la humedad

necesaria para su crecimiento, tienen un desarrollo más acelerado permitiendo de esta manera a la planta alcanzar su fase productiva en periodos más cortos de tiempo (Katime 2004, citado por González 2007).

Fonteno y Bilderback (1993), citado por Rivera *et al.* (2021) afirman que la efectividad del hidrogel está determinada por el tipo de suelo o sustrato, básicamente por su porosidad; el hidrogel modifica la dinámica hidráulica del suelo. De igual forma, frecuentemente se relaciona el hidrogel con el manejo del recurso hídrico en los cultivos, en lo referente al intervalo de riego en especial en el establecimiento de cultivos forestales.

“Algunas propiedades del hidrogel son relacionadas con la capacidad de retención del agua, la dosificación de los nutrientes y el mejoramiento de la actividad biológica, los cuales contribuyen al óptimo desarrollo de las plantas, aún en tiempos de sequía” (Martinez *et al.* 1997, citado por Idrobo *et al.* 2010).

Para Gonzalez (2007), el consumo de agua es reducido al aplicar hidrogel, los rendimientos son mayores y los costos de producción bajan considerablemente. Al realizar estas aplicaciones tenemos mayores oportunidades de producir en terrenos poco fértiles.

Según Stockhausen (1994), citado Nissen y Ovando (1999) el hidrogel puede ser aplicado directamente a las raíces, con el objetivo de protegerlas de la deshidratación durante su transporte y almacenamiento. Los hidrogeles que almacenan el agua envuelven las raíces y aseguran el aprovisionamiento de humedad inicial a la planta. Para utilizarlo como protector contra deshidratación radicular, se recomienda usar soluciones al 0,5% p/v (Tecpromin Ltda.1995, Nissen y Ovando 1999).

“Los riegos son menos frecuentes ya que los hidrogeles retienen el agua y las plantas la extraen en el momento más oportuno sin necesidad de aplicar mayor número de riegos” (González 2007).

La mayor cantidad de hidrogel en un suelo incrementa la eficiencia en la retención del agua de un suelo arenoso. El empleo de Hidrogel muestra una mejor dosificación del fertilizante dándole mayor tiempo de aprovechamiento a la planta para la captación de nutrientes. Es un complemento esencial para los suelos con niveles de drenaje naturales altos y pobres en nutrientes y tiene una capacidad alta para retener la humedad del suelo por lo que puede ser aprovechado para hacer un uso más eficiente del agua en el sector agrícola (Idrobo *et al.* 2010).

Gonzalez (2007) relata que “la fertilización es más eficiente al evitarse la lixiviación de los fertilizantes, ya que el hidrogel se encarga de retenerlos y además se encuentran disponibles para ser aprovechados por la planta”.

Al aplicar hidrogel sin hidratar en el suelo, éste no podrá hidratarse con la misma magnitud que en agua libre, debido a que el suelo ejerce presión y dificulta que la partícula de hidrogel se hidrate normalmente. En todos los suelos se logró una hidratación del 42% con respecto a la hidratación en agua libre. Es importante considerar que el conocer el comportamiento del hidrogel en el suelo optimizará su uso, por tanto, se deben considerar estudios sobre su estabilidad, rehidratación y duración en el suelo con cultivos en producción (Rivera *et al.* 2021).

Existe una forma de capturar la humedad que tanto se necesita cuando cesan las lluvias y la tierra comienza a secarse, con el desarrollo de la tecnología se ha creado un gel para retener o almacenar el agua en el suelo, factor que permite reducir la cantidad de agua, el hidrogel está elaborado por compuestos químicos: poliacrilamida (copolímeros de acrilamida y acrilato de potasio) en un 94.13% y humedad 5.87% los hidrogeles pueden absorber hasta un 100 % del equivalente de su peso de agua (Estrada *et al.* 2010, citado por Figueroa *et al.* 2020).

Para cualquier cultivo, lo primordial es la humedad disponible y el hidrogel presenta esta ventaja, por lo tanto, se va a tener un mayor rendimiento, los frutos son de mayor calidad al no presentar la planta ningún estrés;

por lo que los costos de producción bajan considerablemente al hacer estas aplicaciones (González 2007).

Resultados demuestran que la mezcla de sustrato, hidrogel y la interacción sustrato*hidrogel mostraron un efecto estadísticamente significativo ($p \leq 0.05$) para las variables altura, diámetro, peso seco de la parte aérea, peso seco de la raíz, relación parte aérea raíz indicando que algunas mezclas influyen positivamente sobre estas variables (Maldonado *et al.* 2011).

En otro ámbito, es usual utilizarlo en viveros donde es común el uso de arena como sustrato, o en lugares donde existe producción agrícola con un suelo de tipo arenoso. Idrobo *et al.* (2010), citado por Rivera *et al.* 2018, probaron la aplicación de hidrogel en suelo arenoso en el cultivo de rábano, señalando que la mayor cantidad de hidrogel en un suelo incrementa la eficiencia en la retención de la humedad.

Algunos estudios muestran que los hidrogeles reducen 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, de acuerdo con la función de los ciclos de absorción-liberación. Los hidrogeles tradicionales derivados de acrilato no son biodegradables, permite espaciar las frecuencias de riego, liberando el agua a medida que el suelo o sustrato se seca alrededor del polímero, permitiendo reducir el consumo de agua en la agricultura (Ortega *et al.* 2020).

Mendonça *et al.* (2013) explica que las dosis de hidrogel utilizadas aumentaron la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo y provocaron un aumento en la conductividad eléctrica del suelo. La dosis de 4 g por maceta se consideró la dosis técnicamente viable debido a su eficiencia en el almacenamiento de agua en el suelo y reducción en el costo de adquisición del producto.

Experiencias recientes permiten suponer que el hidrogel de hidróxido de aluminio también puede adsorber otros metales disueltos en el agua, como el cromo, el molibdeno y otros. El agregado del agente clorógeno cubre la necesidad de desinfección normal del agua, obteniéndose valores de cloro residual superiores a 0,5 ppm e inferiores a 1,0 ppm. No obstante, por el momento todavía no se han realizado controles microbiológicos de las muestras de aguas naturales tratadas (Luján 2001).

Estudios previos han demostrado que la cantidad de agua absorbida disminuye por las propiedades mecánicas del suelo (Songjoon 2010, citado por Rivera *et al.* 2018). Sin embargo, todos los polímeros hidroretenedores presentan su principal beneficio en absorber agua y luego cederla a las plantas lentamente (Plaza 2006, citado por Rivera *et al.* 2018).

Los resultados para hortalizas son de acuerdo con el tipo de semilla utilizado y la temporada de cultivo. El rendimiento obtenido resultó con valores superiores a lo descrito por Marcano *et al.* (2012) citado por Ortega *et al.* (2020) con pesos promedios elevados. Se puede afirmar que la aplicación de hidrogel en mezcla con sustrato disminuirá el uso de fertilizantes, mejorará las propiedades físicas de los sustratos, la disponibilidad de agua y el rendimiento (Ortega y Soto Zarazúa, 2017; Gholamhoseini *et al.* 2018, citado por Ortega *et al.* 2020).

Las dosis de hidrogel (4, 8 y 12 g/maceta con 8 kg de suelo) permiten analizar la eficiencia del producto en función de la disponibilidad de agua y del aumento de la conductividad eléctrica de la tierra. La dosificación de 4 g/maceta resultó viable porque frente a la recomendación del fabricante (8 g por hoyo, en condiciones de campo), presentó similar contenido de agua, menor conductividad eléctrica del suelo y menor costo de implantación. La dosis más alta (12 g/maceta) provocó la hinchazón del suelo, lo que provocó la pérdida de producto, suelo y posible estrangulamiento de las raíces (Mendonça *et al.* 2013)

Por otro lado, el comportamiento del hidrogel está ligado a las características físicas del suelo en especial la textura, lo cual muestra la dinámica del comportamiento del mismo. El hidrogel ha sido muy utilizado en suelos de baja retención de agua, también en áreas agrícolas de escasez de precipitaciones o sequías, en donde existen varios tipos de textura del suelo. Además, los experimentos realizados en su mayoría han sido en macetas y en mezclas de sustratos o suelo disturbado lo cual puede tener un comportamiento diferente al aplicarlo en el campo directamente (Rivera *et al.* 2021).

“Estudios demuestran que el volumen de agua aplicado a las plántulas de pimiento donde se utilizó hidrogel fue significativamente menor en relación con el testigo” (Cacao 2017, citado por Figueroa *et al.* 2020).

Respecto la variable diámetro de tallo sobresalieron los tratamientos de riego cada 16 días con 2 g de Hidrogel por planta y riego cada 12 días con 3 g de Hidrogel por planta con 14,23 y 14,05 cm, en su orden este parámetro es importante porque a mayor grosor de tallo la planta se mantiene más erecta (Figueroa *et al.* 2020).

Narjary, *et al.* (2012), citado por Gómez (2021). Reporta que el hidrogel es muy adecuado para la siembra de cultivos agrícolas en suelos arenosos, principalmente por las siguientes razones: La liberación de agua del suelo por unidad de succión en el rango de 10-100kPa (el rango de agua disponible para las plantas) fue casi 4 veces mayor en suelos tratados con hidrogel que en suelos no tratados y además es el tiempo que alcanzó el límite crítico de contenido de agua o punto de marchitez permanente (PMP) en el suelo, que fue de 22 días.

La mayor respuesta en el peso del fruto de pimiento se presentó en el riego cada 16 días con 2 gr de Hidrogel por planta, con 106 gr, donde entre mayor es el peso del fruto se obtiene mayores rendimientos por unidad de superficie. La mayor producción de número de frutos por planta lo obtuvieron el riego cada 16 días con 2 g de Hidrogel por planta y riego

cada 12 días con 2 g de Hidrogel por planta con 10,05 y 9,21 frutos, respectivamente. También vale indicar que a mayor número de frutos se incrementa el rendimiento (Figuroa *et al.* 2020).

La investigación de Figuroa *et al.* (2020), indican que en el rendimiento kg/ha se determinó altos resultados con riego cada 16 días con 2 g de Hidrogel por planta, riego cada 12 días con 2 g de Hidrogel por planta y riego cada 12 días con 1 g de Hidrogel por planta con 19845, 17960 y 17545 kg/ha, en su orden.

La influencia de la dosis de hidrogel en la eficiencia de riego y en el rendimiento del cultivo de pimiento. Se produjo como material experimental el mismo que se estableció un distanciamiento de 1,0 m entre hileras y 0,5 entre plantas. Se estudiaron cinco dosis: 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 y 2,5 g/planta, el mismo que fue previamente hidratado (Rivera *et al.* 2018).

Estudios de Rivera *et al.* (2018) evidenciaron que los tratamientos que se encontraron en un diseño de bloques completos al azar se midieron las variables relacionadas con el riego: consumo de agua, frecuencia de riego y eficiencia del uso del agua; además, la altura de planta, características del fruto y el rendimiento. Los resultados indican que la aplicación del hidrogel con una dosis entre 2 y 2,5 g/planta se obtiene una reducción de la lámina de aplicación de 388,6 mm a 197,6 y 196 mm respectivamente. La diferencia del testigo que alcanzó 5,1 kg m⁻³.

1.5. Hipótesis

Ho= No es importante el efecto del hidrogel en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.) en Ecuador.

Ha= Es importante el efecto del hidrogel en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.) en Ecuador.

1.6. Metodología de la investigación

El presente documento que corresponde al componente práctico de trabajo complejo para la modalidad de titulación, se elaboró mediante la recolección de información de bibliotecas virtuales, textos actualizados, revistas y artículos, ponencias, congresos y todo material bibliográfico de carácter científico que aporte al desarrollo de esta investigación documental.

La información recopilada fue sometida a procesos de análisis, síntesis y resumen donde se trató sobre el efecto del hidrogel en el cultivo de pimiento en el Ecuador.

CAPÍTULO II

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Desarrollo del caso

La presente documentación detalla los efectos del hidrogel en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.) en Ecuador.

El hidrogel libera el agua junto con los nutrientes disponibles, de manera sostenida, lo que ayuda a mantener el suelo húmedo, disminuyendo la pérdida de nutrientes y permite el desarrollo de la vida microbiana en la rizósfera. Además, promueve la absorción de nutrientes en las plantas.

2.2. Situaciones detectadas (hallazgo)

Entre las situaciones planteadas se detectaron:

Los hidrogeles son redes poliméricas que tienen propiedades de hidrofílicos reticulados tridimensionales, capaces de expandirse o encogerse de manera reversible en agua y retener grandes volúmenes de líquido en estado hinchado.

Debido que el 70% del agua potable del planeta lo consume la agricultura, se necesitan alternativas para reducir el consumo y optimizar el uso del agua durante el cultivo, por ellos es necesario el uso de hidrogeles que son polímeros de retención de agua capaces de absorber grandes cantidades y se utilizan como una alternativa para almacenar el agua en áreas de escasez.

El hidrogel es un producto utilizado en cultivos de hortalizas y perennes, tanto por sus beneficios económicos como agronómicos.

2.3. Soluciones planteadas

Las soluciones planteadas son:

Los agricultores deben utilizar hidrogeles para mejorar las condiciones de los cultivos e incrementar rendimientos.

La aplicación de hidrogel mejora la estructura del suelo, es importante porque permite aprovechar la materia orgánica disponible en el mismo.

Utilizar las dosis recomendadas por las casas comerciales, para que no causen efectos perjudiciales en los cultivos.

2.4. Conclusiones

Las conclusiones expuestas son:

El hidrogel proporciona un medio viable para la germinación y vigorosidad de las plántulas de pimiento, de hecho, la constante humedad proporcionada por el hidrogel permite plántulas más vigorosas en cuanto a la altura y desarrollo radicular óptimo.

El hidrogel almacena alrededor de 103 ml de agua por cada gramo del producto en aproximadamente una hora como mínimo.

La aplicación de entre 2 y 2,5 g/planta, con intervalos de 16 días en el cultivo de pimiento alcanzan los mayores rendimientos.

El consumo de agua es reducido al aplicar hidrogel, los rendimientos son mayores y los costos de producción bajan considerablemente. Al realizar estas aplicaciones tenemos mayores oportunidades de producir en terrenos poco fértiles. Los riegos son menos frecuentes ya que los hidrogeles retienen el agua y las plantas la extraen en el momento más oportuno sin necesidad de aplicar mayor número de riegos.

2.5. Recomendaciones

Utilizar hidrogel en el cultivo de pimiento para incrementar sus rendimientos y así ayudar a los agricultores de las zonas de nuestro país.

El efecto del hidrogel en la aplicación de la agricultura tiene diversos aspectos positivos como: ahorro de agua para el riego del cultivo, mejorando la rentabilidad y productividad de los cultivos además de beneficiar al agricultor.

Las hortalizas son los cultivos más demandados por sus múltiples usos, por lo que se cultivan unas 80 mil hectáreas al año. Estas juegan un papel muy importante en la dieta humana, principalmente debido a los minerales y vitaminas que requiere la dieta.

BIBLIOGRAFÍA

- Alcívar Moreira, R. O. 2017. Respuesta agronómica del cultivo de pimiento *Capsicum annum* L. a la aplicación de activadores fisiológicos y abonos de origen orgánico al suelo y follaje (Bachelor's thesis, Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil).
- Figueroa-Soliz, F. F., Andrade-Almeida, J. A., Santana-Sornoza, J. W., & Menéndez-Cevallos, C. Y. 2020. Evaluación de diferentes niveles de hidrogel en el cultivo de pimiento (*Capsicum annum* L.) para prolongar los periodos de riego. *Revista Científica Multidisciplinaria SAPIENTIAE*. ISSN: 2600-6030., 3(6), 52-64.
- Gómez Tunque, JS. 2021. Efecto de dos enmiendas retentivas de humedad con dos frecuencias en riego por goteo para el cultivo pimiento en invernadero. Tesis de grado. La molina, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina, 148 p.
- González, O. 2007. Hidrogeles mejoradores de cultivos agrícolas. Disponible en <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/404/1/Obdulia%20Gonzalez%20Hernandez.pdf>
- Idrobo, H. J., Rodríguez, A. M., & Ortiz, J. E. D. 2010. Comportamiento del hidrogel en suelos arenosos. *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente*, (9), 33-37.
- Luján, J. C. 2001. Un hidrogel de hidróxido de aluminio para eliminar el arsénico del agua. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 9, 302-305.
- Maldonado-Benítez, K. Reyna, Aldrete, Arnulfo, López-Upton, Javier, Vaquera-Huerta, Humberto, & Cetina-Alcalá, V. Manuel. 2011. Producción de *Pinus greggii* Engelm. En mezclas de sustrato con hidrogel y riego, en vivero. *Agrociencia*, 45(3), 389-398.
- Martínez-Zamora, R., Vega-Peña, G., Díaz-Ovalle, C. O., Altamirano-Romo, S., & Castillo-Borja, F. 2018. Efecto del corte y temperatura de secado en horno convectivo sobre el color del pimiento dulce (*Capsicum annum* L.). *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 7(4), 37-46.
- Mendonça, T. G., Urbano, V. R., Peres, J. G., & Souza, C. F. 2013. Hidrogel como alternativa no aumento da capacidade de armazenamento de água

- no solo. *Water Resources and Irrigation Management-WRIM*, 2(2), 87-92.
- Nissen, J., & Ovando, C. (1999). Efecto de un hidrogel humectado aplicado a las raíces de *Nothofagus obliqua* (MIRB.) OERST. Y *Nothofagus dombeyi* (MIRB.) OERST. durante su trasplante. *Agro sur*, 27(2), 48-58.
- Ortega-Torres, Adrián Esteban, Flores Tejeida, Laura Berenice, Guevara-González, Ramón Gerardo, Rico-García, Enrique, & Soto-Zarazúa, Genaro Martín. 2020. Hidrogel acrilato de potasio como sustrato en cultivo de pepino y jitomate. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(6), 1447-1455. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i6.2222>
- Pulgar Sampedro, S. P. 2017. *Evaluación de alternativas orgánicas como complemento de fertilización en la nutrición del cultivo de pimiento (Capsicum annun L.)* (Bachelor's thesis).
- Rivera Fernández, Rubén Darío, & Gallo, Freddy Mesías. 2018. Absorción de agua de hidrogel de uso agrícola y su humedecimiento de tres tipos de suelo. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 50(2), 15-21.
- Rivera Fernández, Rubén Darío, Mora Mueckay, Carlos, Moreira Salto, Juan Ramón, & Mendoza Intriago, Dídimo Alexander. 2021. Volumen de humedecimiento por la aplicación de hidrogel en suelos de diferentes texturas. La granja. *Revista de Ciencias de la Vida*, 33(1), 67-75. <https://doi.org/10.17163/lgr.n33.2021.06>
- Romero Elías, FN. 2022. Manejo del agua de riego en sustrato enarenado con enmienda retentiva de humedad en el cultivo de pimiento en invernadero. Tesis de grado. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina, 116 p.
- Ruiz, A. F., Prado, K. V., Bowen, L. S., & Soto, A. C. 2021. Identificación de la entomofauna presente en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuun L*) en el sector Lodana del cantón Santa Ana, Ecuador. *Manglar*, 18(4), 397-402.