

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS HORTÍCOLAS

EVALUACIÓN DE HIDROGEL EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE CHILE PIMIENTO
HÍBRIDO CACIQUE, BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO, TECULUTAN, ZACAPA

TESIS DE GRADO

JULIO ENRIQUE CACAO CABRERA
CARNET 23132-11

ZACAPA, OCTUBRE DE 2017
CAMPUS "SAN LUIS GONZAGA, S. J" DE ZACAPA

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS HORTÍCOLAS

EVALUACIÓN DE HIDROGEL EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE CHILE PIMIENTO
HÍBRIDO CACIQUE, BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO, TECULUTAN, ZACAPA

TESIS DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR

JULIO ENRIQUE CACAO CABRERA

PREVIO A CONFERÍRSELE

EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO EN CIENCIAS
HORTÍCOLAS

ZACAPA, OCTUBRE DE 2017
CAMPUS "SAN LUIS GONZAGA, S. J" DE ZACAPA

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR:	P. MARCO TULIO MARTINEZ SALAZAR, S. J.
VICERRECTORA ACADÉMICA:	DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN:	ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA:	P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO:	LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS
SECRETARIA GENERAL:	LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

DECANO:	DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS
VICEDECANA:	LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ
SECRETARIO:	MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA
DIRECTOR DE CARRERA:	MGTR. JOSÉ MANUEL BENAVENTE MEJÍA

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

MGTR. ÁNGEL OTTONIEL CORDÓN GARCÍA

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN

MGTR. EDGAR ROLANDO GUIROLA OSORIO

ING. EDGAR ANTONIO GARCÍA ZECEÑA

ING. JOSÉ ÁNGEL URZÚA DUARTE



Universidad
Rafael Landívar
Tradición Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
No. 06821-2017



Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante JULIO ENRIQUE CACAO CABRERA, Carnet 23132-11 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS HORTÍCOLAS, del Campus de Zacapa, que consta en el Acta No. 06139-2017 de fecha 30 de septiembre de 2017, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

EVALUACIÓN DE HIDROGEL EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE CHILE PIMIENTO HÍBRIDO CACIQUE, BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO, TECULUTAN, ZACAPA

Previo a conferírsele el título de INGENIERO AGRÓNOMO en el grado académico de LICENCIADO EN CIENCIAS HORTÍCOLAS.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 26 días del mes de octubre del año 2017.



LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ, VICEDECANA
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
Universidad Rafael Landívar

Guatemala, 26 de octubre de 2017.

Honorable Consejo de
La Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas
Presente.

Distinguidos Miembros del Consejo:

Por este medio hago contar que he procedido a revisar el Informe Final de Tesis del estudiante Julio Enrique Cacao Cabrera, que se identifica con carné 2313211, titulado: "EVALUACIÓN DE HIDROGEL EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE CHILE PIMIENTO HIBRIDO CACIQUE, BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO; TECULUTÁN, ZACAPA", el cual considero que cumple con los requisitos establecidos por la Facultad para ser aprobado, por lo que solicito sea revisado por la terna que designe el Honorable Consejo de la Facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente,



M.A. Angel Ottoniel Cordon Garcia
Colegiado No. 4506

AGRADECIMIENTOS

A: A mi Asesor Ing. Agr. Ángel Otoniel Cordón por su valiosa asesoría, revisión y correcciones de la presente investigación.

Al Ing. Agr. Gustavo Adolfo Portillo Ramírez por su contribución en la idea principal del punto de tesis a evaluar.

Al señor Arturo Cordón propietario de Pilonos Paraíso, y a Edy Cruz y Abraham personal de dicha empresa por su incondicional ayuda durante todo el tiempo de ejecución.

A Escuela de Agricultura de Nor-Oriente EANOR por proporcionarme sus tensiómetros.

DEDICATORIA

A:

Dios Por sus infinitas bendiciones en mi vida y en todo momento.

A mis Padres Por su incondicional apoyo durante toda mi formación.

A mi hermana Por siempre apoyarme y darme alientos en todo momento

ÌNDICE GENERAL

	Página
I. INTRODUCCION.....	1
II. MARCO TEORICO	2
2.1 CULTIVO DE CHILE PIMIENTO.....	2
2.1.1 Origen.....	2
2.1.2 Descripción Botánica	3
2.1.3 Requerimientos Edafoclimáticos.....	3
2.1.4 Temperatura	3
2.1.5 Humedad	4
2.1.6 Luminosidad	4
2.1.7 Suelo.....	4
2.1.8 Plagas y Enfermedades.....	5
2.1.9 Propagación de Plántulas	5
2.1.10 Producción de Pilonos en invernadero	5
2.1.11 Sustrato	6
2.1.12 Bandeja.....	6
2.1.13 Riego en los invernaderos	6
2.1.14 Riego por Rocío	6
2.1.15 Riego por Micro-aspersores.....	6
2.1.16 Riego con Difusores.....	6
2.2 HIDROGEL	7
2.2.1 Beneficios	8
2.2.2 Antecedente del comportamiento del Hidrogel en Suelos Arenosos	8

2.2.3 Influencia de Hidrogel (Poliacrilamida) y de la Resina Urea Formaldehído en Cultivos Cerrados de Frijol.....	8
2.2.4 Adición de hidrogeles al suelo para germinación y cultivo de lactuca sativa variedad <i>Green Forest</i> (Lechuga).....	9
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	10
3.1 Definición del problema y justificación del trabajo.....	11
IV. OBJETIVOS.....	12
4.1 Objetivo General.....	12
4.2 Objetivos Específicos.....	12
V. HIPOTESIS.....	13
5.1 Hipótesis alterna.....	13
VI. METODOLOGIA.....	14
6.1 Localización del trabajo.....	14
6.2 Material experimental.....	14
6.2.1 hidrogel.....	14
6.2.2 Chile pimiento.....	14
6.3 Factores a estudiar.....	14
6.4 Descripción de los tratamientos.....	15
6.5 Diseño experimental.....	16
6.6 Modelo estadístico.....	16
6.7 Unidad experimental.....	16
6.8 Croquis de campo.....	17
6.9 Manejo del experimento.....	18
6.9.1 Selección del área de trabajo.....	18
6.9.2 selección de la semilla.....	18
6.9.3 Selección del Sustrato.....	18

6.9.4 Selección de Bandeja	18
6.9.5 Selección de hidrogel.....	18
6.9.6 Mezcla sustrato-hidrogel.....	18
6.9.7 Llenado de bandejas con semillas y mezcla de sustrato-hidrogel.	18
6.9.8 Monitoreo de Riegos.....	18
6.10 Variables de respuesta	18
VII. BIBLIOGRAFIA.....	31
VII. NEXOS.....	33

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Contenido	Página
1	Clasificación botánica del pimiento	2
2	Plagas y Enfermedades del Pimiento	5
3	Descripción de los Tratamientos	7
4	Tabla de datos de promedios de germinación	20
5	Tabla de promedios de tallo	21
6	Andeva de altura de tallos	22
7	Andeva peso seco raíz	23
8	Costos / Ha. De chile bandeja 242 celdas	25
9	Costos / Ha. De chile bandeja 128 celdas	26
10	Costos / Ha. De chile bandeja 242celdas+gel	26
11	Costos 1/ Ha. De chile bandeja 128 celdas+geL	27

INDICE DE FIGURAS

Figura	Contenido	Pagina
1	Croquis de Campo	17
2	Gráfica del consumo de agua semanal de los tratamientos frente a los testigos	24
3	Gráfica de lixiviados de tratamientos y testigo	28

Resumen

El presente trabajo de investigación se realizó en el municipio de Teculutàn, departamento de Zacapa. El objetivo principal fué evaluar el efecto del hidrogel como suplemento del agua en la producción de plántulas de chile dulce (*Capsicum annum L.*) híbrido Cacique a nivel de invernadero en Zacapa. Se usó un diseño bifactorial completamente al azar con 4 repeticiones; la unidad experimental la constituyó una bandeja de 242 celdas y bandeja de 128 celdas con una capacidad de 25 cc la bandeja de 242 celdas y 40 cc la bandeja de 128 celdas. Las variables evaluadas fueron el porcentaje de germinación, la vigorosidad, el porcentaje de pegue en campo, el volumen de agua aplicado en el riego a las plántulas, el costo de uso hidrogel en riego de plántulas de chile dulce contra costo de riego convencional y la concentración de NPK en lixiviados de los diferentes tratamientos. Según los resultados el mejor tratamiento para la producción de plántulas de Pimiento fue las producidas en bandeja de 242 celdas con la menor dosis de hidrogel- sustrato propuesta (0.68 kg de hidrogel/1m³ de sustrato) en donde se obtuvieron plántulas con las mismas características producidas por medios convencionales y capaces de adaptarse completamente al campo definitivo y ahorrándose un 70% de agua. En el aspecto económico, la incorporación de hidrogel a la producción de plántulas de pimiento no es significativa pues no incrementa los costos unitarios de las plántulas, por lo que se recomienda el uso de Hidrogel en la producción de plántulas de chile dulce (*Capsicum annum L.*) híbrido Cacique a nivel de invernadero en Zacapa.

Summary

The present research work was carried out in the municipality of Teculutàn, department of Zacapa. The main objective was to evaluate the effect of the hydrogel as a water supplement in the production of seedlings of sweet pepper (*Capsicum annum* L.) hybrid Cacique at greenhouse level in Zacapa. A completely randomized bifactorial design with 4 repetitions was used; the experimental unit was a tray of 242 cells and tray of 128 cells with a capacity of 25 cc the tray of 242 cells and 40 cc the tray of 128 cells. The evaluated variables were the percentage of germination, the vigorousness, the percentage of sticking in the field, the volume of water applied in the irrigation to the seedlings, the cost of hydrogel use in irrigation of sweet pepper seedlings against the cost of conventional irrigation and the NPK concentration in leachates of the different treatments. According to the results, the best treatment for the production of pepper seedlings was produced in a tray of 242 cells with the lowest dose of hydrogel-substrate proposed (0.68 kg of hydrogel / 1m³ of substrate) in which seedlings with the same characteristics produced were obtained By conventional means and able to adapt completely to the final field and saving 70% of water. In the economic aspect, the incorporation of hydrogel to the production of pepper seedlings is not significant because it does not increase the unit costs of the seedlings, so that the use of hydrogel is recommended in the production of sweet pepper (*Capsicum annum* L.) hybrid Cacique seedlings at greenhouse level in Zacapa.

1. INTRODUCCIÓN

El agua tiene múltiples funciones en el crecimiento y desarrollo de las plántulas de chile pimiento que dependen para su desarrollo. Agronómicamente hablando; para sobrevivir, el pimiento necesita agua, así la escasez de la misma posiblemente es el problema más importante que enfrenta hoy día la producción de dicho cultivo en zonas áridas, por ello que el uso racional y eficiente del agua en riego de cultivos de chile pimiento es un factor que cada día toma mayor importancia.

La utilización de hidrogel en cultivos agrícolas se justificó por ser un producto que pudo proporcionar una alternativa al problema de la carencia y escases de agua para riego en la región árida de Guatemala y principalmente en la zona de Zacapa en donde la precipitación pluvial anual es tres veces menor al agua que se evapora debido a las altas temperaturas. Así mismo porque pudo representar una alternativa para que el acceso a la producción agrícola sea mayor y seguro en lugares cálidos o lugares con problemas de aguas de dudosa procedencia, las cuales por contaminación o desechos no son aptas para uso agrícola o consumo humano.

La mayoría de los fertilizantes nitrogenados generalmente se descomponen con mucha facilidad en contacto con el agua, pierden además una importante fracción de nitrógeno por volatilización y lixiviación lo cual representa un problema si la planta aún no está preparada para aprovechar dichos nutrientes, por lo que el verdadero aporte al suelo desciende y se debe incrementar la dosis y la frecuencia de aplicación. Por esta razón la búsqueda de polímeros que puedan retener y aportar gradualmente agua y nutrientes al suelo a medida que la planta los necesita, es de suma importancia, así como también el ahorro de un recurso imprescindible como el agua. El uso de Hidrogel ya ha sido evidenciado en otros países en donde se ha aplicado a cultivos como frutales, cucurbitáceas, solanáceas entre otros, en donde ha dado muy buenos resultados, incluso contribuyó a dar mejoras al suelo tales como: mejor drenaje, mayor aireación, humedad más homogénea, mejor aprovechamiento de fertilizantes foliares y por ende mejor producción final (Gutiérrez *et al.*, 2008).

2. MARCO TEÒRICO

2.1 CULTIVO DE CHILE PIMIENTO

2.1.1 Origen

Díaz Gutiérrez (2008, p.10) cita a INFOAGRO (2007) quien dice que el pimiento es originario de la zona de Bolivia y Perú, donde además de *Capsicum frutescens* L. se cultivaban al menos otras cuatro especies. Fue traído al Viejo Mundo por Colón en su primer viaje (1493). En el siglo XVI ya se había difundido su cultivo en España, desde donde se distribuyó al resto de Europa y del mundo con la colaboración de los portugueses.

Cuadro 1. Clasificación botánica del pimiento

Reino	Vegetal
Sub-reino	Embriobionta
División	trACHEOPHYTA
Sub-división	Magnoliopsida
Clase	Asteridae
Orden	Solanales
Familia	Solacaceae
Género	Capsicum annum L.
Especie	Frutescens

FUENTE: (FASAGUA, 2009)

2.1.2 Descripción botánica

El pimiento es un pequeño arbusto anual de 0.75 a 1.0 m de alto, perteneciente a la familia de las *Solanáceas*, que tiene un tallo frágil, erecto y verde, con ramas que se subdividen en dos partes, tiene las hojas grandes y de color verde intenso brillante, de forma oblonga (más largas que anchas), lanceolada o globosa. Sus flores son escasas de color blanco o blanco amarillentas. Su propagación se realiza por semillas. Su densidad de siembra es aproximadamente 30000 plantas por hectárea. El inicio de la cosecha se da entre los 90 y 115 días después de la siembra y se prolonga durante dos o tres meses. Se adaptan bien a los climas cálidos y no toleran las heladas. Es una planta de día corto y la temperatura para su mejor desarrollo está entre 21 y 26°C, se debe procurar no bajar de 16°C. Necesita de un precipitación de 1000 mm. Existen variedades que se diferencian por el destino de su producción y por su carácter dulce o picante (FAO, 2006).

2.1.3 Requerimientos edafoclimáticos

El manejo racional de los factores climáticos de forma conjunta es fundamental para el funcionamiento adecuado del cultivo, ya que todos se encuentran estrechamente relacionados y la actuación sobre uno de estos incide sobre el resto.

2.1.4 Temperatura

La coincidencia de bajas temperaturas durante el desarrollo del botón floral (entre 15 y 10°C) da lugar a la formación de flores con alguna de las siguientes anomalías: pétalos curvados y sin desarrollar, formación de múltiples ovarios que pueden evolucionar a frutos distribuidos alrededor del principal, acortamiento de estambres y de pistilo, engrosamiento de ovario y pistilo, fusión de anteras, etc. Las bajas temperaturas también inducen la formación de frutos de menor tamaño, que pueden presentar deformaciones, reducen la viabilidad del polen y favorecen la formación de frutos partenocárpicos. Las altas temperaturas provocan la caída de flores y frutos (FAO, 2006).

2.1.5 Humedad

La humedad relativa óptima oscila entre el 50% y el 70%. Humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades y dificultan la fecundación. La coincidencia de altas temperaturas y baja humedad relativa puede ocasionar la caída de flores y de frutos recién cuajados.

2.1.6 Luminosidad

Es una planta muy exigente en luminosidad, sobre todo en los primeros estados de desarrollo y durante la floración.

2.1.7 Suelo

Los suelos más adecuados para el cultivo del pimiento son los franco-arenosos, profundos, ricos, con un contenido en materia orgánica del 3-4% y principalmente bien drenados. Los valores de pH óptimos oscilan entre 6,5 y 7 aunque puede resistir ciertas condiciones de acidez (hasta un pH de 5,5); en suelos enarenados puede cultivarse con valores de pH próximos a 8. En cuanto al agua de riego el pH óptimo es de 5,5 a 7 (INFOAGRO, 2008).

2.1.8 Plagas y enfermedades

Plaga agrícola es una población de animales fitófagos (se alimentan de plantas) que disminuye la producción del cultivo, reduce el valor de la cosecha FAUSTO H CISNEROS (22 agosto de 2017) <https://hortintl.cals.ncsu.edu>

Cuadro 2. Resumen de las principales plagas y enfermedades que afectan el cultivo de chile pimiento (*Capsicum annuum L.*)

Plagas insectibles	Enfermedades
Ácaro blanco	Mildew polvoriento
Ácaro rojo	Otras manchas bacterianas
Trips	Mancha gris
Áfidos	<i>Phytophthora capsici</i>
Mosca blanca	Pudrición blanca
Picudo	Dampim Off
Larvas varias	Virus

Fuente: (Ing. Agr. Gustavo Portillo, entrevista personal)

2.1.9 Germinación de la semilla

Ernesto Casseres (1980, p.110) dice que la germinación de la semilla de chile ocurre mejor entre los 18 y 35 grados centígrados. Se recomienda tratarla con semesan al 30% a razón de 6 kg por cada 100 kg de semilla, o una cucharadita por kilogramo de semilla.

2.1.10 Producción de pilones en invernadero

“En términos generales puede decirse que un invernadero es un recinto delimitado por una estructura de madera o metal, recubierta por vidrio o cualquier material plástico de naturaleza transparente, en cuyo interior suelen cultivarse hortalizas y plantas ornamentales en épocas en que las condiciones climáticas de la geografía del recinto no serían suficientes al aire libre para conseguir un desarrollo y/o una floración y fructificación adecuados” (MAROTO, 2008, p. 141).

La producción de plantas en viveros permite prevenir y controlar los efectos de los depredadores y de enfermedades que dañan a las plántulas en su etapa de mayor vulnerabilidad .Los viveros III.

2.1.11 Sustrato

Picón (2011, p.25) cita a Calderón, (2006) quien dice que el término sustrato, que se aplica en agricultura, se refiere a todo material, natural o sintético, mineral u orgánico, de forma pura o mezclado, cuya función principal es servir como medio de crecimiento y desarrollo a las plantas, permitiendo su anclaje y soporte a través del sistema radical, favoreciendo el suministro de agua, nutrientes y oxígeno.

Un sustrato de cultivo es un medio material en el que se desarrollan las raíces de las plantas, limitado físicamente en su volumen, aislado del suelo para impedir el desarrollo de las raíces en el mismo y capaz de proporcionar a la planta el agua y los elementos nutritivos que demande, y a las raíces el oxígeno necesario para su respiración.

El sustrato cumple 2 funciones esenciales:

- Anclar y sostener las raíces protegiéndolas de la luz y permitiéndoles respirar.
- Contener el agua y los nutrientes que las plantas necesitan.

2.1.12 Bandeja

Las bandejas de semilleros permiten sembrar varias semillas y proporcionan un óptimo porcentaje de germinación gracias a su diseño y acabado. Los alveolos o celdas del semillero son de paredes lisas, lo cual hace más fácil extraer el cepellón y da como resultado raíces bien formada, AGRIPROTECTOR.

2.1.13 Riego en los invernaderos

Ernesto Casseres (1980, p.52) La producción intensiva y extensiva de hortalizas y especialmente la producción de semillas se establece de preferencia en zonas áridas, semiáridas, de poca lluvia o de estaciones secas marcadas, lo que hace que el riego sea un factor determinante del éxito. El rocío es un sistema de riego eficiente para las plántulas. Un tubo que tiene boquillas finas se coloca por encima de una fila de bandejas de plántulas o de plantas. Este sistema mantiene los esquejes de plantas húmedos y ayuda a controlar la humedad, ya que la fina

niebla tiende a evaporarse. El rocío también se enfría la temperatura interior del invernadero. Estos sistemas son ideales para las epífitas y las plantas tropicales.

Tienen un alcance de aproximadamente unos 2 metros, según la presión que tenga el tipo de boquilla utilizada. Existen los micro aspersores emergentes que son los que, al abrir el paso del agua salen desde el suelo, y cuando se cierra el paso de la misma bajan.

En el caso de los sistemas de riego en invernaderos con difusores los accesorios son similares a los aspersores y se utilizan para el riego se zonas más estrechas; por lo general la presión del agua va a depender del paso que se le de a la misma ya que este modelo tiene una especie de tornillo en el extremo de su boquilla que lo regula manualmente, volviéndolo muy eficiente (Gustavo Portillo, entrevista personal)

2.2 HIDROGEL

Los polímeros hidroabsorbentes se valoran por su gran capacidad de absorber y almacenar líquidos. Granulados y quebradizos cuando están secos, se hacen suaves y elásticos al absorberlos. Químicamente hablando, son una construcción de una larga cadena de uniones repetidas. La polimerización ocurre cuando dos pequeñas moléculas se combinan para formar grandes moléculas, cadenas de polímeros. En contacto con líquidos, los enlaces se debilitan permitiéndose la absorción y se establecen cuando las cadenas de polímeros se unen entre sí por medio de moléculas enlazantes para formar una red tridimensional (HORTICOM, 2003).

CIT (1997, pag.254) los describe como “súper administradores de agua con multitud de usos y beneficios. Se han usado primordialmente en jardines y campos de juego y también, aunque en menor frecuencia, en invernaderos, transporte de flores y plantas. A la fecha, su uso en la agricultura extensiva es insipiente.”

2.2.1 Beneficios

Entre los beneficios podemos mencionar que se reduce el riego de plantas en un 50% , reduce el Shock por trasplante también reduce el estrés por falta de agua disponible e incrementa la aireación del suelo.

(Chemical,1996).

2.2.2 Antecedente del comportamiento del hidrogel en suelos arenosos

Con el fin de verificar la eficacia de retención de agua del polímero absorbente (hidrogel) se llevó a cabo un experimento que mide el comportamiento de la humedad en una cultura de rábano (*Raphanus sativus L.*) cultivadas en arena tamiz n °50. El diseño experimental fue completamente al azar; hubo tres tratamientos y tres repeticiones con diferentes composiciones de polímero, T1 (23%), T2 (30,7%) y T3 (15,38%), con respecto a un peso constante de arena (130 ± 0,1 g). Tratamiento 2 mostró mejores rendimientos de los cultivos y las diferencias significativas ($p = 0,002$) para el mismo tratamiento, y señaló que la mayor cantidad de hidrogel en un suelo aumenta la eficiencia en la retención de la humedad del suelo de arena (Idrobo Rodríguez, 2010).

2.2.3 Influencia de Hidrogel (Poliacrilamida) y de la Resina Urea Formaldehido en Cultivos Cerrados de Frijol

La mayoría de los fertilizantes nitrogenados generalmente se descomponen con mucha facilidad en contacto con el agua, pierden además una importante fracción de nitrógeno por volatilización y lixiviación, por lo que el verdadero aporte al suelo descende, se debe incrementar la dosis y la frecuencia de aplicación. Por esta razón la búsqueda de fertilizantes que puedan aportar gradualmente nutrientes al suelo, a medida que la planta los necesita, es de suma importancia, así como también el ahorro de un recurso imprescindible como el agua.

Esta investigación trató sobre la influencia de un retenedor de agua (hidrogel-poliacrilamida) en la liberación lenta de un fertilizante nitrogenado de urea formaldehido (UF), en un cultivo de frijol variedad vainita. Se evaluaron dos tipos

de resina urea formaldehído, la primera tipo A, se sintetizó con una carga inicial de urea y la segunda tipo B, con carga inicial y final; la cantidad de hidrogel se mantuvo constante en cada uno de los ensayos. La resina Tipo A, alcanzó los mejores resultados en todas las variables evaluadas, y el ahorro de agua que se logra con el hidrogel es totalmente significativo. La Síntesis de la resina se realizó en el Laboratorio de Química y Suelos de la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales de la PUCE sede Ibarra, el cultivo de la especie se ejecutó en el invernadero de propagación de plantas de la misma Institución (MCM Aguas - REVISTA AXIOMA, 2011).

2.2.4 Adición de hidrogeles al suelo para germinación y cultivo de *Lactuca sativa* variedad *Green Forest* (Lechuga)

Se sintetizó un gel súper absorbente capaz de absorber setenta veces su volumen en agua. Se evaluó el gel en combinaciones con mezclas de turba y fibras naturales (cascarilla de arroz) en proporción variable, con el fin de determinar si éste puede reemplazar parcialmente los sustratos en los cuales germina y se cultiva la *Lactuca sativa* variedad *Green forest*. Se encontró que la retención de agua fue mayor en aquellos sustratos en los cuales se incorporó el gel en mayores concentraciones.

Durante la fase de semilleros no hubo diferencias significativas en área foliar ni en el número de semillas que germinaron entre los diferentes tratamientos. En la fase de campo no hubo diferencias estadísticamente significativas en el crecimiento de plántulas germinadas en gel en comparación con plantas germinadas en turba o mezclas de turba y cascarilla de arroz. Dado que el gel resultó ser más económico y retiene mucho mejor el agua que los sustratos tradicionales, recomendamos su uso como sustrato de germinación y cultivo para hortalizas (ESCOBAR ,2009).

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

CTI (1997, p.254) cita a FAO (1989) uno de los problemas más agudos que limitan las posibilidades de la producción agrícola en zonas áridas y semiáridas del mundo, es la escases de agua.

Actualmente en el departamento de Zacapa se cultiva chile dulce con la utilización de diferentes tipos de tecnologías agrícolas: a) Cultivo en casa malla o invernadero, donde se utiliza riego por goteo y fertiriego b) Cultivo a campo abierto, con riego por goteo y fertiriego y c) Se cultiva a campo abierto con riego por gravedad; el uso de cada tecnología depende de las posibilidades económicas, nivel tecnológico y objetivos de los productores.

Los productores de chile dulce del departamento de Zacapa, utilizan pilones para establecer las plantaciones, hasta el momento la demanda de agua obtenida a partir de fuentes naturales ha sido satisfecha con ciertas dificultades de escases sin embargo presenta un panorama difícil en relación con el incremento de la demanda del agua en un futuro próximo.

Otro aspecto es el incremento en las áreas de producción, tanto en campo abierto como en invernadero, por lo que los requerimientos de agua empiezan a ser mayores; como consecuencia, se ve reducida la disponibilidad de dicho recurso, lo que genera un incremento en su costo.

La irrigación de los pilones en invernadero requiere de sistemas de riego eficientes y en ocasiones complejos que garanticen la disponibilidad de agua en el momento preciso, tecnología a la que no todos tienen acceso debido a restricciones de tipo económico, así mismo debido a las altas temperaturas del departamento de Zacapa provoca que los cultivos tengan un alto requerimiento del recurso hídrico, a esto se le suma que las temperaturas dentro de un invernadero son aún más altas por ser un sistema cerrado. Algo que también se debe considerar es que la mayoría de dichos sistemas de riego funcionan con motores eléctricos o de gasolina lo que aumenta el costo de producción.

El uso de hidrogel en cultivos agrícolas se justificó por ser un producto que puede proporcionar una alternativa al problema de la carencia y escases de agua para riego en la región árida de Guatemala y principalmente en la zona de Zacapa en donde la precipitación pluvial anual es tres veces menor al agua que se evapora debido a las altas temperaturas (precipitación 470mm/año; evaporación 2400-2600 mm/año); lo que convierten al valle en el más árido y seco de Centro América. Así mismo porque de un buen almácigo depende todo el cultivo posterior, por lo que las aplicaciones tecnológicas y el conocimiento técnico en su elaboración son un requerimiento real.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto del hidrogel como suplemento del agua y nutrientes en la producción de plántulas de chile dulce (*Capsicum annum L.*) híbrido Cacique a nivel de invernadero en Zacapa.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar el efecto de tres dosis de hidrogel en dos tipos de bandeja sobre la germinación y vigorosidad de las plántulas de chile pimiento.

Determinar el efecto de tres dosis de hidrogel en dos tipos de bandeja sobre el porcentaje de pegue de plántulas de chile pimiento en campo definitivo.

Determinar el volumen de agua de riego utilizada en cada uno de los tratamientos.

Determinar el aporte de uso de hidrogel en la aplicación de nutrientes en plántulas de chile pimiento.

Evaluar la rentabilidad de usar hidrogel como suplemento del agua de riego en plántulas de chile pimiento a nivel invernadero en el departamento de Zacapa.

5. HIPÒTESIS

5.1 HIPÒTESIS ALTERNA

Existieron diferencias significativas en la reducción del uso de agua utilizando hidrogel como complemento del agua para riego en la frecuencia de aplicación de los mismos en el cultivo de chile pimiento (*Capsicum annuum L.*) a nivel invernadero en el departamento de Zacapa.

Existieron diferencias significativas en el efecto de las tres dosis de hidrogel en dos tipos de bandeja sobre la germinación y vigorosidad de las plántulas de pimiento.

Existieron diferencias significativas en el efecto de tres dosis de hidrogel en dos tipos de bandeja sobre el porcentaje de pegue de plántulas de chile pimiento en campo definitivo.

Existieron diferencias significativas en el aporte de uso de hidrogel en la aplicación de nutrientes en plántulas de chile pimiento.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 LOCALIZACIÓN DEL TRABAJO

El proyecto se llevó a cabo en la aldea cuatro caminos de Teculutàn, Zacapa en los invernaderos de Pilonos Paraíso km. 122 de la ruta al atlántico. A 216 MSNM, en las coordenadas 14°58'59"N 89°34'00"O, compuesto de suelos arcillosos (Pineda del Mont, 1869, p. 465).

Las instalaciones usadas contaron con una construcción de madera y plástico en su mayor porcentaje para lograr darle al cultivo las condiciones controladas que éste debía tener, ya que se aprovechaba al máximo la radiación solar a través del paso del plástico especial que estos tienen. Contó también en la parte superior de los invernaderos con ventanas que dan el paso de aire según así sea la temperatura del invernadero, también con paredes que automáticamente, subían o bajaban dependiendo la temperatura del invernadero, todo éste funcionamiento es sistematizado, la empresa cuenta con tres invernaderos los cuales están ubicados en diferentes puntos del área de la finca, los invernaderos son de tipo multitunel y tenían una orientación Este-Oeste, poseen una altura de 4 metros, con un área efectiva de 1108 metros cuadrados (MAROTO, 2008,).

6.2 MATERIAL EXPERIMENTAL

6.2.1 Hidrogel

(Soil Moist) es una poliacrilamida acrílica sintética con una base de sal de potasio. Es un polímero muy seguro y no tóxico usado en toda la aplicación de horticultura. Con una dosis de 1.19 kg por metro cúbico de sustrato (JRM Chemical, 1996).

6.2.2 Chile pimiento

Capsicum annuum L. es la especie más conocida, extendida y cultivada del género *Capsicum*, de la familia Solanácea. Se utilizará híbrido Cacique.

6.3 FACTORES A ESTUDIAR

Relación polímero- Sustrato tipo Peat Most

Bandeja de duroport tipo A de 242 celdas y tipo B de 128 celdas.

6.4 DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Se evaluaron tres distintas dosis de hidrogel Soil Moist por metro cúbico de sustrato; la primera dosis de 1.19 kg de hidrogel/ m³ de sustrato, esta dosis se distribuyó en los dos tipos de bandeja. La segunda dosis de 0.90 kg de hidrogel/ m³ de sustrato distribuidos en los dos tipos de bandeja y la tercera dosis de 0.68 kg de hidrogel/m³ de sustrato también aplicada a los dos tipos de bandeja. Y un testigo sin hidrogel mezclado y para el cual solo se utilizó la bandeja A (bandeja de 242 celdas) por ser la bandeja utilizada comúnmente para la producción de plántulas de pimiento. Cada tratamiento tendrá 4 repeticiones.

Cuadro 3. Descripción de los tratamientos.

Factor A	Factor B	Tratamiento
Dosis Hidrogel-Sustrato	Bandeja A y Bandeja B	
1.19 kg de hidrogel/1m³ de sustrato	Bandeja A	T1
1.19 kg de hidrogel/1m³ de sustrato	Bandeja B	T2
0.90 kg de hidrogel/1m³ de sustrato	Bandeja A	T3
0.90 kg de hidrogel/1m³ de sustrato	Bandeja B	T4
0.68 kg de hidrogel/1m³ de sustrato	Bandeja A	T5
0.68 kg de hidrogel/1m³ de sustrato	Bandeja B	T6
Sustrato sin hidrogel	Bandeja A	Testigo
Sustrato sin hidrogel	Bandeja B	Testigo

Fuente: elaboración propia.

6.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó el diseño Bifactorial completamente al azar, con cuatro repeticiones cada uno. El modelo estadístico fué el siguiente.

6.6 MODELO ESTADÍSTICO

El modelo estadístico fué de tipo lineal compuesto por el factor A y factor B previamente descritos:

$$Y_{(ij)} = \mu + t_i + \epsilon_j(i)$$

Donde

Y = es la variable de respuesta de interés, (cantidad de agua)

μ = promedio general de la población sobre la cual se está trabajando

t = es la variación que se atribuye a los niveles del factor que se está evaluando (efecto de los tratamientos).

ξ = es la variación de los factores no controlados (el error experimental)

i = i -ésimo tratamiento

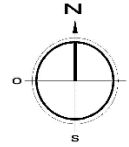
j = j ésima repetición de cada tratamientos

$j(i)$ = es la variación de las unidades experimentales anidado en los tratamientos.

6.7 UNIDAD EXPERIMENTAL

Las unidades experimentales estuvieron conformadas por una bandeja de 242 celdas, de 25 cm³ de volumen por celda, y por una bandeja de 128 celdas, de 40 cm³ de volumen por celda. La bandeja tipo A, en las cuatro repeticiones de tratamientos utilizó 2,904 plántulas y la bandeja tipo B en las cuatro repeticiones de tratamientos utilizó 1536 plántulas haciendo un total de 4,440 plántulas de pimiento, más 242 plántulas de la bandeja testigo la cual será bandeja tipo A, haciendo un total de 4,682 plántulas.

6.8 CROQUIS DE CAMPO



Trat. 1 Rep. #1	Trat.3 Rep. #1	Trat. 2 Rep. #1	Trat. 4 Rep. #1	Trat.6 Rep. #1	Trat. 5 Rep. #1
Trat. 3 Rep. #2	Trat. 4 Rep. #2	Trat. 1 Rep. #2	Trat. 2 Rep. #2	Trat. 5 Rep. #2	Trat. 6 Rep.#2
Trat.2 Rep. #3	Trat.1 Rep. #3	Trat. 4 Rep. #3	Trat. 3 Rep. #3	Trat. 5 Rep. #3	Trat. 6 Rep. #3
Trat. 4 Rep. #4	Trat. 2 Rep. #4	Trat. 3 Rep. #4	Trat. 1 Rep. #4	Trat. 6 Rep. #4	Trat. 5 Rep. #4

6.9 MANEJO DEL EXPERIMENTO

6.9.1 Selección del área de trabajo

El experimento se llevó a cabo en un invernadero de Pilonos Paraíso, ubicado en el municipio de Teculután, Zacapa. Dichas bandejas estuvieron debidamente identificadas y separadas del resto de bandejas (producción de Pilonos Paraíso) para una toma de datos más precisa en cuanto a la frecuencia de riegos necesitados por el experimento.

6.9.2 selección de la semilla

Se utilizó semilla certificada híbrido Cacique

6.9.3 Selección del sustrato

Se utilizó sustrato de tipo Peat Moss que es el que actualmente los productores de la región utilizan para producción de plántulas.

6.9.4 Selección de bandeja

Se utilizó bandeja de duroport de 242 celdas y bandeja de 128 celdas. Las bandejas previas a su uso fueron lavadas y desinfectadas con Vanodine y Akbar (a base de yodo) para garantizar un medio estéril.

6.9.5 Selección de hidrogel

Se utilizó hidrogel de tipo comercial Soilt Moist

6.9.6 Mezcla sustrato-hidrogel

Se procedió a realizar las distintas mezclas de hidrogel-sustrato antes mencionadas en la descripción de los tratamientos.

6.9.7 Llenado de bandejas con semillas y mezcla de sustrato-hidrogel.

Se llenaron las bandejas con las proporciones descritas en los tratamientos y en este punto se adicionaron las semillas de Chile Pimiento de la híbrido Cacique.

6.9.8 Monitoreo de riegos

Se hicieron monitoreos diarios de las bandejas de los doce tratamientos para observar las necesidades de agua que cada uno. Esta lectura de humedad en el cultivo se midió con un tensiómetro. La fertilización de las plántulas de los distintos tratamientos fue la misma que se usa durante el proceso convencional de producción de pilones de pimiento híbrido Cacique.

6.10 VARIABLES DE RESPUESTA

- Porcentaje de germinación.
- Vigorosisdad :
 - Diámetro Tallo
 - Altura de las plántulas.
 - Peso seco raíz
- Porcentaje de Pegue en campo.
- Volumen de agua aplicado en el riego a las plántulas.
- Costo de uso hidrogel en riego de plántulas de chile dulce contra costo de riego convencional.
- Concentración de NPK en lixiviados de los diferentes tratamientos.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 PORCENTAJE DE GERMINACIÓN

Para el porcentaje de germinación se realizó un conteo por cada bandeja de los distintos tratamientos y repeticiones 6 días después de haber incorporado las semillas en las bandejas los cuales se muestran en la siguiente tabla:

Cuadro 4. Tabla de datos de promedios de germinación de los distintos tratamientos.

Dosis Hidrogel (Bandeja A y B)	% Germinación
T1	99.4
T2	99.3
T3	99.5
T4	99.4
T5	99.6
T6	99.2
T7 (TESTIGO)	95.3

En el porcentaje de germinación no fue necesario realizar un Andeva pues fue de 99% de germinación lo cual nos indica que el medio que forma la mezcla entre sustrato- gel propicia un medio muy viable para la germinación de las semillas. En el conteo de la germinación de las diferentes unidades experimentales las bandejas con gel y que guardan mayor humedad que las bandejas testigo tenían menos celdas vacías, casi ninguna por lo que se asume que la mantención continua y por más tiempo en la celda de la bandeja permitió que la semilla pudiese tener una latencia menor.

La influencia del Hidrogel en la germinación de las semillas de pimiento tiene un efecto directo y positivo pues proporcionó un medio de humedad más estable y prolongado que las bandejas testigo facilitando así una buena germinación.

7.2 VIGOROSIDAD

7.2.1 Diámetro tallo (mm)

Para la variable del diámetro del Tallo en milímetros se usaron 10 plantas de cada bandeja los cuales se aprecian en la siguiente tabla:

Cuadro 5. Tabla de datos de promedios de diámetro de tallos de los distintos tratamientos.

Dosis Hidrogel	Ø Tallo
T1	3mm
T2	3mm
T3	3mm
T4	3mm
T5	3mm
T6	3mm
T7 (TESTIGO)	3mm

El diámetro del tallo fue homogéneo en las plántulas de todos los tratamientos por lo que no fue necesario realizar un Andeva, al igual que en el porcentaje de germinación las plántulas de Pimiento se desarrollaron muy bien en el medio proporcionado por la mezcla sustrato-hidrogel

7.2.2 Altura de las plántulas de chile dulce (cm)

Para la altura de las plántulas de pimiento en centímetros se tomaron 30 plantas de cada bandeja de cada uno de los distintos tratamientos y repeticiones, las cuales presentaban algunas diferencias en cuanto a la altura por lo que fue necesario hacer un análisis de Andeva el cual se presenta a continuación

Cuadro 6. Andeva de la altura de los tallos de los distintos tratamientos

Variable	N	R1	R1 AJ	CV
Altura Tallo	36	0,87	0,83	3,75

Cuadro 7 de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	150,22	8	18,78	22,29	<0,0001
Dosis de H	1,06	2	0,53	0,63	0,5421
Tipo de Bandeja	140,03	1	140,03	166,19	<0,0001
Bloques	9,14	5	1,83	2,17	0,0874
Error	22,75	27	0,84		
Total	172,97	35			

Los distintos tratamientos y el testigo dieron algunas variaciones en cuanto a la altura de las plántulas de pimiento , es por ello que se hizo un Análisis de Varianza de las mismas el cual dio como coeficiente de variación de 3,75 el que no es significativo En cuanto a la altura de las plántulas durante su producción se pudo apreciar bajo el criterio de los encargados del invernadero que las plántulas se observaban como ellos suelen llamarle “patudos” (tallos muy alargados) esto posiblemente al exceso de humedad proporcionada por el gel a diferencia de las bandejas testigos las cuales se les observo un crecimiento normal

7.2.3 Peso seco raíz (gr)

Para realizar los pesos de las raíces secas se tomaron 10 plantas de cada tratamiento las cuales fueron lavadas de las raíces para extraer el sustrato y gel de las mismas, posteriormente fueron identificadas y puestas a secar para luego ser enviadas al laboratorio de la Universidad Rafael Landívar, Campus de Zacapa

Cuadro 7. Andeva de Peso Seco de Raiz de los distintos tratamientos.

Variable	N	R1	R1 AJ	CV
PS Raiz	36	0,79	0,73	4,34

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo.	0,21	8	0,03	12,80	<0,0001
Dosis de H	0,13	2	0,07	32,34	<0,0001
Tipo de Bandeja	2,8E-06	1	2,8E-06	1,3E-03	0,9710
Bloques	0,8	5	0,02	7,54	0,0002
Error	0,6	27	2,1E-03		
Total	0,27	35			

Los pesos de las raíces secas de los distintos tratamientos tuvieron variaciones las cuales en el análisis estadístico muestra no ser significativo. Sin embargo las plántulas con dosis de Hidrogel presentaron cierta precocidad pues alcanzaron las características necesarias para ser llevadas al campo tres días antes de las bandejas sin gel. Se asume que la constante humedad de las bandejas fuè lo que provocó que dichas plántulas tuvieran un crecimiento mucho mayor

7.3 PORCENTAJE DE PEGUE EN CAMPO

El porcentaje de pegue en el campo fue del 100% lo cual refleja que producir plántulas de pimienta en un medio de interacción entre sustrato – hidrogel es viable pues se producen plantas que son capaces en su totalidad de adaptarse al campo definitivo o campo abierto. Las plántulas de pimienta pudieron verse beneficiadas del gel que llevaban en sus raíces lo que les permitió conservar por más tiempo la humedad del riego que se les aplica al momento de ser extraídas de las bandejas en donde a las mismas se les sumerge en agua para que no se vayan a romper cuando se extraen.

7.4 VOLUMEN DE AGUA APLICADO EN EL RIEGO A LAS PLANTAS DE CHILE DULCE EN LITROS

Para el cálculo del consumo de agua en litros de los distintos tratamientos se instalaron tensiómetros y se realizaban lecturas diarias dos veces por día, una en la mañana y una en horas de la tarde , los cuales fueron plasmados en una tabla resumen de consumo de agua semanal para luego graficarlos, según se aprecia en la siguiente gráfica.

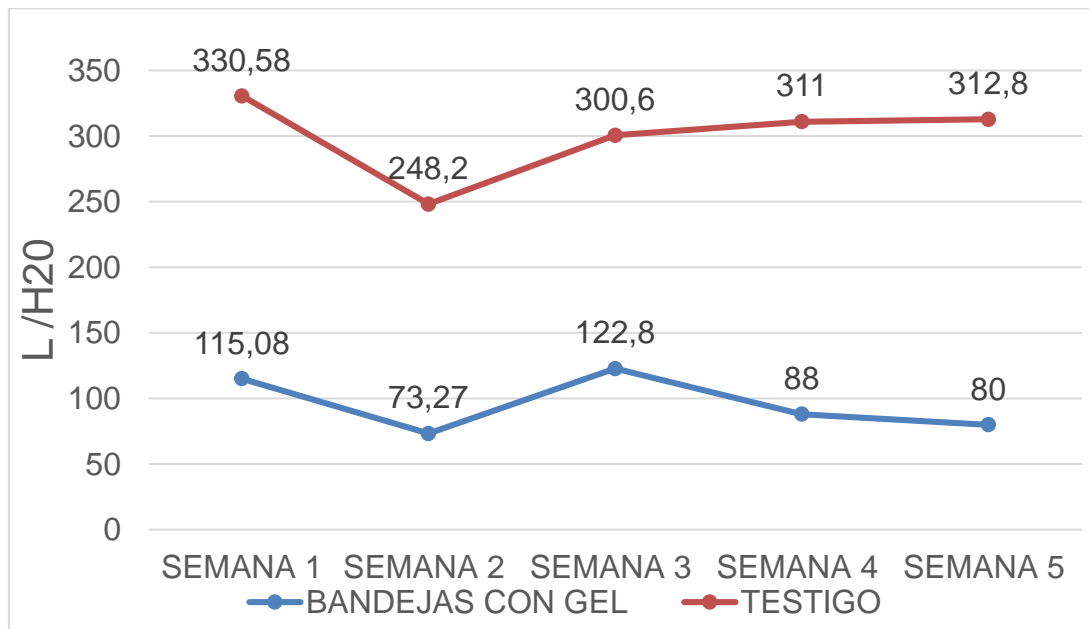


Figura 2. Consumo de agua semanal de los tratamientos frente al testigo.

El volumen de agua aplicado a las plántulas de Pimiento utilizando las diferentes combinaciones de sustrato-hidrogel es significativamente menor al de las bandejas testigo pues el Hidrogel es capaz de retener por más tiempo la humedad del riego para luego ponerlo a disposición de las plántulas de forma paulatina. Para la medición del consumo de agua se utilizaron tensiómetros proporcionados por EANOR (Escuela de Agricultura de Nor-Oriente)

7.5 COSTO DE USO HIDROGEL EN RIEGO DE PLÁNTULAS DE CHILE DULCE CONTRA COSTO DE RIEGO CONVENCIONAL

Cuadro 8. Costos para producir 1 Ha. de plántulas de pimiento con bandeja de 242 celdas

Actividades e Insumos	Unidad Medida	Costo Unitario	Cantidad	Total
Semilla de Pimiento Variedad Cacique	Bote	Q.1,300.00	1.5	Q.1,950.00
Sustrato (peat most)	Paca	Q.240.00	3	Q.720.00
Confidor	Bolsa 52 grs.	Q.108.00	1	Q.108.00
Riego y Fertirriego		Q.52.00	11	Q.572.00
Llenado de bandejas y postura de semilla en c/celda	Unidad	Q.3.00	106	Q.318.00
Depreciación de bandeja	Unidad	Q.5.00	106	Q.530.00
Depreciación de invernadero	Unidad	Q.500.00	1	Q.500.00
			Total Costo	Q.4,698.00
			c/plántula	Q.0.18

Cuadro 9. Costos para producir 1 Ha. De Plántulas de pimiento con bandejas de 128 celdas

Actividades e Insumos	Unidad Medida	Costo Unitario	Cantidad	Total
Semilla de Pimiento Variedad Cacique	Bote	Q.1,300.00	1.5	Q.1,950.00
Sustrato (peat most)	Paca	Q.240.00	6	Q.1,440.00
Confidor	Bolsa 52 grs.	Q.108.00	1	Q.108.00
Riego y Fertirriego		Q.52.00	11	Q.572.00
Llenado de bandejas y postura de semilla en c/celda	Unidad	Q.3.00	200	Q.600.00
Depreciación de bandeja	Unidad	Q.5.00	200	Q.1,000.00
Depreciación de invernadero	Unidad	Q.500.00	1	Q.500.00
			Total	Q.6,170.00
			Costo	Q.0.24
			c/plántula	

Cuadro 10. Costos para producir 1 Ha. de Plántulas de pimiento con bandeja de 242 celdas + Hidrogel

Actividades e Insumos	Unidad Medida	Costo Unitario	Cantidad	Total
Semilla de Pimiento Variedad Cacique	Bote	Q.1,300.00	1.5	Q.1,950.00
Sustrato (peat most)	Paca	Q.240.00	3	Q.720.00
Confidor	Bolsa 52 grs.	Q.108.00	1	Q.108.00
Riego y Fertirriego		Q.52.00	11	Q.572.00
Llenado de bandejas y postura de semilla en c/celda	Unidad	Q.3.00	106	Q.318.00
Depreciación de bandeja	Unidad	Q.5.00	106	Q.530.00
Depreciación de invernadero	Unidad	Q.425.00	1	Q.425.00
Hidrogel		Q.75.00	0.43	Q.32.25
			TOTAL	Q.4,655.25
			Costo	Q.0.18
			c/plántula	

Cuadro 11. Costos para producir 1 Ha. de Plántulas de pimiento con bandeja de 128 celdas+ Hidrogel

Actividades e Insumos	Unidad Medida	Costo Unitario	Cantidad	Total
Semilla de Pimiento Variedad Cacique	Bote	Q.1,300.00	1.5	Q.1,950.00
Sustrato (peat most)	Paca	Q.240.00	6	Q.1,440.00
Confidor	Bolsa 52 grs.	Q.108.00	1	Q.108.00
Riego y Fertirriego		Q.52.00	11	Q.572.00
Llenado de bandejas y postura de semilla en c/celda	Unidad	Q.3.00	200	Q.600.00
Depreciación de bandeja	Unidad	Q.5.00	200	Q.1,000.00
Depreciación de invernadero	Unidad	Q.425.00	1	Q.425.00
Hidrogel		Q.75.00	0.69	Q.51.75
			TOTAL	Q.6,146.75
			Costo	Q.0.23
			c/plántula	

Como pudimos observar en los anteriores cuadros los costos de agregar hidrogel a la producción de plántulas de pimiento no afecta la producción de plántulas pues el costo por unidad (plántula) se mantiene igual que el testigo y ve reflejado en un ahorro considerable de agua y tiempo en el invernadero.

7.6 CONCENTRACIÓN DE NPK EN LIXIVIADOS DE LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS

Para el análisis de los lixiviados de los distintos tratamientos, se colocó bajo las bandejas recipientes que permitieran la captura del agua de riego filtrada por las bandejas para luego ser identificadas y almacenadas a una menor temperatura, para luego llevarlas al laboratorio de la Universidad Rafael Landívar de Zacapa , y se usó la metodología estándar de métodos, los cuales se presentan en la siguiente tabla:

	Nitritos		Nitratos		Sulfatos		Dureza	
	Abs	mg/lit NO ₂ -	Abs	mg/lit NO ₃ -	Abs	mg/lit SO ₄ - 2	Abs	mg/lit CaCO ₃
Sin Gel	0.06	0.0089	0.126	0.685	1.42	94.6667	5	528.000
Con Gel	16	2.3774	0.339	1.842	4.3	286.6667	7.66	808.896

En cuanto a los lixiviados pudimos observar que los tratamientos con mezcla de sustrato-gel tuvieron una cantidad mayor, se asume que el gel fue capaz de retener también nutrientes por lo cual los excesos aplicados se lixivaban pero aun así permitió producir plántulas igual de vigorosas que las producidas normalmente, cuyas características se demuestran en un 100% de pegue en el campo.

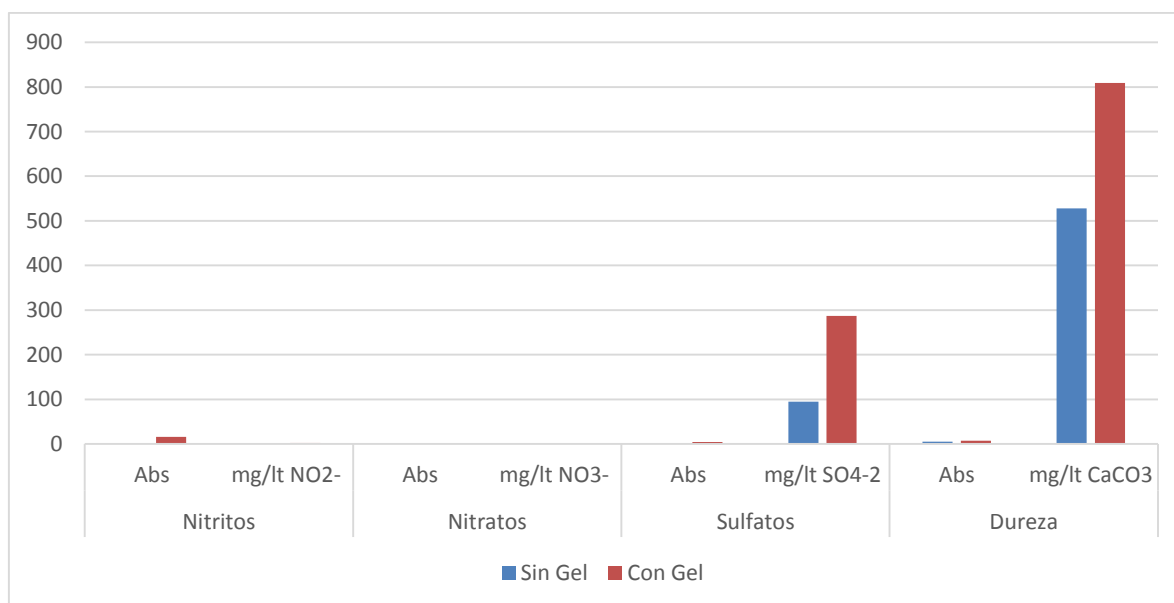


Figura 3. Gráfica de lixiviados de tratamientos y testigo

Como podemos observar en la gráfica anterior, los tratamientos en donde había hidrogel tenían mayor cantidad de lixiviados en cuanto a sulfatos y dureza, lo que nos hace suponer que en dichos tratamientos se aplicó fertilizante de más lo cual se traduce en un gasto extra.

8. CONCLUSIONES

El Hidrogel proporciona un medio viable para la germinación y vigorosidad de las plántulas de Chile Pimiento, de hecho la constante humedad proporcionada por el Hidrogel permite plántulas más vigorosas en cuanto a la altura, desarrollo radicular y permite que el tiempo de las plántulas en el invernadero sea más corto.

Con la interacción de hidrogel-sustrato también es posible producir plántulas de pimiento que se adaptan perfectamente en el campo definitivo, ya que permite producir plantas que presentan las características adecuadas que las producidas bajo condiciones normales.

El volumen de agua aplicado para producir plántulas de pimiento es significativamente menor al de las producidas bajo condiciones normales, pues se redujo en un 70% el consumo de agua, por lo que producir bajo el medio de sustrato- hidrogel permite un ahorro considerable de agua.

El hidrogel permite retener los nutrientes, y ponerlos a disposición de las plántulas por más tiempo, es por ello que el aporte del mismo a la producción de plántulas de chile pimiento bajo condiciones de invernadero es muy importante pues permite la reducción en la aplicación de nutrientes lo que a su vez se traduce en ahorro económico para el productor.

La adición de hidrogel a la producción de plántulas de Chile Pimiento no afecta los costos de producción del mismo, pues si bien es un insumo extra que se debe agregar a los que se utilizan normalmente, es absorbido por menor mano de obra y uso del invernadero pues las plántulas alcanzan en menor tiempo las características necesarias para ser llevadas al campo en menor tiempo que las producidas normalmente. Lo cual se demuestra en el análisis de costos.

9. RECOMENDACIONES

Se recomienda el uso de hidrogel en la producción de plántulas de chile pimiento *Capsicum Annum L.* en bandeja de 242 celdas con la menor dosis de hidrogel (0.68 Kg/ m^3) pues es viable producir plántulas con las mismas características y vigorosidad para adaptarse perfectamente en el campo definitivo.

Se recomienda el análisis y ajuste de los programas de fertilización al momento de usar hidrogel en la producción de plántulas.

La implementación de hidrogel en la producción bajo invernadero de plántulas de pimiento se recomienda pues sirve como un medio de ahorro de agua de un 70%, comparado a los medios convencionales de producción.

Se recomienda realizar investigaciones en otros cultivos de importancia en la región.

Evaluar a futuro dosis de hidrogel más bajas de 0.68 kg/ m^3 .

10. BIBLIOGRAFIA

Alcosorb Pearl (2006). (en línea) Obtenida el 01 de abr. de 2014, de http://www.nufarm.com/Assets/910/1/MSDS_AlcosorbPearl.pdf

Casseres, E. (1980). *Producción de Hortalizas*. San José, Costa Rica: Matilde de la Cruz M.

CTI, (1997). *Información Tecnológica*.(4ta. Ed.). La Serena, Chile :

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2006). PIMIENTO (*Capsicum annum*) (en línea). Obtenida el 08 de mar. de 2014, de http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/ae620s/pfrescos/PIMIENTO.HTM

HORTICOM (2003) ¿Qué son los polímeros hidro absorbentes agrícolas? (en línea). Obtenida el 18 de mar. de 2014, de <http://www.horticom.com/pd/imagenes/55/202/55202.pdf>

INFOAGRO(Información Agrícola en línea) (2007) El cultivo del pimiento. (en línea) Guatemala. Obtenida el 18 de mar. de 2014, de <http://www.infoagro.com/hortalizas/pimiento.htm>

INFOJARDIN, (n.d.). Pimiento (*Capsicum Annum*)(en línea) . Obtenida el 18 de mar. de 2014, de <http://articulos.infojardin.com/huerto/Fichas/pimiento.htm>
José O. Valderrama.

JRM Chemical, (1996). Soil Moist, Cleveland, Ohio.

Maroto J. (2008). *Elementos de Horticultura General*. (3ra. Ed.). Madrid: Mundi
Prensa

<http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx>

Descargado el 16 de agosto de 2017 de

<https://www.agriprotector.com/es/semilleros-y-bandejas>

11. ANEXOS



Foto 1: hidratación del sustrato



Foto 2: mezclado para homogenizar agua con sustrato



Foto 3: llenado de bandejas con sustrato



Foto 4: remoción de sustrato excedente de la bandeja



Foto 5 y 6: ahoyado de celdas para incorporación de las semillas de pimiento



Foto 7: postura de semillas en las celdas



Foto 8,9 y 10 almacenamiento de las bandejas en un lugar fresco y seco durante el período de germinación y emergencia de la semilla de pimiento.



Foto 11: riego de plántulas



Foto12: revisión de plántulas.

	Nitritos		Nitratos		Sulfatos		Dureza	
	Abs	mg/lit NO ₂ -	Abs	mg/lit NO ₃ -	Abs	mg/lit SO ₄ -2	Abs	mg/lit CaCO ₃
Sin Gel	0,06	0,0089	0,126	0,685	1,42	94,6667	5	528,000
Con Gel	16	2,3774	0,339	1,842	4,3	286,6667	7,66	808,896

Cuadro de los resultados de lixiviados del laboratorio de la Universidad Rafael Landivar.

ALTURA DE LAS PLANTAS

TESTIGO	CON HIDROGEL	
24	24	20
25	23	27
24	24	23
25	21	22
25	21	25
25	21	25
25	21	25
25	20	27
25	20	28
26	25	22
26	25	25
24	21	22
25	25	25
24	22	26
26	22	25
25	22	27
24	25	22
25	21	26
26	22	23
25	25	23
24	22	25
26	22	23
25	25	28
24	23	

Tabla resumen en donde se tomaron las alturas de las plántulas de pimiento.

CONSUMO DE AGUA

SEMANA 1	Mi	J	V	S	D	L	Ma	TOTAL
BENDEJAS CON GEL	32.92	19.53	12.27	12	9.4	11.16	17.8*	115.08
TESTIGO	37.94	48	47	50.11	49	50.23	48.3	330.58

SEMANA 2	Mi	J	V	S	D	L	Ma	TOTAL
BENDEJAS CON GEL	0	19.53*	0	0	16.74	19*	18	73.27
TESTIGO	34.3	36	35.6	38	37.6	34.6	32.1	248.2

SEMANA 3	Mi	J	V	S	D	L	Ma	TOTAL
BENDEJAS CON GEL	20*	0	31*	19.5	14	22.3*	16	122.8
TESTIGO	47.3	24	48	49	47	41.3	44	300.6

SEMANA 4	Mi	J	V	S	D	L	Ma	TOTAL
BENDEJAS CON GEL	21*	15	16	0	6.5	21.2*	8.3	88
TESTIGO	43	42.4	49	48	39.3	42	47.3	311

SEMANA 5	Mi	J	V	S	D	L	Ma	TOTAL
BENDEJAS CON GEL	19.5*	0	21*	6.6	19.5	13.4	0	80
TESTIGO	41	39.3	46.4	42	48	46.7	49.4	312.8

Cuadro de toma de datos del consumo de agua (lts) de los distintos tratamientos y el testigo.