RELITEC´S
Revista Latinoamericana de Innovación, Tecnología, Ciencia y Sociedad

Artículo

Efecto de polímero retenedor de agua en la producción de lechuga italiana (*Lactuca sativa L.*)

Rebeca Guadalupe Ortiz Mena[1], Daniel Napoleón Gómez Balbuena [2]*, Alondra Ramírez Callejas [3] y Francisco Javier Michel Castro [4]

[1, 3, 4] Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Huichapan. División de Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable.
[2] Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Huichapan. División de Ingeniería Industrial.
* Correspondencia: dngomez@iteshu.edu.mx

Resumen: La búsqueda de alternativas que permitan optimizar el recurso hídrico en las prácticas agrícolas, es un reto que enfrentan productores de todo el mundo. Los polímeros retenedores de agua han representado una opción viable para dar un aporte sustentable al sector agrícola. Esta investigación presenta el efecto de la incorporación de esta sustancia en la producción de lechuga italiana (*Lactuca sativa L.*), para evaluar su efecto en el desarrollo de la planta y el consumo de agua. Para este propósito, se implementó un diseño experimental con 3 tratamientos en campo abierto, evaluando las variables: altura, diámetro, número de hojas, peso fresco y seco de la planta; así como el consumo de agua. A un nivel de significancia de 5%, el experimento mostró a la semana 6 diferencias significativas para el diámetro de la planta, registrando un intervalo de confianza de (25.479, 26.99) cm por efecto del empleo del polímero.

Keywords: *Agricultura sustentable, eficiencia hídrica, buenas prácticas agrícolas.*

1. Introducción

El crecimiento poblacional y las actividades humanas han tornado un severo cambio en las condiciones climáticas, siendo de los principales impactos la escasez de agua, afectando con ello la producción y disponibilidad de alimentos. Con tal escenario, el sector agrícola implementa continuamente estrategias encaminadas a cambiar la forma de hacer agricultura, es decir, pasar de una agricultura convencional "la que genera gases contaminantes y, con frecuencia, pocos rendimientos" a una agricultura sustentable, eficiente y climáticamente inteligente. Precisamente, esta transformación del sector agrícola es una de las metas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU (duplicar la productividad agrícola y aplicar prácticas agrícolas sustentables) [1].

Cualquier estrategia implementada implica garantizar con ella la seguridad alimentaria mundial y al mismo tiempo promover ecosistemas saludables y apoyar la gestión sostenible de la tierra, el agua y los recursos naturales, para satisfacer las necesidades de las generaciones presentes y futuras de sus productos y servicios, garantizando al mismo tiempo la rentabilidad, la salud del medio ambiente y la equidad social y económica, por lo que es imprescindible mejorar la protección ambiental, la resiliencia de los sistemas, y la eficiencia en el uso de los recursos [2].

El agua, como recurso natural, es un elemento fundamental en la sostenibilidad y reproducción de la vida en nuestro planeta. Su papel en los procesos biológicos es de vital importancia, y su escasez y contaminación plantean amenazas considerables tanto para la

Citar este trabajo: Ortiz Mena, R.G.; Gómez Balbuena, D.N.; Michel Castro, F.J.; Ramírez Callejas, A. *Efecto de la incorporación de un polímero retenedor de agua en la producción de lechuga italiana* (Lactuca sativa L.). *RELITEC´S* **2024**, *7ma*, edición.

ISSN 2395-972X

https://relitecs.iteshu.edu.mx

Recibido: 18-10-2024
Aceptado: 12-11-2024
Publicado: 30-11-2024

salud humana como para los ecosistemas que sustentan la vida en la Tierra. La importancia del agua se refleja en su presencia en el 80% del cuerpo de la mayoría de los organismos y su participación es esencial en los procesos metabólicos y la fotosíntesis de las plantas [3].

Los polímeros retenedores de agua, nombrados también como lluvia sólida o hidrogel, representan para el sector agrícola una alternativa tecnológica accesible, que ayuda a mantener la humedad en el suelo y la disponibilidad de agua para las plantas, su potencia se resalta en zonas con escasa precipitación, que traen consigo un déficit de agua. Estudios realizados por [4] en pasturas de ryegrass perenne (Lolium Perenne), demuestran su efecto positivo como alternativa para conservación de pastos. Por su parte [5] en su estudio, asegura que la capacidad de absorción y retención de agua se ven favorecidas al ser soluciones acuosas. Sus conclusiones determinaron que este polímero ayuda a que la raíz almacene agua para luego transferirla lentamente a la planta, hasta alcanzar su grado máximo de hidratación o índice de hinchamiento, este tiene la capacidad de disolver solutos, es amigable con el medio ambiente, dura debajo de la tierra de 7 a 10 años, libera el agua de 30 a 60 días dependiendo de su textura. Las investigaciones de [6,7] permiten observar el efecto de diferentes dosis de polímeros para evaluar el rendimiento en cultivos de Rábano *(Raphanus sativus, L)* y Lechuga (*Lactuca sativa L.*) respectivamente, así como las tendencias en el consumo de agua. Ambos estudios reportan el impacto positivo en el empleo de esta sustancia. Expresa [8] en sus resultados que con la aplicación de poliacrilato de potasio al suelo-raíz en forma conjunta con riego por goteo se obtuvo la mayor rentabilidad de 10.789USD/ha, en comparación con el tratamiento con riego sin la aplicación de poliacrilato de potasio que obtuvo una ganancia de 6.296USD/ha, mientras que, en los tratamientos sin riego, el más rentable fue la aplicación de poliacrilato de potasio a la raíz, con una rentabilidad de 2.299USD/ha.

Dentro de los cultivos de mayor interés resalta el estudio agronómico en variedades de Lechuga, la cual es un cultivo hortícola que es producido, prácticamente, en todo el mundo, si no es al aire libre, está bajo invernadero, por lo que se puede decir que es un cultivo cosmopolita [9]. La lechuga mexicana tiene una presencia significativa en los mercados internacionales, con un 49% de la producción anual exportada a países como Estados Unidos, Canadá, Costa Rica, Belice, Cuba, Honduras, Guatemala, Kuwait y Japón. Este vegetal es conocido por su bajo contenido calórico y su riqueza en vitaminas, minerales y fibra, lo que lo convierte en un alimento importante para una alimentación equilibrada [10].

Viabilidad del uso de polímero retenedor de agua en la agricultura:

Las investigaciones de [11] muestran que, en los últimos años, el hidrogel se ha convertido en un producto indispensable en diferentes tipos de cultivos, ayudando a mantener el agua durante más tiempo en el suelo para aumentar el crecimiento de las plantas y mejorar la tolerancia a la sequía. Aunado a ello, señala también que el uso de esta tecnología, puede mejorar las propiedades físicas del suelo y al mismo tiempo aumentar la eficiencia en el uso del agua y los parámetros de desarrollo de las plantas en zonas secas y semiáridas. El reporte de {12] señala que el uso de lluvia sólida aumenta cinco veces la productividad de los cultivos de maíz, permitiendo a los agricultores ahorrar hasta 80% en costos, ya que usan menos agua, fertilizantes, energía eléctrica y mano de obra; con lo que se ha demostrado su viabilidad y por lo cual ya lo usan en Argentina, Ecuador, Emiratos Árabes Unidos, España, Francia, India, Israel, Perú y Rusia. Dentro de la República Mexicana, tiene un mayor auge en Jalisco, Michoacán, Veracruz y Zacatecas.

En este trabajo de investigación, se optó por estudiar el efecto en el desarrollo de lechuga, considerando que este cultivo está presente en 22 estados de la República Mexicana, donde se cultivan diversas variedades [13]; siendo el objetivo evaluar el efecto de

dos dosis de copolímero reticulado de ácido acrílico y acrilamida a base de potasio en el crecimiento y producción de lechuga italiana (*Lactuca sativa L.*).

2. Materiales y Métodos

Se estableció un diseño experimental por bloques al azar (DBA) [14], con tres tratamientos, el factor a analizar consistió en la dosis del polímero con tres niveles (0g (testigo), 30g (dosis comercial) y 300g (dosis propuesta)), cada tratamiento con 14, 13 y 14 réplicas, dando lugar a 41 unidades experimentales. Para cada tratamiento se preparó una cama de $1m^2$ a campo abierto, a cada cama se le colocó un plástico color negro con calibre 600 con perforaciones al fondo, esto se utilizó para evitar interacciones laterales entre camas. Posteriormente a cada cama se le agregó una base con la siguiente mezcla y dosis de sustratos [15]: 110kg de tierra arcillosa, 110kg de tierra arenosa, 80kg de lombricomposta y una de las tres dosis de hidrogel. Antes de realizar el trasplante de las plántulas, se colocó un acolchado natural [16] conociendo los beneficios que menciona [17]. Se marcaron los sitios para cavidades de 1 in de diámetro y con 25 cm de distancia entre cada una, agregando a cada marca 250 ml de agua con una probeta, posteriormente se realizaron las perforaciones con una estaca. Cada plántula recibió un tratamiento previo al trasplante: se preparó una solución de 1 litro al 0.01% de SM-BIOABONO LIQUIDO [18], en la cual se colocaron las raíces de las plántulas durante un lapso de 10 minutos. Se realizó el trasplante y se le aplicaron 70 litros de agua a cada bloque. Se colocaron tensiómetros marca IRROMETER a 23 cm de profundidad aproximadamente. Se realizó un riego de acuerdo a la humedad que necesitaron, en este caso cuando el tensiómetro marcó 40-50 cb. La nutrición, fertilización, control de plagas y enfermedades se controló de la siguiente forma: A los seis días después del trasplante, por la mañana, se aplicó con una mochila de aspersión, 1 litro de una mezcla a cada tratamiento, la preparación previa de dicha mezcla consistió de 10 litros de agua con 50g de poliorgan, 50ml de contracar, 12ml de humectante, 5g de mezcla 33 y 50ml de extracto de neem [19]. Del mismo modo, a los veinte días del trasplante se realizó a cada tratamiento la aplicación de una solución de un litro compuesta de: 0.5g de Beauveria bassiana, 7ml de extracto de neem, 5g de silicio orgánico, 5ml de optifert líquido, 5g de optifert en polvo y 1.2ml de adherente. El monitoreo de las variables agronómicas se realizó de forma semanal, las mediciones correspondientes a la altura y el diámetro con una cinta métrica. El número de hojas se contó al momento del trasplante y cuando fue cosechada. El peso se tomó antes de realizar el trasplante y cuando el cultivo fue cosechado. En cuanto a la revisión del pluviómetro casero, se registró un total de 62 mm de lluvia, lo equivalente a 62 litros de agua por metro cuadrado durante todo el ciclo del cultivo. Se escogieron 5 plantas de manera sistemática de cada tratamiento para su secado y así conocer el peso al final de su ciclo. Al momento de cosechar, se cortó cada plántula del tallo en el suelo, se pesó en una báscula gramera de marca STEREN, se deshojó y cada planta de lechuga se colocó dentro de una bolsa de papel estraza, para posteriormente llevarlas a un horno de secado marca LUZEREN® a 70ºC por 48 horas [20]. Cuando se sacaron las plantas, se pesaron con una báscula marca Highland™. El tratamiento estadístico de los datos se llevó a cabo en el software Microsoft Office Excel 2018 y Minitab 18 ®.

3. Resultados

La demanda de agua requerida por las unidades experimentales (*Lactuca sativa L.*) se registró en tensiómetros para las dosis del polímero del testigo (0g) y la dosis propuesta (300g). La figura 1 muestra que la dosis propuesta está cerca de llegar a 10cb mientras que el testigo está por llegar al doble (20cb). Cabe señalar que durante el desarrollo del experimento hubo varias precipitaciones pluviales, por lo que no fue necesario ningún riego.

Figura 1 Registro de la demanda de agua en tensiómetros

El último registro de los tensiómetros (con más de 10 días sin precipitaciones) mostró para el testigo 24cb mientras que el tensiómetro de la dosis propuesta tenía aproximadamente 15cb.

En la figura 2 se observa un resumen con 10 registros para la demanda de agua requerida, teniendo como límite 40cb, el cual indicaría la necesidad de riego. Destacando que el tensiómetro de la dosis propuesta tuvo un mejor impacto en cuanto a humedad, ya que alcanzó una cuarta parte del límite mientras que el testigo llegó a la mitad.

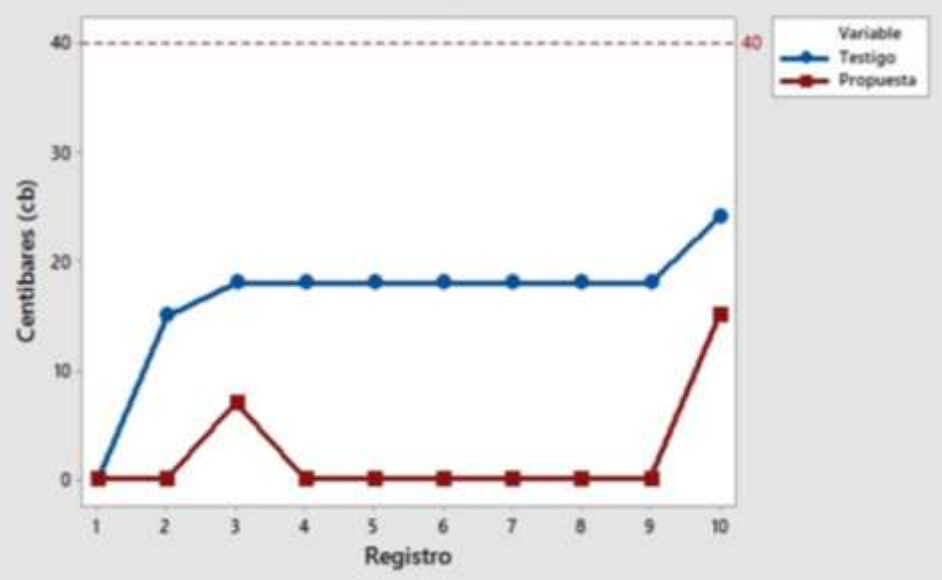

Figura 2 Registros de tensiómetros para la demanda de agua

Las tablas 1 y 2, resumen los parámetros del análisis de varianza sobre las variables altura y diámetro de las plántulas, así como su comportamiento en cada uno de los tratamientos. A un nivel de confianza del 95%, la altura no presentó diferencias estadísticas significativas, sin embargo, la dosis propuesta (300g) manifestó una mayor altura a lo largo de las 7 semanas, en comparación de las otras dosis.

Por su parte, el diámetro de las plántulas fue significativamente mayor para la dosis propuesta (300g) en la semana final del experimento, a un nivel de significancia del 5%.

Tabla 1ANOVA para altura de plántulas

Tratamientos	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7
Dosis comercial	3.629 a	4.1286 a	5.450 a	8.171 a	11.100 a	12.993 a	16.543 a b
Testigo	3.2429 b	3.757 a b	5.629 a	8.564 a	10.707 a	13.064 a	16.393 b
Dosis propuesta	3.1385 b	3.677 b	5.823 a	8.862 a	11.100 a	13.485 a	17.531 a
P-VALUE	**0.001**	**0.026**	**0.361**	**0.078**	**0.139**	**0.382**	**0.026**

Tabla 2 ANOVA para diámetro de plántulas

Tratamientos	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7
Dosis comercial	11.164 a	11.421 a	18.079 a	19.479 a	22.429 a b	24.071 b	43.436 a
Testigo	10.971 a	11.693 a	18.007 a	19.907 a	21.743 b	23.771 b	41.336 b
Dosis propuesta	11.415 a	12.069 a	18.869 a	20.969 a	23.446 a	26.238 a	43.823 a
P-VALUE	**0.499**	**0.156**	**0.227**	**0.072**	**0.058**	**0**	**0.004**

Las tendencias y la variabilidad de los datos se muestran a lo largo de las figuras 3-7.

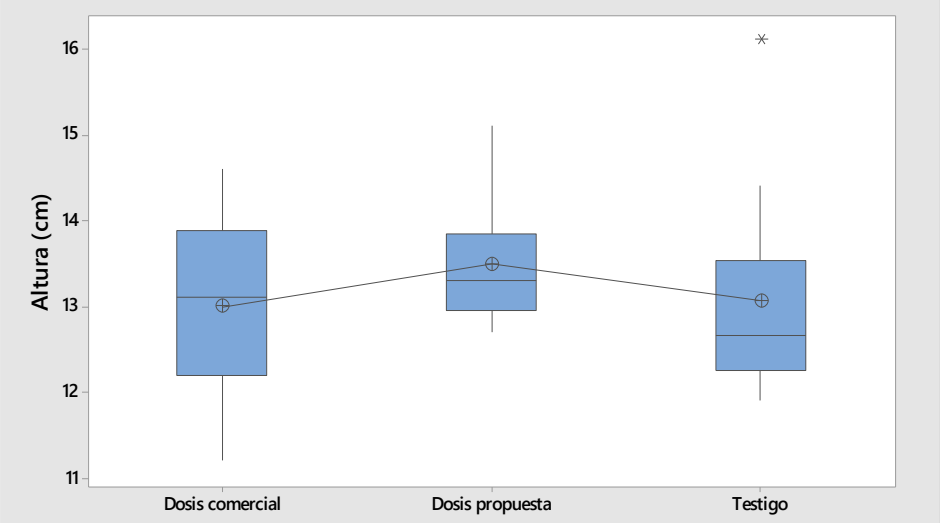

Figura 3 Efecto de los tratamientos en la altura de las plántulas

Para todas las variables del estudio, la variación fue menor en el caso del tratamiento de la dosis propuesta (300g), tanto la altura de 14 cm aproximadamente, el número de

hojas igual a 17, diámetro de 27 cm, peso fresco por encima de los 100g y peso seco alrededor de los 7g, fueron mayores también para el tratamiento con mayor cantidad de polímero.

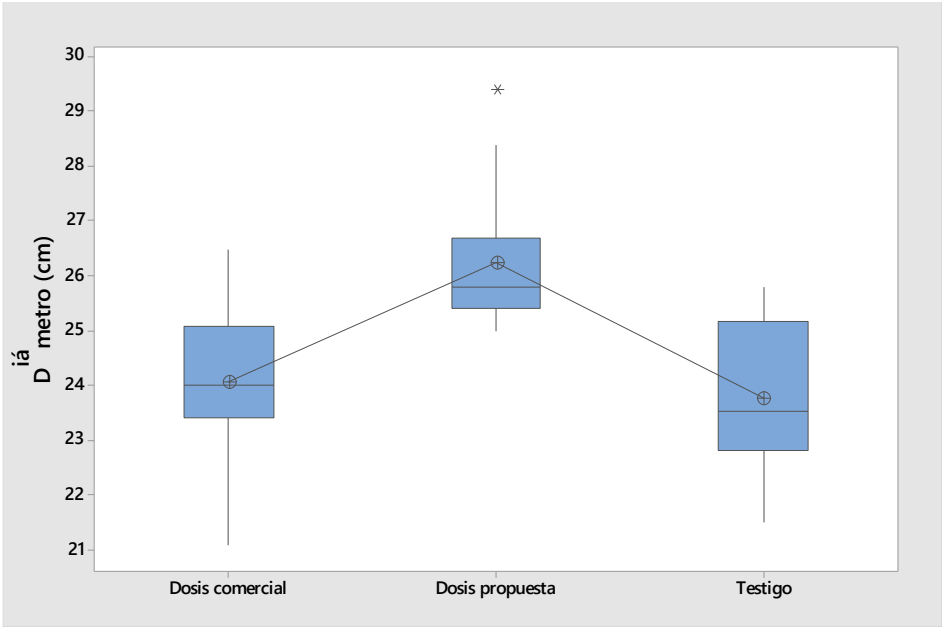

Figura 4 Efecto de los tratamientos en el diámetro de las plántulas

El tratamiento en el que se mostró mayor variabilidad de resultados, tanto para el diámetro de las plántulas como para el número de hojas (Figuras 4 y 5), con un límite inferior por debajo del promedio general, correspondió al testigo, es decir, el tratamiento que no presentó empleo de polímero.

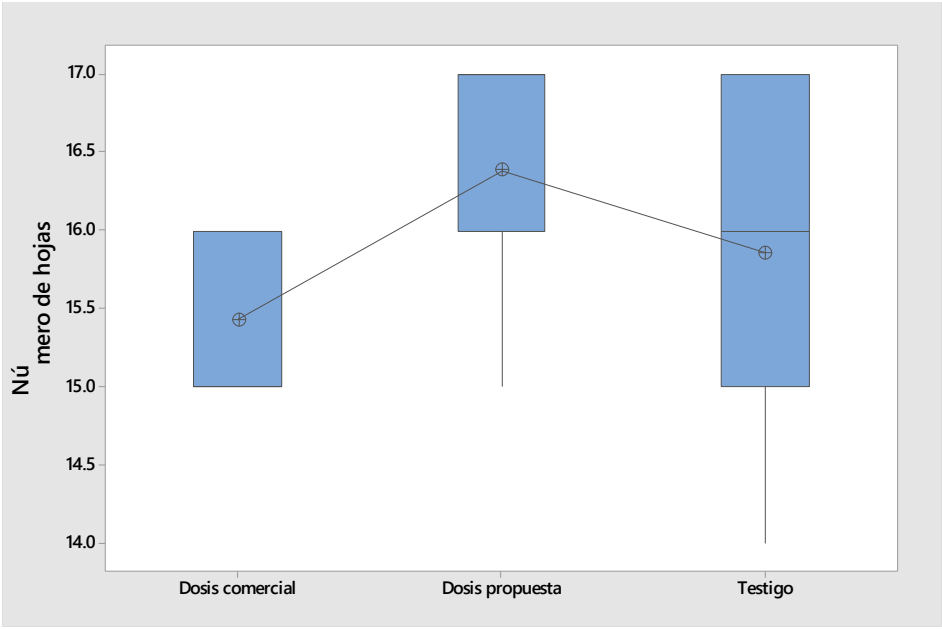

Figura 5 Efecto de los tratamientos en número de hojas de las plántulas

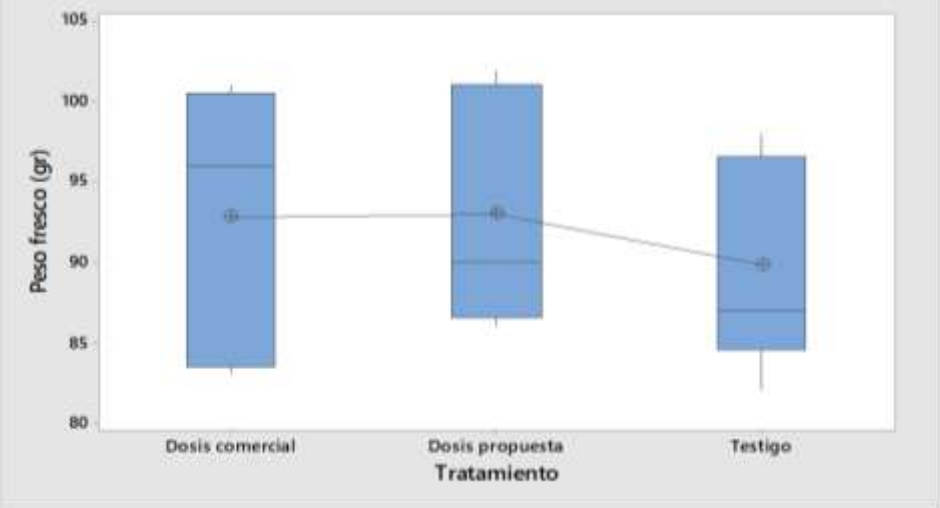

Figura 6 Efecto de los tratamientos en el peso fresco de las plántulas

En las figuras 6 y 7, se observa la relación del peso seco, es decir, todos los constituyentes de las plantas excepto agua, mientras que el peso fresco incluye agua, se puede observar que, durante el desarrollo de las plantas, los tratamientos con uso de polímeros se mantuvieron hidratados, evitando que las plántulas entraran en un estado de estrés hídrico.

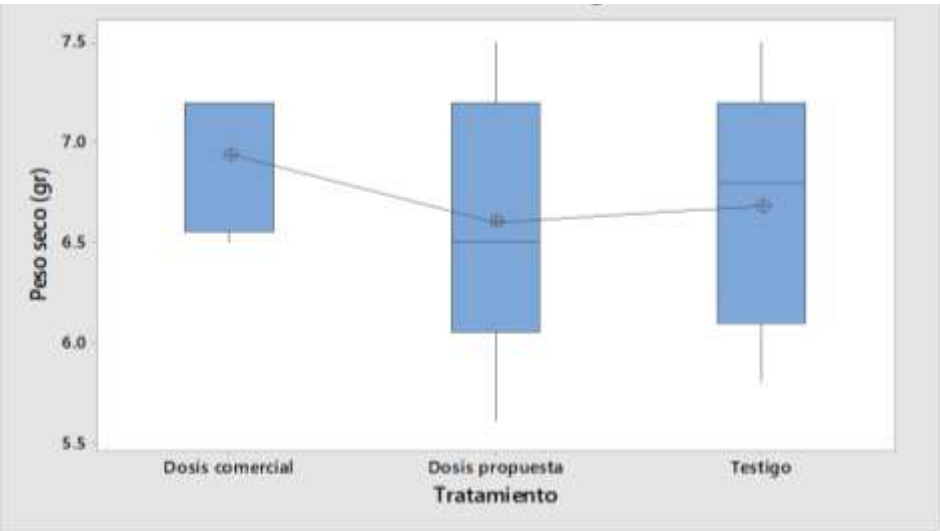

Figura 7 Efecto de los tratamientos en el peso seco de las plántulas

Si bien los resultados de esta investigación conducen a recomendar el empleo del polímero como alternativa del uso eficiente de agua, es importante mencionar, que existen otras técnicas que también favorecen la práctica del riego, tanto para la optimización del recurso hídrico, control de los fertilizantes a utilizar y reducción de los costos asociados. En este sentido los sistemas de riego por goteo y los sistemas hidropónicos, se suman a las opciones viables en el ahorro de agua, en la tabla 3 se muestra un análisis comparativo de sus principales aspectos.

Tabla 3 Análisis comparativo de técnicas de uso eficiente de agua en la agricultura [21,22]

SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO	SISTEMA HIDROPÓNICO	POLÍMERO RETENEDOR DE AGUA
Es un sistema de riego eficiente con respecto a los convencionales, ya que al suministrar el agua de gota en gota se optimiza de mejor forma el recurso hídrico, sin inundar todo el suelo.	El recurso hídrico es utilizado de una mejor forma al ser reutilizado por el sistema manteniéndose un ciclo en el equipo.	El producto puede absorber hasta 500 veces su volumen en agua y se mezcla con la tierra para aumentar el rendimiento de los cultivos hasta un 300%.
Es eficaz para la gestión del agua, pero es caro y económicamente viable sólo para cultivos de alto valor, como las hortalizas. La lluvia sólida podría ser una solución alternativa para que los agricultores gestionen eficientemente el agua sin tener que gastar mucho dinero en sistemas de riego.	Disminuyen a casi nulas las enfermedades por plagas al estar lejos del suelo, lo cual lleva a un ahorro al agricultor.	Un césped tratado sólo necesita regarse 35 veces al año, en contraste con las 300 veces de un césped normal.
En el riego por goteo se realiza una mayor mantención en el equipo ya que los goteros pueden presentar obturaciones.	Es un sistema que su inversión inicial es alta pero que en el tiempo es altamente rentable.	El agua de lluvia arrastra partículas de tierra y las vierte en lagos o arroyos cercanos, lo que puede reducir la cantidad de luz que entra en el agua y perjudicar a las plantas y animales acuáticos. Utilizando la lluvia sólida, los agricultores pueden reducir la cantidad de sedimentos en el agua y proteger el medio ambiente.
	Para el sistema de funcionamiento del equipo se necesitan dos bombas una para la extracción y la otra para la circulación del agua, esto puede generar una desconfianza técnica y económica para el agricultor.	El hidrogel agrícola puede ser costoso en comparación con otros métodos de riego y manejo del agua en la agricultura. El costo inicial de adquirir e incorporar el hidrogel en el suelo puede ser una barrera para su adopción, especialmente para los agricultores con recursos financieros limitados.
	El caudal en el sistema es constante y de bajo flujo manteniendo una regularidad en el consumo hídrico de la hortaliza.	
	El éxito de la producción hidropónica depende más del conocimiento del manejo hortícola (siembra, riegos, control de plagas y enfermedades, etc.) que, del conocimiento de la técnica en sí, esto es un punto en contra debido a que no existe un conocimiento claro sobre el tema entre los agricultores.	

4. Discusión

En esta investigación, al igual que en los trabajos de [4-6], se pudo demostrar la capacidad de absorción y retención de agua por parte del polímero, permitiendo que la raíz de las plántulas lo absorba según sus necesidades, evitando con ello el estrés de las mismas, ya que, al estar hidratadas, permiten la movilidad de los nutrientes a lo largo de la planta. Como lo mencionan [7,8], una mayor dosis de polímero no infiere en el desarrollo

de la planta, y permite retener por más tiempo y en mayor cantidad la humedad que la planta requiere en sus etapas de desarrollo. Destacando los resultados de [23] sobre el ahorro de agua en los riegos.

Como menciona [21]: el hidrogel agrícola es un polímero sintético que puede persistir en el suelo durante mucho tiempo y potencialmente acumularse en el medio ambiente, planteando la posibilidad de contaminación del suelo, del agua y puede alterar la composición y actividad de la microbiota del suelo en caso de un uso excesivo o una eliminación inapropiada. Sin embargo, se pueden minimizar posibles impactos negativos al seguir las recomendaciones de aplicación y buenas prácticas agrícolas.

5. Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos, el tensiómetro fue de gran utilidad para determinar si el cultivo presentaba la humedad suficiente y debido a las precipitaciones manifestadas cada semana dentro del tiempo (estación de otoño) en que se desarrolló el experimento, no se requirió de riegos, ya que el polímero retuvo la cantidad de agua suficiente para el desarrollo del cultivo.

Estadísticamente no se encontraron diferencias significativas para las variables altura, número de hojas, peso fresco y seco, sin embargo, la variabilidad de los datos fue menor con la dosis de 300g en todas las variables y favoreció la tendencia al aumento de las mismas.

El diámetro en la semana 6 fue mayor significativamente para el tratamiento de la dosis propuesta, con una media de 26.238 cm sobresaliendo de la dosis comercial y el testigo. En la semana 7, la dosis propuesta y la dosis comercial destacan mayor diámetro que el testigo.

Con estos resultados se demuestra que el polímero retenedor de agua (lluvia sólida) funciona para retener humedad y así los cultivos no lleguen a estrés y puedan seguir con la humedad varios días o semanas más, dependiendo de los factores climáticos.

Contribución:

Dra. Rebeca Guadalupe Ortiz Mena: Autora principal y directora de tesis relacionada con el trabajo de investigación presentado.

Dr. Daniel Napoleón Gómez Balbuena: Revisión de metodología, análisis estadístico y parte del comité de revisión de tesis.

P. de I. Alondra Ramírez Callejas: estudiante de licenciatura, autora de tesis relacionada con el trabajo de investigación.

Mtro. Francisco Javier Michel Castro: Conceptualización, asesoría en aspectos agronómicos y parte del comité de revisión de tesis.

Financiamiento: Esta investigación no recibió financiamiento externo.

Agradecimientos: A DROP- FEN, S.A. DE C.V. Lluvia sólida innovación mexicana, Ing. Marcos Luis León, por brindar las facilidades e insumos para la ejecución del experimento dentro de la empresa.

Conflicto de interés: Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Referencias

1. CIMMYT: Desarrollo estratégico. Available online: https://idp.cimmyt.org/una-agricultura-diferente-para-un-clima-cambiante (accessed on 30 mayo 2024).
2. FAO: Alimentación y agricultura sostenibles. Available online: https://www.fao.org/sustainability/es/ (accessed on 20 mayo 2024).
3. IMTA: La importancia del agua en el planeta y como cuidarla. Available online: https://www.iagua.es/noticias/imta/importancia-agua-planeta-y-como-cuidarla (accessed on 10 junio 2024).

4. Piza Benites, E.P. Los polímeros como retenedores de agua en el cultivo de lechuga *Lactuca sativa L*. bajo condiciones controladas. Licenciatura, Universidad de Guayaquil, Ecuador. Marzo 2021.
5. Ayala Rodríguez, E. Evaluación de la producción forrajera mediante la incorporación de un polímero retenedor de agua en una pastura ya establecida a base de *ryegrass perenne diploide y tetraploide* en la parroquia de Aláquez. Licenciatura. Universidad Técnica de Cotopaxi. Ecuador. 2021.
6. Diaz Villacis, P. N. Uso de hidrogel en el cultivo de pachaco (*Schizolobium parahybum*). Babahoyo - Los Ríos. 2022.
7. Caizapasto Guachala, G. B. Evaluación del rendimiento del cultivo de lechuga (*lactuca sativa l.)* variedad crespa salad con retenedores de agua en tocachi – pichincha y san josé de chaltura - imbabura". Ibarra. 2019.
8. Vélez Meza, N. V. Efecto de retenedores de agua en la producción de lechuga (*lactuca sativa l*.) variedad crespa salad en la granja experimental yuyucocha provincia de imbabura". Ibarra. 2016.
9. Secretaría de Agricultura y desarrollo rural. La protagonista de las ensaladas. https://www.gob.mx/agricultura/articulos/la-protagonista-de-las-ensaladas?idiom=es. (15 de julio 2024).
10. Saavedra, G. Manual de producción de lechuga. Santiago de Chile: BOLETÍN INIA / N° 374. 2017.
11. Ammar A.; Osama M.; Mamoun G.; Abdulaziz A.; Mohammad A. Effect of hydrogel on corn growth, water use efficiency, and soil properties in a semi-arid region. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences.* **2022.** *Vol. 21*. P. 518-524
12. EXPANSION: Lluvia sólida, el invento de un mexicano. Available online: https://expansion.mx/especiales/2014/04/17/lluvia-solida-un-invento-mexicano (accessed on 14 noviembre 2024).
13. El poder del consumidor. El poder de la lechuga. Available online: https://elpoderdelconsumidor.org/2022/08/el-poder-de-la-lechuga/ (15 de julio 2024).
14. Montgomery, D. Diseño y análisis de experimentos. 2005. Limusa Wiley. Edición 2. México.
15. Morales-Maldonado, E.R.; Casanova-Lugo, F. Mezclas de sustratos orgánicos e inorgánicos, tamaño de partícula y proporción. *Agronomía Mesoamericana* **2015**, *Vol. 26*, pp. 365-372.
16. Núñez-Cruz, A.; Bonfil, C. Establecimiento inicial de tres especies del bosque tropical seco en un pastizal degradado: efectos del uso de acolchado y compost. *Agrociencia* **2013**, *Vol. 47*, pp- 609-620.
17. Cuellar, Eligia de la C.; Fresneda, C.; Rivero, Caridad J.; Thompson, M.; Sánchez, G.; González, Y. Plan de manejo sostenible de tierra para la producción de lechuga en la UBPC Aguadita. *Pastos y Forrajes.* Vol. 18. pp. 448-456.
18. SALUSMUNDI: Hacemos que el verde prevalezca sobre la tierra. Available online: https://www.salusmundico.com/productos/. (accessed on 20 mayo 2024).
19. Lara-Izaguirre, A.Y.; Rojas-Velázquez, A.N.; Romero-Méndez, M.J.; Ramírez-Tobías, H.M.; Cruz-Crespo, E.; Alcalá-Jáuregui, J.A.; Loredo-Ostí, C. Growth and NO_3 accumulation in hydroponic lettuce with nitrate/ammonium ratios in two cultivation seasons. *Fitotecnia Mexicana* **2019.** *Vol. 42*. Pp. 21-29**.**
20. Martínez-Carrillo, G.; Lara-Herrera, A.; Padilla-Bernal, L.; Luna-Flores, M. Evaluación técnica y financiera del cultivo de lechuga en invernadero, como alternativa para invierno. *Terra Latinoamericana*. **2015**. *Vol. 33*. pp. 251-260.
21. FIGAP. La lluvia sólida como alternativa en la agricultura. Available online: https://figap.com/blog/paginas/la-lluvia-solida-como-alternativa-en-la-agricultura#:~(accessed on 14 noviembre 2024).
22. Alveal-Concha, M.A.; Campos-González, K. Estudio comparativo de sistemas de riego hidropónico y por goteo. Licenciatura, Universidad del Bío-Bío Chile. Marzo 2014.
23. Román Uriarte, E. L. Ensayo de la determinación de retención de agua en un cultivo de rabanito utilizando un polímero retenedor (aquagel). Lambayeque. 2019.