

Eficiencia de un sistema de fertirrigación en la aplicación de un bioestimulante a base de microalgas Phyco Plus usando filtros de malla y anillos

Natalia Gómez-Calderón

Escuela de Ingeniería Agrícola
Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica
✉ ngomez@itcr.ac.cr

Milton Solórzano-Quintana

Escuela de Ingeniería Agrícola
Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica
✉ msolorzano@itcr.ac.cr

Maritza Guerrero-Barrantes

Escuela de Biología
Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica
✉ mguerrero@itcr.ac.cr

Francinie Murillo-Vega

Escuela de Biología
Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica
✉ fmurillo@itcr.ac.cr

Fabián Villalta-Romero

Escuela de Biología
Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica
✉ fvillalta@itcr.ac.cr

Resumen:

En el marco del proyecto de investigación "Determinación de las características fisicoquímicas y evaluación de la viabilidad económica de un prototipo de biofertilizante a base de microalgas costarricenses (Fase II)", se evaluó la eficiencia de un sistema de fertirrigación al aplicar el bioestimulante a base de microalgas Phyco Plus comparando la filtración con malla y anillos de 120 mesh, debido a que son los filtros de uso común en la horticultura costarricense. Se realizaron pruebas en el campo de prácticas de la Escuela de Ingeniería Agrícola del TEC en un sistema de fertirriego con emisores de $1,9 \text{ Lh}^{-1}$ a una presión de 7 mca siguiendo la metodología propuesta por Christiansen para determinar uniformidad de distribución del riego. Se determinó que la filtración con anillos de 120 mesh, ofrece un coeficiente de uniformidad más alto al aplicar el bioestimulante y que es recomendable considerar en el tiempo del fertirriego la limpieza del lateral después de la aplicación de la dosis inyectada en el sistema.

Palabras clave: Fertirriego, goteo, eficiencia de riego, coeficiente de uniformidad, filtración

Introducción:

La agricultura es el mayor consumidor de agua, más del 70% de las extracciones mundiales son para riego, además, es el sector con el menor rendimiento en comparación con otros sectores económicos [1]. Por lo anterior, es necesaria una mayor eficiencia en el uso del agua para obtener más producción por gota [1]. El riego por goteo es el sistema más eficiente y el segundo más utilizado en Costa Rica [2].

Sneh [3], señala que el riego por goteo es una agrotecnología completa, debido al incremento en la eficiencia del uso de agua en la agricultura según la demanda dinámica de los cultivos. Con la aplicación mundial de la fertirrigación, se han desarrollado sistemas considerando las posibles obstrucciones de los emisores. Los tipos y probabilidad de atascos de los emisores en el riego por goteo debido a las pequeñas dimensiones del conducto y la baja velocidad de flujo por el interior de los goteros, son principalmente biológicos (37%), físicos (31%), químicos (22%) y otros (10%) [4]. Las impurezas del agua de riego se clasifican en partículas inorgánicas en suspensión, sustancias químicas en solución, microflora y microfauna y partículas de materia orgánica

Existen diversos métodos de filtrado, sean de arena, grava, mallas y discos ranurados [2], determinados por el grado del filtrado, en función de dos sistemas de unidades: *micrones* y *mesh*, los cuales no son compatibles entre sí. El grado de filtrado en micrones (10^{-6} m) expresa el diámetro de la partícula esférica de mayor dimensión que puede pasar por una malla. El número de mesh es el número de hilos por pulgada.

Los filtros tienen un cuerpo de polipropileno que contienen (a) un cilindro recubierto por una malla de poliéster o (b) un elemento de filtrado de anillas construidas de polipropileno [5]. El sistema de filtrado influye en la eficiencia de un sistema de riego que relaciona la cantidad de agua que consume el cultivo y la cantidad de agua regada, a partir de las eficiencias de conducción en el canal principal (E_{fc}), de distribución en los canales laterales (E_{fd}), y de aplicación a nivel de parcela (E_{fa}) [6], en función de la topografía, tipo de suelo, condición de las plantas, entre otros [7]. Para evaluar el sistema, en cada lateral de riego se seleccionan 4 emisores; el más cercano y el más lejano del inicio de cada lateral y dos emisores intermedios, según se muestra en la figura 1.

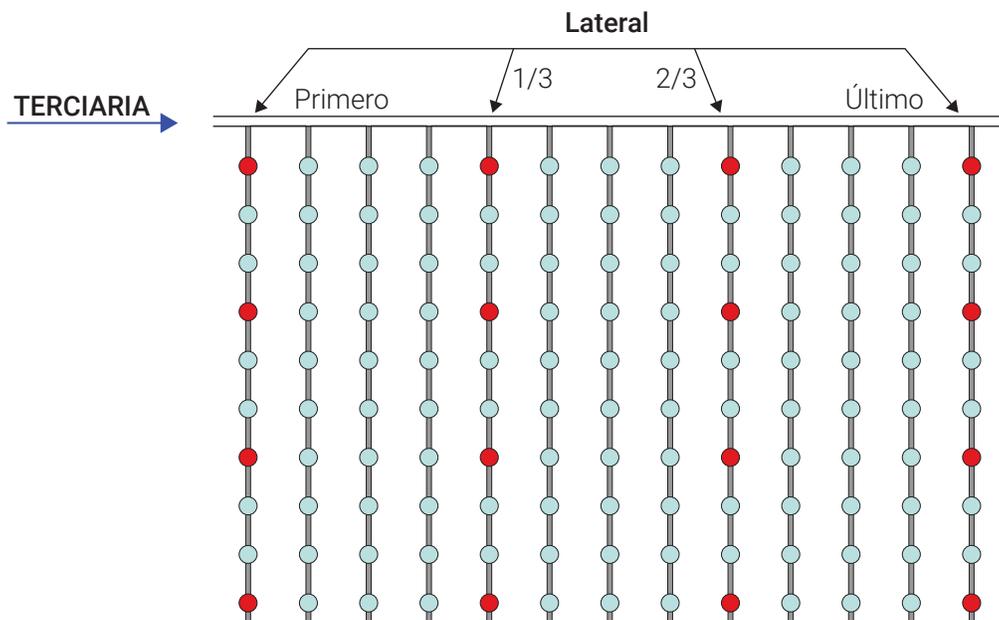


Figura 1. Esquema de distribución de las unidades a muestrear. Tomado de [7]

Se toman los datos de volumen recolectado en los goteros seleccionados en el tiempo establecido. Para valorar el grado de uniformidad, Christiansen (1942) propuso la ecuación 1 [8].

$$CU = 1 - \left(\frac{\sum_{i=1}^n |Q_i - \bar{Q}|}{\bar{Q} \times n} \right) \times 100 \quad (1)$$

Donde:

- CU : Coeficiente de uniformidad de Christhiansen (%)
- $Q_i - \bar{Q}$: Suma de n derivaciones del caudal recolectado en los diferentes puntos con respecto al valor medio de dichos caudales.
- \bar{Q} : Media de los caudales recolectados.
- n : Número total de caudales recolectados.

Por lo que el objetivo de la evaluación de riego en el proyecto de investigación "Determinación de las características fisicoquímicas y evaluación de la viabilidad económica de un prototipo de biofertilizante a base de microalgas costarricenses (Fase II)" fue comparar la eficiencia de un sistema de fertirrigación al aplicar *el bioestimulante a base de microalgas Phyco Plus* usando filtros de malla y de anillos de 120 mesh con el fin de recomendar el filtro más apto al usar fertirrigación con las microalgas.

Metodología

Las pruebas se desarrollaron en el campo de prácticas de la Escuela de Ingeniería Agrícola del TEC Costa Rica, en el área cultivada con lechugas del curso Sistemas y Técnicas de Producción. Se seleccionaron dos eras sembradas de 40 metros de longitud, con cuatro hileras de lechugas simétricamente distribuidas. El sistema de riego consiste en laterales de manguera con goteros con un caudal de $1,9 \text{ Lh}^{-1}$ a una presión de 7 mca, espaciados cada 40 cm (Figura 2), el cual cuenta con equipo de inyección de fertilizantes, que se utilizó para aplicar *el bioestimulante a base de microalgas Phyco Plus*, en una dosis de 0,5 L por cada 50 L de agua.

Se instaló un sistema de filtrado intercambiable (Figura 2) con el fin de evaluar filtros con elementos de anillos y de malla, ambos de 120 mesh, con diámetro nominal de 1" (Figura 3), ya que son los filtros disponibles en el mercado y comúnmente utilizados por los productores que usan sistemas de riego por goteo.

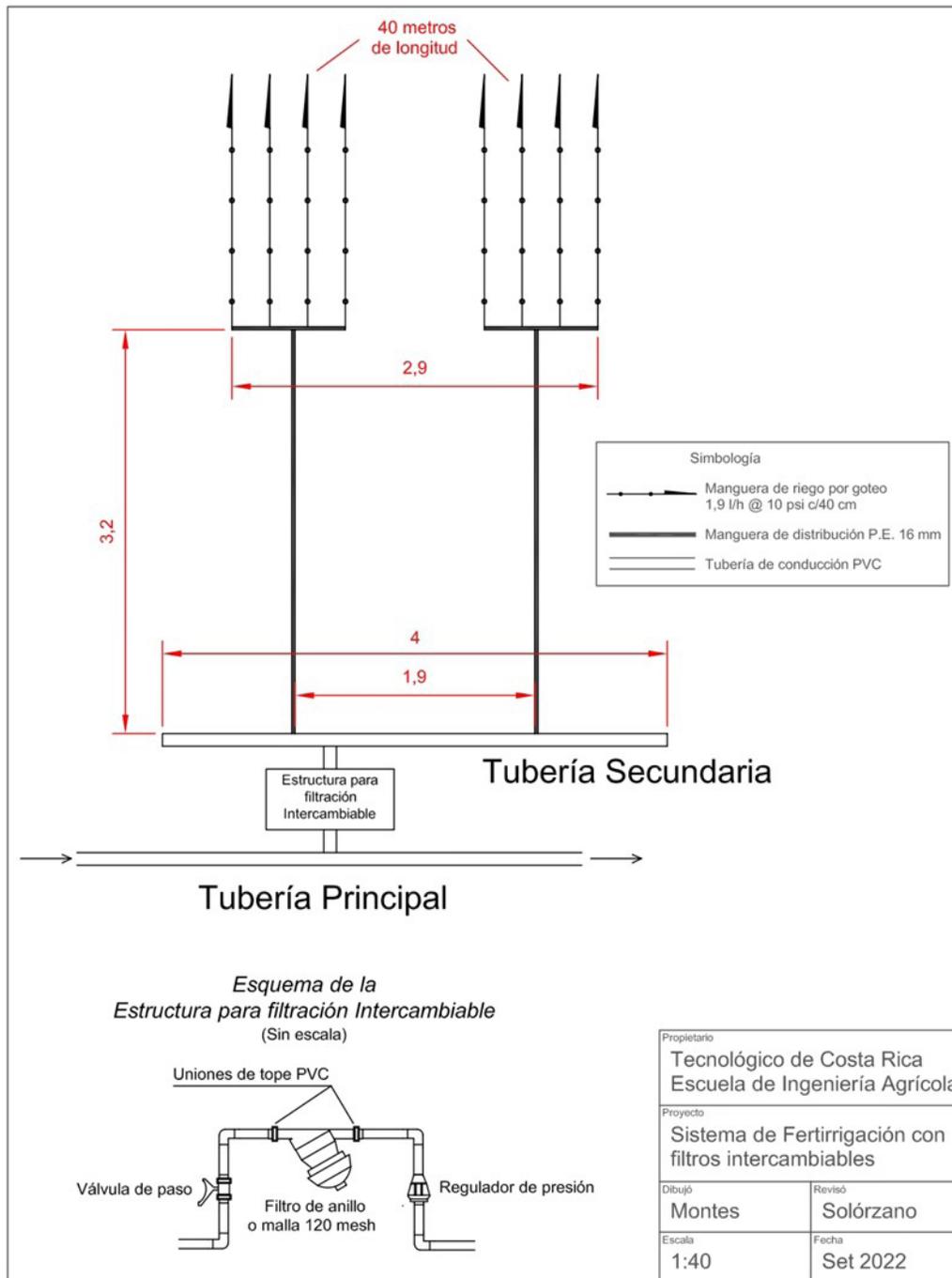


Figura 2. Plano de filtrado intercambiado para pruebas con fertirriego con microalgas.



Figura 3. Filtro de anillos (a) y filtro de malla (b) utilizados en las pruebas.

Se midió el caudal en cinco puntos a lo largo de cada lateral de goteo, en recipientes plásticos colocados a 0 m, 6 m, 12 m, 28 m y 37 m en función del largo de la cinta de riego instalada, durante 2 minutos (Figura 4 y 5). Se realizaron 6 repeticiones para cada prueba manteniendo la presión de operación a 7 mca, bajo los siguientes parámetros:

- a. Prueba del sistema de riego por goteo solamente agua, sin filtros
- b. Prueba del sistema de riego por goteo solamente agua, con filtros de anillos
- c. Prueba del sistema de riego por goteo solamente agua, con filtros de malla
- d. Prueba del sistema de riego por goteo con la dosis de microalgas, con filtros de anillos
- e. Prueba del sistema de riego por goteo con la dosis de microalgas, con filtros de malla

La medición de los volúmenes obtenidos se realizó con probetas de 150 ml. Los datos fueron analizados estadísticamente y comparados con un análisis de varianzas para determinar similitudes y comparar el filtrado de cada tipo de elemento con agua y con el producto, además se determinó el coeficiente de uniformidad en el sistema de riego por goteo con los dos tipos distintos de filtros.



Figura 4. Recipientes utilizados por emisor y diferencia en la apariencia del líquido recolectado sin y con la dosis.



Figura 5. Medición de las pruebas de campo en el sistema de fertirriego

Resultados

En el cuadro 1, se muestra el resumen de las mediciones realizadas.

Cuadro 1. Promedio, desviación estándar y uniformidad de los caudales obtenidos para cada tratamiento del sistema por goteo evaluado en las pruebas de campo

Tratamiento	Caudal obtenido* (Lh ⁻¹)	Uniformidad (%)
[A] Sin filtro solamente con agua Sin dosis de microalgas	2,02 ± 0,30 ^a	88,06
[B] Sin filtro Con dosis de microalgas	2,02 ± 0,39 ^a	85,32
[C] Filtro de Anillos solamente con agua Sin dosis de microalgas	1,73 ± 0,34 ^c	80,07
[D] Filtro de Anillos Con dosis de microalgas	1,98 ± 0,53 ^{ba}	75,70
[E] Filtro de Malla solamente con agua Sin dosis de microalgas	1,74 ± 0,62 ^{cb}	65,53
[F] Filtro de Malla Con dosis de microalgas	1,71 ± 0,44 ^c	69,75

*Las letras iguales no representan diferencias significativas según Tukey $p > 0,05$

El caudal del emisor disminuye significativamente al colocar el sistema de filtrado debido a que los accesorios en las tuberías aumentan las pérdidas de carga en sistemas presurizados [8]. Únicamente cuando se usó filtro de anillos con la dosis de microalgas [D], el caudal de los emisores en promedio fue similar estadísticamente al sistema sin filtrado [A y B].

Debido a la alta variación presentada en el sistema cuando se usa filtro de malla con y sin la dosis del bioestimulante, se recomienda la filtración de anillos cuando se use el fertirrigado con microalgas *Phyco Plus*. Los anillos se presionan unos a otros dejando pasar el agua de forma continua y uniforme, a diferencia de la malla que constituye una barrera para material mineral que hace que fluctúe el tráfico del líquido, de ahí la variación de las mediciones cuando se usa el filtro de malla con el biofertilizante, sin embargo, surge la necesidad de mayor investigación aplicando otro tipo de productos. En la figura 6, se muestran los datos estadísticos para cada tratamiento.

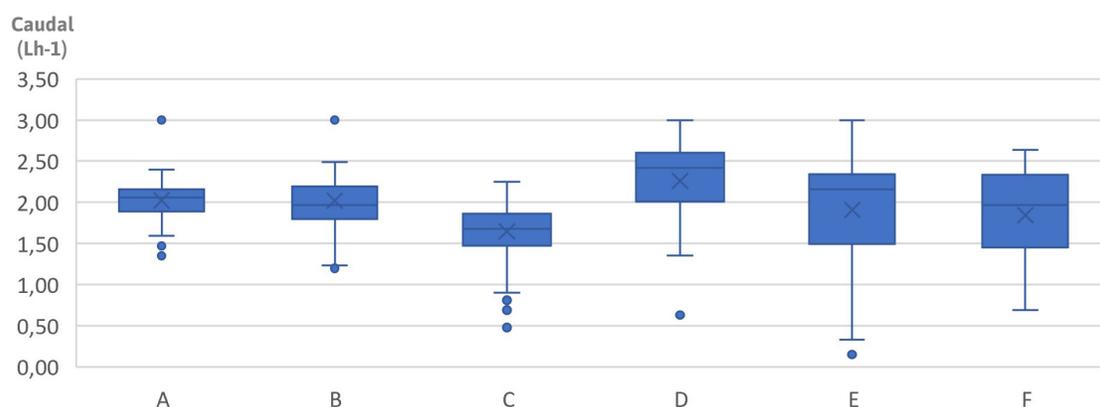


Figura 6. Distribución de los caudales medidos en los goteos (Lh⁻¹) para cada tratamiento en el campo.

Luego de los tratamientos de fertirriego, se debe eliminar los materiales de obstrucción, una vez que se depositan en las zonas de flujo de los emisores, por medio del lavado de los laterales de riego [9]. Por otra parte, la condición límite requiere el cálculo de las fuerzas de fricción utilizando la longitud de deslizamiento del fluido en los filtros, por lo que se recomienda estudiar la adhesividad de la mezcla de la dosis de microalgas con el agua y justificar la menor resistencia con respecto al filtro de mallas utilizado [10].

Recomendaciones al aplicar microalgas Phyco Plus con fertirrigado:

El tratamiento con anillos ofrece un coeficiente de uniformidad más alto, por lo que se recomienda el uso de filtros de anillos para la fertirrigación con bioestimulante.

Es recomendable considerar en el tiempo del fertirriego, el transporte inicial del bioestimulante hasta el emisor, su aplicación y posterior tiempo de limpieza del lateral del riego después de la aplicación de la dosis recomendada.

Bibliografía

- [1] K. Shi, T. Lu, W. Zheng, X. Zhang, and L. Zhangzhong, "A Review of the Category, Mechanism, and Controlling Methods of Chemical Clogging in Drip Irrigation System," *Agriculture*, vol. 12, no. 2, p. 202, Jan. 2022, doi: 10.3390/agriculture12020202.
- [2] Á. Ángulo-Marchena, "CARACTERIZACION DEL RIEGO EN EL CULTIVO CAÑA DE AZUCAR DE COSTA RICA," *LAICA*, 2013. <https://servicios.laica.co.cr/laica-cv-biblioteca/index.php/Library/download/JyippAhLnLAtMcNOczoJxHBFcRAiqckU> (accessed Oct. 03, 2023).
- [3] M. Sneh, *El riego por goteo*. 2006. [Online]. Available: <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/2937>
- [4] M. Zaman, S. A. Shahid, and L. Heng, "Irrigation Water Quality," in *Guideline for Salinity Assessment, Mitigation and Adaptation Using Nuclear and Related Techniques*, Cham: Springer International Publishing, 2018, pp. 113–131. doi: 10.1007/978-3-319-96190-3_5.
- [5] Irritec, "FILTROS PLÁSTICOS EN Y," *Aplicaciones de filtrado*, 2023. <https://www.irritec.es/productos/filtracion/filtros-plasticos-en-y/#YDV> (accessed Oct. 03, 2023).
- [6] A. Nuñez Leonardo, "Manual del cálculo de Eficiencia para Sistemas de Riego," 2015. https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/manual-riego/manual_determinacion_eficiencia_riego.pdf (accessed Oct. 03, 2023).
- [7] A. Villavicencio, "Ficha técnica 137. Determinación del coeficiente de uniformidad de caudal en sistemas de riego localizado," *INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS INIA RAIHUËN*, 2021. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/68113/NR42627.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (accessed Oct. 03, 2023).
- [8] Villalobos-Araya and Valverde-Conejo, *Principios de Riego y Drenaje en Suelos Tropicales*. San José, Costa Rica: EUNED, 2016.
- [9] V. R. Ramachandrupa and R. R. Kasa, "Prevention and treatment of drip emitter clogging: a review of various innovative methods," *Water Pract. Technol.*, vol. 17, no. 10, pp. 2059–2070, Oct. 2022, doi: 10.2166/wpt.2022.115.
- [10] M. Abdelraouf, A. Rennie, N. Burns, L. Geekie, V. Najdanovic-Visak, and F. Aiouache, "Tuning the wettability of wire mesh column: pore-scale flow analysis," *Chem. Eng. J. Adv.*, vol. 8, p. 100181, Nov. 2021, doi: 10.1016/j.cej.2021.100181.

Sobre los autores

Natalia Gómez-Calderón

Natalia Gómez Calderón, es profesora asociada, investigadora y extensionista. Actualmente es la coordinadora del Centro de Investigación y Extensión en Tecnología e Ingeniería Agrícola (CETIA). <https://orcid.org/0000-0001-7961-7529>

Milton Solórzano-Quintana

Milton Solórzano Quintana es profesor asociado, investigador y extensionista de la Escuela de Ingeniería Agrícola del TEC, especialista en riego y ambientes protegidos. ORCID: 0000-0003-2137-0003

Maritza Guerrero-Barrantes

Maritza Guerrero Barrantes es M.Sc en Ecología, especialista en el Cultivo Piel y de de Microalgas, con una trayectoria de más de 20 años de investigación. ORCID: 0000-0002-8253-5919

Francinie Murillo-Vega

Francinie Murillo Vega es Biotecnóloga, actualmente realiza una maestría en Tecnología de Alimentos en la UCR. Es investigadora y extensionista del ITCR, ORCID: 0000-0002-2751-8390

Fabián Villalta-Romero

Fabián Villalta Romero es doctor en Química, se ha especializado en el área de Química Biorgánica, es investigador y extensionista del ITCR, ORCID: 0000-0001-7484-8125