Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria ISSN: 2448-6620

EVALUACIÓN DE EFLUENTE ACUÍCOLA COMO FUENTE DE NUTRIENTES EN EL CULTIVO DE BRÓCOLI (*Brassica oleracea* Plenck) Y COLIFLOR *(Brassica oleracea var. brotitis*)

Remedios Betsabé Ruiz Ramírez[1]; José Gómez Espinoza[1]; Arturo Guadalupe Vera Rivera[1]; Alier Miguel Muñoz Arias[1]; Jesús David Joaquín Cuarenta[1]; Berenice Rivera Cortéz[1*]

Tecnológico Nacional de México Campus Roque, Carretera Celaya-Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato. Autor de correspondencia: berenice.rc@roque.tecnm.mx

RESUMEN

Dentro del Instituto Tecnológico de Roque se encuentra una unidad de producción acuícola donde se producen tilapias (*Oreochromis Niloticus*), del cual cada tercer día se hacen recambios, esto genera la perdida de agua cargada de nitrógeno, esto no resulta favorable para la unidad acuícola; la solución propuesta fue la de aprovechar esa agua como fuente de fertilización para cultivos; para ello se estableció un proyecto experimental, donde, el objetivo fue evaluar el uso de efluente acuícola como fertilizante en el cultivo de brócoli y coliflor. El experimento constó de un diseño de bloques completamente al azar con 5 tratamientos y 3 repeticiones, se evaluaron distintas mezclas de agua de pozo y del efluente acuícola (EA), los cuales fueron: 100% pozo (T1), 75% pozo con 25% (EA)(T2), 50% pozo con 50% (EA) (T3), 75% (EA) con 25% pozo (T4) y 100% (EA)(T5). Las variables analizadas fueron: Diámetro de tallo (DT), longitud de tallo (LT) y altura de planta (AP), con registro de 5 fechas en total: Día 0, 20, 40, 60 y 80. En las fechas evaluadas los resultados arrojaron diferencias significativas entre fechas de evaluación para las 3 variables, El tratamiento con mejores resultados fue el número 3, el cual presentó valores altos en DT, AP y LT, indicándonos que el uso del efluente acuícola resulta una alternativa favorable en los cultivos debido a su alto aporte nutrimental. Además de que los coeficientes de variación fueron totalmente aceptables, lo que demuestra alta confiabilidad en los resultados experimentales obtenidos.

Palabras clave: *Efluente acuícola, ambiente, tilapia, brócoli, coliflor.*

ABSTRAC

Within the Roque Technological Institute is an aquaculture production unit where tilapia (Oreochromis niloticus) are raised. The water is changed every three days, resulting in the loss of nitrogen-rich water, which is detrimental to the aquaculture unit. The proposed solution was to utilize this water as a fertilizer for crops. To this end, an experimental project was established to evaluate the use of aquaculture effluent as fertilizer for broccoli and cauliflower cultivation. The experiment consisted of a completely randomized block design with 5 treatments and 3 replicates. Different mixtures of well water and aquaculture effluent (AE) were evaluated: 100%

well water (T1), 75% well water with 25% AE (T2), 50% well water with 50% AE (T3), 75% AE with 25% well water (T4), and 100% AE (T5). The variables analyzed were: stem diameter (SD), stem length (SL), and plant height (PH), with data recorded on a total of five dates: Day 0, 20, 40, 60, and 80. The results showed significant differences between evaluation dates for all three variables. Treatment 3 yielded the best results, presenting high values for SD, PH, and SL, indicating that the use of aquaculture effluent is a favorable alternative for cultivation due to its high nutrient content. Furthermore, the coefficients of variation were entirely acceptable, demonstrating high reliability in the experimental results obtained.

Keywords: *Aquaculture effluent, environment, tilapia, broccoli, cauliflower*

INTRODUCCIÓN

El brócoli y la coliflor pertenecen a la familia de las crucíferas, son originarias del Mediterráneo Oriental de las regiones del Líbano, Asia Menor, Siria, La Península de Anatolia, etc. Fueron introducidos a México a mediados del siglo XX. La producción de brócoli en México hasta el año 2024 fue de 640,685 toneladas, de las cuales Guanajuato se posiciona como líder productor de brócoli y coliflor con una producción de 422,223 toneladas y 95,941 toneladas respectivamente, colocando a Guanajuato como líder nuevamente con 24,319 toneladas producidas. (SIAP 2024). El brócoli tiene valiosas propiedades nutricionales, ya que es uno de los alimentos con más vitamina C, y también, es rico en carotenos, vitamina A, selenio, potasio, calcio vegetal, fibra, vitaminas del complejo B y proteínas vegetales. Es un alimento con un valor nutrimental bastante alto, también es un potente antioxidante que nos va a ayudar a combatir la oxidación natural que sufre el organismo a causa de la edad, estrés, dormir poco, alimentación inadecuada, fumar, consumo de alcohol. Beneficia a nuestra visión, previniendo la aparición de cataratas, disminuye el riesgo de padecer degeneración ocular, mejora la adaptación a los cambios de luz y otros problemas oculares, gracias a su elevado contenido en Vitamina B12 y Luteína. Tiene un elevado contenido en fibra y es un alimento bajo en calorías, muy recomendado en personas diabéticas, además ayuda a prevenir el daño que sufren los vasos sanguíneos a causa de la diabetes. Hay que tener especial cuidado en el caso de personas que tengan problemas de tiroides, ya que su consumo en exceso puede ser perjudicial al bloquear la absorción de yodo. (*Challenge Validation*, s. f.). En el caso de la coliflor tenemos que es altamente nutritivo, bajo en calorías y rico en fibra, vitamina C, vitamina K y antioxidantes. Ayuda a mejorar la salud digestiva, fortalecer el sistema inmunológico, combatir la inflamación y favorecer la pérdida de peso gracias a su efecto saciante. Dentro de sus beneficios nutrimentales la coliflor es rica en Vitaminas y Minerales contiene vitamina C, K, B6 y complejo B (tiamina, riboflavina, niacina). Es fuente de minerales como potasio, magnesio y fósforo. Su contenido de fibra ayuda a mejorar el tránsito intestinal, prevenir el estreñimiento y generar sensación de saciedad. Aporta glucosinolatos e isotiocianatos, que ayudan a la regeneración celular, además del compuesto indol-3-carbinol (I3C), que reduce las reacciones inflamatorias.

Bajo en Calorías. Es ideal para dietas de control de peso y apta para personas con diabetes por su bajo índice glucémico. Salud Cardiovascular: Ayuda a la regulación de la presión arterial y aporta nutrientes que protegen contra enfermedades cardíacas. Valor Nutricional por 100g (Aproximado): Calorías: Muy bajas (aprox. 25 kcal). Fibra: Aporta un 10% de las necesidades diarias. Vitamina C: Cubre una gran parte de la ingesta recomendada, fundamental para la absorción de hierro. (Unilever food solutions, s.f.)

La tilapia *(Oreochromis niloticus)* es una especie que tiene gran importancia dentro de la acuicultura por ser una excelente producción de proteína animal en aguas tropicales y subtropicales dentro de todo el mundo, particularmente en los países en desarrollo ya que su cultivo, es uno de los más difundidos, la rentabilidad puede ser alta o baja según el sistema de producción que se emplee. (CONAPESCA, 2017).es perteneciente al reino animalia, del filo chordata, orden Actinopterygii, familia Cichlidae, género Oreochromis y de la especie Oreochromis niloticus. (Alcantar, 2014) Actualmente México se encuentra en el noveno lugar de producción de tilapia a nivel mundial, lo que representa para México el 94.3% de la pesquería nacional de la especie. Las principales entidades productoras del país son Jalisco, Chiapas, Sinaloa, Nayarit, Michoacán, Veracruz, Tabasco e Hidalgo. (SIAP, 2025). El agua de efluente acuícola aporta gran cantidad de nutrientes como altos porcentajes de Ca, Na, K y N; con un pH de 7.7, los cuales son esenciales para la agricultura y el suelo. Por lo tanto, el uso de esta agua permitirá regar y fertilizar sin inconvenientes gran parte de los cultivos. (CONAPESCA, 2021). Dentro del Instituto Tecnológico de Roque se encuentra un sistema intensivo de producción de tilapia que cuenta con 6 estanques de geomembrana, cuya fuente de agua proviene del pozo institucional. La nutrición y cuidado de los peces, además del monitoreo de los parámetros climáticos y de la calidad del agua de los estanques son las actividades esenciales que se deben llevar a cabo para lograr tener un buen funcionamiento del sistema. Al hacer recambio cada tercer día se pierden cientos de litros de agua con un alto contenido de residuos nitrogenados, lo cual es un problema dentro de la unidad, pues no es aprovechado, por lo cual, el objetivo del presente trabajo fue usar el agua de efluente acuícola como fuente de nutrientes para el cultivo de brócoli y coliflor para así poder determinar si es viable el

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó dentro del área acuícola ubicada dentro del Tecnológico Nacional de México, Campus Roque (TecNM Roque), ubicado en el kilómetro 8, carretera Juventino Rosas-Celaya, dentro del estado de Guanajuato México, 20.5791° N, -100.8285° O.

Se empleó un diseño experimental que constó de un diseño de bloques completamente al azar con 5 tratamientos empleados y 3 repeticiones, del cual se evaluaron tres variables: Altura de planta (AP), Diámetro de tallo (DT), Longitud de tallo (LT) en ambos cultivos.

Cuadro 1. Tratamientos evaluados en el desarrollo de coliflor y brócoli.

Abreviación	Descripción del tratamiento
Trat. 1	100% agua de pozo
Trat. 2	75% agua de pozo, 25% agua de efluente acuícola.
Trat. 3	50% agua de pozo, 50% agua de efluente acuícola.
Trat. 4	25% agua de pozo, 75% agua de efluente acuícola.
Trat. 5	100% agua de efluente acuícola.

Para el experimento se registraron 3 variables, las cuales fueron Altura de planta (AP), Longitud de tallo (LT) y Diámetro de tallo (DT), las cuales fueron evaluadas en 5 fechas diferentes que fueron: Día 0 o día de trasplante, día 20, día 40 y día 80 después de trasplante, en cada toma de datos nos percatamos que tuvimos diferencias significativas en ambos cultivos.

Se realizó análisis de varianza para observar el efecto de los tratamientos, fechas, cultivos y de las interacciones entre los factores estudiados. Se realizaron pruebas de medias (DMS $P \leq 0.05$) para detectar diferencias entre niveles de los factores de variación. Los datos se analizaron estadísticamente con el programa SAS 9.4 (SAS Institute, 2022).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de los parámetros evaluados se encuentran dentro del cuadro 2, en el cual se puede observar que se obtuvo una diferencia significativa en las cuales obtuvimos un (DMS $P \leq 0.01$). Dentro del apartado de tratamientos podemos observar que no tenemos una diferencia significativa, dentro de la interacción Fecha x tratamiento nuevamente no encontramos una diferencia significativa

Para la variable en el cultivo de brócoli se muestra una diferencia significativa entre las fechas evaluadas, destacando la fecha numero 5 donde los valores obtenidos oscilan entre 26.70 mm mostrando diferencias significativas con las otras fechas lo cual era muy predecible ya que el crecimiento de las plantas fue exponencial, sin embargo, el crecimiento que muestra la fecha 3 y la fecha 5 es cuatro veces mayor que en la fecha tres, lo cual puede atribuirse a que existe mayor asimilación de nutrientes del agua de efluente acuícola. Para Lt se muestra una diferencia significativa entre nuestras fechas evaluadas, de las cuales se observa que la fecha número 5 en la cual nuestros valores obtenidos oscilan hasta los 7.5 centímetros, mostrando una diferencia muy notable con respecto a nuestras otras fechas de evaluación, de las cuales en nuestras 3 primeras fechas no tuvieron una diferencia significativa, hasta la fecha 4 en la cual el valor obtenido ronda los 5.6 centímetros , era un resultado predecible ya que el crecimiento de la planta fue totalmente exponencial, el crecimiento de que muestra la fecha 1 y la fecha 5 es 3 veces mayor, lo cual se puede atribuir a que la planta asimiló de mejor manera los nutrientes que se obtienen del agua de efluente acuícola. Para AP se puede observar que dentro de las primeras 2 fechas de evaluación no se obtuvo alguna diferencia significativa, si no hasta nuestra fecha 3 en la cual nuestro valor obtenido oscila hasta los 28.86 centímetros, para nuestra fecha

4 nuevamente obtuvimos diferencia significativa en la cual nuestro valor osciló a 48.24 centímetros y finalmente para nuestra fecha numero 5 obtuvimos la mayor diferencia con un valor que oscila hasta los 54.16, un valor 4 veces más alto con respecto a nuestra fecha 1. Todos nuestros coeficientes de variación nos dieron valores menores a 20,

En DT el cultivo de coliflor se muestra diferencia significativa entre las fechas evaluadas, destacando la fecha numero 5 donde los valores obtenidos oscilan entre 21.45 mm mostrando diferencias significativas con las otras fechas lo cual era muy predecible ya que el crecimiento de las plantas fue exponencial, resultado totalmente predecible ya que la planta aprovecho de mejor manera los nutrientes que el agua de efluente acuícola aporta. Por otro lado, LT se muestra diferencia significativa entre las fechas evaluadas de las cuales destaca nuestra fecha número 5 en la que es valor oscila los 4.88 centímetros, mostrando diferencia respecto, respecto a las demás fechas de evaluación. Si bien, para AP se observaron diferencias significativas dentro de las 5 fechas de evaluación, comenzando con 9.83 centímetros en la fecha 1 y terminando con 52.74 centímetros en nuestra fecha 5.

Cuadro 2. Cuadrados medios del ANAVA de diámetro y longitud de tallo, de planta en brócoli.

FV	DTBR	LTBR	APBR	DTCO	LTCO	APCO
Fecha (Fech)	1751.623579**	67.6788113**	5578.83792**	857.130749**	26.1768667**	4553.84220**
Tratamientos Trat	13.978662*	0.9968713	117.97283**	2.191195	0.1645900	15.85326
Fech*Trat	4.415534	2.7449397**	41.12559	3.860284	0.5338692**	21.58429
Error	3.303331	0.3731867	12.50984	1.863480	0.1146107	9.88105
C.V. (%)	16.1	13.8	11.2	11.9	12.7	10.4

FV = Fuente de variación, gl = grados de libertad, ** = Diferencia altamente significativa (P ≤ 0.01), ** = Diferencia estadística significativa (P ≤ 0.05), ns = No existe diferencia significativa estadística (P ≥ 0.05), CV (%) = Coeficiente de variación; gl = grados de libertad

Cuadro 3. Valores promedios (DMS α 0.05) para fechas de diámetro, longitud y altura de tallo en planta en brócoli (*Brassica oleracea)* y coliflor *(Brassica oleracea var. Botrytis*).

FV	DTBR		LTBR		APBR		DTCO		LTCO		APCO	
Fecha												
5	26.70	a	7.5	a	54.16	a	21.45	a	4.88	a	52.74	a
4	18.30	b	5.06	b	48.24	b	13.98	b	2.31	b	41.42	b
3	6.29	c	3.39	c	28.86	c	13.88	b	2.31	b	28.86	c
2	3.03	d	3.06	c	12.99	d	5.55	c	1.34	c	17.40	d
1	1.95	d	2.66	c	12.93	d	2.43	d	2.43	b	9.83	e

Los valores en la misma columna con la misma letra son estadísticamente iguales.

En el cuadro 4 se muestran los resultados del cual destaca el tratamiento número 3, se puede observar cómo en nuestras 3 variables de ambos cultivos se tuvo un mayor resultado tanto en diámetro de tallo como en longitud de tallo y altura de planta. De esta manera podemos decir que al aplicar 50% agua de efluente hídrico y 50% agua de pozo se obtienen buenos resultados, ya que la carga nitrogenada que contiene el agua de

efluente hídrico nos aporta los nutrientes necesarios para que nuestro cultivo se desarrolle de la mejor manera, sin dejar de lado que se obtiene un ahorro significativo tanto en agua de pozo como de recurso monetario al ahorrarnos el uso de fertilizantes y químicos.

Cuadro 4. Valores promedios (DMS α 0.05) para tratamientos de diámetro de tallo, longitud de tallo y altura de planta en brócoli (*Brassica oleracea)* y coliflor *(Brassica oleracea var. Botrytis*).

Tratamiento	DTBR		LTBR		APBR		DTCO		LTCO		APCO	
3	12.32	a	4.39	a	34.48	a	11.20	a	2.55	a	30.20	a
2	11.89	ab	4.68	a	31.11	ab	11.79	a	2.68	a	31.21	a
5	11.35	ab	4.08	a	32.78	a	11.87	a	2.83	a	28.63	a
1	10.90	ab	4.22	a	26.95	b	11.47	a	2.61	a	30.09	a
4	9.82	b	4.62	a	31.84	a	10.97	a	2.61	a	29.81	a

Los valores en la misma columna con la misma letra son estadísticamente iguales.

CONCLUSIONES

El uso de efluente hídrico dentro de cultivos de campo resulta una opción altamente eficiente, ya que obtenemos mejores resultados en el crecimiento y desarrollo de ambas crucíferas empleadas destacando la aplicación de un riego con una mezcla equilibrada de 50% de agua de pozo y 50% de agua del efluente hídrico de criadero de tilapia, dicho tratamiento proporcionó los resultados más destacables con crecimiento significativos de AT, DT, se puede emplear como fuente importante de nutrientes para el cultivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acosta-Zamora, D., Macías-Carranza, V., Mendoza-Espinosa, L., & Cabello-Pasini, A. (2013). Efecto de las aguas residuales tratadas.

Quirónsalud. (2020, mayo 24). El brócoli. Quirónsalud.

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (s. f.). Brócoli, un alimento de gran valor. Gobierno de México.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (s. f.). Qué te gustaría saber. FAO.

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2018, febrero 22). Coliflor, una deliciosa hortaliza de temporada. Gobierno de México.

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2019, agosto 21). Acuaponia: una alternativa sustentable para producir plantas y peces. Gobierno de México.