TecNM/Roque, Celaya, Guanajuato, 12-14 mayo 2025 ISSN 2448-6620

APROVECHAMIENTO DE AGUA DE CRIADERO DE TILAPIA (*oreochromis niloticus*) COMO FERTILIZANTE ORGÁNICO

César Cristóbal Huerta[1]; Berenice Rivera Cortez[2]; Mabiel Reyes Fuentes; Daniel Rodríguez Mercado[3]; Erika Cañada Coyote[3].

[1]Ingeniero en Innovación Agrícola Sustentable. TecNM-Roque, Celaya, Guanajuato, México; [2]Profesora-Investigadora TecNM-Roque, Celaya, Guanajuato, México; Autor de correspondencia: berenice.rc@roque.tecnm.mx [3]Profesor-Investigador TecNM-Roque, Celaya, Guanajuato, México; [3]Profesor-Investigador TecNM-Roque; Celaya, Guanajuato, México, [3]Profesora-Investigadora TecNM-Roque; Celaya, Guanajuato, México C.P 38110.

RESUMEN

En el Instituto Tecnológico de Roque se estableció y se desarrolla un sistema intensivo de producción de tilapia. La limpieza de los estanques es fundamental para el buen desarrollo de los peces; sin embargo, al desecharse el agua residual de los estanques se pierden cientos de litros de agua con alto contenido de residuos nitrogenados lo cual es un problema dentro de la unidad; el objetivo fue aprovechar esa agua de los estanques como fuente de fertilizante orgánico; cuyo propósito es evaluar el uso de esta agua en el cultivo de acelga *(Beta vulgaris subsp).* El experimento consistió en 3 tratamientos y 1 testigo con 2 repeticiones respectivamente: T1 (100% agua de pez), T2 (50% agua de pez), T3 (producto orgánico de algas marinas) y T4 (testigo). Las variables de medición fueron altura y peso de planta, ancho y largo de hoja. Los datos fueron analizados en el programa estadístico SAS 9.0 con el cual se obtuvieron los análisis de varianza y prueba de medias correspondientes demostrando diferencias significativas entre los tratamientos, siendo el tratamiento 2 (50% agua de criadero de tilapia) el de mayor efectividad seguido del tratamiento 3 (producto orgánico) el tratamiento 1 (100% agua de criadero de tilapia). Estos resultados indican que el agua de criaderos de tilapia es viable para la producción del cultivo de acelga y puede ser utilizada como fertilizante orgánico debido a su contenido óptimo de amonio y nitrato además de aportar micronutrientes como lo son sodio, azufre, calcio y magnesio.

Palabras clave: *Amonio, Nitrato, Micronutrientes, orgánico, Acelga, Acuacultura.*

ABSTRAC

The Roque Technological Institute operates an intensive tilapia production system. Pond cleaning is essential for healthy fish development. However, when wastewater is disposed of, hundreds of liters of water with a high nitrogenous waste content are lost, which is a problem within the unit. The objective was to utilize this pond water as a source of organic fertilizer, evaluating the use of this water in the cultivation of chard (Beta vulgaris subsp.).

TecNM/Roque, Celaya, Guanajuato, 12-14 mayo 2025 ISSN 2448-6620

The experiment consisted of three treatments and one control, with two replicates, respectively: T1 (100% fish water), T2 (50% fish water), T3 (organic seaweed product), and T4 (control). The variables measured were plant height and weight, leaf width, and leaf length. The data were analyzed in the statistical program SAS 9.0 with which the analysis of variance and corresponding means test were obtained, demonstrating significant differences between treatments, with treatment 2 (50% tilapia hatchery water) being the most effective, followed by treatment 3 (organic product) and treatment 1 (100% tilapia hatchery water). These results indicate that tilapia hatchery water is viable for the production of chard crops and can be used as an organic fertilizer due to its optimal content of ammonium and nitrate in addition to providing micronutrients such as sodium, sulfur, calcium and magnesium.
Keywords: *Ammonium, Nitrate, micronutrients organic, Chard, Aquaculture.*

INTRODUCCIÓN

En el Instituto Tecnológico de Roque se estableció y se desarrolla un sistema intensivo de producción de tilapia que cuenta con dos estanques circulares de geomembrana ubicados dentro de un invernadero cuya fuente de agua proviene del pozo de la institución. La nutrición y cuidado de los peces además del monitoreo de los parámetros climáticos y de la calidad de agua del estanque son las actividades esenciales que se deben cumplir para mantener en excelente funcionamiento el sistema.

El pH, el nivel de oxígeno y temperatura del agua son parámetros determinantes para conservar un buen ambiente de desarrollo para el crecimiento la tilapia; sin embargo, la turbidez es esencial para la salud de los peces pues según Ramírez *et al*. (2012), la turbidez puede ser ocasionado por micropartículas sólidas que forman sobre la superficie del agua en suspensiones coloidales. El efecto primario que ocasionan las partículas en suspensión es sobre las branquias causando lesiones que son puerta de entrada a infecciones por patógenos, pero además impide la libre penetración de la luz solar, reduce la productividad natural (fitoplancton) del estanque y por lo tanto del alimento disponible para las tilapias. Por ello los altos niveles de turbidez el agua debe desecharse para volver incorporar agua limpia.

El desechó del agua residual de los estanques, se pierden cientos de litros de agua con alto contenido de residuos nitrogenados lo cual es un problema dentro de la unidad pues estos solo son arrojados a una zanja en donde se evaporan o se filtran al subsuelo; una alternativa consiste en aprovechar el agua de los estanques como fuente de fertilizante orgánico para el cultivo de acelga (*Beta vulgaris*) y así dar un segundo uso a lo que ya no funciona para

TecNM/Roque, Celaya, Guanajuato, 12-14 mayo 2025 ISSN 2448-6620

la acuicultura pero sería esencial para la agricultura. Según Castro *et al*. (2021), las aguas residuales provenientes del criadero de tilapia aportan gran cantidad de nutrientes como altos porcentajes de Ca, Na, K y N, un pH de 7.7 los cuales son esenciales para la agricultura y el suelo. Por lo tanto, el uso de esta agua permitiría regar y fertilizar varios tipos de cultivos.

Los beneficios que trae consigo el aprovechamiento de las aguas residuales del sistema de producción de tilapia en el uso agrícola radican en el ahorro de fertilizantes nitrogenados, reducción de agentes químicos residuales arrojados al medio ambiente, reutilización del agua y mayor limpieza de estanques que permitan un saludable hábitat para el desarrollo de la tilapia. Con ello se obtendría un sistema sustentable, completo y ecológico que permita no solo producir carne, sino también productos agrícolas de mejor calidad y con menor cantidad de agroquímicos, lo cual beneficiaria a la economía del productor, la salud del consumidor, a la preservación del medio ambiente y el fortalecimiento de la cultura ambiental. Se planteó como objetivo fue la reutilización del agua del criadero de tilapia con presencia de fuentes de fertilización nitrogenada.

MATERIALES Y MÉTODOS

El sistema intensivo de producción de tilapia cuenta con dos estanques de menores dimensiones de forma circular de recubierto con geomembrana (8.5 m^3) y cuatro 4 estanques grandes (20.8 m^3). Para el desarrollo del trabajo se empleó un estanque chico con 60 peces y dos grandes con 500 y 600 peces respectivamente. Los estanques están ubicados dentro de un invernadero cuya fuente de agua proviene del pozo de la institución.

Para el control de los niveles de amoniaco y residuos sólidos, a los estanques se realizaron recambios a cada uno tres veces por semana. Un recambio consiste en vaciar parte del agua del estanque mediante un sistema de drenaje por gravedad, los residuos sólidos precipitados en el fondo al poner a nivel del suelo una tubería invertida que permite el paso del agua, la cual cae a una zanja en donde se deposita para su almacenamiento.

En una semana se desechan 6793. 5 L de agua al realizar tres recambios necesarios para la limpieza de los estanques funcionales, de esta cantidad de agua solo se aprovechan 200- 300 litros para compostaje, el resto se pierde por lixiviación en la zanja, perdiéndose cientos de litros de agua ricos en nutrientes fertilizantes, principalmente nitrógeno, por ello el presente mediante esta reutilización del agua se pretende aprovechar el agua para riego y aprovechar la fertilización orgánica desechada de la crianza de la tilapia, evitar el desperdicio del agua y unificar el sistema acuícola con el agrícola para evitar el agotamiento de los recursos naturales. El experimento

TecNM/Roque, Celaya, Guanajuato, 12-14 mayo 2025 ISSN 2448-6620

se estableció con 3 tratamientos y 1 testigo los cuales corresponden a una conformación respectiva de agua del estanque de tilapia, producto orgánico y agua de pozo para su posterior evaluación y comparación (Cuadro 1).

Cuadro 1. Diseño de tratamientos para la evalución de agua de desecho del crecimiento de tilapia.

Tratamiento1 (T1)	Tratamiento 2(T2)	Tratamiento 3 (T3)	Testigo (T4)
100% Fertilización agua de estanque + microelementos	50% Fertilización con agua de estanque + microelementos	Fertilización con producto orgánico + microelementos	Microelementos

El diseño experimental propuesto fue en bloques completos al azar (DCA) conformado por 3 tratamientos y 1 testigo con 2 repeticiones para cada uno obteniendo un total de 8 unidades experimentales. La obtención de los datos se hizo en la primera cosecha y las variables evaluadas fueron:

Altura de planta: El parámetro establecido para la evaluación de los tratamientos es altura de planta, para ello se muestrearon de cinco plantas de cada unidad experimental, se midió desde la base del tallo hasta el ápice de hoja.
Peso de planta: Se seleccionaron cinco plantas de cada unidad experimental, se pesó en una báscula digital de cocina marca Gutstark, pesando la parte aérea.
Largo de hoja: Se tomaron cinco plantas de cada unidad experimental, midiendo en el haz de la hoja la parte más ancha de su margen.
Ancho de hoja: Se tomaron cinco plantas de cada repetición para su análisis correspondiente. El proceso se realizó midiendo desde la base del tallo hasta el punto más alto de la hoja, se usó una sola hoja al azar por planta.

Para determinar la composición química, propiedades físicas y fertilizantes para el uso agrícola del agua de los estanques de tilapia, las características del suelo en donde se sembraría y los componentes de la composta añadida, se realizaron los análisis pertinentes para su estudio y toma de decisiones en cuanto a riego y fertilización del cultivo. Las muestras fueron llevadas al laboratorio de análisis de suelos, agua y plantas (LASAP) del TecNM-Roque

Se extrajo una muestra de un litro para cada uno de los 3 estanques en funcionamiento, para ello se agitó el agua del estanque para que se mezclara homogéneamente los sólidos en suspensión y obtener un muestreo uniforme. Se identificó cada una de las tres muestras con el número de estanque, para la muestra de suelo se excavó en una cepa con una pala de piquete, a una profundidad de 15 cm y luego de 30 cm obteniendo un kg total de muestra de

ambos horizontes. El suelo extraído fue puesto a secarse en un ambiente de sombra por 6 horas y se mezcló para homogeneizar la muestra.

Este proceso se llevó a cabo para el suelo de las camas biointensivas y para una parcela adyacente a la unidad de producción de tilapia, esto último para efectos comparativos de así requerirse; la identificación de las 2 muestras fue en base a donde fueron extraídas. En el caso de la composta se tomaron pequeñas muestras a modo de cinco de oros bajo la técnica recomendad por AGRARPROJEKT (2020) que recomienda tomar submuestras de por lo menos cinco lugares y en cada lugar se toman 3 muestras a diferentes profundidades (cerca de la superficie, cerca del centro y en el centro) y colocarlas en un contenedor. Se repitió este proceso en cada uno de los puntos de muestreo, cuando haya tomado todas las submuestras, se mezcló bien el material en el contenedor, de la mezcla homogenizada se tomó 1 kg que constituye la muestra para enviar al laboratorio con su respectiva identificación. Se evitó la exposición de la muestra al sol y a altas temperaturas.

La siembra se realizó a los 15 días de preparación del suelo, la semilla de acelga (*Beta vulgaris)* fue de la variedad Blanca de la marca Hortaflor. La semilla se sembró de forma directa a una profundidad de 2 cm, a una distancia de 10 cm entre semilla y 30 cm entre surco, la siembra de la semilla fue sin compactar el suelo y facilitar la emergencia de la plántula, el riego fue a capacidad de campo para la germinación. Se instaló un sistema de riego por goteo, por su eficiencia y ahorro de agua que ofrece esta alternativa, además de un mayor control en a la aplicación de agua de estanque de tilapia a los tratamientos correspondientes.

El sistema consta de 2 estanques de almacenamiento, uno de 200 litros para agua de tilapia el cual está en constante aeración por una bomba de acuario para eliminar patógenos y proliferar bacterias nitrificantes; con un gasto de 3000 L/h y otro de 1000 litros que contiene únicamente agua de pozo. Estos tanques se conectan mediante una manguera de ¾ de pulgada y reductores a un tubín de ½ pulgada cuyo paso de agua se regula mediante micro válvulas de 5/8 de pulgada especial para riego por goteo. Un tubin de ½ pulgada recibe el agua de los estanques haciendo la función de tubería principal para abastecer a 4 distribuidores con 2 salidas conformadas por micro válvulas que regulan la salida de agua a las cintillas de riego de 10 cm entre emisores y 0.5 L/h de gasto, las cuales abastecen cada surco de la cama o unidad experimental.

La determinación para el riego se realizaron cálculos previos del agua consumida por el cultivo según su etapa vegetativa y las condiciones climáticas de evapotranspiración de la región cuyo datos los proporcionó la estación

TecNM/Roque, Celaya, Guanajuato, 12-14 mayo 2025 ISSN 2448-6620

climatológica del instituto (Cuadro 2); también el agua que puede almacenar el suelo en base sus características físicas que arroja el análisis de suelo, con lo cual obtenemos una lámina de riego que al dividirse por el agua que consume el cultivo se obtiene la frecuencia de riego. El tiempo de riego se calculó conociendo la demanda de agua en el área a regar y dividiéndola entre el suministro del sistema de riego que depende del número de emisores, la eficiencia y el gasto de cada uno.

Cuadro 2. Parámetros climáticos del cultivo para cálculos de riego.

Parámetros	Inicial	Desarrollo	Final	Unidad
Consumo semanal	25	50	40	mm-l/m^2
Consumo al día	3.5714	7.1428	5.7142	mm-l/m^2
Kc	0.39	1.017	0.82	constante
Evapotranspiración (EvTanque)	9	7.022	6.964	mm-l/m^2

Para determinar la cantidad de nutrientes a suministrar al cultivo de acelga (*Beta vulgaris)*, se necesitó conocer las necesidades del cultivo en base a la extracción por ciclo, el aporte de los fertilizantes y el aporte del suelo (Sánchez, 2020) para el caso del proyecto fue el agua de tilapia y producto orgánico de algas marinas. Se hizo especial énfasis en el N (nitrógeno), pues el K (potasio) se encuentra en niveles óptimos en el suelo y el P (fosforo) se satisface la demanda con las aplicaciones de producto orgánico y la composta que se agregó en la preparación del suelo.

Se hizo la programación de la fertilización para el ciclo del cultivo, se hicieron los ajustes necesarios para una mayor practicidad y eficiencia en estos según su etapa vegetativa procurando mantener siempre un aporte de nutrientes suficiente para el cultivo según sus necesidades en la etapa de desarrollo en la que se encuentre y el tratamiento que le corresponde.

Se emplearon plantas aromáticas como lo son ruda, menta y romero, ya que sus propiedades repelentes permiten hacer un control biológico preventivo. Se plantaron dos plantas aromáticas por especie y por cama para cubrir de forma más eficiente el área de cultivo y así conseguir repeler los insectos plaga. Para mejorar el control de plagas se hicieron dos aplicaciones por semana de extracto de neem, ajo, chile, clavo de olor mezclado con vinagre. La dosis fue de 40 ml de producto en dos litros de agua. Las plagas que se presentaron fue mosquita blanca (*Aleyrodidae*), vaquita de San Antonio (*Diabrotica speciosa*), chapulín (*Sphenarium purpurascens*) y hormigas (*Formicidae*) y coleópteros causando daños a las hojas del cultivo.

TecNM/Roque, Celaya, Guanajuato, 12-14 mayo 2025 ISSN 2448-6620

Los datos obtenidos de las variables de estudio altura y peso de planta, ancho y largo de hoja se analizaron con el programa estadístico SAS versión 9.0, con los resultados arrojados se realizaron las tablas correspondientes de análisis de varianza y prueba de comparación de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El cuadro de análisis de varianza para cada una de las variables de estudio (Cuadro 3), muestra que sí existen diferencias significativas entre cada uno de los tratamientos para altura de planta, ancho de hoja y largo de hoja, además de que sus coeficientes de variación son confiables; por otra parte, la variable peso de planta no mostró diferencias significativas y su coeficiente de variación es muy elevado.

Cuadro 3. ANAVA de variables agronómicas del cultivo de acelga aplicando agua de riego del criadero de Tilapia.

FV	gl	Altura	Ancho	Largo	Peso
Tratamiento	3	67.61*	8.16*	58.10*	0.018ns
Error	8	10.87	1.5	6.00	0.006
CV (%)		5.75	5.77	7.47	17.5

ns= No significativo. * Significativo, ** Altamente significativo, Nivel de significancia (α=0.05), FV (Fuente de variación), gl (Grados de libertad), CV (Coeficiente de variación)

La prueba de comparación de medias (Cuadro 4) muestra las diferencias estadísticas entre los tratamientos establecidos en cada variable de estudio, estos valores fueron obtenidos mediante la prueba del rango estudentizado (Tukey al 5%). Las variables de altura de planta, ancho de hoja y largo de hoja presentaron diferencias estadísticas entre las medias de los tratamientos, mientras que la variable peso se mantuvo sin diferencias estadísticas.

Cuadro 4. Comparación de valores medios para las variables de crecimiento, en el estudio del agua residual de criadero de tilapia en cultivo de acelga.

Tratamiento	Altura	Ancho de hoja	Largo de hoja	Peso
2:50% A.C.T + micros	63.4a	23ª	36.8a	0.568a
3: P.O+ micros	58.2ab	22.2ª	36.3a	0.496a
1:100%A.C.T+ micros	55.7ab	19.8b	29.7b	0.453a
4: Testigo (micros)	52.1b	19.8b	28.3b	0.382a

Medias con la misma letra no difieren estadísticamente. A.C.T (agua de criadero de tilapia), P.O (producto orgánico), T(testigo), micros (microelementos).

TecNM/Roque, Celaya, Guanajuato, 12-14 mayo 2025 ISSN 2448-6620

CONCLUSIONES

Se acepta la hipótesis alternativa donde agua de criadero de tilapia es viable para la producción del cultivo de acelga (Beta vulgaris) y puede ser utilizada como fertilizante orgánico.

Los resultados del empleo del agua de criadero de tilapia fueron notorios, desde el inicio del desarrollo, plantas fueron más vigorosas, altas y con mejor color, en comparación con las que se fertilizaron con el producto orgánico y el testigo.

El uso de agua del criadero de tilapia es una alternativa ante los fertilizantes químicos más costosos y contaminantes, lo que lo convierte en una opción más conveniente, sustentable y redituable para el productor con un sistema de producción acuícola y aprovechase en un sistema agrícola.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aldana FJ (2024). Monitoreo de plagas y enfermedades en berries. Tesis, Instituto Tecnológico de Tlajomulco, Tlajomulco de Zúñiga.

Leal-Mendoza AIEG (2023). Análisis multivariado de suelos irrigados con aguas residuales de la acuicultura. Agronomía Mesoamérica, 14.

Brenes ML (2017). Estudio de tres biofertilizantes y agua residual de crianza de tilapia sobre el crecimiento del cultivo de tomate. UNA. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria.

Castellanos, J. (2021). PROAIN. Recuperado el 2024, de Frecuencia y tiempos de riego para los cultivos agrícolas: https://proain.com/blogs/notas-tecnicas/frecuencia-y-tiempos-de-riego-para-los-cultivos-agricolas?srsltid=Afm BOooG6h T1yml0PT6tnLfWr5yUyl5Nyi3H-pZ6rStPQImGthwkR--r

Elias RC (2022). Efecto de abonos foliares en el cultivo de acelga (Beta vulgaris L. var. Cicla) en sistema hidropónico con la técnica de la película de. Facultad de Ciencias Agrarias. Húanuco: UHV.

INFOAGRO (2024). El cultivo de acelga. Obtenido de https://www.infoagro.com/hortalizas/acelga.asp

Javier MJ; Ruiz VGD (2024). Producción de acelga (*Beta vulgaris* var. cicla L.) en sistemas hidropónicos y acuapónicos. Ecosistemas y recursos agropecuarios, 17. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-90282024000100013

Martinell AL (2022). Diagnóstico de la acuacultura en México. FMCN. Mexico: Barbara Castellano Rafful.

Medrano RE (2022). Efecto de abonos foliares en el cultivo de acelga en sistema hidropónico. Universidad Nacional Emilio Valdizan. Huanuco, Perú: UNEV.

TecNM/Roque, Celaya, Guanajuato, 12-14 mayo 2025 ISSN 2448-6620

Avendaño MM; Díaz KM (2019). Evaluación de uso de agua residual del cultivo de tilapia como una alternativa productiva en el riego del cultivo de maíz. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Nicaragua.

Velazco JM (2024). Producción de acelga (*Beta vulgaris* var. cicla L.) en sistemas hidropónicos y acuapónicos. ERA, 17