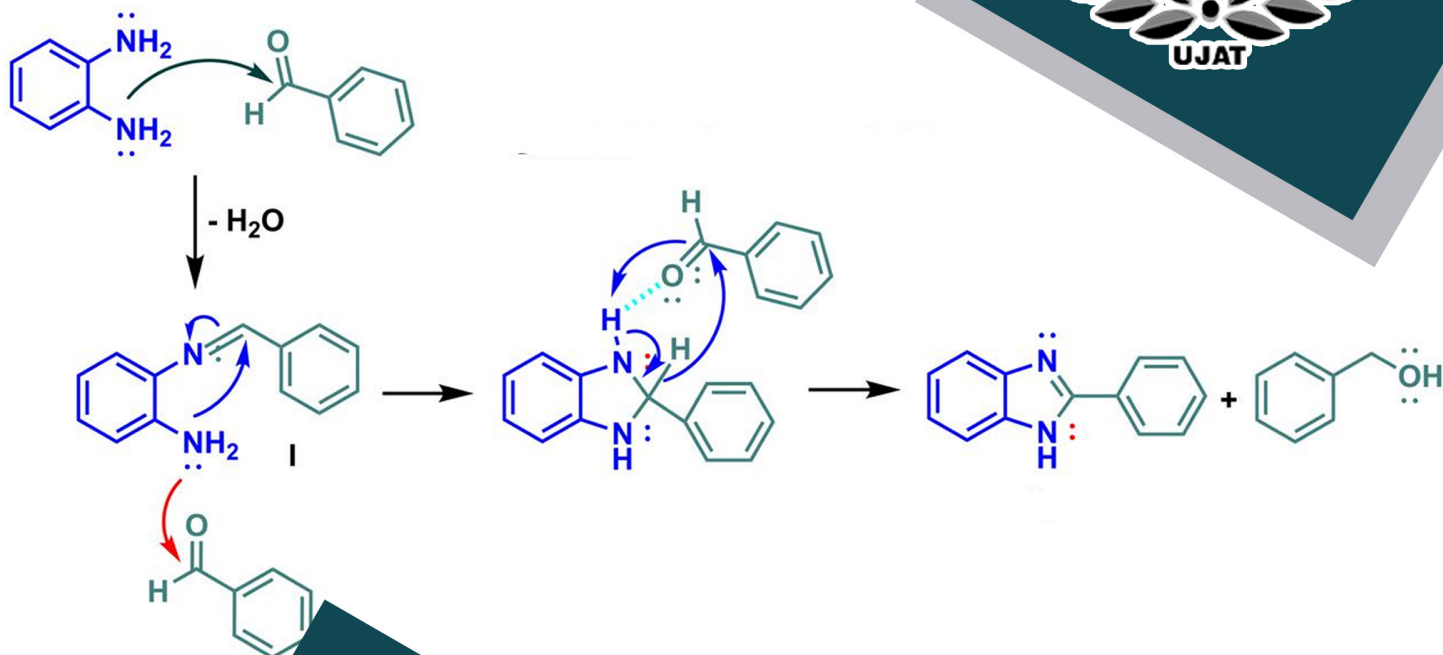




UJAT

UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO

“ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE”



JOBS

Journal of Basic Sciences

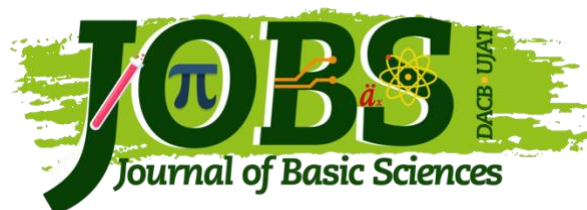
DACB • UJAT

Volúmen 12
Número 33
enero-abril 2026

ISSN:2448-4997
<https://revistajobs.ujat.mx>

OPEN ACCESS





En este número del Journal of Basic Sciences, se reúne un conjunto de resultados de investigaciones que, abarcando diversas áreas del conocimiento, presentan un punto de convergencia dado por la búsqueda de soluciones a diversos desafíos de nuestra realidad actual.

De esta forma, en el estudio sobre la gamificación sobre la enseñanza de las matemáticas, se presenta un acercamiento hacia la inclusión educativa, ya que se demuestra que mediante el uso adecuado de herramientas lúdicas y digitales es posible reducir la ansiedad y potenciar la autonomía en estudiantes con necesidades educativas especiales; señalando que la transformación de las aulas, hacia sitios en donde se fomente la participación activa de los estudiantes, se facilita enormemente mediante la aplicación adecuada de este tipo de estrategias.

En otro orden de ideas, la segunda contribución presenta una metodología basada en el principio de la química verde para la síntesis de benzimidazoles; empleando ultrasonido y aplicando un proceso que elimina el uso de disolventes nocivos, se llega a optimizar el tiempo de reacción, logrando buenos rendimientos. Siguiendo esta tendencia de optimización de procesos y aprovechamiento integral de recursos, en el tercer artículo se analiza el potencial de transformación microbiana del bagazo de malta de cebada; mediante la modificación planteada, se mejora la composición de este subproducto de la industria cervecera, lo que permite su aplicación hacia el desarrollo de alimentos funcionales.

La gestión adecuada del entorno es el tema central de dos contribuciones incluidas en este número. Por un lado, se presenta el uso exitoso de *Sagittaria lancifolia* para efectuar procesos de remediación de aguas residuales agrícolas en Tabasco. Por otro lado, se rescata la dimensión social a través de un estudio cualitativo de memoria ambiental, mediante la recuperación de narrativas locales sobre la erupción del volcán El Chichonal del año 1982, se destaca cómo los habitantes de la comunidad Aquiles Serdán dan significado a los cambios en su paisaje fluvial y agrícola, mostrando un registro de resiliencia que va más allá de los datos geológicos.

Por último, en dos artículos se abordan aspectos relativos a la salud pública y el impacto de contextos críticos. Así, se presenta un análisis sobre la prevalencia de anemia en estudiantes de nuevo ingreso en la UJAT, subrayando la necesidad de mantener una vigilancia epidemiológica constante que coadyuve a asegurar el desarrollo integral de los miembros de la comunidad universitaria. Por último, se incluye un estudio sobre los hábitos de sueño durante el periodo de aislamiento provocado por la pandemia de COVID-19, donde se advierten alteraciones psicológicas persistentes derivadas del confinamiento.

En síntesis, el conjunto de contribuciones que integra este número, ofrece un panorama en donde se muestra cómo la ciencia no solo busca la explicación de fenómenos aislados, sino que la aplicación del conocimiento científico lleva a la articulación de respuestas ante diversas problemáticas, en una búsqueda de una sociedad más sustentable y en equilibrio con su entorno.

DIRECTORIO INSTITUCIONAL

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

Lic. Guillermo Narváez Osorio.
Rector

Dr. Luis Manuel Hernández Govea.
Secretario de Servicios Académicos

Dr. Wilfrido Miguel Contreras Sánchez.
Secretario de Investigación, Posgrado y Vinculación

Dr. Pablo Marín Olán. Director de Difusión,
Divulgación Científica y Tecnológica

Directorio Divisional División Académica de Ciencias Básicas

Dra. Hermicenda Pérez Vidal.
Directora

Dr. Luis Manuel Martínez González.
Coordinador de Investigación

M.C. Abel Cortazar May.
Coordinador de Docencia

L.Q. Esmeralda León Ramos.
Coordinador de Difusión Cultural y Extensión

CONSEJO EDITORIAL

- **Dr. Carlos Ernesto Lobato García.** Editor en Jefe. DACB, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, <https://orcid.org/0000-0003-3734-7780>
- **Dr. Adib Abiu Silahua Pavón.** Gestor Editorial. DACB, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, <https://orcid.org/0000-0001-5344-1430>

COMITÉ EDITORIAL

- **Mtra. Claudia Gisela Vázquez Cruz.** Editora Asociada. Actuaría. DACB, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, <https://orcid.org/0009-0002-1791-5621>
- **Mtra. María Hortensia Almaguer Cantú.** Editora Asociada. Ciencias de la Computación. DACB, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, <https://orcid.org/0009-0007-7839-9014>
- **Dr. José Arnold González Garrido.** Editor Asociado. Ciencias Farmacéuticas. DACB, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. <https://orcid.org/0000-0003-1135-4050>
- **Dr. José Luis Benítez Benítez.** Editor Asociado. Física. DACB, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. <https://orcid.org/0009-0000-0561-5029>
- **Mtro. Guillermo Chávez Hernández.** Editor Asociado. Geofísica. DACB, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, <https://orcid.org/0000-0002-3555-9678>
- **Dra. Addy Margarita Bolívar Cimé.** Editora Asociada. Matemáticas. DACB, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, <https://orcid.org/0000-0002-7342-0888>
- **Dra. Nancy Romero Ceronio.** Editora Asociada. Química. DACB, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, <https://orcid.org/0000-0001-8169-3811>

JOURNAL OF BASIC SCIENCES, Vol. 12, Núm. 33, abril de 2026, es una publicación continua cuatrimestral, editada por la División Académica de Ciencias Básicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Av. Universidad S/N, Zona de la Cultura, Col. Magisterial, C.P. 86040, Villahermosa Tabasco, México. Tel. (+52) (933) 358 1500 Ext. 5040. <https://revistajobs.ujat.mx>. Editor Responsable de la Revista: Carlos Ernesto Lobato García. Reserva de derechos al uso exclusivo 04-2015-052110084000-203, ISSN: 2448-4997, ambos otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Av. Universidad S/N, Zona de la Cultura, Col. Magisterial, Centro, Tabasco. C.P. 86040. Fecha de última actualización, 30 de enero de 2025.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación y de esta Casa Editora.

Las publicaciones respaldadas con el sello editorial de la UJAT no podrán utilizarse para entrenar modelos de IA generativa, a menos de que haya una declaración expresa, tanto de la Universidad como de los autores y/o herederos.

CONTENIDO

	Pág.
Effectiveness of gamification in teaching mathematics to students with special educational needs	1-14
Síntesis de derivados de benzimidazoles (2-aryl-1H-benzo[d]imidazoles) promovida por energía ultrasónica, en ausencia de solventes y catalizadores	15-26
Modificación secuencial del bagazo de cebada mediante ultrasonido e hidrólisis enzimática	27-41
<i>Sagittaria lancifolia</i> en la remoción de DQO y nutrientes de efluentes agrícolas con humedales artificiales de flujo subsuperficial	42-58
Percepciones comunitarias sobre caída de ceniza del volcán El Chichonal en el paisaje fluvial de Aquiles Serdán, Tabasco	59-72
Prevalencia de anemia de universitarios de la unidad Chontalpa-UJAT	73-82
Hábitos de Sueño en Aislamiento Social por la Pandemia de COVID-19	83-91

***Sagittaria lancifolia* en la remoción de DQO y nutrientes de efluentes agrícolas con humedales artificiales de flujo subsuperficial**

***Sagittaria lancifolia* in the removal of COD and nutrients from agricultural effluents using artificial subsurface flow wetlands**

Estrada-Pérez, N.^{1*} , Lopez-Ocaña G.¹ 

¹Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Laboratorio de Tecnología del Agua, División Académica de Ciencias Biológicas, Carretera Villahermosa-Cárdenas Km. 0.5 S/N, Ranchería Emiliano Zapata, 86150 Villahermosa, Tabasco, México.

*estrada.nancy95@gmail.com

Resumen

Los humedales artificiales fijan contaminantes en la superficie del medio de soporte transformando los compuestos por medio de microorganismos logrando tratamientos satisfactorios con bajo consumo de energía y poco mantenimiento. Con el objetivo de remover NO₃⁻, PT y DQO, se trató un afluente agrícola en Tabasco, con concentraciones iniciales de 11.62 mg/L de NO₃⁻, 71.40 mg/L de PT y 4402.20 mg/L de DQO, mediante humedales artificiales de flujo subsuperficial con *Sagittaria lancifolia* (HAFSSI), con 4 días de tiempo de retención y 0.5 m de tirante con grava de ¾". El humedal artificial de flujo subsuperficial Control (HAFSC) alcanzó remociones de 35.6% de NO₃⁻, 81% de PT y 99.7% de DQO y el humedal flujo subsuperficial con *Sagittaria lancifolia* (HAFSSI) removió un 94 % de NO₃⁻, 83.1% de PT y 99.9% de DQO. Esta especie vía humedales artificiales muestra un potencial alto en la fitorremediación de aguas residuales de la industria agropecuaria.

Palabras claves: *Agropecuaria, eficiencia de remoción, Fósforo, Nitrato.*

Abstract

Constructed wetlands fix contaminants on the surface of the support medium by transforming elements through microorganisms, achieving satisfactory treatments with low energy consumption and little maintenance. To remove NO₃⁻, TP and COD, an agricultural effluent in Tabasco was treated, with initial concentrations of 11.62 mg/L of NO₃⁻, 71.40 mg/L of TP and 4402.20 mg/L of COD, using subsurface flow constructed wetlands with *Sagittaria lancifolia*, with 4 days of retention time and 0.5 m of depth with ¾" gravel. The subsurface flow control wetland (HAFSC) achieved removals of 35.6% of NO₃⁻, 81% of TP and 99.78% of COD and the subsurface flow Constructed wetland with *Sagittaria lancifolia* (HAFSSI) removed 99.7% of NO₃⁻, 83.1% of TP and 99.9% of COD. This species via Constructed wetlands shows a high potential in the phytoremediation of wastewater from the agricultural industry.

Keywords: *Agriculture, removal efficiency, Phosphorus, Nitrate.*

Recibido: 18-septiembre-2025, Aceptado: 12-marzo-2026, Publicado: 30-abril-2026

1. Introducción

El aumento acelerado de la población ha incrementado la producción agrícola para satisfacer las altas demandas alimenticias existentes, en consecuencia a esto el sector agrícola se ha convertido en una de las principales fuentes de contaminación de cuerpos de agua, gran parte de los agroquímicos utilizados son

transportados por filtración o por escorrentía superficial según las características hidrogeográficas, en México el 77% de agua dulce es utilizada para riego agrícola (Reyes- Padro, 2022).

El volumen de generación anual de plaguicidas oscila dentro de los 81, 878 toneladas (INEGI, 2019) aunado al estrés hídrico este tipo de aguas residuales tienden a ser descargadas sin tratamiento previo, cuantificado plaguicidas organoclorados, carbamatos y piretroides en niveles superiores a los 10 – 500 µg/L (Calcina-Benique et al., 2022) siendo esto un peligro eminente para la calidad del agua, los organismos que habitan en diversos cuerpos de agua e incluso para la salud humana (Grondona et al., 2022). Los plaguicidas aportan altos niveles de nutrientes como nitrógeno y fósforo, así como materia orgánica biodegradable y no biodegradable, por lo que es recomendable establecer sistemas de tratamiento de aguas que brinden resultados eficientes en la remoción de nutrientes, materia orgánica y metales pesados (Ferat et al., 2020). Dentro de las alternativas se ha observado para el tratamiento de aguas residuales son los humedales artificiales, los cuales son sistemas construidos para manipular los procesos biológicos dentro de un entorno natural semicontrolados, tienen numerosos beneficios como operación y mantenimiento simples, son energéticamente eficientes y rentables proporcionando un hábitat natural en zonas urbanas, en la actualidad su aplicación se extiende para limpiar efluentes industriales, drenajes de minas, lixiviados de vertederos, aguas contaminadas de ríos, lagos y efluentes agrícolas (Pérez et al., 2022).

Los humedales artificiales (HA) se componen por un medio de soporte el cual influye en el movimiento del agua y el crecimiento de plantas, proporcionan el área superficial para que los microorganismos se adhieran y puedan actuar como medio de filtración y adsorción de contaminantes formando una biopelícula y finalmente brindando apoyo a las raíces de las especies (Ji et al., 2022) por otro lado, un elemento importante de los humedales artificiales son las especies las cuales son evaluadas en diferentes zonas geográficas por sus efectos positivos en la eliminación de nutrientes y compuestos orgánicos, las cuales se encuentran en humedales naturales: *C. papyrus*, *P. australis*, *T. latifolia* y *Scirpus sylvaticus*, el rol de estas se presenta en relación con efectos físicos, la fijación de los microorganismos, la evapotranspiración, aislamiento térmico y aspectos estéticos del sistema (Vidanage et al., 2020).

La especie *Sagittaria lancifolia* se ha reportado con alta eficiencia de remoción de color, turbiedad y materia orgánica así como contribuir con la reducción de la Demanda Química de Oxígeno (DQO), siendo una especie versátil adaptada a cualquier flujo en humedales construidos, logrando remociones de hasta un 97% en Sólidos Suspendidos Totales (SST), 94% en Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), 93% en DQO y 99.9 % en coliformes fecales (Jiang y Chui, 2022), teniendo en cuenta estos datos, se implementaron 6 humedales artificiales de flujo subsuperficial, tres con la especie *Sagittaria lancifolia* y tres sin especie para verificar la capacidad de remoción de la especie, donde se evaluó la remoción de Nitratos (NO₃⁻), Fósforo Total (PT) y DQO de afluentes agrícolas.

2. Metodología Experimental

2.1 Localización

La investigación se realizó en la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBIOL) específicamente en el Laboratorio de Tecnología del Agua de la localización en la latitud 17°59'28.06" N y longitud 92°58'26.39" O.

2.3 Diseño y construcción

Se usaron seis HAFS hechos con placas de metal resistente con un volumen de 3 m³, forrado con pintura alquídica en exterior y protegido por un sistema impermeable y membrana textil. Los HA contenían 0,5 m de grava de río con un tamaño entre 2.36 mm y 19 mm para funcionar como soporte para la especie. Para la distribución del efluente agrícola se realizaron instalaciones hidráulicas de PVC de 1" para desplazar el

flujo de una laguna anaerobia con capacidad de 1 m^3 a los humedales. El caudal de diseño por estanque fue de $0.2 \text{ m}^3/\text{día}$, con un tiempo de retención hidráulica de 4 días, con el fin de alcanzar 92 % de remoción de la DBO_5 (López et al. 2014). A tres unidades experimentales no se les colocaron especies para que funcionaran como control, posteriormente a tres se les sembró *S. lancifolia*.

2.4 Operación y mantenimiento

El agua tratada fue agua reconstituida de efluentes agrícolas donde principalmente se utilizó pesticidas como el paraquat y mancozeb para la eliminación de plagas, una vez obtenido el efluente agrícola se almacena en una laguna anaerobia que cumple también la función de pretratamiento (eliminación arenas y sólidos voluminosos), alimentando al sistema de tratamiento con tubería hidráulica de PVC conectadas, que direccionan el flujo para repartir a las unidades experimentales (figura 1). El caudal promedio (Q_{med}) de operación es de $0.23 \text{ m}^3/\text{día}$, los HAFS presentaron un tiempo de retención hidráulico (TRH) de 4 días, con una altura del medio de soporte de 0.5 m y una porosidad de $n = 49.99\%$. Posteriormente, el efluente fue descargado en un humedal natural ubicado en la escuela.

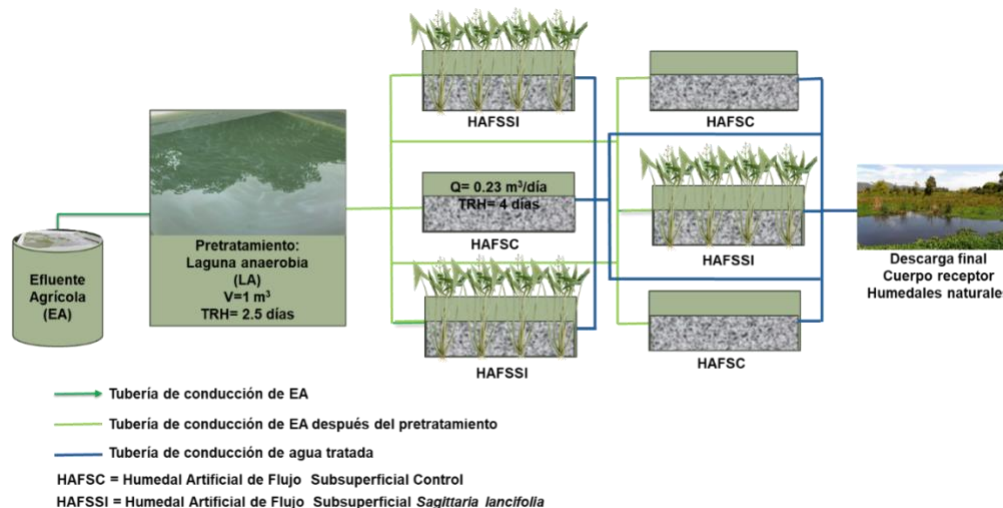


Figura. 1. Diagrama del sistema de tratamiento de aguas agrícolas usando humedales artificiales de flujo subsuperficial con *S. lancifolia* (HAFSSI) y los humedales de control (HAFSC) con sus réplicas. Fuente: Elaboración propia.

2.5 Muestreo siembra y estabilización de las especies

La *S. lancifolia* fue extraída de humedales naturales con presencia de descarga de aguas residuales carretera Villahermosa - Centla ($18^\circ 20.361'N$ y $92^\circ 29.467'O$). Cada ejemplar fue extraído de manera completa y no sólo las flores o los frutos (Nabila et al., 2023). Se colectaron individuos jóvenes, eliminando lodos y materiales adheridos al sistema radicular mediante lavado, fueron colocados en contenedores de 10 L, con agua del medio en el que fueron retiradas las plantas, con la finalidad de evitar el estrés de las plantas durante el traslado. Después de 21 días, las especies comenzaron a crecer, posteriormente se trasplantaron a los HA, distribuyéndolas en tres HA (Figura 1) a continuación, se sembraron 15 plantas por cada reactor, formando cinco filas de tres plantas cada una. El tiempo de adaptación en las unidades experimentales fue de 40 días, después de este periodo se inició la fase de estabilización del humedal la cual duró aproximadamente seis meses y la evaluación del sistema fue realizada después de cumplir el año de su periodo de estabilización.

2.6 Caracterización de aguas residuales

El muestreo se realizó durante 10 semanas durante los meses de febrero y abril del 2024. Este se realizó durante cuatro días de la semana (40 muestras). Se monitorearon 8 puntos de muestreos, una del efluente agrícola, una de la laguna anaerobia y seis de los HA teniendo un total de 320 muestras simples, a las cuales se les determinó los parámetros de control como pH, temperatura, sólidos disueltos totales (SDT) y conductividad eléctrica (CE) medidos con un multiparamétrico (HI 9828, Hanna InstrumentMR, EUA), además de turbiedad y color determinados por un turbidímetro LaMotteMR (Modelo TC3000we, métodos EPA 180,1 y SM 2120B, Rumania). En el caso del PT y NO_3^- se determinaron una vez por semana; analizando un total de 100 muestras. Para determinar el NO_3^- , se realizó según el método SM4500 NO_3^- La técnica de luz ultravioleta (UV) (4500- NO_3^- B), que mide la absorbancia de NO_3^- a 220 nm, es adecuada para el cribado de aguas contaminadas. Para determinar PT se utilizó el método SM4500-P, la DQO se determinó mediante el método USEPA 410,4 y fue medida con el equipo Hanna® HI839800-01.

2.7 Diseño experimental

Teniendo en cuenta que los datos no cumplieron con los postulados de normalidad y homocedasticidad, se empleó la prueba de Kruskal-Wallis seguida de Bonferroni para identificar diferencias significativas entre puntos de muestreos, las pruebas y los gráficos se realizaron software STATGRAPHICS CENTURION® v19,0, utilizando un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. Teniendo en cuenta a los tres tratamientos procedentes de un factor tres HAFSC Control sin especies y tres HAFSSI (*Sagittaria lancifolia*).

2.8 Eficiencia de remoción

Para calcular la eficiencia de remoción de los tratamientos se presenta la siguiente ecuación, donde η representa la eficiencia de remoción en %, C1 la concentración del afluente de aguas residuales y C2 la concentración del efluente de aguas residuales (Lin X et al. 2003).

$$\eta = \frac{C_1 - C_2}{C_1} * 100 \dots\dots\dots(1)$$

2.9 Cinética de degradación.

Se obtuvo que el comportamiento de las aguas residuales es una reacción cinética de primer orden, la tasa de degradación k (DQO, NO_3^- y PT) se estimó con la siguiente ecuación, para así poder determinar el coeficiente cinético (Crites y Tchobanoglous, 2000; López-Ocaña et al. 2019).

$$k_0 = \ln \frac{C_n}{C_0} \dots\dots\dots(2)$$

Donde C_n = concentración del efluente, C_0 = concentración de afluente, τ = tiempo de retención, k_0 = constante de degradación. Una vez evaluadas las concentraciones se procede a realizar los gráficos de los coeficientes en el Excel 2024.

3. Resultados

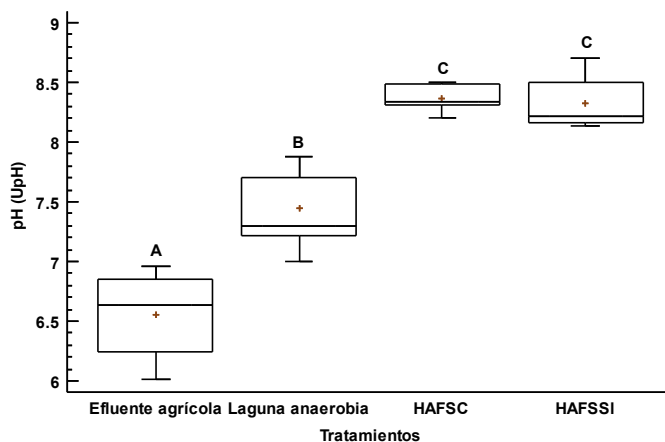
3.1 Características de la calidad del agua

Un agua residual de índole agrícola tiende a presentar características fisicoquímicas similares a las que se presentan en la presente investigación, en ocasiones llegan a tener un pH De 6.4 UpH, concentraciones de DQO por encima de los 4000 mg/L, NO_3^- que superan los 20 mg/L incluso altas concentraciones de PT mayores a 80 mg/L (Córdova et al., 2021).

Tabla 1. Valores promedio (\pm DE) en los efluentes de las unidades de tratamiento (N=40).

Parámetros	Efluente agrícola		Laguna anaerobia		HAFSC		HAFSSI	
	<i>X</i>	<i>DE</i>	<i>X</i>	<i>DE</i>	<i>X</i>	<i>DE</i>	<i>X</i>	<i>DE</i>
pH (UpH)	6.8	0.4	7.5	0.3	8.3	0.4	8.3	5.0
Temperatura (°C)	22.1	0.3	25.0	0.2	24.8	0.1	21.2	0.1
SDT (ppm)	730.7	17.7	659.2	15.7	434.5	20.5	322.1	119.2
CE (mS/cm)	1464.7	42.2	1265.7	31.3	864.1	49.1	640.9	237.7
Color (UC)	2841.9	558.1	2564.5	26.4	310.7	66.5	170.0	131.4
Turbiedad (UNT)	35.9	8.5	33.6	0.8	3.6	0.4	1.7	1.5
DQO (mg/L)	4420.0	276.6	4125.1	29.7	9.6	6.5	2.54	0.7
NO ₃ ⁻ (mg/L)	11.6	7.5	10.6	0.2	6.8	1.5	0.5	0.1
PT (mg/L)	71.4	12.0	68.3	2.8	12.4	1.4	11.08	0.3

En cuanto al comportamiento del Potencial de Hidrogeno (pH), la prueba de Kruskal-Wallis mostró diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las medianas de los tratamientos evaluados con un nivel de 95,0% de confianza. El valor mediano de pH más bajo se encontró en el Efluente agrícola con $6.6 \pm (Q_1= 6.2, Q_3= 6.8)$ UpH, seguido de la laguna anaerobia con $7.3 \pm (Q_1= 7.2, Q_3= 7.7)$ UpH, para el tratamiento Control se tiene $8.3 \pm (Q_1= 8.3, Q_3= 8.4)$ UpH y finalmente el valor mediano más alto se reportó en el tratamiento HAFSSI con $8.2 \pm (Q_1= 8.1, Q_3= 8.5)$ (Figura 2).

**Figura 2.** Valores medianos (\pm RI) para la variable pH (UpH) (N = 40).

Para el parámetro de temperatura se encontró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,009$). El tratamiento HAFSSI presentó el valor promedio con desviación estándar más bajo con 21.2 ± 0.4 °C, seguido del efluente agrícola con 22.1 ± 0.4 °C, la laguna anaerobia presentó 22.5 ± 0.3 °C y el valor medio más alto se observó en el HAFSC donde se presentaron 26.2 ± 0.8 °C (Figura 3).

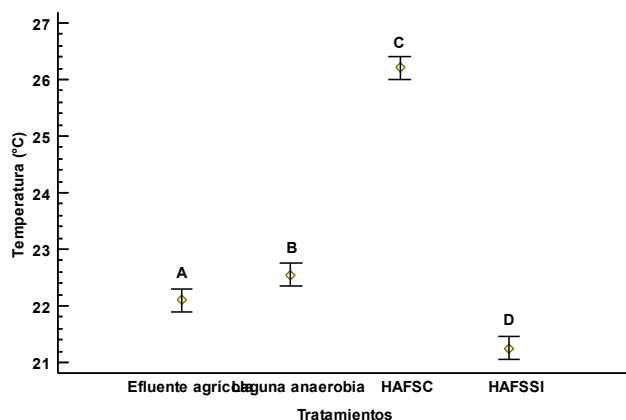


Figura 3. Valores medianos (\pm RI) para la variable Temperatura ($^{\circ}$ C) (N = 40).

Los sólidos disueltos totales (SDT) mostraron en la prueba de Kruskal-Wallis diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las medianas de los tratamientos evaluados con un nivel de 95,0% de confianza. El valor mediano de SDT más bajo se encontró en el tratamiento HAFSSI con $322.1 \pm (Q_1= 323, Q_3= 333)$ ppm, seguido el HAFSC con $434.5 \pm (Q_1= 298, Q_3= 522)$ ppm, para la laguna anaerobia se tiene $627.5 \pm (Q_1= 616, Q_3= 639)$ ppm y finalmente el valor mediano más alto se reportó en el efluente agrícola con $730 \pm (Q_1= 713, Q_3= 746)$ ppm (Figura 4).

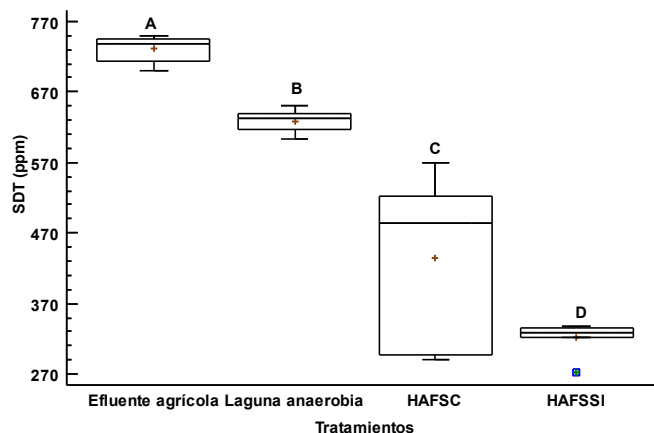


Figura 4. Valores medianos (\pm RI) para la variable SDT (ppm) (N = 40).

En cuanto al comportamiento del Conductividad eléctrica (CE), la prueba de Kruskal-Wallis mostró diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las medianas de los tratamientos evaluados con un nivel de 95,0% de confianza. El valor mediano de CE más bajo se encontró en el tratamiento HAFSSI con $659 \pm (Q_1= 651, Q_3= 655)$ mS/cm, seguido del tratamiento HAFSC con $954 \pm (Q_1= 588, Q_3= 1042)$ mS/cm, para la laguna anaerobia se tiene $1247 \pm (Q_1= 1217, Q_3= 1280)$ mS/cm y finalmente el valor mediano más alto se reportó en el efluente agrícola con $1470 \pm (Q_1= 1425, Q_3= 1496)$ mS/cm (Figura 5).

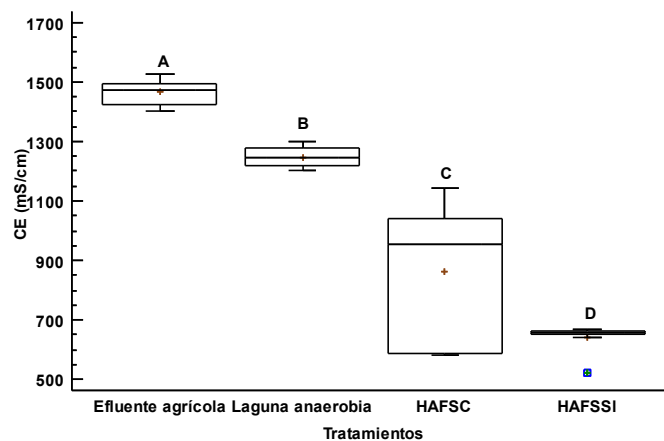


Figura. 5. Valores medianos (\pm RI) para la variable CE (mS/cm) (N = 40).

Para el Color la prueba de Kruskal-Wallis mostró diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las medianas de los tratamientos evaluados con un nivel de 95,0% de confianza. El valor mediano de color más bajo se encontró en el tratamiento HAFSSI con $169 \pm (Q_1= 111, Q_3= 179)$ UC, seguido del tratamiento HAFSC con $397 \pm (Q_1= 157, Q_3= 423)$ UC, para la laguna anaerobia se tiene $3160 \pm (Q_1= 3141, Q_3= 3191)$ UC y finalmente el valor mediano más alto se reportó en el efluente agrícola con $3040 \pm (Q_1= 2432, Q_3= 3441)$ UC (Figura 6).

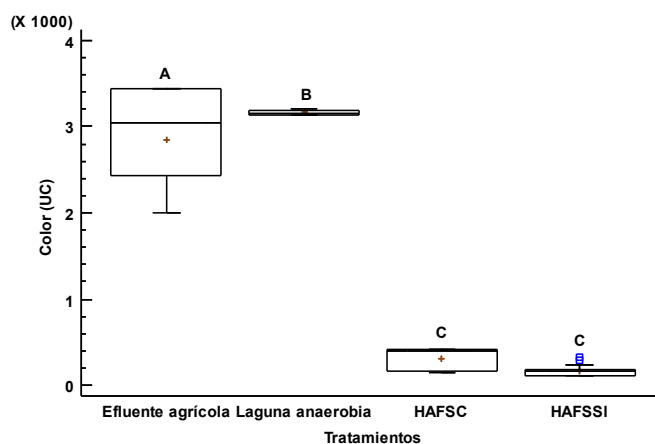


Figura. 6. Valores medianos (\pm RI) para la variable Color (UC) (N = 40).

La turbiedad mostro en la prueba de Kruskal-Wallis diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las medianas de los tratamientos evaluados con un nivel de 95,0% de confianza. El valor mediano de turbiedad más bajo se encontró en el tratamiento HAFSSI con $1.8 \pm (Q_1= 1.3, Q_3= 2.2)$ UNT, seguido el HAFSC con $4 \pm (Q_1= 1.9, Q_3= 4.1)$ UNT, para la laguna anaerobia se tiene $37.6 \pm (Q_1= 36.2, Q_3= 38.5)$ UNT y finalmente el valor mediano más alto se reportó en el efluente agrícola con $41.5 \pm (Q_1= 30.8, Q_3= 42.6)$ UNT (Figura 7).

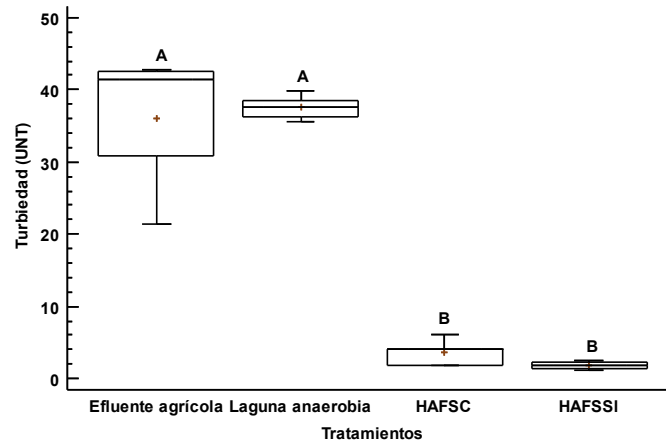


Figura. 7. Valores medianos (\pm RI) para la variable Turbiedad (UNT) (N = 40).

Para la demanda química de oxígeno (DQO) la prueba de Kruskal-Wallis mostró diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las medianas de los tratamientos evaluados con un nivel de 95,0% de confianza. El valor mediano de DQO más bajo se encontró en el tratamiento HAFSC con $2.6 \pm (Q_1= 1.8, Q_3= 2.8)$ mg/L, seguido el HAFSSI con $11 \pm (Q_1= 4, Q_3= 11)$ mg/L, para la laguna anaerobia se tiene $4171 \pm (Q_1= 4151, Q_3= 4209)$ mg/L y finalmente el valor mediano más alto se reportó en el efluente agrícola con $4336 \pm (Q_1= 4332, Q_3= 4569)$ mg/L (Figura 8).

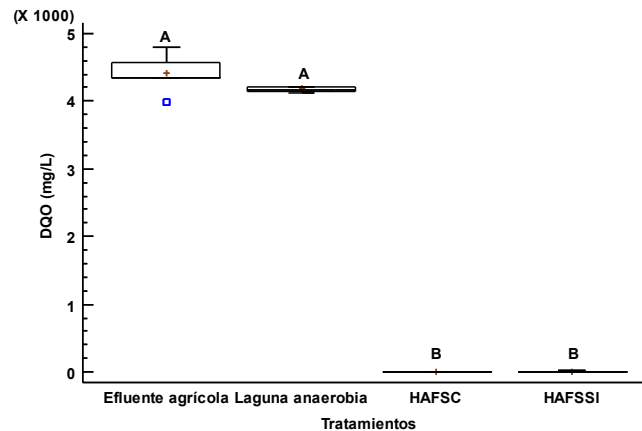


Figura. 8. Valores medianos (\pm RI) para la variable DQO (mg/L) (N = 40).

En cuanto al comportamiento del Nitrato (NO_3^-), la prueba de Kruskal-Wallis mostró diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las medianas de los tratamientos evaluados con un nivel de 95,0% de confianza. El valor mediano de NO_3^- más bajo se encontró en el tratamiento HAFSSI con $0.6 \pm (Q_1= 0.4, Q_3= 0.7)$ mg/L, seguido el HAFSC con $6.1 \pm (Q_1= 5.9, Q_3= 8.6)$ mg/L, para la laguna anaerobia se tiene $10.67 \pm (Q_1= 10.4, Q_3= 10.7)$ mg/L y finalmente el valor mediano más alto se reportó en el efluente agrícola con $10.1 \pm (Q_1= 4.4, Q_3= 15.6)$ mg/L (Figura 9).

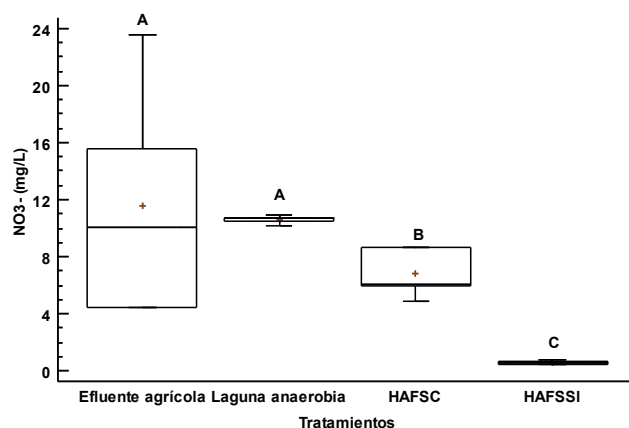


Figura. 9. Valores medianos (\pm RI) para la variable NO_3^- (mg/L) (N = 40).

El fósforo total (PT) demostró en la prueba de Kruskal-Wallis diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las medianas de los tratamientos evaluados con un nivel de 95,0% de confianza. El valor mediano de PT más bajo se encontró en el tratamiento HAFSSI con $11.2 \pm (Q_1= 10.9, Q_3= 11.3)$ mg/L, seguido el HAFSC con $11.6 \pm (Q_1= 11, Q_3= 13.7)$ mg/L, para la laguna anaerobia se tiene $64.5 \pm (Q_1= 63, Q_3= 68)$ mg/L y finalmente el valor mediano más alto se reportó en el efluente agrícola con $65 \pm (Q_1= 60, Q_3= 84)$ mg/L (Figura 10).

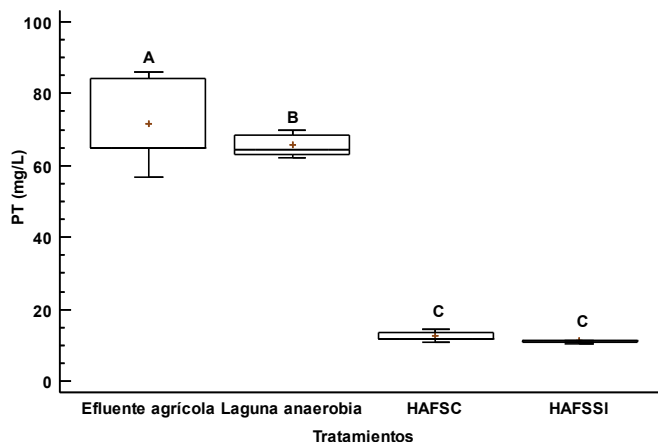


Figura. 10. Valores medianos (\pm RI) para la variable PT (mg/L) (N = 40).

3.2 Eficiencia de remoción

Las eficiencias de remoción de los parámetros evaluados se muestran en la Tabla 2. El humedal artificial de flujo subsuperficial Control (HAFSC) alcanzó remociones de 35.6% de NO_3^- , 81% de PT y 99.7% de DQO y el humedal flujo subsuperficial con *Sagittaria lancifolia* (HAFSC) removió un 94 % de NO_3^- , 83.1% de PT y 99.9% de DQO, mostrando que la especie evaluada tiene un alto nivel de adsorción de nutrientes y degradación de metales (Mancilla-Villa et al., 2022).

Tabla 2. Eficiencia de remoción de parámetros en los diferentes tratamientos (N=40).

Parámetros	Laguna anaerobia (ER%)	HAFSC (ER%)	HAFSSI (ER%)
SDT (ppm)	14.1	30.7	48.6
CE (mS/cm)	14.8	30.7	48.6
Color (UC)	-11.4	90.1	94.6
Turbiedad (UNT)	72.2	63.1	82.2
DQO (mg/L)	5.1	99.7	99.9
NO ₃ ⁻ (mg/L)	8.9	35.6	94.4
PT (mg/L)	8.2	81	83.1

3.3 Cinética de degradación

Para los coeficientes cinéticos (k) de DQO, NO₃⁻ y PT se estimaron con un TRH de 4 días, la temperatura promedio del agua presento comportamiento de 24.88°C para el HAFSC y 21.25°C para el HAFSSI, teniendo una constante (k) para DQO de 1.85 días⁻¹ y 1.52 días⁻¹ respectivamente (figura 11), una constante cinética (k) para NO₃⁻ de 0.11 días⁻¹ y 0.72 días⁻¹ respectivamente (figura 12) y una constante cinética (k) para PT de 0.42 días⁻¹ y 0.44 días⁻¹ respectivamente (figura 13), con los resultados obtenidos se observó una mejor tasa de degradación en el HAFSSI.

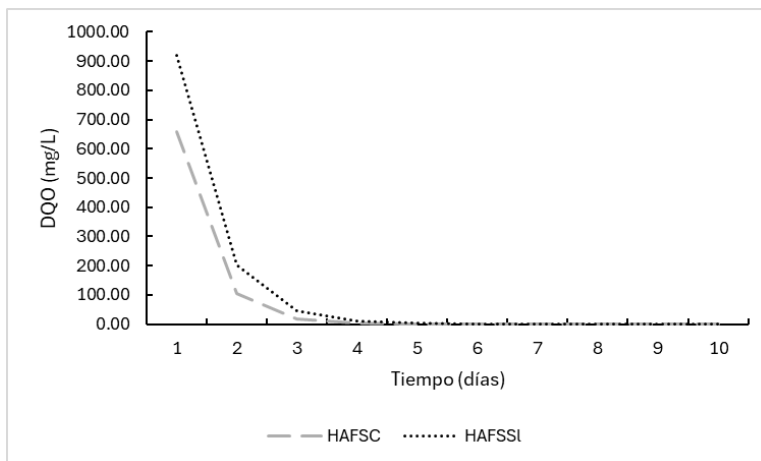


Figura. 11. Coeficiente cinético k (días⁻¹) para DQO en cada uno de los tratamientos, HAFSC con $k= 1.85$ y HAFSSI con $k= 1.52$.

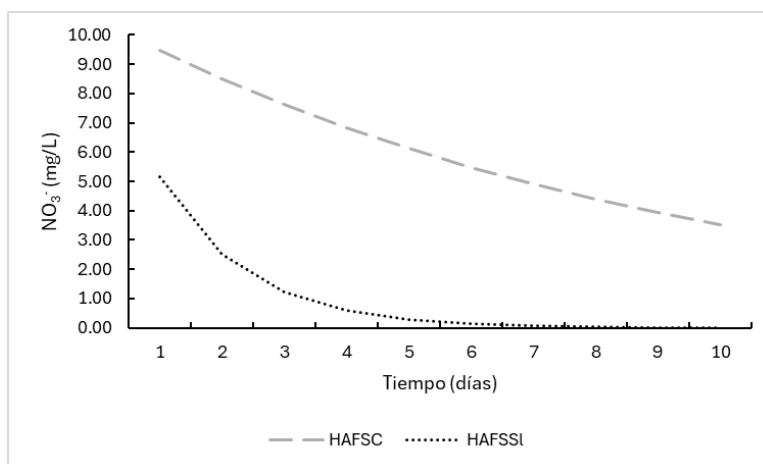


Figura. 12. Coeficiente cinético k (días⁻¹) para NO_3^- en cada uno de los tratamientos, HAFSC con $k=0.11$ y HAFSSI con $k=0.72$.

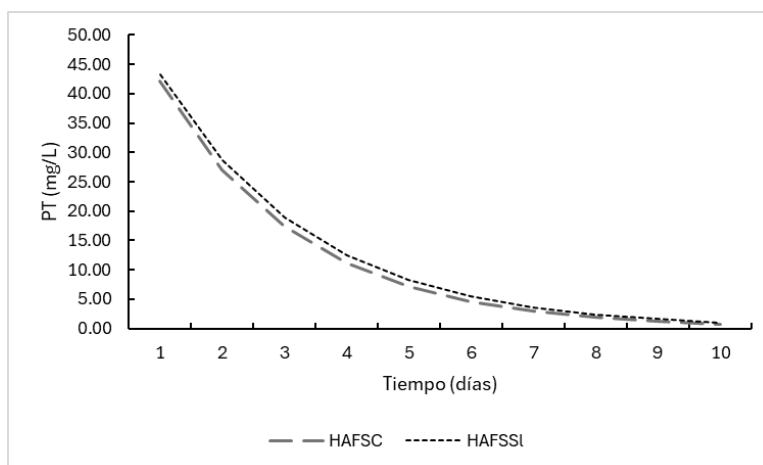


Figura. 13. Coeficiente cinético k (días⁻¹) para PT en cada uno de los tratamientos, HAFSC con $k=0.42$ y HAFSSI con $k=0.44$.

3.4 Característica de las especies

En la tabla 3 se observa el efecto de la *Sagittaria lancifolia* en su etapa de evaluación en donde se presentan datos de características morfológicas de la especie, teniendo un crecimiento notable sin embargo no hubo una propagación de esta especie debido a la disponibilidad de agua, ya que al ser un flujo subsuperficial carece de cierto volumen de agua, teniendo en cuenta las condiciones ambientales y a la tolerancia de los contaminantes presentes en el efluente agrícola (Flores et al., 2023).

Tabla 3. Comportamiento de las especies en el periodo de febrero – abril 2024.

Parámetros	Etapa inicial	Etapa final
N° de plantas	15	16
Masa de planta (kg)	2.9 ± 0.2	4 ± 0.4
Largo de tallo (cm)	52 ± 6.4	85.5 ± 7.3
Diámetro de tallo (cm)	18.7 ± 0.5	19.6 ± 0.2
N° de hojas (cm)	4 ± 0	4.5 ± 0.6
Largo de hojas (cm)	23 ± 0.3	23.9 ± 0.2
Ancho de hojas (cm)	12.8 ± 0.2	13.4 ± 0.1
Largo de raíz (cm)	15 ± 0	27 ± 0
Biomasa total (kg)	59.5 ± 2.5	102.5 ± 1.3
Humedad (%)		120 ± 2.8

4. Discusiones

La temperatura tiende a ser uno de los valores más importantes en los procesos donde intervienen sistemas biológicos, en los humedales se encuentra limitada la capacidad de remoción de contaminantes por factores ambientales, teniendo en cuenta que las reacciones bióticas tienden a ser mayores a temperaturas bajas (18 °C) que a temperaturas altas (35 °C), sin embargo se tiene en cuenta la influencia de los flujos de entrada así como la concentración de contaminantes determinado así temperaturas optimas de temperatura (Mora-Orozco et al., 2020), los tratamientos presentaron temperaturas de 21.5°C (HAFSC) y 24.88°C (HAFSSI) las cuales permiten una desnitrificación ayudando a las especies a la remover los nitritos.

El comportamiento promedio del pH de los tratamientos HAFSC (8.33 UpH) y HAFSSI (8.36 UpH), a comparación del pH inicial de 6.56 UpH siendo levemente alcalino lo cual puede llegar a ser perjudicial al disminuir los nutrientes necesario y dispensables para las plantas así como delimitar el oxígeno disponible para los organismos presentes generando estrés y afectando la tasa de crecimiento y supervivencia (Sierra et al., 2025) teniendo un pH por debajo de 9 UpH en los tratamientos se garantiza el crecimiento de plantas y actividad microbiana.

En los efluentes agrícolas los SDT miden la cantidad de minerales, sales y materia orgánica disuelta en el agua, niveles altos pueden dañar la capacidad de adsorción de nutrientes de las plantas y sobre todo la calidad del agua, según recomendaciones secundarias de la EPA (2025) las descargas de aguas superiores a los 1000 ppm indican presencia de iones tóxicos (Arciniega et al., 2024) sin embargo en los tratamientos con concentraciones promedio de 434.53 ppm (HAFSC) y 322.13 ppm (HAFSSI) se determina que las descargas de aguas residuales se encuentran libres de iones tóxicos para el cuerpo receptor.

Los tratamientos presentaron concentraciones promedio de CE por debajo de 800 mS/cm, se ha comprobado en trabajo anteriores que una alta concentración de CE puede ocasionar acumulación de sales en plantas lo que puede ser perjudicial en su crecimiento teniendo en cuenta un nivel de tolerancia de <800 mS/cm, considerándose no fitotóxica para las especies y organismos existentes (González et al., 2022).

McCalla et al., (2022) hallaron eficiencias de color y turbiedad en humedales artificiales con *Ceriodaphnia dubia*, *Hyaella azteca* y *Chironomus dilutus* para el tratamiento de aguas provenientes de una región agrícola en donde se obtuvieron eficiencias de remoción de 90% para turbiedad y 89% para color, siendo la *Sagittaria lancifolia* más de eficiente en la remoción de color (94.6%) y menos eficiente en turbiedad (82.2%) sin embargo, no son datos que causen efectos negativos en los sistemas de tratamientos.

Las eficiencias de remoción obtenidas para DQO, NO_3^- y PT con *Sagittaria lancifolia* es similar a los obtenidos con *Phragmites australis*, y *Typha latifolia* en humedales artificiales de flujo subsuperficial presentando por Šereš et al. (2021), teniendo concentraciones iniciales de agua de índole agrícola de 7008 ± 322.4 mg/L de DQO, 102.1 ± 17.3 mg/L de NO_3^- y 92.5 ± 2.0 mg/L de PT, al final de cada humedal se presentaron concentraciones de 53.0 ± 42.6 mg/L para DQO, 91.4 ± 6.4 mg/L para NO_3^- y 87.1 ± 13 mg/L para PT, con eficiencias de remoción de 99.4%, 10.48% y 5.84% respectivamente teniendo mejores resultados de remoción la *Sagittaria lancifolia* en cuanto a de NO_3^- y PT con 94.4% y 83.1% respectivamente.

La especie *Cyperus alternifolius* ha demostrado un potencial alto en la degradación de contaminantes en humedales artificiales para aguas de la industria agropecuaria presentando cinéticas de degradación de 2.40 días⁻¹ para DQO, 0.81 días⁻¹ para NO_3^- y 0.61 días⁻¹ para PT (Rahman et al., 2022), esto debido a la mayor complejidad metabólica que presentan los plaguicidas y herbicidas presentes en las aguas agrícolas así como la limitación por condiciones ambientales presente en los experimentos y la competencia de inhibición de actividad microbiana que pueda que pueda ocurrir debido a las características principales de los plaguicidas presentes en el agua, resultados similares se obtuvieron con la *Sagittaria lancifolia* para DQO (1.52 días⁻¹), NO_3^- (0.72 días⁻¹) y PT (0.44 días⁻¹).

5. Conclusiones

Como se puede observar en los resultados obtenidos en el presente trabajo, la especie *Sagittaria lancifolia*, tiene un algo potencial de adsorción de nutrientes, así como la asimilación y degradación de DQO, siendo el tratamiento en conjunto una alternativa sustentable, debido a sus bajos costos, fácil operación y mantenimiento y sobre todo siendo totalmente una tecnología verde lo cual contribuye con la preservación del medio ambiente.

6. Agradecimientos

Agradecemos a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación SECIHTI por otorgarme la beca dentro del periodo comprendido 01 de septiembre del 2022 al 31 de agosto de 2026. Registro No. 1006272. El apoyo otorgado a través de la Beca para Estudios de Doctorado en Ciencias en Ecología y Manejo de Sistemas tropicales. Asimismo, se le agradece al autor: Gaspar López Ocaña por facilidad de las unidades experimentales para llevar a cabo la ejecución de este estudio de humedales artificiales, así como al Laboratorio de Tecnología del Agua de la División Académica de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, por el equipo analítico facilitado en este trabajo.

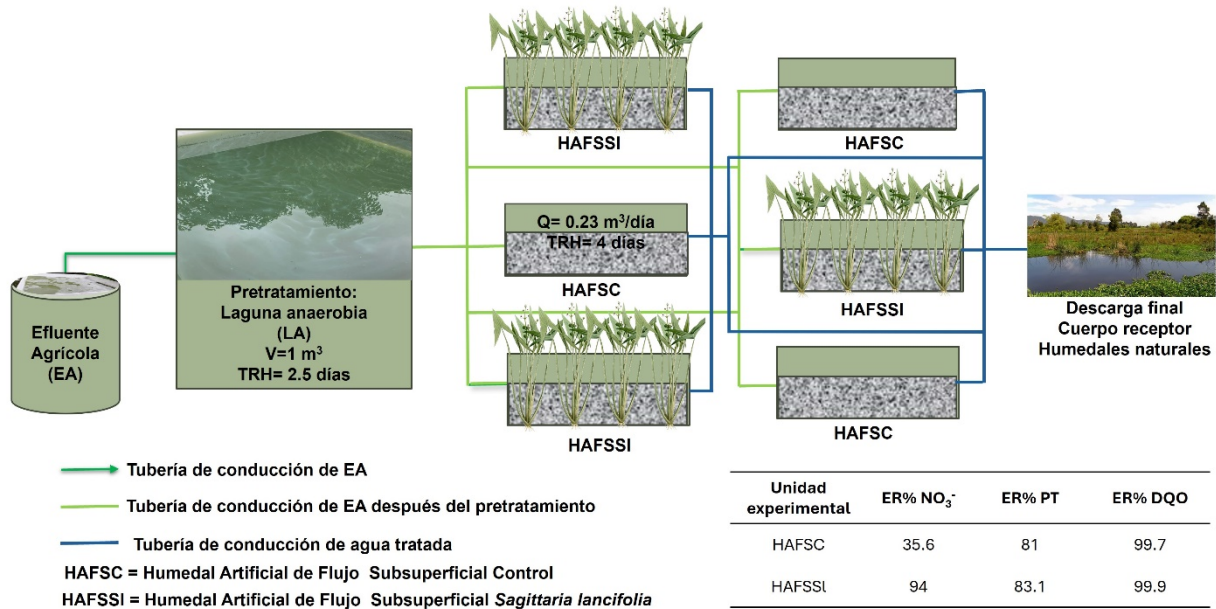
7. Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

8. Declaratoria de uso de inteligencia artificial

Los autores declaran que no han utilizado ninguna aplicación, software, páginas web de inteligencia artificial generativa en la redacción del manuscrito, en el diseño de tablas y figuras, ni en el análisis e interpretación de los datos

9. Resumen grafico



10. Roles de contribución

ROL	AUTORES(AS)
Cocentualización	Nancy Estrada Pérez Gaspar López Ocaña
Curación de datos	Nancy Estrada Pérez Gaspar López Ocaña
Análisis formal	Nancy Estrada Pérez Gaspar López Ocaña
Adquisición de fondos	Nancy Estrada Pérez Gaspar López Ocaña
Investigación	Nancy Estrada Pérez Gaspar López Ocaña
Metodología	Nancy Estrada Pérez Gaspar López Ocaña
Administración del proyecto	Nancy Estrada Pérez Gaspar López Ocaña
Recursos	Nancy Estrada Pérez Gaspar López Ocaña
Software	Nancy Estrada Pérez Gaspar López Ocaña
Supervisión	Nancy Estrada Pérez Gaspar López Ocaña
Validación	Nancy Estrada Pérez Gaspar López Ocaña
Visualización	Nancy Estrada Pérez Gaspar López Ocaña
Escritura-borrador-original	Nancy Estrada Pérez Gaspar López Ocaña
Escritura-revisión-edición	Nancy Estrada Pérez Gaspar López Ocaña

Nota. Taxonomía de roles de contribución (CRediT)

11. Referencias

- [1] Reyes-Prado, Manuel A., Ramírez-Pereda, Blenda, Ramírez, Karina, Huitrón, Víctor González, Rodríguez-Mata, Abraham Efraim, Uriarte Aceves, Perla Marysol, & Amabilis-Sosa, Leonel E. (2022). Recuperación de nutrientes y degradación de materia orgánica de agua residual agrícola por medio de un sistema uv/h2o2 optimizado. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 38, 54236. Epub 09 de noviembre de 2022. <https://doi.org/10.20937/rica.54236>
- [2] Grondona, Sebastián, Massone, Héctor, Gonzalez, Mariana, & Bedmar, Francisco. (2022). Evaluación del peligro de contaminación del agua subterránea en áreas agrícolas. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 38, 54194. Epub 09 de noviembre de 2022. <https://doi.org/10.20937/rica.54194>
- [3] Ferat, M. A., Galaviz Villa, I., & Partida Sedas, S. (2020). Evaluación de nitrógeno y fósforo total en escorrentías agropecuarias en la cuenca baja del río Usumacinta (Tabasco, México). *Ecosistemas*, 29(1), 1879. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1879>

- [4] Pérez, Y. A., García Cortés, D. A., & Jauregui Haza, U. J. (2022). Humedales construidos como alternativa de tratamiento de aguas residuales en zonas urbanas: una revisión: . *Ecosistemas*, 31(1), 2279. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2279>
- [5] Ji, Z., Tang, W., Pei, Y. 2022 Construted wetlands substrates: A review on development, functions mechanisms, and application in contaminants renval. *Chemosphere* 286:131564.
- [6] Vidanage, V.V.D.N.G., Karunarathna, A.K., Alahakoon, A.M.Y.W., Jayawardene, S.M.N. 2020. Development of an Effective and Efficient Integrated Charcoal Filter Constructed Wetland System for Wastewater Treatment. En: Ghosh S., Saha P., Francesco Di M. (eds.), *Recent Trends in Wastewater Treatment and Water Resource Management*, pp. 47-56. Springer, Singapur.
- [7] Jiang, L., Chui, T.F.M. 2022. A review of the application of constructed wetlands (CWs) and their hydraulic, water quality and biological responses to changing hydrological conditions. *Ecological Engineering* 174:106459.
- [8] López Ocaña, G., Torres Balcázar, C.A., Bautista Margulis, R.G., Hernández Barajas, J.R., Gutiérrez Vidal, J.J., de la Cruz Luna, E. y Ferrer Sánchez, M.I., (2014) Diseño de sistemas experimentales de humedales artificiales de flujo libre y subsuperficial. *Perspectiva Científica desde la UJAT*. Editorial UJAT. Tabasco, Mexico., ISBN: 978-607-606-1725, pp. 133–146, 2014. <http://www.archivos.ujat.mx/2014/divulgacion%20cientifica/SDDC2013final.pdf>.
- [9] Nabila, S., Purnamasari, R., Agustina, E., & Irawanto, R. (2023). Assessing the Tolerance of *Sagittaria Lancifolia* (Spear Plant) to Linear Alkylbenzene Sulfonates (LAS) Exposure. *Indonesian Journal Of Biology Education*, 6(1), 28-33. <https://doi.org/10.31002/ijobe.v6i1.583>
- [10] Lin X., L. Chongyu y S. Wensheng. (2003). Treatment of landfill leachate by subsurface-flow constructed wetland: a microcosm test. 3era conferencia internacional y exhibición. *Vetiver y agua*. Guangzhou, República Popular.China. Pp. 222- 230. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=a8d7661c6024a5e3a9a6053ff938b202fc7700c8>
- [11] Crites, R., y G. Tchobanoglous. 2000. *Sistemas de manejo de aguas residuales para núcleos pequeños y descentralizado*. Santafe de Bogota: Mc Graw Hill Interamericana. 151 p. ISBN 9789584100412
- [12] López-Ocaña G., Bautista-Margulis, R.G., Valdés-Manzanilla A., Torres-Balcázar C.A., López-Vidal R., Pérez-Sánchez E. & Pampillón-González L. (2019). Spatial distribution behavior of basic pollutants in a subsurface-flow wetland with *Thalia geniculata*. *Int. J. Environ. Impacts*, Vol. 2, No. 2 (2019) 145–160. DOI: 10.2495/EI-V2-N2-145-160.
- [13] Córdova Mendoza, Pedro, Barrios Mendoza, Teresa Oriole, Córdova Barrios, Isis Cristel, & Navarrete Velarde, Raúl Antonio. (2021). Tratamiento de aguas residuales domesticas mediante reactor anaerobio para la reutilización del efluente en cultivos agrícolas. *Alfa Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinaria*, 5(14), 237-249. Epub 31 de agosto de 2021. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v5i14.114>
- [14] Mancilla-Villa, Oscar Raúl, Gómez-Villaseñor, Larissa, Olguín-Lopez, José Luis, Guevara-Gutiérrez, Rubén Darío, Hernández-Vargas, Omar, Ortega-Escobar, Héctor Manuel, Flores-Magdaleno, Héctor, Can-Chulim, Álvaro, Sánchez-Bernal, Edgar Iván, Cruz-Crespo, Elia, & Palomera-García, Carlos. (2022). Contaminación orgánica por coliformes, Nitrógeno y Fósforo en los ecosistemas acuáticos de la cuenca Ayuquila-Armería, Jalisco, México. *Biotecnia*, 24(1), 5-14. Epub 13 de junio de 2022. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v24i1.1283>
- [15] Flores, A. G., Mancilla, L. E. A., Marquina, R. V., Bahena, H. C., Lases, J. A. V., & Galindo, M. E. B. (2023). Humedales, plantas y comunidades: las hidrófitas y su aprovechamiento en Playa Ventura, Guerrero. *Inventio*, 19(47). <https://doi.org/10.30973/inventio/2023.19.47/3>

- [16] Mora-Orozco, Celia De La, Saucedo-Terán, Rubén Alfonso, González-Acuña, Irma Julieta, Gómez-Rosales, Sergio, & Flores-López, Hugo Ernesto. (2020). Efecto de la temperatura del agua sobre la constante de velocidad de reacción de los contaminantes en un humedal construido para el tratamiento de aguas residuales porcícolas. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 11(Supl. 2), 1-17. Epub 30 de junio de 2020. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11s2.4681>
- [17] Sierra Gaviria, E. F., Fernández Vargas, K. D., Fernández Morantes, C., y Arias Hoyos, A. (2025). Humedales construidos de flujo subsuperficial horizontal como alternativa para la remoción de metales pesados en efluentes de minería aurífera. *Revista Sapientia*, 17(33). <https://doi.org/10.54278/sapientia.v17i33.261>
- [18] Arciniega Galaviz, M. A., Ávila Díaz, J. A., & Hernández Sandoval, P. (2024). Evaluación de un humedal artificial piloto para el tratamiento de aguas residuales domesticas - Fitorremediación con *Eichhornia crassipes*. *Revista Ra Ximhai*, 20(3 Especial), 17–37. <https://doi.org/10.35197/rx.20.03.2024.01.ma>
- [19] González-Pereyra, D., Cisneros-Almazán, R., Cisneros-Pérez, R., Guadiana-Alvarado, Z. A., & Soto-Peña, G. A. (2022). Tratamiento de aguas residuales de la industria galvanoplástica mediante humedales intensificados a nivel microcosmos. *Revista AIDIS De ingeniería Y Ciencias Ambientales: Investigación, Desarrollo Y práctica*, 15(3), 1080–1094. <https://doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2022.15.3.80492>
- [20] McCalla, L. B., Phillips, B. M., Anderson, B. S., Voorhees, J. P., Siegler, K., Faulkenberry, K. R., Goodman, M. C., Deng, X., & Tjeerdema, R. S. (2022b). Effectiveness of a Constructed Wetland with Carbon Filtration in Reducing Pesticides Associated with Agricultural Runoff. *Archives Of Environmental Contamination And Toxicology*, 82(3), 317-329. <https://doi.org/10.1007/s00244-021-00909-0>
- [21] Šereš, M., Innemanová, P., Hnátková, T., Rozkošný, M., Stefanakis, A., Semerád, J., & Cajthaml, T. (2021). Evaluation of Hybrid Constructed Wetland Performance and Reuse of Treated Wastewater in Agricultural Irrigation. *Water*, 13(9), 1165. <https://doi.org/10.3390/w13091165>
- [22] Rahman, D., Priambodo, E., Caturputranto, T., & Wahyudianto, F. (2022). Kinetics of Pollutants Removal in Wetlands Influenced by Retention Time and Number of Plants Using *Cyperus alternifolius*. *Journal Of Ecological Engineering*, 23(12), 37-43. <https://doi.org/10.12911/22998993/154848>