



UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO
DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



**DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE RECIRCULACIÓN PARA
MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA UMA DE TORTUGAS DE
LA DACBIOL.**

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN INGENIERÍA AMBIENTAL

P R E S E N T A

CRISTÓBAL GARCÍA REYES

ASESORES

**DR. EMYR SAÚL PEÑA MARÍN
DRA. CLAUDIA ELENA ZENTENO RUIZ**

VILLAHERMOSA, TABASCO. A 14 DE SEPTIEMBRE DEL 2020

DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE RECIRCULACIÓN PARA MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA UMA DE TORTUGAS DE LA DACBIOL

Por CRISTÓBAL GARCÍA REYES

DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE RECIRCULACIÓN PARA MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA UMA DE TORTUGAS DE LA DACBIOL

INFORME DE ORIGINALIDAD

14%

ÍNDICE DE SIMILITUD

FUENTES PRIMARIAS

1	doaj.org Internet	121 palabras — 2%
2	www.coursehero.com Internet	82 palabras — 1%
3	es.slideshare.net Internet	37 palabras — 1%
4	www.researchgate.net Internet	37 palabras — 1%
5	www.ecuaquimica.com.ec Internet	36 palabras — 1%
6	ojs.unipamplona.edu.co Internet	29 palabras — < 1%
7	hdl.handle.net Internet	26 palabras — < 1%
8	ribuni.uni.edu.ni Internet	23 palabras — < 1%
9	archivos.ujat.mx Internet	19 palabras — < 1%

10	mulpix.com Internet	18 palabras — < 1 %
11	repositoriodigital.ucsc.cl Internet	18 palabras — < 1 %
12	repository.usta.edu.co Internet	16 palabras — < 1 %
13	www.upct.es Internet	16 palabras — < 1 %
14	ecosur.repositorioinstitucional.mx Internet	15 palabras — < 1 %
15	sepultura.semarnat.gob.mx Internet	14 palabras — < 1 %
16	www.slideshare.net Internet	14 palabras — < 1 %
17	repositorio.uncp.edu.pe Internet	13 palabras — < 1 %
18	www.dacbiol.ujat.mx Internet	13 palabras — < 1 %
19	www.ujat.mx Internet	13 palabras — < 1 %
20	consultaspublicas.semarnat.gob.mx Internet	12 palabras — < 1 %
21	sectorenergico.wordpress.com Internet	12 palabras — < 1 %
22	1library.co Internet	11 palabras — < 1 %

23	docplayer.es Internet	11 palabras — < 1 %
24	novedadesdetabasco.com.mx Internet	11 palabras — < 1 %
25	ri.ujat.mx Internet	11 palabras — < 1 %
26	vdocuments.com.br Internet	11 palabras — < 1 %
27	www.regionhuancavelica.gob.pe Internet	11 palabras — < 1 %
28	www.unicef.org Internet	11 palabras — < 1 %
29	youngstersperjeebus.blogspot.com Internet	11 palabras — < 1 %
30	acupuntura-comunitaria.org Internet	10 palabras — < 1 %
31	repositorio.umsa.bo Internet	10 palabras — < 1 %
32	www.fbpesca.org Internet	10 palabras — < 1 %
33	www.repositoriodigital.ipn.mx Internet	10 palabras — < 1 %
34	www.sandc.com Internet	10 palabras — < 1 %
35	catalogo-gy.ucab.edu.ve Internet	9 palabras — < 1 %

36	cienciaspecuarias.inifap.gob.mx Internet	9 palabras — < 1 %
37	dSPACE.esPOCH.edu.ec Internet	9 palabras — < 1 %
38	estadisticas.repositorioinstitucional.buap.mx Internet	9 palabras — < 1 %
39	pdfcookie.com Internet	9 palabras — < 1 %
40	www.aguamarket.cl Internet	9 palabras — < 1 %
41	www.essalud.gob.pe Internet	9 palabras — < 1 %
42	www.revistaetnobiologia.mx Internet	9 palabras — < 1 %
43	www.water-heater.com.tw Internet	9 palabras — < 1 %
44	E Escobar, M López, LA Soto, M Signoret. "Density and biomass of the meiofauna of the upper continental slope in two regions of the Gulf of Mexico", Ciencias Marinas, 1997 Crossref	8 palabras — < 1 %
45	eujournal.org Internet	8 palabras — < 1 %
46	pdffox.com Internet	8 palabras — < 1 %
47	repositorio.imta.mx Internet	8 palabras — < 1 %

48	repositorio.ucv.edu.pe Internet	8 palabras — < 1 %
49	repositorio.unillanos.edu.co Internet	8 palabras — < 1 %
50	repositorio.utmachala.edu.ec Internet	8 palabras — < 1 %
51	repositorioinstitucional.uson.mx Internet	8 palabras — < 1 %
52	ri.uaemex.mx Internet	8 palabras — < 1 %
53	vibdoc.com Internet	8 palabras — < 1 %
54	www.redalyc.org Internet	8 palabras — < 1 %
55	www.scribd.com Internet	8 palabras — < 1 %
56	Yilda Aranza López Pérez. "Uso potencial de la especie vegetal Eichhornia crassipes del humedal artificial de la planta piloto Arturo Pazos", Agua, Saneamiento & Ambiente, 2023 Crossref	6 palabras — < 1 %
57	repositorio.lamolina.edu.pe Internet	6 palabras — < 1 %

EXCLUIR CITAS

ACTIVADO

EXCLUIR FUENTES

DESACTIVADO

EXCLUIR BIBLIOGRAFÍA

ACTIVADO

EXCLUIR COINCIDENCIAS

DESACTIVADO



**UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO**

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



**DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DIRECCIÓN**



JULIO 06 DE 2020

**C. CRISTÓBAL GARCÍA REYES
PAS. DE LA LIC. EN ING. AMBIENTAL
P R E S E N T E**

En virtud de haber cumplido con lo establecido en los Arts. 80 al 85 del Cap. III del Reglamento de titulación de esta Universidad, tengo a bien comunicarle que se les autoriza la impresión de su Trabajo Recepcional, en la Modalidad de Tesis denominado: **"DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE RECIRCULACIÓN PARA MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA UMA DE TORTUGAS DE LA DACBIOL."**, asesorado por Dr. Emyr Saúl Peña Marín sobre el cual sustentará su Examen Profesional, cuyo jurado está integrado por el MIPA. Rocío López Vidal, M. en C. Kenia Laparra Torres, Dr. Emyr Saul Peña Marín, Biol. Casiano Alberto Méndez Sánchez y M. en C. Miguel Ángel Pérez Méndez.

**A T E N T A M E N T E
ESTUDIO EN LA DUDA. ACCION EN LA FE**

**DR. ARTURO GARRIDO MORA
DIRECTOR**

C.c.p.- Expediente del Alumno.
Archivo.

UJAT
DIVISIÓN ACADÉMICA
DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



DIRECCIÓN

CARTA AUTORIZACIÓN

El que suscribe, autoriza por medio del presente escrito a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco para que utilice tanto física como digitalmente el Trabajo Recepcional en la modalidad de Tesis de Licenciatura denominado: **"DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE RECIRCULACIÓN PARA MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA UMA DE TORTUGAS DE LA DACBIOL."**, de la cual soy autor y titular de los Derechos de Autor.

La finalidad del uso por parte de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco el Trabajo Recepcional antes mencionada, será única y exclusivamente para difusión, educación y sin fines de lucro; autorización que se hace de manera enunciativa más no limitativa para subirla a la Red Abierta de Bibliotecas Digitales (RABID) y a cualquier otra red académica con las que la Universidad tenga relación institucional.

Por lo antes manifestado, libero a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco de cualquier reclamación legal que pudiera ejercer respecto al uso y manipulación de la tesis mencionada y para los fines estipulados en éste documento.

Se firma la presente autorización en la ciudad de Villahermosa, Tabasco el Día 06 de Julio de Dos Mil Veinte.

AUTORIZO



CRISTÓBAL GARCÍA REYES

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida, por permitirme disfrutar esta nueva etapa, por brindarme salud, por colocar gente maravillosa en mi camino, pero sobre todo por darme la oportunidad de disfrutar a mi familia.

A mis padres, el Sr. Lázaro García Pérez, que en paz descanse y la Sra. María Teresa Reyes Salvador, por su amor incondicional, su apoyo en todo momento, por los valores inculcados, por todos sus consejos que sin duda alguna me han hecho crecer y disfrutar cada etapa de este viaje llamado vida.

A mis hermanos, por su apoyo y aliento a seguir, cuando mis fuerzas empezaron a flaquear, por sobre llevar y sacar siempre a delante a nuestra madre, por su comprensión.

Al tiempo, por ser sabio y buen consejero por recordarme que los momentos más felices se disfrutan en familia y los tristes se superan con el amor de esta.

A la familia Gerónimo Jacinto, por el gran apoyo incondicional que me brindan, por el aliento a seguir siempre hacia delante, por el amor incondicional que me demuestran, por sus consejos, paciencia y dedicación, por considerarme como un hijo más.

A mis tíos, Andrea García Pérez (mi nana) por sus cuidados, consejos, cariño, amor incondicional y Manuel García Pérez (un beso hasta el cielo) por fungir a veces como un padre, por su amor y paciencia.

A mi mejor amigo, Arturo Zarate por el apoyo desinteresado e incondicional, por impulsarme siempre alcanzar mis metas, por el tiempo que me dedica al escucharme, por sus consejos, por el aliento que me brinda cuando pienso en rendirme.

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Claudia Elena Zenteno Ruiz, por el apoyo brindado durante mi práctica profesional en la UMA de Tortugas, Así como la impartición de su conocimiento durante la realización del proyecto de tesis.

Al Dr. Emyr Saúl Peña Marín, por su apoyo incondicional en la realización de este proyecto, por compartirme su experiencia durante el tiempo de la realización de este trabajo, por sus recomendaciones y consejos para la mejora del proyecto de tesis, por su amistad.

A la MIPA, Rocío López Vidal, a la M. en C. Kenia Laparra Torres, Al Biol. Casiano Alberto Méndez Sánchez, Al M. en C. Miguel Ángel Pérez Méndez por su maravilloso tiempo dedicado en a las revisiones, así como a las contribuciones realizadas durante el desarrollo del proyecto.

A mis amigos de la UMA de Tortugas CICEA, Gustavo Enrique Luna de la Cruz, Glenda Ruíz Morales, Yaneth López Valencia, David Antonio Pérez Santamand, Amalia Trinidad López, por el apoyo brindado durante la realización de la tesis, así como sus aportaciones y contribución para la mejora del proyecto, por su tiempo, por su paciencia, por su amistad.

INDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	8
II. JUSTIFICACIÓN.....	9
III. ANTECEDENTES.....	10
IV. OBJETIVOS.....	12
4.1 OBJETIVO GENERAL.....	12
4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	12
V. ÁREA DE ESTUDIO.....	13
VI. MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
6.1 Características del estanque.....	14
6.2 Parámetros fisicoquímicos del agua.....	15
6.3. Biomasa de las tortugas en el estanque.....	19
6.4. Diseño del biofiltro.....	19
6.5. Evaluación de la eficiencia del biofiltro.....	19
6.6. Análisis estadísticos.....	20
VII. RESULTADOS.....	21
7.1 Volumen de estanque.....	21
7.2 Parámetros fisicoquímicos del estanque.....	21
7.3 Biomasa en estanque.....	24
7.4. Diseño del biofiltro.....	24
7.4.1. Filtros de gravilla.....	25
7.4.2. Filtro de pabellón.....	26
7.4.3 Filtro de tapas, poliducto y piedras de río.....	27
7.4.4. Filtro de carbón vegetal.....	28
7.4.5. Filtro biológico.....	29
DISCUSION.....	31
VIII. CONCLUSIÓN.....	35
BIBLIOGRAFÍA.....	36

RESUMEN

Las poblaciones de las tortugas silvestre dulce acuícolas se han reducido drásticamente en los últimos años, tal caso es el de la tortuga hicatea (*Trachemys venusta*) que hoy en día se encuentra sujeta a protección especial de acuerdo a la NOM 059 SEMARNAT 2010. Uno de los métodos más eficaces para evitar la extinción y preservar a esta especie son las unidades de manejo ambiental (UMAs), donde se cuentan con los protocolos adecuados para la reproducción de esta especie, y para ello se acondiciona el área mas parecida a su habitat natural, intentando otorgarles las mejores condiciones. Por tal motivo, el objetivo de este trabajo fue mejorar las condiciones de la calidad del agua del estanque de reproductores mediante el diseño, la implementación y la evaluación de un sistema de recirculación compuesto por un biofiltro bacteriano y uno acuapónico. Se realizaron análisis de nutrientes nitrogenados (amonio, nitrato y nitrito) en el agua proveniente del estanque, en el agua saliendo del biofiltro bacteriano, en el agua saliendo de biofiltro acuapónico, así como también se realizó el cálculo diario de excreción de dichos nutrientes por parte de las tortugas, Los resultados indican que las tortugas excretan 1.93 g/día/kg de nitrógeno amoniacal, donde un total de 404 hicateas (*Trachemys venusta*) con un peso total de 97.7Kg que habitan en el estanque de reproductores (UMA-CICEA), generan un total de 40.6 g/día de nitrógeno amoniacal. Sin embargo, cuando ingresa a través del biofiltro compuesto se genera la remoción total de 42.6 g/día, generando un balance entre el aporte y la remoción diaria de estos productos. De acuerdo a los resultados la proporción de contribución de remoción de nitrógeno amoniacal fue del 21% por el filtro bacteriano y 79% por el filtro acuapónico. Lo que indica que el amoniaco excretado diariamente por las tortugas, es removido en su totalidad por el sistema de recirculación, siempre y cuando esté funcionando en las condiciones óptimas.

I. INTRODUCCIÓN

Las tortugas dulceacuícolas se distribuyen en lagunas, ríos o humedales y son un blanco fácil para su captura, añadiendo también la contaminación del agua, así como la destrucción de su hábitat (Martínez-Silvestre, 2004). La captura de estas tortugas se realiza con dos fines importantes, consumo personal y para comercialización. En muchos de los casos son las hembras las que más se comercializan debido a su tamaño o por el periodo de puesta, en las que estas salen de su hábitat para colocar sus huevos en un lugar seguro (Altamirano-Morales, 2013).

Debido a esta problemática, surgen las Unidades de Manejo de Vida Silvestre (UMAs), que tienen como finalidad la conservación y reproducción de las especies no solo en peligro de extinción (Retes-López et al., 2010). Con la creación de las UMAs se ayuda a la repoblación de una especie y se evita que esta se extinga, Robles de Benito, 2009). Para esto es necesario contar con un manejo adecuado en las UMAs y preservar las condiciones más parecidas al hábitat natural (SEMARNAT, 2009).

Tratándose de organismos acuáticos, la calidad del agua es un factor muy importante en una UMA y está relacionado con el bienestar de los organismos, así como la apariencia y estética de los encierros. En muchas de las UMAs el manejo del agua representa un problema, ya que ésta se encuentra estancada (sin recirculación), lo que acarrea alta concentración de materia orgánica (MO) y compuestos nitrogenados y representa un riesgo para la salud de estos organismos (Rangel-Mendoza & Weber, 2015).

II. JUSTIFICACIÓN

La UMA CICEA “Centro de Investigación para Conservación de Especies Amenazadas” pertenece a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, desde el 2010 tiene registrada para su manejo a la tortuga blanca (*Dermatemys mawii*) y la hicotéa (*Trachemys venusta*) que se encuentran en peligro de extinción y sujetas a protección especial, respectivamente (NOM 059 SEMARNAT 2010). El crecimiento de la colonia en la UMA en los últimos años ha generado alta densidad de población, lo que ha generado la necesidad de adecuación de los estanques, donde se encuentran confinados estos organismos, ya que estos son alimentados y los residuos de comida, heces y desechos del metabolismo digestivo son acumulados.

El presente proyecto se realizará con la finalidad de mejorar las condiciones y calidad del agua, mediante la utilización de un biofiltro en el estanque rústico de reproductores en la UMA de tortugas de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBIOL.). De esta necesidad y con la convicción de reutilizar el agua de los estanques, se propone diseñar e implementar un sistema de recirculación de agua “SAR” con biofiltro, lo cual permitiría la remoción de materia orgánica, así como la reducción de desechos nitrogenados, ya que en abundancia estos son un peligro de salud para las especies que en ella habitan (Jiménez & Balcázar, 2003). Para el diseño y fabricación del biofiltro se realizará con los materiales que se tengan al alcance, que sean eficaces y económicos, lo anterior para generar un modelo que pueda ser aplicable en las UMAs de tortugas que están registradas en el estado de Tabasco.

III. ANTECEDENTES

Mantener la calidad del agua en un estanque es un requisito indispensable, de lo contrario la salud de los organismos presentes en ellas se verían afectada, si no se cuenta con un sistema de recirculación estas podrían presentar una serie de enfermedades tales como infección en los ojos y aparición de hongos en el caparazón (Korzeniec, 2014).

Durante el cultivo a los estanques no se le proporciona ningún tratamiento y presentan una alta concentración de carga orgánica y nitrogenada. Una alternativa a un bajo costo para este problema es el diseño de un sistema de recirculación, el cual debe ser diseñado con diferentes elementos lo que incluye el uso de helechos filtrantes para remoción de nutrientes, material granular (grava, arena o carbón) de diferentes tamaños para remoción de particulados, así como materiales compuestos de plásticos como sustratos para fijación de bacterias desnitrificantes (Gauss et al., 2006)

En la actualidad, los biofiltros están siendo parte fundamental prioritaria para remediar o tratar un cuerpo de agua estancada que en la mayoría de las ocasiones sufre de algún tipo de contaminación ya sea natural o antropogénica. La función vital que esta desarrolla es la de filtrar, así como de retener diversos contaminantes presentes en el agua a tratar y esto va de acorde y con ayuda de plantas cuyas características sean buenas filtradoras de contaminantes (Tapia-F et al, 2007). Existen métodos sofisticados para darle un tratamiento, estos representan un alto costo de inversión y de manteniendo, por tal motivo se tiene la convicción de buscar métodos naturales orgánicos que nos permitan reutilizar el agua a un bajo costo (Garzón-Zúñiga et al., 2012).

En trabajos anteriores se ha demostrado que los humedales artificiales, así como biofiltros bacterianos son una alternativa viable para la reducción de la carga de

aguas residual y se pueden obtener buenos resultados realizando ajuste a las características y contaminantes que se desean remover (Arias et al., 2003).

El amoníaco es un problema para los organismos que habitan en un estanque ya que en grandes concentraciones puede llegar a ser tóxico es por eso que Durbin et al. (1997) señalan que el amoníaco es el principal producto final en la descomposición de las proteínas en los peces. La cantidad de amoníaco excretada por los peces varía con la cantidad de alimento y composición que ingresa al estanque, así como del aprovechamiento proteico de dicha dieta. El amoníaco también ingresa al estanque por procesos de descomposición bacteriana de la materia orgánica, como alimentos no ingeridos, algas muertas y plantas acuáticas.

Gallegos-Alarcón y García-Pulido (2017), evaluaron la eficiencia del proceso de remoción del nitrógeno a través de la tasa volumétrica de conversión de nitrógeno amoniacal en un biofiltro, llevado a cabo mediante la combinación de un medio de percolación y uno de arena, demostrando así la eficiencia de remoción del biofiltro es de un 70% de NAT (nitrógeno amoniacal total)".

De la Mora-Orozco et al. (2009), evaluaron la eficiencia de remoción ya que en donde contaminantes procedentes de aguas residuales de origen porcícola mediante el uso de humedales artificiales, demostrando que los biofiltros si se diseñan adecuadamente para cada tipo de contaminante que se desean remover tienen un mayor porcentaje de éxito.

Romero-Aguilar et al. (2009), evaluaron la eficiencia de carga orgánica, nitrógeno y fósforo de aguas residuales tipo municipal, para ello se utilizó como sustrato una mezcla de grava de tezontle (roca volcánica nativa de México altamente porosa con un tamaño de partícula de 6-12 mm) y arena (0.2-2mm), las plantas que se utilizaron fueron carrizo (*Phragmites australis*) y tule (*Typha domingensis*), obteniendo 90.2% de remoción de carga orgánica, un 40.35 % de Fosforo total y un 89.70% de remoción de nitrogenados, demostrando así una vez más que los biofiltros son una herramienta funcional para el tratamiento de agua, económica y eficaz.

IV. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la eficiencia de un biofiltro para la reducción de compuestos nitrogenados de un estanque rústico de reproductores ubicada en la UMA de tortugas de CICEA en la UJAT-DACBIOL.

4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Caracterizar los parámetros fisicoquímicos, nitratos, nitritos, amoníaco, temperatura y pH del agua proveniente del estanque, así como porcentaje de materia orgánica en sedimento del estanque de la UMA de tortugas.

Determinar la cantidad de excreción de productos nitrogenados (mg/día/Kg) en tortugas hicatea (*Trachemys venusta*), así como la excreción de materia orgánica (g/Kg).

Diseñar y construir un sistema de recirculación en el estanque de tortugas, con el uso de diferentes sustratos para mejorar la calidad de agua por medio de la bioconversión y remoción de productos nitrogenados.

Evaluar la eficiencia de remoción de compuestos nitrogenados, por la implementación de un sistema de recirculación compuesto por biofiltro bacteriano y acuaponía en el estanque de tortugas en UMA CICEA.

V. ÁREA DE ESTUDIO

El presente trabajo se realizó en la UMA de reproductores, ubicada en el Centro de Investigación para la Conservación de Especies Amenazadas (CICEA), con registro ante la SEMARNAT INE/CITES/DFYFS-CR-IN-0023-TAB/99; la cual se encuentra a cargo de la universidad División Académica de Ciencias Biológicas (DACBIOL.). Se localiza en el municipio del Centro cuenta con una extensión territorial de 21 hectáreas Carretera Villahermosa-cárdenas s/n, Km 0.5. Entronque a bosques de Saloya, Tabasco, México.

El estanque artificial está construido a nivel del suelo, cabe señalar que éste es de forma irregular en suelo arcilloso. El estanque es alimentado por agua dulce del manto freático y cuenta con una profundidad promedio de 82 cm y una profundidad máxima de 150 cm. Ver Figura 1 y 2.



Figura 1. Área superficie determinada de estanque irregular de UMA de tortugas.

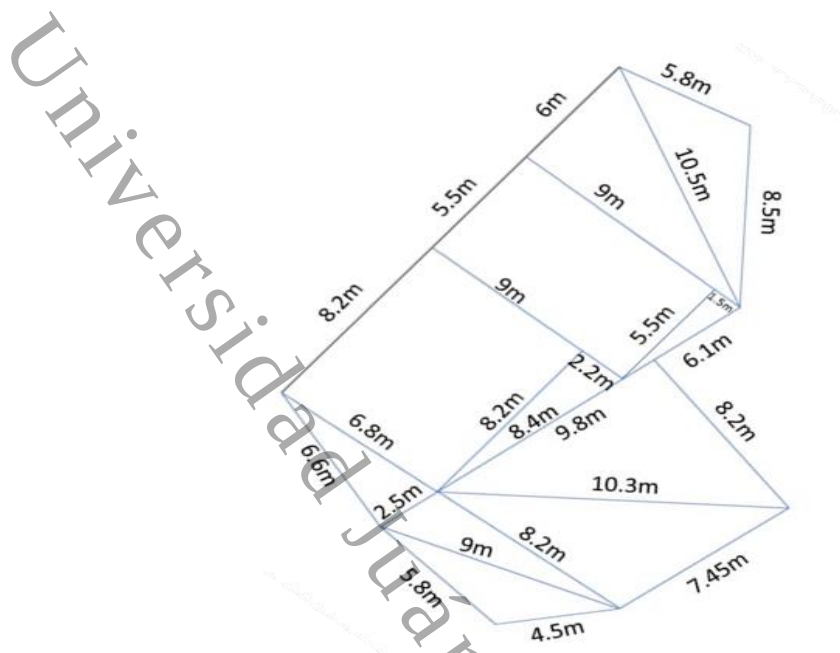


Figura 2. Área superficie determinada de estanque irregular de UMA de tortugas.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Características del estanque.

El estanque presenta una forma irregular. Y las dimensiones se calcularon con una cinta métrica. Se calculó el área total (A_T) dividiendo el polígono en triángulos y rectángulos. Se determinaron diversas profundidades en el estanque, para sacar un promedio, que fue el dato que se utilizó en los cálculos. La fórmula para calcular las áreas es:

Área de un triángulo (A_t):

$$A_t = (b \cdot h) / 2$$

Área de un rectángulo (A_r):

$$A_r = b \cdot h$$

Área Total (A_T)

$$A_T = A_t + A_r$$

El volumen de agua se determinó con la siguiente ecuación:

$$V=(A_T)(h)$$

Dónde:

V = Volumen del agua, m³

A_T = Área total del estanque, m²

h = Profundidad media, m

6.2 Parámetros fisicoquímicos del agua

Se analizaron los parámetros fisicoquímicos en las muestras de agua de la UMA para conocer la calidad que proporcionaron datos relevantes sobre la calidad de agua, y referencia básica que contribuyeron a la selección de los materiales más eficaces para la elaboración del biofiltro, de tal manera que fueron acorde a las necesidades del estanque de reproductores.

a) pH

Con ayuda de un multiparámetro Hanna modelo HI 9829 se midió este parámetro durante cinco días dentro del estanque en tres horarios diferentes: 8: am, 12: pm y 4:00 pm. Con la finalidad de saber si en el lapso de este tiempo presentaba una alta o baja concentración.

b) Temperatura

Este parámetro fue medido con ayuda de un multiparámetro Hanna modelo HI 9829 y usando el mismo procedimiento arriba mencionado, se monitoreó la temperatura durante cinco días dentro del estanque, en tres horarios diferentes para saber si presentaba una variación a lo largo del día, las mediciones se llevaron a cabo en los siguientes: 8:00 am, 12:00 pm y 4:00 pm.

c) Materia Orgánica

Para la determinación del porcentaje de materia orgánica que presenta el estanque de reproductores se utilizó el método de calcinación (Steubing, L., Godoy, R. & Alberdi, M. 2001) para la cual se utilizó una balanza analítica, cinco crisoles, una pinza, una mufla, una estufa, guantes y desecador.

Se tomó una muestra de suelo del estanque colocándola en un pedazo de aluminio para secarla dentro de una estufa durante 48 horas a una temperatura de 60 °C, transcurrido este tiempo se dejó enfriar la muestra, se pesaron los cinco crisoles, posteriormente se tomó una muestra de suelo y se le colocó 0.5 gramos de la muestra en cada crisol y se procedió a pesar en la balanza analítica. Una vez realizado esto se introdujeron los crisoles en la mufla a una temperatura de 600 °C durante seis horas, transcurrido este tiempo se apagó la mufla, con ayuda de un guante se sacaron los crisoles de la mufla, se colocaron en el desecador y se procedió a pesar nuevamente.

Con los datos obtenidos se procedió a calcular el porcentaje de materia orgánica.

$$\%MO = [(P1 - P2) / (P2 - C)] * 100$$

Donde:

P1= peso del suelo antes de la calcinación, gramos.

P2= peso del suelo después de la calcinación.

C= peso del crisol.

d) Oxígeno Disuelto

Para saber si el estanque de reproductores presentaba una variabilidad o mantenía un nivel de oxígeno disuelto en toda su área se realizó un muestreo en diferentes horarios, se midió este parámetro, con ayuda de un multiparámetro Hanna modelo HI 9829 durante cinco días.

e) Amoniaco, Nitratos y nitritos

Para calcular la tasa de excreción de compuestos nitrogenados de cada quelonio, se realizó un bioensayo con una duración de cinco días para lo cual se tomaron, seis taras, una estufa, una balanza analítica, un Fotómetro Multiparámetro-Acuicultura marca Hanna Modelo HI 83203, con el cual se realizaron análisis colorimétricos con el uso de kits de la marca Hanna, los cuales se basan en el Manual de Aguas y Tecnología Ambiente (ASTM; D1426-92), adaptación del método Nessler (Jeong et al., 2013). Los reactivos Hanna utilizados fueron HI93715A-0 y HI93715B-0 para la prueba de amoníaco, reactivo HI 93728-0 para la prueba de nitrato, reactivo HI 93708-01 para el parámetro de nitrito. Para el estudio, seis hicoteas (*Trachemys venusta*) de tamaño promedio 1.5 kg (sin tomar en cuenta el sexo) fueron pesadas y se dividieron en dos lotes compuesto de tres individuos cada uno.

Las hicoteas (*Trachemys venusta*) fueron colocadas en contenedores de plástico por tres días sin alimentar, esto con la finalidad de que depuraran todo o la mayor parte del contenido del intestino.

Posteriormente se procedió a separar a cada individuo y se colocaron dentro de la tara cada uno, con la finalidad de saber cuánto compuestos nitrogenados y excreción de materia orgánica produce cada uno en un lapso de 16 horas.

Tres hicoteas fueron alimentadas con 15 gramos de alimento cada uno y colocadas por separado en una tara que contenía tres veces el peso en agua del individuo simulando el área que esta abarca en el estanque. Para realizar la medición de estos tres parámetros se dejaron transcurrir 16 horas, pasado este tiempo se recolectaron las muestras de agua para llevar a cabo los análisis correspondientes a cada parámetro.

Para saber la biomasa que produce cada individuo se tomaron las tres tortugas restantes y se colocaron en una tara sin agua por separado y se le suministro 15 gramos de alimento a cada individuo, pasado las 16 horas se recolectaron las heces, las cuales con ayuda de una balanza analítica se pesaron en húmedo, para

posteriormente colocarla a la estufa para secarla durante 24 horas, una vez seco las heces se procedió a sacar la muestra y se procedió a pesar nuevamente.

El procedimiento de medición de excreción de materia orgánica y recolecta de agua para medición de productos nitrogenados se realizó durante un periodo de cinco días consecutivos.

Para el análisis de amonio, se encendió el Fotómetro Multiparámetro para Acuicultura marca Hanna Modelo HI 83203, se seleccionó el método a utilizar en este caso amoniaco rango medio, se llenó la cubeta con 10 ml de muestra sin reaccionar, se colocó la cubeta en el soporte y se cerró la tapa, se presionó la tecla cero, cuando el medidor indicó cero y lista para la medición se retiró la muestra de la cubeta, se le colocaron 4 gotas del reactivo A Hanna HI93715A-0 se agitó levemente, una vez realizado esto se colocaron 4 gotas del reactivo B HI93715B-0 y se volvió agitar, se volvió a insertar la cubeta al fotómetro y se presionó en temporizador se esperaron 3 minutos con 30 segundos para poder leer el resultado.



Figura 3. Medición de amoniaco, nitratos y nitritos.

Para el análisis del parámetro de nitrato se realizó el mismo procedimiento que el de amoniaco, solo que, en este caso, se utilizó un reactivo HI 93728-0, se tomaron 6 mililitros de la muestra que al entrar en contacto con el reactivo se toma un tinte ámbar, y se esperaron 4 minutos con 30 segundos para poder leer el resultado.

Para la medición del parámetro de nitrito alto rango se utilizó el mismo procedimiento arriba mencionado seleccionando el método correspondiente al

nitrito, utilizando una muestra de 10 mililitros, utilizando el reactivo HI 93708-01 y un tiempo de espera de 10 minutos para poder leer el resultado.

6.3. Biomasa de las tortugas en el estanque

Para el cálculo de la biomasa se realizó el conteo de todos los individuos del estanque y se hizo un registro de toda la población, se tomó el 10% del total de organismos, a los cuales se le realizó biometría (peso, longitud y código de marcaje), para poder obtener un peso promedio, para facilitar este procedimiento se proporcionó la hoja de registro de los quelonios. Posteriormente se multiplico por el total de individuos que existen en el interior del estanque por el peso promedio calculado.

Biomasa = peso promedio de los organismos (gr) * número total de organismos en el estanque.

6.4. Diseño del biofiltro

Para el diseño del prototipo del sistema de recirculación de agua (SRA) se seleccionaron materiales de fácil adquisición y de bajo costo, analizando la posibilidad de reciclar materiales que se encuentran en el área.

6.5. Evaluación de la eficiencia del biofiltro

Para evaluar la eficiencia del biofiltro se realizó la medición de tasa volumétrica propuesta por Drennan et al. (2006), quienes proponen correlacionar la concentración de nitrógeno amoniacal total (TAN) en el influente del biofiltro y la tasa volumétrica de remoción de nitrógeno amoniacal (TVC NAT).

$$TVCNAT\left(\frac{g-N}{m^3d}\right) = \left(CAi\left(\frac{g-N}{m^3}\right) - CA\varepsilon\left(\frac{g-N}{M^3}\right)\right) \frac{Q\left(\frac{m^3}{d}\right)}{Vb(m^3)}$$

Donde:

TVC NAT= tasa volumétrica de remoción de nitrógeno amoniacal.

CAI= concentración de nitrógeno amoniacal en el influente del biofiltro.

CAE= concentración de nitrógeno amoniacal en el efluente del biofiltro.

Q = caudal que pasa a través del biofiltro.

V b= volumen de empaque en el biofiltro.

6.6. Análisis estadísticos

Cálculo del caudal

La fórmula que utilizaremos para el cálculo del caudal es la siguiente: $Q = \frac{V}{T}$

Donde:

Q= Caudal volumétrico (Lt/s)

V= Velocidad (m/s)

T= Tiempo (s)

VII. RESULTADOS

7.1 Volumen de estanque

El estanque cuenta con un volumen aproximado de 181.128 m³, lo que equivale a 181,129 litros de agua aproximadamente.

7.2 Parámetros fisicoquímicos del estanque

El valor promedio de pH en el estanque de reproductores de hicotéa durante tres diferentes horarios del día es de 7.07, se muestran en la figura 4.

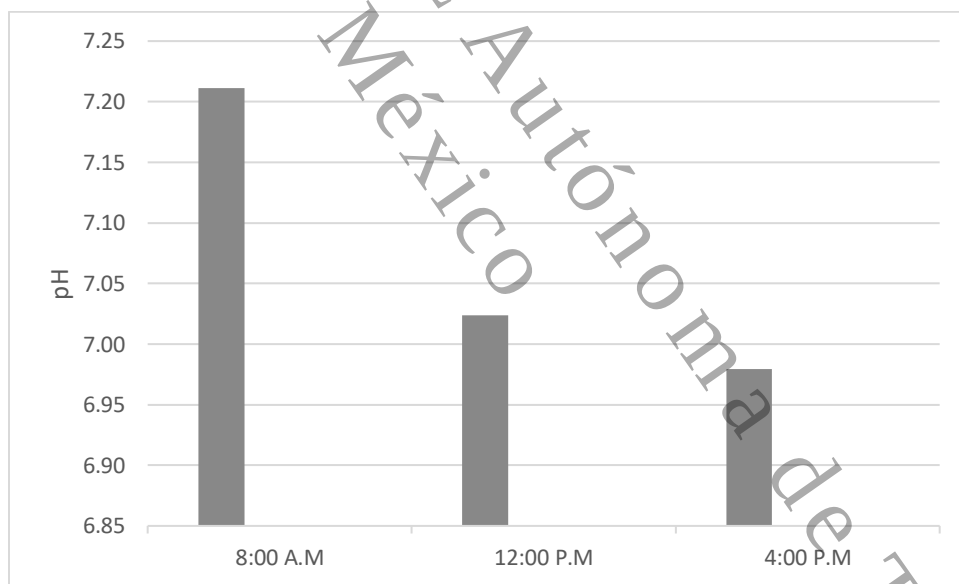


Figura 4. Variación de pH en el estanque de reproductores de hicotéa (*Trachemys venusta*).

El valor promedio de la temperatura en el estanque de reproductores de hicotéa durante tres diferentes horarios del día es de 26.37°C y se muestran en la figura 5.

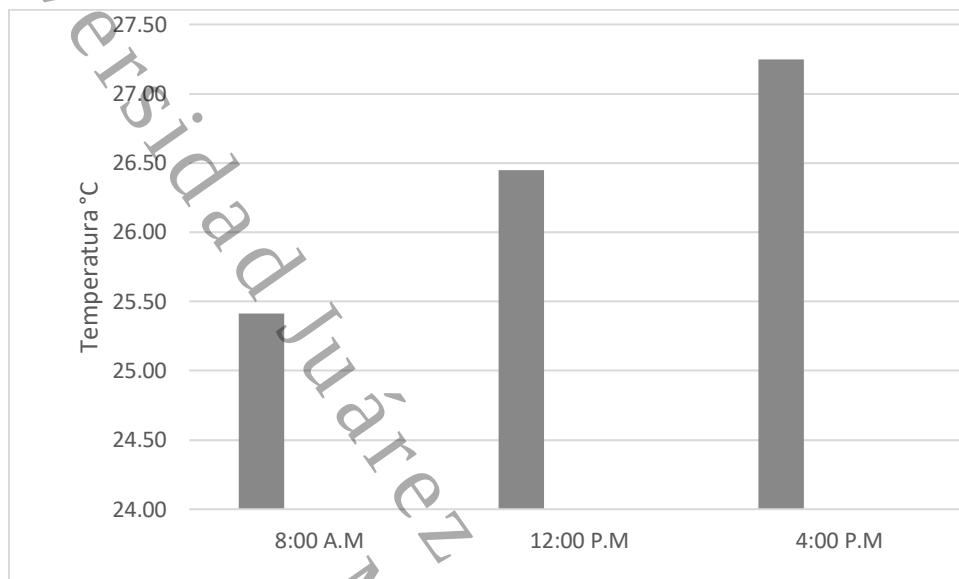


Figura 5. Variación de temperatura en tres puntos diferentes en el estanque de reproductores de tortuga hicotéa (*Trachemys venusta*).

Los valores promedios de la concentración del oxígeno disuelto en el estanque de hicotea durante tres diferentes horarios del día fue 3.81 mg/l y se muestran en la figura 6.

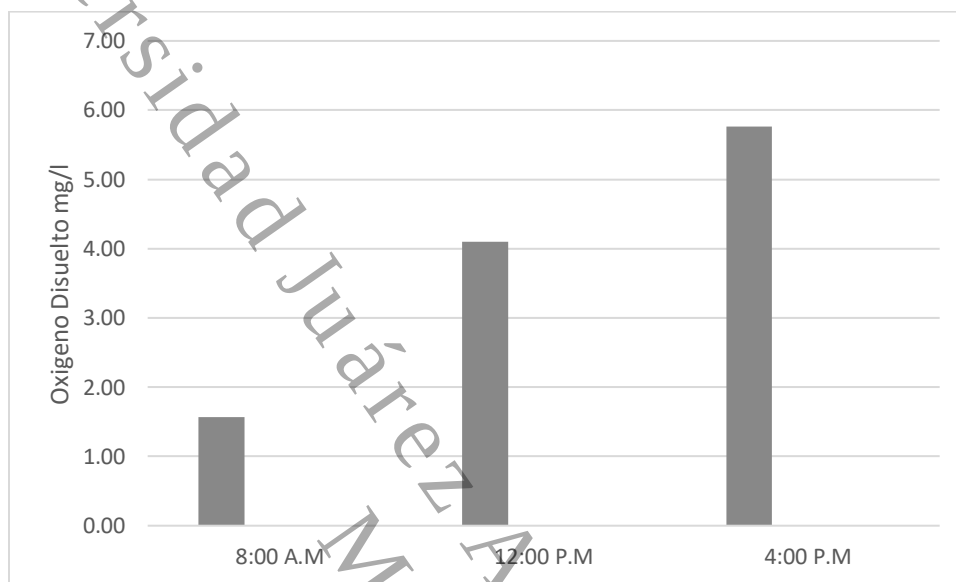


Figura 6. Concentración de Oxígeno Disuelto En el estanque de reproducción de tortuga hicotea (*Trachemys Venusta*) en diferentes puntos y horarios.

El contenido de materia orgánica en sedimento del estanque rustico de reproductores de tortuga hicotea (*Trachemys venusta*), obtenido por el método de calcinación mostro un 8.39 ± 0.16 % de materia orgánica en sedimento.

Los valores de la excreción de materia orgánica (M.O.) y productos nitrogenados (amoníaco, nitrato y nitrito) de las tortugas hicoetas se muestran en la tabla 1.

Producto	(mg/día/kg)
Amoniaco	59.63 ± 15.94
Nitrito	3.59 ± 2.13
Nitrato	8.56 ± 3.22
M.O	1927± 551

Tabla 1. Promedio excreción de productos nitrogenados (mg/día/kg) y materia orgánica (mg/día/kg) en tortuga hicoeta (*Trachemys venusta*).

7.3 Biomasa en estanque

De acuerdo a los datos obtenidos la biomasa total del estanque de reproductores es de 92.7 kg. Este resultado se obtuvo multiplicando el peso promedio (230.030 g) por el total de quelonios (404) que existen en el estanque.

7.4. Diseño del biofiltro

Para el sistema de tratamiento de recirculación del agua. Figura 7 y consta de una bomba de ½ HP, dos filtros mecánicos uno diseñado con gravilla y otro con tela de pabellón, uno mecánico-biológico hecho de tapas de plástico, poliducto y piedras de río, uno químico elaborado con carbón activado y uno biológico que contendrán plantas de Jacinto de agua. El biofiltro consiste en un reservorio de 3.9861 m³ (3,986.1 litros) obteniéndolo mediante la fórmula.

$V = (L)(A)(h)$ ya que su forma es un prisma rectangular.

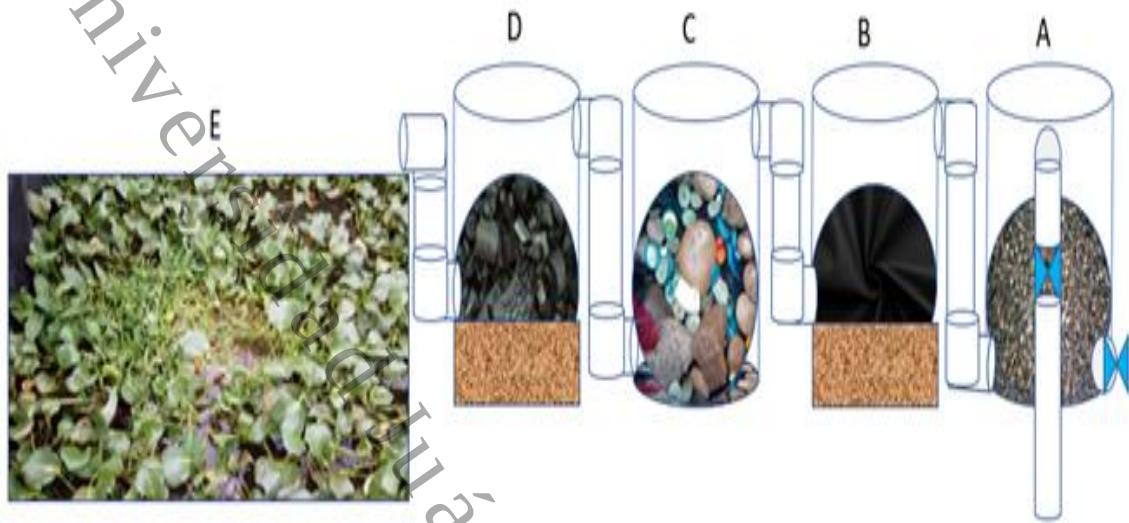


Figura 7. Diseño del biofiltro. A) Tanque de retención de particulados, B), Filtro de pabellón, C) Filtro de tapas, poliducto y piedras de río, D) Filtro de carbón vegetal y E) Filtro biológico.

7.4.1. Filtros de gravilla

Como primer paso se buscó un lugar dentro del estanque rústico de reproductores para colocar la bomba, la cual se colocó dentro de una cubeta de 19 litros, a la que se le perforaron unos orificios este con el fin de que la bomba no fuera obstruida con materia orgánica, la manguera de una pulgada se ensambló a la bomba para conducir el agua al primer contenedor como se muestra la figura 6, este es el primer filtro mecánico que contiene gravilla por el cual pasa el flujo de agua. Para realizar el armado de la tubería de entrada y salida del agua se utilizaron codos, tramos de tubos, coplee y válvulas de 1 ½ pulgadas una para controlar la entrada del líquido y la otra para desfogue.



Figura 8. Filtro de gravilla de revestimiento

7.4.2. Filtro de pabellón

El segundo contenedor es un filtro mecánico está compuesto por un tambor de 50 litros y en el interior contiene tela pabellón tal como se muestra en la figura 6, está unida al primer contenedor mediante la salida de este, con la finalidad de que el agua que atraviesa pase al segundo reservorio. Para el armado de este segundo reservorio se utilizaron los siguientes materiales: conector macho, conector hembra, codo, coplee y tubo 1 ½ pulgadas.



Figura 9. Filtro de pabellón.

7.4.3 Filtro de tapas, poliducto y piedras de río

El tercer contenedor consiste en un filtro mecánico-biológico sirve como sustrato para la fijación de las bacterias nitrificadoras del género *Nitrosomonas* estas son las encargadas de realizar la oxidación del amoníaco a nitrito, así como las *Nitrobacter* que se encargan de la oxidación del nitrito hasta convertirlo en nitrato. Este filtro está elaborado con tapas de plástico de diversos tamaños, poliducto y piedras de río como se muestra en la figura 6, como cuerpo del filtro se utilizó un barril de 200 litros, el cual está unido con la tubería de salida del segundo contenedor para el cual se necesitó: coplee, un tramo de tubo y codo de 1 ½ pulgadas al final para conectar con el siguiente contenedor.



Figura 10. Filtro de tapas, poliducto y piedras de rio.

7.4.4. Filtro de carbón vegetal

El cuarto reservorio consiste en un filtro químico debido a que está compuesto de carbón vegetal, como se muestra en la figura 6, ya que este material es muy absorbente por tal propiedad se usa como purificador del agua, la desodoriza y quita cualquier tipo de coloración presente en ella, así como también sirve para quitar las toxinas de las algas presentes en el flujo de agua que pasan a través de este, para la construcción de este filtro se utilizó como base un barril de plástico de 50 litros, carbón mineral comercial, para la conexión del cuarto reservorio se utilizó codo, coplee de 1 ½ pulgadas y se conectó con la salida del tercer reservorio, para el armado de la tubería de salida se le colocó un coplee, unido con un tramo de tubo y se finalizó con un codo de 90° de 1 ½ pulgadas para darle caída al agua al siguiente reservorio.



Figura 11. Filtro de carbón vegetal.

7.4.5. Filtro biológico.

Este filtro se colocó al final de los filtros anteriormente mencionado y fue construido usando como cuerpo de este reservorio, un pedazo (6x6 m.) de membrana como se ilustra en la figura 6, esquema E, es alimentado por el agua que atraviesa por los diferentes filtros arriba mencionados proveniente del estanque de los reproductores, este reservorio fue acondicionado de tal manera para que pudiera albergar el mayor número de plantas de Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*).



Figura 12. Filtro biológico.

DISCUSION

Uno de los principales problemas que se presentan en un sistema de cultivo son los productos nitrogenados ya que, si estos no se controlan, pueden causar efectos graves en producción, por mencionar algunos, siendo los organismos más caracterizados los peces y camarones (Ingle de la Mora et al., 2003).

Boyd (1990) señala que valores de nitrógeno amoniacal de 0.09 mg/l provocan crecimientos lentos en langostinos de malasia (*Macrobrachium rosenbergii*); mientras que 0.45 mg/l causan un 50% de reducción de crecimiento de camarones peneidos. Los camarones pueden tolerar mayores rangos de amoniaco (0.6-0.2 ppm) por periodos cortos de exposición, pero son más susceptibles a las enfermedades.

Durborow et al. (1997), señalan que los peces expuestos a una concentración de 0.06 mg/l de nitrógeno amoniacal pueden presentar daño renal, reducción de crecimiento y mal funcionamiento del cerebro y en concentraciones de 0.6 mg/L les puede provocar la muerte, lo cual depende de la especie.

Souza-Bastos et al. (2015), señala que, de las once especies amazónicas expuestas a concentraciones de amoniaco, para estudiar la sensibilidad que estos presentan en un periodo de 96 horas, el pez más sensible fue el (*Paracheirodon axelrodi*) con un rango tolerante 2.24/0.78 mg y el pez más tolerante (*Coridoras schwartzi*) con 19.53/16.07mg total de amoniaco. La concentración calculada de nitrógeno amoniacal que se obtuvo en el estanque de reproductores de tortugas hicoitea (*Trachemys venusta*) fue de 0.7 mg/l de acuerdo con otros autores y a experimentos realizados esta concentración no afecta a las tortugas.

De acuerdo con lo antes mencionado, las tortugas parecen ser altamente tolerantes a diversas concentraciones de productos nitrogenados (Lp et al., 2008), donde

estudios realizados en la tortuga de caparazón blando chino acuático (*Pelodiscus sinensis*), los organismos fueron inyectados en la cavidad peritoneal con una dosis subletal de nitrógeno amoniacal (16 $\mu\text{mol/g}$), mostrando que la especie presentó una tolerancia alta al amoniaco, donde la naturaleza transitoria de la acumulación del amoniaco indica que esta especie podría disminuir la toxicidad del amoniaco mediante la supresión de la producción de amoniaco endógeno y / o la excreción de amoniaco exógeno.

Raymond de Solla y Martín (2007), expusieron huevos de tortuga (*Chelydra serpentina*) a concentraciones 10 veces la dosis recomendada para la aplicación de N para el Maíz (2000 kg/ha), lo cual es sustancialmente más alto que el uso realista de fertilizantes N, donde se demostró que la exposición a fertilizantes de urea y al nitrato de amonio no los afectó, así que es poco probable que el uso de estos compuestos tenga un efecto sobre la población de tortugas a través de la reducción del éxito de eclosión.

Ward et al. (2015), Determinaron la viabilidad de utilizar amoniaco líquido para erradicar especies invasoras acuáticas indeseables en el entorno de un estanque tratado con hidróxido de amonio (29%) a 38 ppm, manteniendo una concentración por encima de 8 ppm de amoníaco durante 24 días, a los 49 días se drenó el agua de los estanques y no se encontró ningún pez, cangrejo o renacuajo que sobreviviera al tratamiento, sólo las tortugas acuáticas sobrevivieron sin presentar afectación alguna.

Si bien las tortugas muestran alta tolerancia a compuestos nitrogenados, los sistemas de recirculación acuícola son un conjunto de procesos y componentes que se utilizan con la finalidad de bio-convertir y reducir los compuestos nitrogenados con potencial toxico, donde el agua es reutilizada (Libey, 1993). Además, una de las funciones principales del sistema de recirculación de agua es oxigenar el agua, así como retirar los productos de desecho del metabolismo de los animales, para que no se acumulen en el propio cultivo, ni en sus alrededores (SAGPyA, 2006). Dentro del sistema de recirculación normalmente la parte de los compuestos nitrogenados

se remueve por los biofiltros bacterianos, sin embargo, una tendencia actual es también la utilización de acuaponía para la remoción y absorción de nitrogenados con el uso de plantas. En el sistema la parte de las plantas fue la encargada de remover los nitrogenados, una de sus limitantes principales es que en días nublados no presenta una eficiencia del 100%.

Los resultados obtenidos mediante el bioensayo indican que los quelonios que habitan en el estanque producen 40605.5 mg/día/kg de nitrógeno amoniacal total , 125902.9 mg/día/kg de nitrato y 4281.8mg/día/kg de nitrito excretados diariamente en el estanque de reproductores, con la implementación del sistema de recirculación del agua del estanque de reproductores en el cual pasa un flujo de 22 litros por minuto se obtuvo una remoción total de 42623 mg/día de TAN, 737352mg/día de nitrato y 47520 mg/día de nitrito, lo cual indica que el sistema acoplado de biofiltración implementado tiene la capacidad de mantener en balance la concentración de compuestos nitrogenados disueltos.

En comparación con otros sistemas de recirculación de agua el biofiltro y los materiales utilizados para la remoción de los compuestos nitrogenados van a la par en cuanto a la eficiencia ya que en comparación con un biofiltro percolador-columna de arena para la remoción de nitrógeno amoniacal total reportada por Gallegos-Alarcón y Daury-García (2017), quienes obtuvieron una tasa de remoción de 34990 mg $\pm$ 41200 mg de NAT.

Aunque el balance de disueltos nitrogenados es de remoción del 100% de acuerdo a los cálculos, otra de las fuentes que genera nitrogenados en el sistema son las heces, de la cual ingresan 178.63 g/día que mediante la descomposición por bacterias se transforman en nitrogenados, así como la materia orgánica presente en el estanque de acuerdo al resultado obtenido por el método de calcinación fue de 8.39 % cuando esta se precipita todas las proteínas que trae sufre una descomposición mediante el proceso de transformación bacteriana y libera nitrogenado esto no se ha medido por lo tanto no se consideró en el cálculo (Boyd, 1990). Este tipo de sedimento orgánico está constituido por detritos vegetales de

origen alóctono. Y puede estar presente en dos estados aparentes de descomposición: materia orgánica bruta y humus (Pérez-Rojas et al., 2000)

Dentro de los manejos observados para que el sistema de biofiltración por sustrato para fijación de bacterias desnitrificantes presente su mayor eficiencia, debe realizarse la limpieza del biofiltro bacteriano por lo menos una vez a la semana con la finalidad de remover la materia orgánica acumulada y evitar la sustitución de las bacterias de interés por bacterias heterotróficas, además de mantener con oxigenación al biofiltro de bacterias, y que las bacterias desnitrificantes son aerobias (IVAMI,2016).

Cabe mencionar que el filtro de plantas cuando cuenta con las condiciones optima (días soleado) presenta una eficiencia favorable, mientras que en días nublados presenta una baja eficiencia es por eso que dentro del total de remoción el cálculo indica que el 79% de lo removido de los productos nitrógeno total fue generado por el filtro de plantas y el otro 21 % por biológico bacteriano.

Una de las recomendaciones es ampliar el filtro bacteriano para aumentar el área superficie de remoción de bacterias desnitrificantes y con ello aumentar la eficiencia de remoción de este sistema, así como la implementación de un techo verde.

VIII. CONCLUSIÓN

Se concluyó que las tortugas excretan 1.93 g/día/kg de nitrógeno amoniacal, donde un total de 404 hicoitea (*Trachemys venusta*) con un peso total de 97.7Kg que habitan en el estanque de reproductores (UMA-CICEA), generan un total de 40.61 g/día de nitrógeno amoniacal, sin embargo, cuando ingresa a través del biofiltro compuesto (bacterias - plantas) se genera la remoción total de 42.6 g/día, generando un balance entre el aporte y la remoción diaria de estos productos. De acuerdo a los resultados la proporción de contribución de remoción de nitrógeno amoniacal fue del 21% por el filtro bacteriano y 79% por el filtro acuapónico. Lo que indica que el amoniaco excretado diariamente por las tortugas, es removido en su totalidad por el sistema de recirculación, siempre y cuando esté funcionando en las condiciones óptimas.

BIBLIOGRAFÍA

- Altamirano-Morales, Jesús., Silva-López, Gilberto. (2013). *La ciencia y el hombre*. Obtenido de "Las tortugas: entre los habitantes más antiguos": <https://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol26num1/articulos/las-tortugas.html>
- Arias I., Carlos A., Hans, Brix. (2003). Humedales artificiales para el tratamiento de agua residual. *Redalyc*, 17-24. Obtenido de Humedales artificiales para el tratamiento de agua residuales: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91101302>
- Boyd, C.E. 1990. Water quality in ponds for Aquaculture. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University. Birmingham Publishing Co. 482 pages.
- De La Mora-Orozco, Celia., Saucedo-Terán, Rubén Alfonso., Barrientos-Juarez, Eutiquio., Gómez-Rosales, Sergio., González-Acuña, Irma Julieta., Domínguez-Araujo, Gerardo. (2009). *Humedales artificiales para el tratamiento de agua residuales provenientes de granjas porcícolas*. Guadalajara, Jalisco.: Talleres gráficos de prometeo editores, S.A. de C.V.
- Drennan, G.D., Hosler, C.K., Francis, M., Weaver, M.D., Aneshansley, Beckman, G., Johnson, H.C., & GMC, Cristina (2006). Standardized evaluation and rating of biofilters: II. Manufacturer's and user's perspective. *Acuacultural engineering*, 34(3), 403-416, doi:10.1016/j.aquaeng.2005.07.001.
- Durbin, Robert M., Crosby, David M., Brunson, Martin W. (1997). Ammonia in fish ponds. *Agrilife*, 463.
- Gallegos-Alarcón, Ivan., García-Pulido, Daury. (2017). Remoción de nitrógeno amoniacal total en un biofiltro: percolador-columna de arena. *scielo*, 81-93.
- Garzón-Zúñiga, Marco A., Buelna, Gerardo., Moeller-Chavez, Gabriela E. (2012). La biofiltración sobre materiales orgánicos, nueva tecnología sustentable para tratar agua residual en pequeñas comunidades e industrias. *Tecnología y ciencias del agua*, 153-159.
- Gauss, Martín., Cáceres, Vidal., Fong, Néstor. (2006). Biofiltro: una opción sostenible para el tratamiento de aguas residuales en pequeñas localidades. *Ecotec.unam*. Obtenido de Ecotec.unam: <http://ecotec.unam.mx/Ecotec/wp-content/uploads/Proyecto-de-Tratamiento-de-Aguas-Residuales-con-Biofiltros.pdf>

- Ingle de la Mora, Genoveva., Villareal-Delgado, Enrique L., Arredondo-Figueroa, José L., Ponce-Palafox, Jesús T., Barriga-Sosa, Irene de los A.(2003). Evaluación de algunos parámetros de calidad del agua en un sistema cerrado de recirculación para la acuicultura, sometidos a diferentes cargas de biomasa de peces. *Hidrobiológica* 13(4):247-253.
- Instituto Valenciano de Microbiología (IVAMI) (2016). Bacterias nitrificantes (bacterias oxidantes de amonio-AOB-, y bacterias oxidantes de nitrito -NOB-): Cuantificación por PCR en tiempo real. Recuperado 23 de febrero del 2020 de <https://www.ivami.com/es/microbiologia-de-abonos-y-fertilizantes/2316-bacterias-nitrificantes-bacterias-oxidantes-de-amonio-aob-y-bacterias-oxidantes-de-nitritos-nob-cuantificacion-por-pcr-en-tiempo-real>
- Jeong, H., Park, J., & Kim, H. (2013). Determination of NH₄⁺ in Environmental Water with Interfering Substances Using the Modified Nessler Method. *Journal of Chemistry* 1–9. doi:10.1155/2013/359217
- Jiménez, Mario G., Balcázar, José L. (2003). Usos de filtros biológicos en larvicultura del *litopenaeus vannamei*: Principios generales. *Revista AquaTic*, 11-12.
- Korzeniec, Monika. (2014). *Enfermedades de las tortugas de agua*. Obtenido de <https://tortugasdeagua.com/enfermedades-de-las-tortugas-de-agua/>
- Libey, G. S. (1993). Evaluation of a Drum Filter for Removal of Solids from a Recirculating Aquaculture System. In: *Techniques for Modern Aquaculture. Proceedings of an Aquacultural Engineering Conference*. Spokane, Washington.
- Lp,Y.K., lee, S.M.L., Wong, W.P., Chew, S.F. (2008). Mechanisms of and defense against acute ammonia toxicity in the aquatic chinese soft-shelled turtle, *Pelodiscus sinensis*. *aquatic Toxicology*. Volumen 86,pages185-196. obtenido <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2007.10.013>
- Martínez-Silvestre,A.,Arias-Bernal,L. (2004). "La tortuga hicotea en Colombia: biología, usos y conservación.". *amasquefa*, 52-57.
- Pérez-Rojas, Alberto., Torrez-Orosco, Roberto B., Morales-Gutiérrez, Erick., Pérez-Méndez, Esther. (2000). Textura, Composición y Contenido de materia orgánica de los sedimentos recientes de un lago tropical de México. *Hidrobiológica*. recuperado de https://www.researchgate.net/publication/237036725_Textura_composicion_y_contenido_de_materiaorganica_de_los_sedimentos_recientes_de_un_lago_tropical_de_Mexico

- Rangel-Mendoza, Judith A., Weber, Manuel. (2015). Evaluación del estado Físico de la tortuga blanca *Dermatemys Mawii*, bajo condiciones de cautiverio en tabasco, México. *Agrociencia*, 502-503.
- Raymond de Solla, Shane., Martín, Pamela Anne. (2007). Toxicity of nitrogenous fertilizers to eggs of snapping turtles (*Chelydra serpentina*) in field and laboratory exposures. *Environmental toxicology and chemistry*, vol.26, No.9, pp,1890-1895. DOI:10.1897/06-500R1.1
- Retes-López, Rafael., Cuevas-González, Martha Isela., Moreno-Medina, Salomón., Denogean-Ballesteros, Francisco G., Ibarra-Flores, Fernando., Martín-Rivera, Martha. (2010). Unidad de manejo para la conservación de la vida silvestre como alternativa para "Los nuevos agronegocios.". *Revista Mexicana de Agronegocios*, 338-342.
- Robles de Benito, R. (2009). *Las unidades de manejo para la conservación de vida silvestre y el corredor biológico mesoamericano*. México: Trazos, consultoría editorial.
- Romero-Aguilar, Mariana., Colín-Cruz, Arturo., Sánchez-Salinas, Enrique., Ortiz-Hernández, Laura. (2009). Tratamiento de aguas residuales por un sistema piloto de humedales artificiales: Evaluación de la remoción de la carga orgánica. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 157-167.
- SAGPyA. (2006). Sistema de recirculación en acuicultura. Recuperado de <https://studylib.es/doc/5660448/sistemas-de-recirculaci3n-en-acuicultura>.
- SEMARNAT. (2009). Manejo de vida silvestre "Manual técnico para beneficiarios.". CONAFOR, 16-20.
- SEMARNAT. (2010). Protección ambiental- especies nativas de México de flora y fauna silvestre Categoría- de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo.
- Souza-Bastos, Luciana R., Val, Adalberto Luis., Wood, Chris M. (2015). Are Amazonian fish more sensitive to ammonia? Toxicity of ammonia to eleven native species. *Hydrobiología* DOI 10.1007/s10750-015-2623-04.
- Steubing, L., Godoy, R. & Alberdi, R. (2001). Métodos de ecología vegetal (Primera edición ed.). Santiago de Chile, Chile: Editorial Universitaria, S.A.
- Tapia-F. Francisco., Peralta-A. José María., Villavicencio-P. Abelardo., Riquelme-S. Jorge. (2007). *biofiltros para mejorar la calidad del agua de riego*. Santiago, Chile.

Ward, David L., Morton-Starner, R., Hedwall, Shaula J. (2013). An Evaluation of liquid ammonia (Ammonium Hydroxide) as a candidate Piscicide, North American Journal of Fisheries Management, 33:2, 400-405, DOI:10.1080/02755947.2013.765528.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.