



Investigación sobre la potabilización mediante cloración en estanques de geomembrana: análisis de concentración y tiempo de exposición

Research on water potabilization through chlorination in geomembrane ponds: analysis of concentration and exposure time

Esdras de Jesús Rodríguez Sánchez^{1*}, Juan Francisco Gómez Valencia¹, Gustavo Solano Silva¹

¹Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Coatzacoalcos, Carretera Antigua Minatitlán-Coatzacoalcos Km 16.5 Col. Reserva territorial de Coatzacoalcos C.P. 96536

*Autor de correspondencia: ibqa23.erochiguez@itesco.edu.mx

RESUMEN

La presencia de algas y bacterias en sistemas acuícolas constituye un factor crítico que afecta la calidad del agua, en consecuencia, la salud de la especie criada en estos estanques (*Oreochromis niloticus*). En estanques de geomembrana destinados al cultivo de tilapia, la proliferación microbiana puede comprometer la eficiencia del sistema. El objetivo del presente estudio fue evaluar la eficacia de la cloración a diferentes concentraciones y tiempos de exposición como estrategia de potabilización. Donde se realizaron dos muestreos independientes, en un diseño factorial con niveles mixtos, cada uno con 9 corridas bases con 4 réplicas realizando un total de 36 corridas, utilizando agua proveniente de un estanque de geomembrana de cultivo de tilapia. Las muestras fueron sometidas a tratamientos de cloración con distintas concentraciones (partes por millón, ppm) y tiempos de exposición, registrando los efectos sobre la inhibición de algas y bacterias. Los análisis mostraron una inhibición significativa de algas y bacterias a una concentración de 4 ppm con un tiempo de exposición de 2 horas. A una concentración de 6 ppm se obtuvo una eliminación completa de presencia de bacterias y algas, evidenciando una relación directa entre la dosis de cloro y la eficacia del tratamiento. La aplicación de cloro a mayor concentración

(6 ppm) permite una inhibición más rápida y completa de bacterias y algas en estanques de geomembrana para tilapia. Estos resultados sugieren que la cloración en niveles adecuados constituye una herramienta eficaz para mejorar la calidad del agua en sistemas acuícolas intensivos.

Palabras clave: Tilapia (*Oreochromis niloticus*), Estanques de geomembrana, Proliferación microbiana, Cloración, Calidad del agua.

ABSTRACT

The presence of algae and bacteria in aquaculture systems represents a critical factor influencing water quality and, consequently, the health of the cultured species (*Oreochromis niloticus*). In geomembrane ponds designed for tilapia production, microbial proliferation may compromise system efficiency. The aim of this study was to assess the effectiveness of chlorination at varying concentrations and exposure times as a water treatment strategy. Two independent sampling procedures were conducted, each comprising nine baseline runs with four replicates, resulting in a total of 36 runs, using water from a geomembrane pond for tilapia farming. Samples were subjected to chlorination treatments with different concentrations (parts per million, ppm) and exposure durations, and the inhibitory effects on algae and bacteria were recorded. The analyses revealed significant inhibition of algae and bacteria at a concentration of 4 ppm with an exposure time of 2 hours. At 6 ppm, complete elimination of both algae and bacteria was achieved, demonstrating a direct correlation between chlorine dosage and treatment efficacy. Application of chlorine at higher concentrations (6 ppm) facilitated more rapid and comprehensive inhibition of microbial growth in geomembrane ponds for tilapia. These findings suggest that chlorination at appropriate levels constitutes an effective tool for enhancing water quality in intensive aquaculture systems

Key words: Tilapia (*Oreochromis niloticus*), Geomembrane ponds, Microbial proliferation, Chlorination, Water quality.

INTRODUCCIÓN

En esta investigación se evaluaron los factores como son: (cloro, tiempo de exposición) que mayor

influencia presentan en la purificación de agua de los estanques de geomembrana de 9m de diámetro, donde se crían peces de la especie tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) en el ITESCO (Instituto Tecnológico Superior de Coatzacoalcos), Los factores que se mencionan son impactantes dado que la cantidad de cloro y el tiempo de exposición regulan la calidad del agua, por ello se resalta que al actuar sobre esta misma afectan directamente en la calidad de purificación por lo que resulta factible ya que nos proporciona evidencias tanto en el color del agua y olor que son primordiales para el crecimiento de los peces, así como la cantidad de microorganismos y algas como ecosistemas presentes en este tipo de agua.

Bacterias y microorganismo.

El crecimiento bacteriano se asocia con la presencia de bacterias patógenas encontradas en el agua empleada para abastecer a los estanques del criadero de tilapias (Susana Mendoza et al., 2021). En las redes de abastecimiento, suelen existir compuestos orgánicos que promueven el crecimiento de microorganismos, aun después de la desinfección

final aplicada en el proceso de potabilización (POND WATER, 2010). Este desarrollo bacteriano se ve condicionado por la disponibilidad de nutrientes inorgánicos, la materia orgánica biodegradable, la temperatura, el pH, la efectividad del desinfectante residual, el tiempo de permanencia del agua en conducciones y depósitos, así como el tipo de material de las tuberías.

Durante la potabilización, pueden añadirse o transformarse ciertos compuestos orgánicos ya presentes en el agua, lo cual influye en los procesos de oxidación (por ejemplo, cloración u ozonización).

Por otra parte, los sistemas de almacenamiento y distribución de agua potable constituyen un entorno adecuado para el desarrollo bacteriano: el flujo de agua facilita el transporte de nutrientes, la interacción prolongada con el material de las tuberías (Karina Navarro c. et al., 2016) y la presencia de partículas que actúan como sustrato. Todo ello contribuye a la formación de incrustaciones, donde pueden acumularse microorganismos y nutrientes, aumentando así su resistencia frente a los procesos de desinfección.

La proliferación de microorganismos en los sistemas de suministro de agua proviene en su mayoría de bacterias heterótrofas, que obtienen su energía y carbono de la materia orgánica biodegradable (Claude E. Boy, 2019) para crecer y reproducirse, en este caso ese factor sería los residuos fecales de las tilapias y de otros animales que pueden llegar a estar en contacto con la misma fuente de agua.

Cloración.

La cloración es un proceso de desinfección del agua que consiste en añadir cloro o compuestos clorados (como hipoclorito de sodio o cloro gas) con el fin de eliminar o inactivar microorganismos patógenos. Se aplica de forma generalizada en sistemas de potabilización, tratamiento de aguas residuales y en instalaciones donde se necesita mantener el agua libre de agentes infecciosos. (CONTYQUI, 2023).

Factores que influyeron en la investigación:

- Concentración de cloro
- Tiempo de contacto
- pH

- Presencia de materia orgánica
- Temperatura

METODOLOGÍA

Para la aplicación del diseño de experimentos, se utilizó la metodología de Montgomery (Montgomery, 2005), referenciado por (Izarbe Izquierdo, Tanco Martín, & Álvarez Sánchez), que se muestra en la figura 1, posteriormente se describen cada una de las etapas.

Figura 1. Etapas del diseño de experimentos

Reconocimiento del problema

El acceso a agua de calidad es un pilar fundamental tanto para la salud humana como para el éxito de las

explotaciones pecuarias y acuícolas. En este contexto, la búsqueda de sistemas eficientes de almacenamiento y potabilización se convierte en una prioridad técnica. El agua cruda, especialmente la de fuentes superficiales, suele presentar características que limitan su uso directo. Como señalan Bautista Covarrubias y Ruiz Velazco Arce, "la presencia de sustancias químicas y biológicas disueltas e insolubles en el agua define su composición física y química", y es precisamente esta composición la que determina si el agua "califica para un propósito particular" (Bautista & Ruiz, s.f., p. 1).

Ante este desafío, las técnicas de almacenamiento y tratamiento deben ser cuidadosamente seleccionadas. El uso de estanques de geomembrana emerge como una solución práctica y eficaz. Tal como se describe en el contexto de la producción acuícola, estos estanques no solo aumentan la capacidad de almacenamiento, sino que también "favorecen el tiempo de acción de los insumos utilizados y el aislamiento con superficies contaminantes" (Rivera, 2021, p. 19), creando un

ambiente controlado que potencia los procesos de tratamiento posteriores.

Consecutivo al almacenamiento, la desinfección constituye la barrera definitiva para garantizar la potabilidad del agua. En este punto, la cloración se destaca como el método más difundido. Según Cáceres y Vergara, la desinfección "consiste en la destrucción selectiva de los organismos potencialmente infecciosos", y el cloro es el agente más importante debido a su "fácil aplicación, manejo sencillo y bajo costo", ofreciendo además un "efecto residual que protege al agua de contaminarse en las redes de distribución" (Cáceres & Vergara, 2018, p. 38). La correcta aplicación del cloro, con dosis y tiempos de contacto adecuados, permite transformar el agua almacenada en un recurso apto y seguro.

En síntesis, la sinergia entre un almacenamiento aislante con geomembrana y un proceso de desinfección efectivo como la cloración, constituye una estrategia integral para la gestión del recurso hídrico. El presente trabajo analiza esta interacción, basándose en las experiencias documentadas en

sistemas acuícolas, con el fin de optimizar la calidad del agua para consumo y producción.

(Empleando la metodología Montgomery, seguida de las etapas posteriores que contiene) se presenta como una solución efectiva. Al eliminar completamente los patógenos, permite reutilizar el agua en los estanques, reduciendo drásticamente la necesidad de recambios. Esta intervención no solo mejora la sanidad de los peces.

Elección de los factores y niveles

Lo anteriormente antes expuesto como el realizado por ENF INF MICROBIOL 2019 39 (3): 86-92; se indica que factores como la concentración de cloro en ppm (partes por millón), el tiempo de acción, o el tipo de medio en donde se encontraba la muestra, retomando de este último mencionado afecta directamente en la cantidad de microorganismos, minerales y contaminantes encontrados en la muestra, así mismo estos pueden indicar que tan conveniente puede ser el uso de ese sistema, debido a los diferentes gastos a realizar para poder obtener

el agua potable de una forma más rápida y segura, ya que lo que se busca en la mayoría de las veces es la rapidez de obtención del producto y un gasto menor.

Con base a este aspecto, se fundamentan que los criterios o factores electos a experimentar son los siguientes:

- Concentración de cloro (2 ppm, 4 ppm, 6 ppm).
- Tiempo de exposición (30 minutos, 1 hora, 2 horas).

VARIABLE DE RESPUESTA

A partir del objetivo principal de este estudio, se define que el sujeto a evaluar es la cantidad de microorganismos encontrados bajo el microscopio a partir del cultivo de bacterias, siendo obtenidas gracias al incrementar el tiempo predispuesto, se toman muestras y se siembran, así logrando una mayor eficiencia al momento de evaluar los resultados.

Para esto el instrumento a emplear para la medición es un microscopio con los objetivos de 10x, 40x y 60x, este es usado con el fin de observar presencia de

microorganismos. Que fue dictaminado a través de un contador de placa.

ELECCIÓN DE DISEÑO EXPERIMENTAL.

El tipo de diseño experimental que se utilizó es el 2 factorial con niveles mixtos donde los factores son: A- Tiempo (hr) y B- Concentración de cloro (ppm); donde los tiempos son 0.5 hr, 1hr y 2 hr y las concentraciones son 2 ppm, 4 ppm y 6 ppm. El experimento realizado consistió en 9 corridas bases con 4 réplicas teniendo un total de 36 corridas de dicho experimento con un nivel de confianza de 95%.

Realización del experimento.

1. El experimento se realizó en las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior de Coatzacoalcos, donde se llevaron las siguientes actividades como a continuación se mencionan. El agua contaminada se trata con diferentes concentraciones de cloro y se deja reposar por distintos períodos de tiempo.
2. Después de cada combinación de concentración y tiempo, se analizan los niveles de bacterias o

contaminantes presentes en el agua mediante pruebas de laboratorio.

3. El objetivo es cuantificar la efectividad del cloro en la eliminación de contaminantes según la concentración y el tiempo de contacto.
4. Este experimento proporciona datos cuantitativos sobre la eficiencia de la purificación, ayudando a determinar la combinación más eficaz para purificar el agua utilizando cloro

El análisis de bacterias o niveles de contaminantes:

En el contexto de un experimento de purificación de agua con cloro generalmente implica procedimientos de laboratorio específicos que aseguren resultados cuantitativos y confiables. Algunos pasos y métodos que se emplearon:

1. Muestreo de agua (NOM-230-SSA1-2002).

Se toma una muestra de agua antes y después de aplicar la concentración de cloro.

Es importante seguir protocolos de recolección estériles para evitar contaminación externa.

2. Análisis microbiológico de bacterias.

Para evaluar el nivel de bacterias, se pueden usar varios métodos microbiológicos:

Método de cultivo en placas (conteo de colonias) utilizando como referencia la NOM-092-SSA1-1994 (Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa), y la NOM-230-SSA1-2002, (Salud ambiental. agua para uso y consumo humano).

3. Se inoculan muestras de agua en placas con medios de cultivo específicos (Agar MacConkey o Agar nutritivo) para permitir el crecimiento de bacterias presentes.

4. Las placas se incuban a una temperatura específica (generalmente entre 35°C y 37°C) durante 24-48 horas.

5. Se cuenta el número de unidades formadoras de colonias (UFC). Esto permite calcular la concentración de bacterias (bacterias/ml) antes y después de la purificación.

6. Reducción del número de colonias indicará la eficacia de la concentración de cloro y el tiempo de exposición.

Evaluación de resultados

Los datos fueron evaluados con el software minitab versión 22 donde se corrieron los tratamientos y el análisis fue muy versátil, para apoyarnos en la comparación de los niveles de bacterias y contaminantes antes y después del tratamiento. El cual los resultados fueron significativos ya que el valor de dictaminó $p < .05$.

Análisis de datos.

Hipótesis nula:

La concentración de cloro y el tiempo de exposición no influyen significativamente en la eliminación de contaminantes presentes en el agua durante el proceso de purificación.

Hipótesis alternativa:

La concentración de cloro y el tiempo de exposición si influyen significativamente en la eliminación de contaminantes presentes en el agua durante el proceso de purificación. Tienen un efecto significativo en la eliminación de contaminantes presentes en el agua, mejorando los parámetros de calidad asociados al proceso de purificación.

Los datos que se obtuvieron después de la incubación de las muestras de agua contaminada y conteo de microorganismos de las colonias que aparecieron fueron consideradas como contaminantes, estos fueron analizados con el software estadístico MiniTab 22. Para el proceso se inició creando un diseño 2 factorial con niveles mixtos, cada uno de estos factores con 3 niveles, contemplando 4 réplicas por cada bloque, continuando así por introducir los datos de acuerdo con el orden aleatorio que el mismo software proporciona.

Se introdujo el nombre de las variables de respuestas y se dio espacio para que corriera el análisis.

Se estableció el siguiente criterio que si $p < 0.05$ es significativo, si $p > 0.05$ no es significativo. (Tabla 1.)

Tabla 1. Diseño factorial

Diseño factorial de múltiples niveles			
Resumen del diseño			
Factores:	2	Réplicas:	4
Corridas base:	9	Corridas	36
		totales:	
Bloque base:	1	Total de	1

Bloques:

Número de
niveles: 3,3

Fuente: con información obtenida en la investigación

Posterior mente los resultados de la tómbola se organizaron en forma de una tabla para facilitar un orden de muestreo (Tabla2).

Tabla 2. Resultados obtenidos a partir del uso de la función tómbola de minitab 22

Tiempo	Partes por millón de concentración de cloro		
	2PPM	4PPM	6PPM
0.5hr	1	4	7
	10	13	16
	19	22	25
	28	31	34
1hr	2	5	8
	11	14	17
	20	23	26
2hr	29	32	35
	3	6	9
	12	15	18
	21	24	27
	30	33	36

Fuente: con información obtenida en la investigación

Como se estableció, los factores tomados fueron tiempo y cloro (ppm), cada uno de ellos con 3 niveles y valores de 0.5hr, 1hr y 2hr; concentraciones de 2ppm,4ppm y 6ppm. (Tabla 3.)

Tabla 3. Información de los factores tiempo y cloro.

Información del factor		
Factor	Niveles	Valores
Tiempo (hr)	3	0.5, 1.0, 2.0
Cloro Pmm	3	2, 4, 6

Fuente: con información obtenida en la investigación

El resultado del modelo se basó en el análisis de varianza el cual señaló números nulos en el valor P dando a demostrar que no había factores externos que intervinieran en el modelo. (Tabla 4).

Tabla 4. Análisis de varianza

Fuente: con información obtenida en la investigación

En el resumen del modelo se logró apreciar porcentajes significativos de éxito con una predicción de este mismo entre 92.14% - 95.58%. (Tabla 5).

Tabla 5. Presenta el resumen del modelo

Resumen del modelo

S	R-	R-	R-
	cuadr	cuadrado(aj	cuadrado
	ado	ustado)	(pred)
0.166	95.58	94.27%	92.14%
667	%		

Fuente: con información obtenida en la investigación

En la siguiente figura (Figura 2), se puede apreciar la ecuación que el programa estuvo usando para calcular los parámetros de error y éxito del experimento.

Ecuación de regresión

$$\begin{aligned}
 \text{RESPUESTAS} = & 1.4722 - 0.3889 \text{ TIEMPO (HR)}_0.5 + 0.1944 \text{ TIEMPO (HR)}_1.0 \\
 & + 0.1944 \text{ TIEMPO (HR)}_2.0 - 0.8056 \text{ CLORO PMM}_2 + 0.2778 \text{ CLORO PMM}_4 \\
 & + 0.5278 \text{ CLORO PMM}_6 - 0.2778 \text{ TIEMPO (HR)*CLORO PMM}_0.5 \ 2 \\
 & - 0.1111 \text{ TIEMPO (HR)*CLORO PMM}_0.5 \ 4 + 0.3889 \text{ TIEMPO (HR)*CLORO PMM}_0.5 \ 6 \\
 & + 0.1389 \text{ TIEMPO (HR)*CLORO PMM}_1.0 \ 2 + 0.0556 \text{ TIEMPO (HR)*CLORO PMM}_1.0 \ 4 \\
 & - 0.1944 \text{ TIEMPO (HR)*CLORO PMM}_1.0 \ 6 + 0.1389 \text{ TIEMPO (HR)*CLORO PMM}_2.0 \ 2 \\
 & + 0.0556 \text{ TIEMPO (HR)*CLORO PMM}_2.0 \ 4 - 0.1944 \text{ TIEMPO (HR)*CLORO PMM}_2.0 \ 6
 \end{aligned}$$

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC Ajust	MC Ajust	Valor F	Valor P
Modelo	8	16.2222	2.02778	73.00	0.000
Lineal	4	14.7778	3.69444	133.00	0.000
Tiempo(hr)	2	2.7222	1.36111	49.00	0.000
Cloro Pmm	2	12.0556	6.02778	217.00	0.000
Interacciones					0.000
2 términos	4	1.4444	0.36111	13.00	
Tiempo*cloro	4	1.4444	0.36111	13.00	
Error	27	0.7500	0.02778		
Total	35	16.9722			

Figura 2. Presenta la ecuación de regresión del programa.

La interpretación de este diagrama que es el diagrama de Pareto (Figura 3) trabaja con, un $\alpha = 0.05$ si la barra que representa al factor pasa la línea punteada de color rojo, el factor es significativo a la respuesta, de lo contrario el factor no es significativo a la respuesta. En este caso, la gráfica señala que tanto el factor TIEMPO como el factor CLORO PPM cruzan la línea punteada; es decir, que ambos factores son significativos para la respuesta.

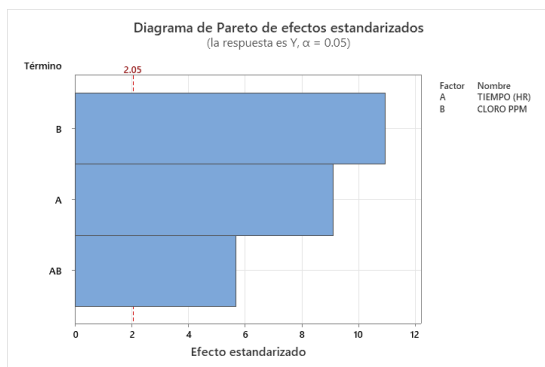
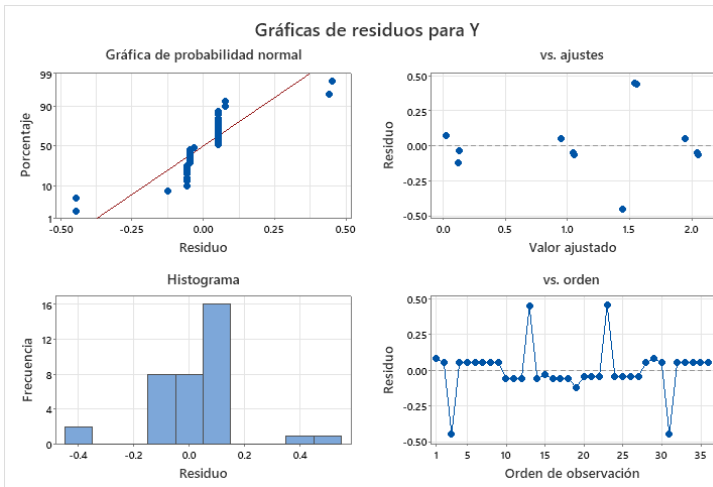


Figura 3. Diagrama de Pareto con efectos estandarizados muestra que los factores elegidos fueron significativos ya que cruzaron el umbral y también que el valor de $p < .05$.

Las siguientes gráficas (Figura 4.) muestran los residuos para nuestra variable de respuesta, la de la

esquina superior izquierda representa probabilidad normal de la relación entre el porcentaje y el residuo, donde observamos que los puntos se ajustan a la línea recta; es decir que, se está cumpliendo la normalidad. Se observan datos atípicos estos derivan de resultados que fueron muy parecidos. En la esquina inferior izquierda tenemos el gráfico de histograma de frecuencias que evidencia el comportamiento de una distribución normal. En la esquina superior derecha tenemos la gráfica del vs. Ajustes que se utiliza para verificar que los residuos estén distribuidos aleatoriamente y tengan una varianza constante. Como se observa, los puntos están ubicados de manera aleatoria a ambos lados, y no cuentan con un patrón reconocible. En la esquina inferior derecha se encuentra la gráfica de vs. De por orden donde se observan puntos que pasan por arriba debajo de la línea central, lo que representa el cumplimiento de normalidad

Figura 4. Diagrama de residuos para respuesta



CONCLUSIONES

De acuerdo con lo analizado en el software los resultados obtenidos por medio de la experimentación, se deduce que la hipótesis nula se rechaza; y se acepta la hipótesis alternativa es decir, que, tanto el tiempo y la cantidad de cloro que se encuentre en la muestra afectan directamente a la calidad de agua potabilizada por muestra ya que el valor de fue $p < .05$ Para estudios posteriores debemos analizar más corridas con diferentes concentraciones de cloro, recalando que La finalidad de este DOE era delimitar y reducir la cantidad de microorganismos resultantes en la cloración del agua contaminada para tener evidencias y comunicar a otras personas cerca de la

eficacia del cloro y así las personas puedan poner en práctica esto. A través del manejo control del tiempo y la cantidad de cloro a usar para potabilizar el agua. El trabajo se finalizó con éxito, teniendo como resultado que a una concentración de 6ppm se puede potabilizar agua con mayor eficacia y en menos tiempo.

BIBLIOGRAFÍA

Agua estancada: un problema de higiene. (s. f).

Aqua Free. <https://www.aqua-free.com/es/revista/agua-estancada-un-problema-de-salubridad>

Bautista Covarrubias, J. C., & Ruiz Velazco Arce, J. M. de J. (2011). *Calidad de agua para el cultivo de Tilapia en tanques de geomembrana*. Revista Fuente. Universidad Autónoma de Nayarit, México. <http://dspace.uan.mx:8080/jspui/handle/123456789/568-3>

Caceres Acosta, B. E., & Vergara Solis, A. P. (2018). *Evaluación del sistema de potabilización de agua de la estación*

acuícola del municipio de Repelón [Trabajo de grado, Universidad de la Costa CUC].

chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindm

kaj/https://repositorio.cuc.edu.co/server/api/c

ore/bitstreams/af254676-45c0-4a4f-b3ce-

d8a2c4ea1e47/content

Contyquim. (2023, 1 agosto). Sistema de cloración

de agua. Contyquim.

[https://contyquim.com/blog/sistema-de-](https://contyquim.com/blog/sistema-de-cloraci%C3%B3n-de-agua)

[cloraci%C3%B3n-de-agua](https://contyquim.com/blog/sistema-de-cloraci%C3%B3n-de-agua)

Emielluten. (2023, 16 octubre). Microorganismos:

bacterias de estanque La importancia de en el

estanque. vdvelde.com.

[https://www.vdvelde.com/es/microorganism](https://www.vdvelde.com/es/microorganismos/)

[os/](https://www.vdvelde.com/es/microorganismos/)

Faucethhead. (2024, 5 enero). Pond Bacteria: Good

vs. Bad. ILM Environments.

[https://ilmenvironments.com/pond-bacteria-](https://ilmenvironments.com/pond-bacteria-good-vs-bad/)

[good-vs-bad/](https://ilmenvironments.com/pond-bacteria-good-vs-bad/)

García-Pérez, J., Ulloa-Rojas, J. B., & Mendoza-

Elvira, S. (2020). Patógenos bacterianos y su

resistencia a los antimicrobianos en los cultivos de tilapia en Guatemala. Uniciencia,

35(2), 1-14. [https://doi.org/10.15359/ru.35-](https://doi.org/10.15359/ru.35-2.4)

[2.4](https://doi.org/10.15359/ru.35-2.4)

Global Seafood Alliance. (2024, 26 marzo). ¿Cuál es

el papel de las bacterias en los estanques

acuícolas? - Responsible Seafood

Advocate.[https://www.globalseafood.org/ad](https://www.globalseafood.org/advocate/cual-es-el-papel-de-las-bacterias-en-los-estanques-acuicolas/)

[vocate/cual-es-el-papel-de-las-bacterias-en-](https://www.globalseafood.org/advocate/cual-es-el-papel-de-las-bacterias-en-los-estanques-acuicolas/)

[los-estanques-acuicolas/](https://www.globalseafood.org/advocate/cual-es-el-papel-de-las-bacterias-en-los-estanques-acuicolas/)

Importancia de la cloración del agua: sitios de

abastecimiento con presencia de

bacterias patógenas. (2019). *ENF INF*

MICROBIOL, 39(3), 86-92.

https://amein.org.mx/downloads_nor/eimic

[cloro_n3_2019.pdf](https://amein.org.mx/downloads_nor/eimic)

Melendez, L. E. R. (2023, 27 agosto). ¿Qué es la

cloración? Método de desinfección de agua.

Carbotecnia.

[https://www.carbotecnia.info/que-es-la-](https://www.carbotecnia.info/que-es-la-cloracion/)

[cloracion/](https://www.carbotecnia.info/que-es-la-cloracion/)

- Navarro-Chaparro, Karina, Rivera, Patricia, & Sánchez, Roberto. (2016). Análisis del manejo de agua en la ciudad de Tijuana, Baja California: Factores críticos y retos. *Estudios fronterizos*, 17(33), 53-82. Recuperado en 13 de marzo de 2025, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-69612016000100003&lng=es&tlng=es.
- Nuevo, D., & Nuevo, D. (2024, 19 febrero). Cloración en tratamiento de aguas residuales | Formación de ingenieros. Formación de Ingenieros. <https://www.tecpa.es/cloracion-tratamiento-aguas/>
- Petty, B. D., Francis-Floyd, R., & Yanong, R. P. E. (2022, 12 mayo). Infecciones bacterianas de los peces. Manual de Veterinaria de MSD. <https://www.msdevetmanual.com/es/animales-ex%C3%B3ticos-y-de-laboratorio/pece-de-acuario/infecciones-bacterianas-de-los-peces>
- Pond water - microbewiki. (s. f.). https://microbewiki.kenyon.edu/index.php/Pond_water
- Rivera Martínez, E. F. (2021). *Monitoreo técnico para el mejoramiento del recurso hídrico en granja avícola del Valle de Tenza* [Proyecto de grado, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A].
- Secretaría de Salud. (1995). NOM-092-SSA1-1994: Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa. Diario Oficial de la federación. <https://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/092ssa14.html>
- Secretaría de Salud. (2005, 12 de julio). NOM-230-SSA1-2002. Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano, requisitos sanitarios que se deben cumplir en los sistemas de abastecimiento públicos y privados durante el manejo del agua. Procedimientos sanitarios para el muestreo*. Diario Oficial de la Federación. Recuperado de https://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=2081772

Sistema de potabilización de agua en zonas rurales.

(2022). *Revista Ibérica de Sistemas E*

Tecnologias de Informação, 48°(1),

[https://www.researchgate.net/profile/Gonzal](https://www.researchgate.net/profile/Gonzalo-Villa-Manosalvas/publication/361092009_WATER_PURIFICATION_SYSTEMS_IN_RURAL_AREAS/links/663d34c535243041538536e3/WATER-PURIFICATION-SYSTEMS-IN-RURAL-AREAS.pdf)

[o-Villa-](https://www.researchgate.net/profile/Gonzalo-Villa-Manosalvas/publication/361092009_WATER_PURIFICATION_SYSTEMS_IN_RURAL_AREAS/links/663d34c535243041538536e3/WATER-PURIFICATION-SYSTEMS-IN-RURAL-AREAS.pdf)

[Manosalvas/publication/361092009_WATE](https://www.researchgate.net/profile/Gonzalo-Villa-Manosalvas/publication/361092009_WATER_PURIFICATION_SYSTEMS_IN_RURAL_AREAS/links/663d34c535243041538536e3/WATER-PURIFICATION-SYSTEMS-IN-RURAL-AREAS.pdf)

[R PURIFICATION SYSTEMS IN RURA](https://www.researchgate.net/profile/Gonzalo-Villa-Manosalvas/publication/361092009_WATER_PURIFICATION_SYSTEMS_IN_RURAL_AREAS/links/663d34c535243041538536e3/WATER-PURIFICATION-SYSTEMS-IN-RURAL-AREAS.pdf)

[L AREAS/links/663d34c535243041538536](https://www.researchgate.net/profile/Gonzalo-Villa-Manosalvas/publication/361092009_WATER_PURIFICATION_SYSTEMS_IN_RURAL_AREAS/links/663d34c535243041538536e3/WATER-PURIFICATION-SYSTEMS-IN-RURAL-AREAS.pdf)

[\[IN-RURAL-AREAS.pdf\]\(https://www.researchgate.net/profile/Gonzalo-Villa-Manosalvas/publication/361092009_WATER_PURIFICATION_SYSTEMS_IN_RURAL_AREAS/links/663d34c535243041538536e3/WATER-PURIFICATION-SYSTEMS-IN-RURAL-AREAS.pdf\)](https://www.researchgate.net/profile/Gonzalo-Villa-Manosalvas/publication/361092009_WATER_PURIFICATION_SYSTEMS_IN_RURAL_AREAS/links/663d34c535243041538536e3/WATER-PURIFICATION-SYSTEMS-</p></div><div data-bbox=)

