



FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS Y BIOMÉDICAS

PROGRAMA MICROBIOLOGÍA

**CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA EN UN CULTIVO DE CAMARÓN
UBICADO EN EL EMBALSE DEL GUAJARO, DEPARTAMENTO DEL
ATLÁNTICO**

Presentan:

Junior Andrés Arteta Echeverría

María Camila González Pérez

Profesor Tutor:

Germán Lozano Beltrán

Co-tutor:

Zamira E. Soto Valera

Trabajo de investigación

11 noviembre 2022

**BARRANQUILLA, ATLÁNTICO
REPÚBLICA DE COLOMBIA**

Resumen

Introducción: En los últimos años, el camarón se ha convertido en la especie acuícola más valiosa del mundo, con un aumento de la producción de menos de 75.000 toneladas en 1980 a más de 5,7 millones de toneladas en 2020. Uno de los problemas que se presenta en el crecimiento de la camaronicultura es la proliferación de enfermedades ocasionadas por microorganismos, esto se debe por el desequilibrio ambiental que sufre el agua. **Objetivo:** El objetivo de este estudio de investigación fue evaluar la calidad microbiológica del agua en un cultivo semi intensivo de camarón en una granja camaronera ubicada en el Embalse del Guajaro, departamento del Atlántico a través de la identificación y cuantificación de microorganismos indicadores de contaminación como son coliformes totales y *Escherichia coli* y proponer un plan de monitoreo del agua utilizada en este cultivo acuícola. **Materiales y métodos:** Para tal efecto, se recolectó un total de nueve muestras de agua en diferentes puntos de muestreo los cuales corresponden a la entrada de la captación, estanque camaronero y descarga del agua. Para el procesamiento microbiológico se utilizó la técnica filtración por membrana, así mismo se elaboró una propuesta de monitoreo microbiológico en este sistema. **Resultados:** De las 9 muestras evaluadas se encontró que los recuentos de coliformes totales y *E. coli* fueron similares en la entrada de la captación (M1) y en el estanque camaronero (M2) mientras que en la descarga de agua (M3) se encontró bajos recuentos de ambos indicadores microbiológicos. **Conclusiones:** Se considera importante vigilar y monitorear periódicamente la calidad microbiológica del agua empleada en la producción de camarón que garanticen la inocuidad del recurso hasta el producto final y la salud de los consumidores, teniendo en cuenta que al estar contaminado constituye una fuente potencial de contaminación microbiológica para la producción del cultivo de camarón y predispone al consumidor a contraer enfermedades de origen hídrico.

Palabras clave: Acuicultura, calidad microbiológica del agua, contaminación ambiental, coliformes totales, cultivo de camarón, *E. coli*.

Abstract

Introduction: In recent years, shrimp have become the most valuable aquaculture species in the world, with production increasing from less than 75,000 tonnes in 1980 to more than 5.7 million tonnes in 2020. One of the problems that arises in the growth of shrimp farming is the proliferation of diseases caused by microorganisms, this is due to the environmental imbalance suffered by the water. **Objective:** The objective of this research study was to evaluate the microbiological quality of water in a semi-intensive shrimp culture in a shrimp farm located in the Embalse del Guajaro, department of Atlántico through the identification and quantification of contamination indicator microorganisms such as coliforms. total and *Escherichia coli* and proposes a monitoring plan for the water used in this aquaculture crop. **Materials and methods:** For this purpose, a total of nine water samples were collected at different sampling points, which correspond to the intake entrance, shrimp pond and water discharge. For microbiological processing, the membrane filtration technique was used; likewise, a proposal for microbiological monitoring was developed in this system. **Results:** Of the 9 samples evaluated, it was found that the counts of total coliforms and *E. coli* were

similar in the inlet of the catchment (M1) and in the shrimp pond (M2), while in the discharge of water (M3) low counts were found. of both microbiological indicators. **Conclusions:** It is considered important to monitor and periodically monitor the microbiological quality of the water used in shrimp production to ensure the safety of the resource to the final product and the health of consumers, taking into account that being contaminated constitutes a potential source of contamination. microbiological for the production of shrimp farming and predisposes the consumer to contract diseases of water origin, producing an imbalance in health.

Keywords: Aquaculture, microbiological water quality, environmental contamination, total coliforms, shrimp farming, *E. coli*.

1. Introducción

El cultivo de camarones está bajo presión para aumentar la producción y satisfacer las crecientes necesidades alimentarias de una población en crecimiento (Macusi et al. 2022). La acuicultura satisface las necesidades de empleo y seguridad alimentaria de la gran mayoría de países costeros asiáticos, tales como Bangladesh, China, India, Indonesia, Filipinas, Tailandia y Vietnam, los cuales son países dependientes de la acuicultura con grandes industrias acuícolas (Guerrero 2019; Islam and Yasmin 2017; Joffre and Bosma 2009; Miao et al. 2013; Wu et al. 2019). Esta industria se ha convertido en una fuente importante de proteínas alimentarias y respalda la producción de productos del mar como una alternativa viable y sostenible a los peces silvestres (Béné et al. 2015; Wu et al. 2019). Es probable que continúe creciendo a un ritmo significativo hasta el 2025 y seguirá siendo el sistema de producción de alimentos de más rápido crecimiento (Diana 2009). En los últimos años, el camarón se ha convertido en la especie acuícola más valiosa del mundo, con un aumento de la producción de menos de 75.000 toneladas en 1980 a más de 5,7 millones de toneladas en 2020 (FAO, 2020).

En la industria de la acuicultura, la FAO ha estimado que las pérdidas económicas por brotes de enfermedades superan los 9000 millones de dólares anuales, lo que equivale a aproximadamente al 15% del valor de la producción mundial de pescado y mariscos cultivados. Las enfermedades bacterianas han causado insostenibilidad socioeconómica y ambiental para la industria de cultivo de camarones en las últimas décadas. Las enfermedades transmitidas por los alimentos causadas por *Escherichia coli* son una de las enfermedades gastrointestinales importantes y, lo cual representa un riesgo para la salud pública (Barbosa et al. 2016). La presencia de *E coli* en agua o productos como camarones indica contaminación fecal. Sin embargo, los indicadores microbiológicos se pueden utilizar para evaluar la calidad microbiológica del agua y de los alimentos vendidos en el mercado (Barbosa et al. 2016).

Algunos estudios de investigación se han centrado en evaluar la calidad microbiológica de diferentes sistemas de acuicultura; por ejemplo, Rurangwa y Verdegem (2015) evaluaron la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de 4 estanques camaroneros, en los cuales encontraron en el sistema acuapónico recuentos de microorganismos mesófilos 5.5, 4.29, 3.13 y 4.68 log₁₀ ufc ml⁻¹ y la determinación de coliformes, estuvieron presentes en todas



las granjas. En este sentido, Faridullah et al. (2016) mediante el estudio determinaron el nivel de contaminación por microorganismo como *Salmonella* spp y *Escherichia coli* en la cadena de producción de camarones (*Penaeus monodon*) en diferentes áreas de Bangladesh, donde sus resultados evidenciaron que la prevalencia de muestras positivas a *Salmonella* spp fue de 43,7%, 62,5 %, 20 % y 0,0 % para muestras de agua en los cultivos camaroneros. Por el contrario, la prevalencia de muestras positivas de *E. coli* fue del 62,5 %, 43,7 %, 60 % y 60 %. En este estudio, concluyeron que, con pocas excepciones, todas las muestras de granjas, depósitos y plantas de procesamiento tienen distintos niveles de contaminación por *Salmonella* y *E. coli*, lo que es muy alarmante para la industria camaronera en Bangladesh. En un estudio realizado en Estados Unidos, examinaron la prevalencia de *Salmonella* spp y bacterias coliformes, esto lo realizaron en granjas acuícolas de camarones para adoptar medidas preventivas para disminuir *Salmonella* y contaminación fecal en los productos cosechados en estas granjas (Koonse et al. 2005).

A nivel de Latinoamérica, en el caso de Brasil, exportan y consumen comúnmente varias especies de camarones. En cambio, se sabe que los productos de pescado crudo causan brotes de enfermedades transmitidas por los alimentos, lo que representa un riesgo para la salud pública (Jain et al. 2008). En São Paulo, Brasil Barbosa et al., (2016) mediante el estudio tomaron muestras en camarones refrigerados en los mercados callejeros para detectar la presencia de *E. coli* y la identificación de los genes stx1A , stx2A, eae, LTI, STa, STb, aggR y pCVD432 mediante PCR y evaluar la calidad microbiológica de los camarones lo cual proporciona información epidemiológica para que se mejore la seguridad alimentaria y salud pública.

Por su parte, en Colombia, la acuicultura tiene dos sectores importantes de producción de alimentos para consumo nacional, así como también la exportación, el país tiene un clima adecuado para el cultivo de los camarones. La actividad acuícola ha aumentado en las últimas décadas, en cambio en la generación de riqueza ha sido baja y esto causa una gran preocupación debido a que el aporte a la satisfacción de las necesidades alimentarias de los colombianos que consumen este producto se ve afectado. El territorio colombiano en la acuicultura tiene un bajo nivel de cumplimiento de las normas de higiene y el ICA no cuenta con la capacidad operativa para controlar las enfermedades en la acuicultura, lo cual no garantiza la inocuidad sanitaria en esta actividad.

Uno de los problemas que se presenta en el crecimiento de la camaronicultura es la proliferación de enfermedades ocasionadas por microorganismos, esto se debe por el desequilibrio ambiental que sufre el agua. El inadecuado manejo de las piscinas camaroneras en cuanto a alimentación y suministro de antibióticos para tratar o prevenir enfermedades, causa un cambio de las propiedades del agua. En términos generales, la calidad del agua es el resultado de comparar las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas presentes en el agua, no cabe duda que estudiar la calidad del agua de los estanques camaroneros es de gran importancia dado que es el recurso hídrico y esencial para el éxito de dicho cultivo y para la producción de camarones. Los sistemas de producción de especies acuáticas presentan una gran variabilidad en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que deben ser constantemente balanceados para mantener una buena calidad del agua. Sin embargo, este equilibrio se ve perturbado por las grandes cantidades de materia orgánica utilizada en varios



sistemas de producción que se acumulan a lo largo de la acuicultura, degradando la calidad del agua y como consecuencia alterando la salud de los camarones e impactando negativamente la seguridad e inocuidad alimentaria (Loor et al. 2017). Si bien el manejo de parámetros fisicoquímicos en Colombia ha sido ampliamente aplicado, no ha sido igual para los parámetros microbiológicos de calidad de agua en estanques camaroneros por falta de sistematización y estandarización (Soto et al. 2010). Las referencias bibliográficas disponibles no brindan referencias específicas para el estudio y/o estandarización de límites permisibles para la calidad microbiológica del agua en estanques camaroneros.

En el departamento del Atlántico, muchos cultivos camaroneros se sostienen del Embalse del Guajaro como fuente de agua para el sistema, este ha sido designado como Área Ambiental Estratégica y es considerado el segundo embalse más importante por su capacidad de expansión y productividad en cultivos de camarón de su clase en el país (CRA, 2012). Debido a la importancia biológica, ecológica, alimentaria, económica y social del embalse, que es determinante para su valor ecosistémico, se ha convertido en el cuerpo de agua más grande e importante de todo el departamento del Atlántico pero la mala gestión del Embalse ha provocado altos niveles de contaminación y una notable reducción del agua; según la Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA, 2013), para el año 2004 había 16,000 hectáreas de cuerpos de agua en el Embalse El Guájaros con una capacidad de almacenamiento de 400.000.000 m³ de agua, de los cuáles 294 eran el reservorio útil. Esta capacidad se ha ido reduciendo drásticamente en 4 mil hectáreas y gran parte de sus zonas naturales (SEMANA, 2012).

Finalmente, cabe aclarar que en Colombia no existe un marco normativo nacional aplicable a la calidad microbiológica del agua en cultivos camaroneros, orientados a garantizar la calidad e inocuidad de los productos fabricados para el consumo humano como los crustáceos. Basada en esta información este estudio de investigación tiene como objetivo evaluar la calidad microbiológica del agua en un cultivo semi intensivo de camarón en una granja camaronera ubicada en el Embalse del Guajaro, departamento del Atlántico a través de la identificación y cuantificación de microorganismos indicadores de contaminación como son coliformes totales y *Escherichia coli* y proponer un plan de monitoreo del agua utilizada en este cultivo acuícola.

Materiales y Métodos

Área de estudio:

El cultivo de camarones se encuentra ubicado en el Embalse del Guájaros, también llamado ciénaga del Guájaros, es de gran importancia para los municipios del sur del departamento del Atlántico, debido a que abastece de agua a los distritos de riego de Repelón y Manatí, cumpliendo un papel esencial no solo en la economía agrícola, sino que también en los sectores piscícolas y camaroneros de la zona de estudio, siendo principalmente una fuente para la generación de ingresos. Además, el embalse tiene como área de influencia los distintos municipios como Luruaco, Repelón, Manatí y Sabanalarga (corregimiento de la Peña) por su parte, aprovechan esta reserva hídrica para la producción, explotación y comercialización de productos acuícolas incluyendo el sector de la piscicultura y la

camaronicultura. Este posee un área de 16.000 Ha, un volumen de 400 mm³ y un caudal de 230 m³/s (Quintero, 2015). El Embalse el Guájaro es el principal reservorio hidrobiológico que cuenta con una superficie espejo de agua actual de 12.000 hectáreas y abastecido principalmente por las aguas del río Magdalena a través del Canal del Dique y a través de las compuertas El Limón.

Recolección de las muestras

Este estudio comprendió un total de 9 muestras de aguas en diferentes puntos de muestreo, correspondientes a la entrada de la captación de agua, la piscina camaronera y descarga del agua. El muestreo se realizó recolectando 1 L de agua en los tres sitios muestreados en el Embalse del Guajiro, Atlántico. Todas las muestras recolectadas fueron empacadas en bolsas estériles, rotuladas e inmediatamente transportadas al Centro de Investigaciones en Ciencias de la Vida (CICV), en una nevera de poliestireno (Icopor) expandido con hielo, con el propósito de conservar las muestras de aguas y detener el crecimiento bacteriano, para realizar los análisis microbiológicos del agua dentro de 2 a 24 horas.

Recuento de coliformes totales y *E. coli* en muestras de agua en cultivo de camarón.

Las muestras para el análisis de coliformes totales y *Escherichia coli* fueron procesadas por la técnica filtración por membrana de acuerdo a las indicaciones del Estándar método, para ello se llevó a cabo diluciones seriadas con base en 10 en solución salina (0.9 %), se agregaron 10 mL de muestra en 90 mL del diluyente hasta la dilución 10⁻⁴. Posteriormente, los 100 mL de cada concentración fueron filtrados en un equipo de filtración Millipore de acero inoxidable y vasos de polisulfona de 250 mL de capacidad, donde se utilizaron filtros de acetato de celulosa de 0,45 µm de tamaño de poro. El papel filtrado se colocó sobre la superficie de un medio selectivo y diferencial, utilizando el agar chromocult, incubándose a 37 °C durante 24-48 horas. Posteriormente, al tiempo de incubación, se realizaron los recuentos y se expresaron los resultados en Unidades Formadoras de Colonias por 100 ml (UFC/100 ml). El recuento de los coliformes totales se basa en la capacidad de la β-D-galactosidasa y el Salmon-Gal. Esta reacción enzima-sustrato produce colonias de coliformes de color entre rojas y rosadas; mientras que el recuento de *E. coli* se basa en β-D-glucuronidasa y la β-D-galactosidasa, esta combinación enzimática da lugar a colonias que adquieren un color entre azul oscuro y violeta.

Análisis estadístico

Para el procesamiento de datos estadísticos en los recuentos microbiológicos de coliformes totales y *E. coli* dentro de los tres puntos de muestreos estudiados, se calculó la media y la desviación estándar utilizando el programa Microsoft Excel.

Diseño de plan de monitoreo de la calidad microbiológica del agua.

Se diseñó un plan de monitoreo de la calidad microbiológica del agua usada en el cultivo de camarón de acuerdo a los resultados obtenidos y la revisión de la literatura relacionada con la temática.



3. Resultados

Análisis microbiológico

Al realizar el análisis microbiológico del agua en los sitios muestreados en la zona del Embalse del Guájaro, se pudo establecer que el total de muestras tomadas, hubo crecimiento de bacterias coliformes totales y *E. coli* en un sistema de camarón.

De acuerdo a la Fig. 1. en las muestras (M1) y (M2) correspondiente a la entrada de la captación y a la piscina camaronera los recuentos de coliformes totales y *E. coli* fueron similares; mientras que en las muestras (M3) correspondiente a la descarga de agua los recuentos de ambos indicadores microbiológicos fueron más bajos.

Estos resultados indican que el agua usada en un cultivo de camarón ubicado en el Embalse del Guájaro tiene una alta contaminación microbiológica en la entrada de la captación (M1) y en el estanque camaronero (M2) lo cual está asociado a la contaminación que es uno de los factores sobresaliente del embalse, y se debe a muchos componentes naturales y actividades antropogénicas afectando la calidad del agua y la salud de los consumidores.

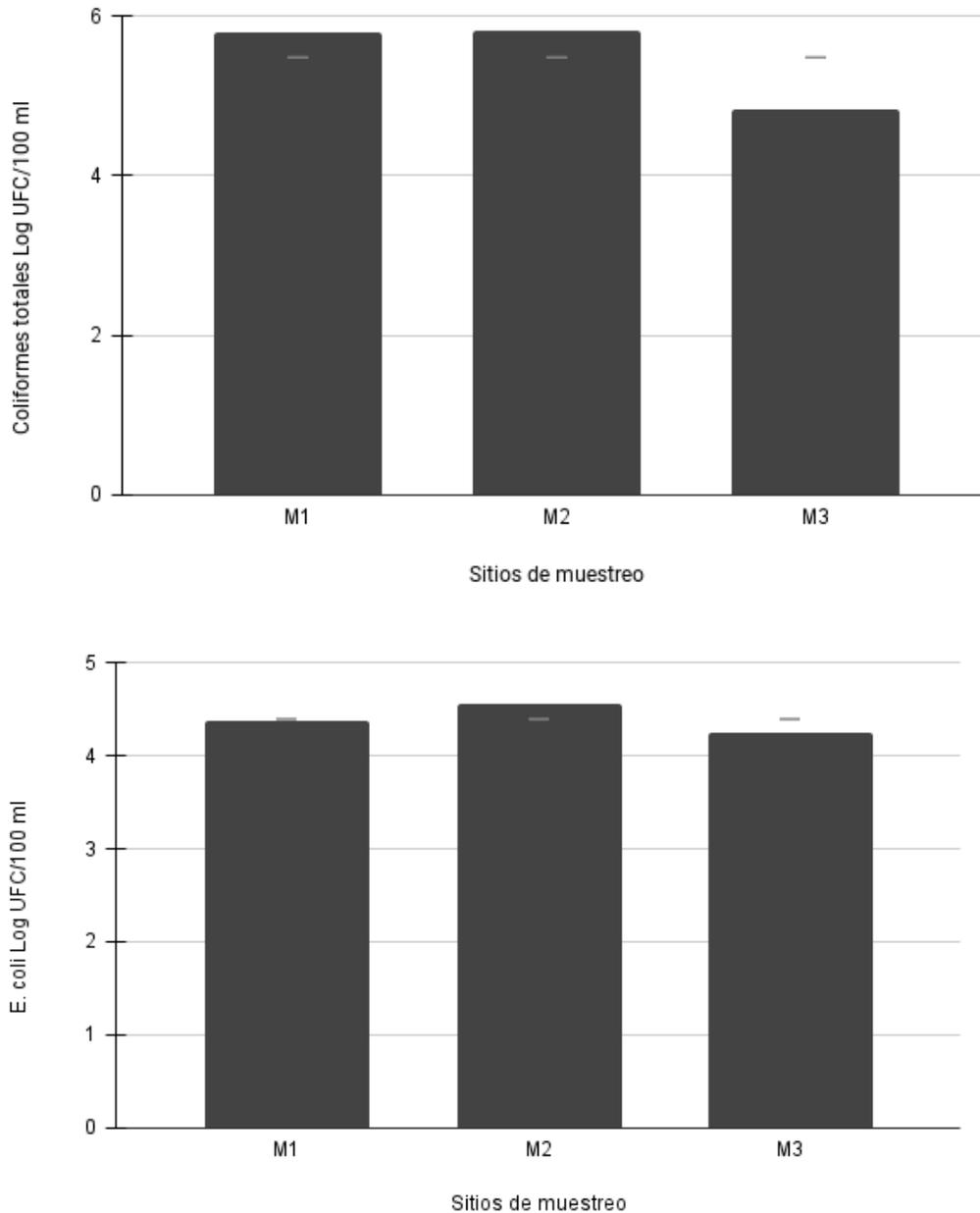


Figura 1. Contenido de bacterias indicadoras en el Embalse del Guajaro departamento del Atlántico, coliformes totales y *E. coli*. Los valores representan la media de las tres réplicas por punto de muestreo, con barra de error y desviación estándar.

Al observar la Tabla 1. de los recuentos microbiológicos de las muestras de agua en cultivo de camarón muestran un mayor recuento de coliformes totales y *E. coli* tanto en la (M1) y la (M2). En el caso de coliformes totales en la entrada de la captación el recuento fue de 63×10^5 UFC/100 ml y en el estanque camaronero el recuento fue de 67×10^5 UFC/100 ml, mientras que en *E. coli* en la captación el recuento fue de 33×10^5 UFC/100 ml y en el

estanque camaronero el recuento fue de 37×10^5 UFC/100 ml. Por el contrario, en la (M3) ambos indicadores microbiológicos muestran un menor recuento, siendo en la descarga de agua el recuento en el caso de coliformes totales de 41×10^5 UFC/100 ml y en *E. coli* fue de 20×10^5 UFC/100 ml respectivamente.

En Colombia, pese a la existencia de normatividad específica para el cultivo de organismos acuáticos, no existe una norma puntual para la calidad microbiológica del agua para cultivo de camarón, por lo que el presente trabajo de investigación puede ser considerado como el inicio de esta rama de la producción acuícola

Tabla 1. Recuentos microbiológicos de las muestras de agua en un cultivo de camarón provenientes del Embalse del Guajaro, departamento del Atlántico.

Muestra	Recuento de coliformes totales (UFC/100 ml)
M1	63×10^5 UFC/100 ml
M2	67×10^5 UFC/100 ml
M3	41×10^5 UFC/100 ml
Muestra	Recuento de <i>E. coli</i> (UFC/100 ml)
M1	33×10^5 UFC/100 ml
M2	37×10^5 UFC/100 ml
M3	20×10^5 UFC/100 ml

Propuesta de monitoreo del agua del cultivo de camarones.

Presentación

La camaronicultura es una actividad dedicada al cultivo y producción de camarones de agua dulce, salobres o marinos, con fines productivos destinados al consumo humano, bajo

condiciones semicontroladas o controladas en las distintas etapas de desarrollo, crecimiento y engorde de estos (Campos et. al. 2012). Estas actividades de producción camaroneras pueden verse alteradas por diferentes factores entre los que podemos destacar los ambientales haciendo énfasis en la calidad del agua, la época del año y tipo de abastecimiento de aguas superficiales requeridas. Esta última puede provenir de canales de riego agrícola y manantiales naturales que muchas veces no reciben ningún tratamiento (filtración, o sedimentación), lo cual puede que presenten algún grado de contaminación. (Bautista y Ruiz 2011; Gómez et. al. 2013).

Por ello, es de gran importancia el conocimiento de las variables fisicoquímicas y microbiológicas, debido a que pueden proporcionar información valiosa acerca del estado de la calidad del recurso hídrico, donde los parámetros físicos y químicos pueden ser los más utilizados, dado que uno de los beneficios es que permiten ser empleados en la evaluación de la calidad del agua, mientras que ocurre lo contrario para los parámetros microbiológicos, por lo tanto ambas variables se convierten en un complemento (Pérez-Castillo y Rodríguez 2008; Kiran 2010).

Los productos del mar pueden ser el vehículo de enfermedades transmitidas por los alimentos causadas por parásitos, toxinas, virus o bacterias patogénicas. También pueden transportar metales pesados, pesticidas o residuos de antibióticos. Los productos del mar fueron la causa de aproximadamente el 20% de los brotes de enfermedades transmitidas por alimentos con causas conocidas en el UU. de 1997 a 2006, pero cabe señalar que relativamente pocos casos están asociados con cada brote.

La microbiota de pescado refleja el entorno acuático en el que se capturan los (ICMSF 2005). Varios potenciales peligros transmitidos por los alimentos residen naturalmente en el ambiente marino o de agua dulce. Los ejemplos incluyen parásitos acuáticos, toxinas como ciguatera y toxinas de mariscos, y especies de *Vibrio* como *V. Parahaemolyticus* y *Vibrio vulnificus*. Recientemente, se están desarrollando y los futuros criterios microbiológicos deben basarse en los niveles de cepas patógenas. Esta categoría incluye una multitud de peces de aleta (p. ej., tilapia, bacalao, atún), crustáceos (p. ej., camarones, langosta) y moluscos (por ejemplo, calamares, pulpos, bivalvos como mejillones, almejas u ostras).

Objetivo:

Establecer los lineamientos para un monitoreo de la calidad microbiológica del agua en cultivo de camarón ubicado en el Embalse del Guajaro, departamento del Atlántico.

Presentación:

En la tabla N° 2 se resume el plan de monitoreo diseñado para el cultivo de camarón ubicado en el Embalse del Guajaro, departamento del Atlántico; en donde se detallan algunos aspectos como las condiciones de muestreo, los indicadores utilizados y los métodos de análisis.

Tabla 2. Plan de monitoreo microbiológico del agua de cultivos de camarones

Tipo de muestra	Existen 3 tipos de muestras para realizar los análisis físicos, químicos y microbiológicamente la calidad del agua: son dos muestras simples o puntuales y muestras compuestas
Lugar de muestreo	Embalse del Guajaro
Método de muestreo	Muestreo manual
Puntos de muestreo	En el punto de captación del agua, en el estanque camaronero y en la descarga del cultivo.
Número de muestra	3 muestras por cada punto de muestreo
Volumen de muestra a recolectar	500 ml
Frecuencia del muestreo	Al inicio del cultivo Durante el cultivo (1 muestreo semanal) Al finalizar el cultivo.
Recipientes para la recolección de las muestras	Frascos de vidrio y bolsas plásticas estériles
Conservación, almacenamiento y transporte de las muestras de agua	Se debe conservar las muestras de aguas en una nevera de icopor (poliestireno) expandido con hielo. Durante el transporte se recomienda refrigeración a 4°C y protección de la luz, especialmente si se sospecha que el agua está contaminada con microorganismos patógenos. No deben transcurrir más de 24 horas para el procesamiento microbiológico de las muestras de agua.
Indicadores microbiológicos	Coliformes totales, Coliformes termotolerantes, <i>E.coli</i> , <i>Enterococcus</i> spp.

Patógenos	<i>Salmonella</i> spp
Métodos para el análisis de microbiológico del agua.	ISO 9308-1:2014 ISO 7899:2 ISO 6579

4. Discusión

En la evaluación microbiológica de los 3 sitios de muestreos del Embalse del Guajaro del departamento del Atlántico, se determinó que los recuentos de ambos indicadores microbiológicos fueron similares en la entrada de la captación y piscina camaronera (Tabla 1.). En concordancia con los resultados de esta investigación, Rompré et al., (2002), donde se menciona que la gran mayoría de los coliformes están presentes en grandes cantidades en la microbiota intestinal de los seres humanos y animales, por esta razón, se encuentra en el material fecal. Como consecuencia, los coliformes, detectados en concentraciones más altas que las bacterias patógenas, se utilizan como un indicador de la posible presencia de enteropatógenos en ambientes acuáticos. De acuerdo con Camacho. et al., (2009), los coliformes tienen características de sobrevivencia y la capacidad para multiplicarse fuera del intestino, este grupo de microorganismo es utilizado como indicador de contaminación fecal en agua; de acuerdo con esto mayor sea el número de coliformes en agua, mayor será la posibilidad de estar en frente a una contaminación reciente. Asimismo, los coliformes totales están presentes en agua, suelo y plantas; mientras que los coliformes termotolerantes se encuentran en las deposiciones humanas o animales y su presencia indica que hay contaminación.

En la Tabla 1, se observan que los recuentos microbiológicos de coliformes totales y *E. coli* fueron similares entre M1 y M2, es decir, en la entrada de la captación y en la piscina camaronera esto indica que gran parte del Embalse del Guájaro en el cultivo de camarón presenta una contaminación microbiológica en el agua. En concordancia con los resultados de esta investigación, García et. al (2016), realizaron un análisis detallado del Embalse del Guajaro del estado actual de sus condiciones ecológicas y ambientales, en dicho estudio determinaron que la contaminación es uno de los factores más importantes en el Embalse y es causado por muchos componentes y en gran parte por las actividades antropogénicas. Concluyeron que la contaminación en este cuerpo de agua se da principalmente por la carga de aguas residuales agroindustriales y de escurrimiento superficial de terrenos agrícolas, que son vertidas sin ningún tipo de tratamiento lo cual conlleva a la eutrofización. Además, las granjas camaroneras tienen un impacto ambiental en los ecosistemas costeros y descargan

efluentes ricos en nutrientes y materia orgánica, afectando la calidad del agua (Barcellos. et. al 2019). En un estudio, determinaron que el principal impacto de las granjas camaroneras provienen por la descarga de efluentes por intercambio diario de agua y la cosecha, cuando se recolectan los camarones después de alcanzar el tamaño adecuado (Trott & Alongi 2000 ; Bui et al. 2013 ; Herbeck et al. 2013 ; Cardoso-Mohedano et al. 2016a), lo que genera el agotamiento del oxígeno disuelto e incrementa la turbidez del agua (Jackson et al. , 2003 ; Barraza-Guardado et al., 2013).

En relación a la descarga de agua de los cultivos camaroneros, según un estudio realizado por Bui et al., (2013) , el cultivo de camarones costeros puede causar contaminación por sedimentos en estos cultivos y ecosistemas marinos, debido a que los efluentes de las granjas camaroneras frecuentemente contienen altas concentraciones de contaminantes, incluidos varios compuestos orgánicos que puede bioacumularse (de alimentos no consumidos, materia fecal de camarones y organismos vivos o muertos) en estos sistemas acuapónicos en el sector de la camaronicultura. Dicho lo anterior, con los resultados obtenidos de esta investigación se corroboró la existencia de una contaminación microbiológica por la presencia de coliformes totales y *E. coli* en la descarga del agua en el cultivo de camarón. En un estudio se observó que el 65% de las muestras de agua de entrada registran poblaciones de coliformes totales de 1.2×10^5 UFC/ml, por el contrario en las salidas hay una disminución importante de poblaciones de *E. coli* $2,5 \times 10^3$ UFC/ml (Martínez & Molina, s.f).

En el contexto regional, sólo un estudio realizado por Ariza. (2017) dónde evaluó la calidad fisicoquímica y microbiológica de uno de los cuerpos de agua superficiales de mayor importancia en el departamento del Atlántico: El embalse el guájaro; el cual, se encuentra ubicado en el municipio de Repelón, en dicho estudio demuestra que en Colombia hay un descenso gradual de la calidad del agua esto se debe a la descarga constante de efluentes que no tienen ningún tratamiento que son provenientes del desarrollo de actividades domésticas industriales y agrícolas, por tal razón se debe implementar estrategias desde el punto legal, que permitan a la preservación de este tipo de ecosistema, con el fin de proponer medidas de control para contribuir al mejoramiento de la calidad del agua y el uso eficiente del recurso hídrico. A partir de lo anterior, los resultados de este estudio indican que en el embalse del Guájaro, departamento del Atlántico en los diferentes sitios evaluados muestran contaminación microbiológica esta situación se produce como resultado de altas cargas de aguas residuales y los impactos de las actividades humanas que están generando en la calidad de los cuerpos de agua en el departamento y la falta de una política clara de sostenibilidad de los recursos por parte de las autoridades y organismos ambientales.

Finalmente, cabe mencionar que las enfermedades transmitidas por los alimentos causadas por *E.coli* representan un riesgo para la salud pública, asimismo es una de las enfermedades



más importantes del tracto gastrointestinal. *E. coli* frecuentemente no es patógeno, pero es importante mencionar que diferentes cepas pueden causar enfermedades gastrointestinales, tracto urinario o del sistema nervioso central. En un estudio evaluaron la contaminación de productos de origen del mar con *E. coli* y bacterias coliformes, donde encontraron la presencia de *E. coli* con un 7,9% de los productos analizados, mientras que las bacterias coliformes encontraron que estaban presentes en 81,6% en 0,1 g, 10,5 en 1 g y 7,9% en 0,01 g de las muestras (Kukulowicz, 2016).

Por lo cual, se hace necesario la implementación de una propuesta para monitorear la calidad microbiológica del agua en un cultivo de camarón ubicado en el Embalse del Guajaro, departamento del Atlántico, que podría servir como referente en el sector de la camaronicultura y otros cultivos de la acuicultura, debido a que el camarón es una de las especies acuícolas más valiosas del mundo y el producto del mar más comercializado a nivel internacional. Pero a medida que la producción de camarones ha aumentado en todo el mundo, el alto número de muertes causadas por los frecuentes brotes de enfermedades se ha convertido en un obstáculo importante para la industria. Por lo cual, es necesario el monitoreo periódico de la calidad del agua, para garantizar la seguridad e inocuidad de los camarones para el consumo humano.

Conclusiones

En las muestras (M1) y (M2) correspondiente a la entrada de la captación y a la piscina camaronera los recuentos de coliformes totales y *E. coli* fueron similares; mientras que en las muestras (M3) correspondiente a la descarga de agua los recuentos de ambos indicadores microbiológicos fueron más bajos.

En Colombia hasta la fecha de hoy no existe una normativa específica sobre los análisis microbiológicos en el agua de piscinas o estanques camaroneros, notándose una falta de conocimientos científicos en este sector productivo.

La calidad del agua en el cultivo de camarón en el Embalse del Guájaro, departamento del Atlántico representa un potencial riesgo de contaminación microbiológica, lo cual está asociado a la contaminación que es uno de los problemas sobresaliente del embalse, y se debe a muchos componentes naturales y antrópicos. La contaminación de este cuerpo de agua se da por la carga de aguas residuales domésticas y agroindustriales que son vertidas sin ningún tipo de tratamiento, el ingreso de residuos sólidos, la falta de un plan de manejo camaronero y la ausencia de educación ambiental comunitaria.



La calidad microbiológica del agua debe vigilarse, monitorearse y controlarse periódicamente para identificar los posibles peligros no solo en la salud de los camarones, sino también de los consumidores con el fin de garantizar la inocuidad de los productos de la acuicultura para el consumo humano.

Referencias

Ariza Iriarte, R. J. (2017). *CARACTERIZACION FISICOQUIMICA Y MICROBIOLÓGICA DE LAS AGUAS SUPERFICIALES DEL EMBALSE DEL GUÁJARO Y DISTRITO DE RIEGO DEL MUNICIPIO DE REPELÓN-ATLÁNTICO* (Doctoral dissertation, Ingeniería Ambiental).

Ahmed, W., P. Gyawali, S. Toze-Ciencias ambientales y..., and undefined 2015. 2015. "Mediciones Cuantitativas de PCR de Escherichia Coli , Incluida La E. Coli Productora de Toxina Shiga (STEC) En Heces de Animales y Aguas Ambientales." *Publicaciones de La ACS* 49(5):3084–90.

Alvarado, M. (2016). *Sur del Atlántico: una nueva oportunidad*. Barranquilla: Fundación Promigas.

Barbosa, L. J., L. F. Ribeiro, L. F. Lavezzo, M. M. C. Barbosa, G. A. M. Rossi, and L. A. do Amaral. 2016. "Detection of Pathogenic Escherichia Coli and Microbiological Quality of Chilled Shrimp Sold in Street Markets." *Letters in Applied Microbiology* 62(5):372–78.

Barraza-Guardado R. H. Arreola-Lizárraga J. A. López-Torre M. A. Casillas-Hernández R. Miranda-Baeza A. Magallón-Barrajas F. Ibarra-Gámez C. 2013 Effluents of shrimp farms and its influence on the coastal ecosystems of Bahía de Kino, Mexico. *The Scientific World Journal* 2013, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2013/306370>

Bautista J, Ruiz (2011). Calidad DEA Gua para el cultivo de tilapia en tanques de geomembrana. *Revista Fuente* 8: 10-14. <http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/03-08/2.pdf>

Béné, Christophe, Robert Arthur, Hannah Norbury, Edward H. Allison, Malcolm Beveridge, Simon Bush, Liam Campling, Will Leschen, David Little, Dale Squires, Shakuntala H.



Thilsted, Max Troell, and Meryl Williams. 2016. “Contribution of Fisheries and Aquaculture to Food Security and Poverty Reduction: Assessing the Current Evidence.” *World Development* 79:177–96

Béné, Christophe, Manuel Barange, Rohana Subasinghe, Per Pinstrup-Andersen, Gorka Merino, Gro Ingunn Hemre, and Meryl Williams. 2015. “Feeding 9 Billion by 2050 – Putting Fish Back on the Menu.” *Food Security* 7(2):261–74.

Bentzon-tilia, M., & Sonnenschein, E. C. (2016). Monitoring and managing microbes in aquaculture – Towards a sustainable industry. 132390. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.12392>

Butt, AA, KE Aldridge, and CV Sanders. 2004. “Infecciones Relacionadas Con La Ingestión de Mariscos Parte I: Infecciones Virales y Bacterianas.” *The Lancet Enfermedades Infecciosas*.

Bui, T. D., Luong-Van, J., Maier, S. W., & Austin, C. M. (2013). Assessment and monitoring of nutrient loading in the sediments of tidal creeks receiving shrimp farm effluent in Quang Ninh, Vietnam. *Environmental monitoring and assessment*, 185(10), 8715–8731. <https://doi.org/10.1007/s10661-013-3207-2>

Camacho, A., Giles, M., Ortegón, A., Palao, M., Serrano, B. & Velázquez, O. (2009). *Técnicas para el análisis microbiológico de alimentos*. 2º ed. (p 17). Facultad de Química, UNAM. México.

Campos-Pulido, R., Alonso-Lopez, A., Avalos-de la Cruz, DA, Asian-Hoyos, A., y Reta Mendiola, JL 2013. Caracterización fisicoquímica de un efluente salobre de tilapia en acuaponía. *Revista Mexicana de ciencias agrícolas*, (5), 939-950. [Fecha de consulta 9 de Noviembre de 2022. ISSN: 2007-0934. Disponible en: [h://www.redalyc.org/articulo.oa?id=2631/263128352007](http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=2631/263128352007).

Cardoso-Mohedano J. G. Bernardello R. Sanchez-Cabeza J. A. Páez-Osuna F. Ruiz-Fernández A. C. Molino-Minero-RE E. Cruzado A. 2016a Reducing nutrient impacts from shrimp effluents in a subtropical coastal lagoon. *Science of The Total Environment* 571, 388–397. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.140>



CRA. (2012). Síntesis Ambiental. Barranquilla.

CRA. (07 de Diciembre de 2013). Plan de Acción - Sistema Ambiental. Obtenido de <http://www.crautonomia.gov.co/documentos/Planes/2013/4 Síntesis Ambiental.pdf>

David Martínez Carranza & Delia Molina Romero. Ecología y Medio Ambiente. <https://revistahypatia.org/ecologia-y-medio-ambiente.html>. Accedido 8 de noviembre de 2022.

Codex alimentarius. (2016). Code of Practice for Fish and Fishery Products Type.

Davies, C. M., Long, J. A. H., Donald, M., & Ashbolt, N. J. (1995). Survival of fecal microorganisms in marine and freshwater sediments. *Applied and Environmental Microbiology*, 61(5), 1888–1896. <https://doi.org/10.1128/aem.61.5.1888-1896.1995>

Diana, James S. 2009. “Aquaculture Production and Biodiversity Conservation.” *BioScience* 59(1):27–38.

E. G. Bull, C. de L. da N. Cunha, A. C. Scudelari; Water quality impact from shrimp farming effluents in a tropical estuary. *Water Sci Technol* 1 January 2021; 83 (1): 123–136. doi: <https://doi.org/10.2166/wst.2020.559>

FAO (Food and Agricultural Organization) (2009) Yearbook of fishery statistics. Summary fishery statistics. FAO Fisheries Department, Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome. <http://www.fao.org/fishery/statistics/en>.

Gordon, David M., and Ann Cowling. 2003. “La Distribución y Estructura Genética de *Escherichia Coli* En Vertebrados Australianos: Efectos Geográficos y Del Huésped.” *Microbiología* 149(12):3575–86.

Gómez-Marquez JL, Peña-Mendoza B, Guzmán-Santiago JL, Gallardo-Pineda v 2013. Composición, abundancia del Zooplankton y calidad del agua en un microreservorio en el estado de Morelos. *hidrobiologica* 23(2): 227-240. <https://hidrobiologica.izt.uam.mx/index.php/revHidro/article/view/641/240>



García-Alzate, C. A., Gutiérrez, L. C., De la Parra, A., & Alvarado, M. (2016). Embalse de El Guájaro: Diagnostico ambiental y estrategias de rehabilitación. *Sur del Atlántico*, 148-181.

Guerrero, Rafael D. 2019. "Farmed Tilapia Production in the Philippines Is Declining: What Has Happened and What Can Be Done." *Philippine Journal of Science* 148(2):xi–xv.

Herbeck L. S. Unger D. Y W. U. Jennerjahn T. C. 2013 Effluent, nutrient and organic matter export from shrimp and fish ponds causing eutrophication in coastal and back-reef waters of NE Hainan, tropical China. *Continental Shelf Research* 57, 92–104.
<https://doi.org/10.1016/j.csr.2012.05.006>

Huang, Z., Li, X., Wang, L. y Shao, Z. 2016. Changes in the intestinal bacterial community during the growth of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Research*. 47:1737-1746.

ICMSF (2005) *Microorganisms in foods 6: microbial ecology of food commodities*, 2nd edn. Kluwer Academic/Plenum, New York

Iii, P. (2013). Part III Department of Education Department of Health and Human Services. 78(97), 1–20.

Islam, Mehady, and Rumana Yasmin. 2017. "International Journal of Fisheries and Aquatic Studies 2017; 5(4): 100-107 Impact of Aquaculture and Contemporary Environmental Issues in Bangladesh." *IJFAS* 5(4):100–107.

Jackson C. Preston N. Thompson P. J. Burford M. 2003 Nitrogen budget and effluent nitrogen components at an intensive shrimp farm. *Aquaculture* 218, 397–411.
[https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00014-0](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00014-0)

Jain, S., L. Chen, A. Dechet, and AT Hertz... 2008. "Un Brote de Escherichia Coli Enterotoxigénica Asociado Con Restaurantes de Sushi En Nevada, 2004." *Clínica Infeciosa...*



Joffre, Olivier M., and Roel H. Bosma. 2009. “Typology of Shrimp Farming in Bac Lieu Province, Mekong Delta, Using Multivariate Statistics.” *Agriculture, Ecosystems & Environment* 132(1–2):153–59.

Joseph, G., Kharnaïor, E., & Kr, R. K. (2017). Physicochemical and microbiological quality of aquaculture farms of Chellanam Panchayath , Ernakulam. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 5(5), 428–437. www.fisheriesjournal.com

Kiran BR. 2010. Physico-chemical characteristics of fish ponds of bhadra project at Karnataka.

Rasayan 3: 671-676 <https://www.rasayanjournal.co.m/vol-3ssue-4/11.pdf>.

Kukulowicz, A. (2016). La presencia de escherichia coli y bacterias coliformes en pescados y mariscos seleccionados obtenidos del mercado de alimentos. *Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Gdyni* , (94), 102-105.

Koonse, Brett, William Burkhardt, Stuart Chirtel, and George P. Hoskin. 2005. “Salmonella and the Sanitary Quality of Aquacultured Shrimp.” *Journal of Food Protection* 68(12):2527–32.

Lemos, D., Garcia-Carreno, F., Hernández, P. y Del Toro, A.N. 2002. Ontogenetic variation in digestive proteinase activity, RNA and DNA content of larval and postlarval white shrimp *Litopenaeus schmitti*. *Aquaculture*. 214:363-380.

Macusi, Edison D., Darshel Ester P. Estor, Elaine Q. Borazon, Misael B. Clapano, and Mudjekeewis D. Santos. 2022. “Environmental and Socioeconomic Impacts of Shrimp Farming in the Philippines: A Critical Analysis Using PRISMA.” *Sustainability* 14(5).

Miao, W., C. V Mohan, W. Ellis, and B. Davy. 2013. “Adoption of Aquaculture Assessment Tools for Improving the Planning and Management of Aquaculture in Asia and the Pacific. Bangkok, Thailand: FAO Regional Office for Asia and the Pacific, 2013 Contract No.” RAP Publication 11.

Monforte G, y Cantú PC. 2009. Escenario del agua en México. *Culcyt/Recursos Hídricos* 6(30): 31-40. <https://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/356/336>

Ng, C., Chen, H., Goh, S. G., Haller, L., Wu, Z., Charles, F. R., Trottet, A., & Gin, K. (2018a). Calidad microbiana del agua y detección de *E. coli* multirresistente y genes de resistencia a antibióticos en sitios de acuicultura de Singapur. *Toro Mar Pollut*, 135, 475–480. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.07.055>

OMS. (2016). Cinco claves para una mayor inocuidad de los productos de acuicultura con objeto de proteger la salud pública. Organización Mundial de La Salud.

Oyaga, R. (2013). Realidades Ambientales de los cuerpos de Agua del departamento del atlántico. *INGENIARE*, 43-62. Obtenido de www.unilibrebaq.edu.co: <http://www.unilibrehag.edu.co/ojsinvestigacion/index.php/ingeniare/article/download/379/367>

Pérez-Castillo AG, y Rodríguez A. 2008. Índice fisicoquímico de la calidad de agua para el manejo de lagunas tropicales de inundación. *Revista de Biología Tropical* 56 (4): 1905-1918. <https://www.redalyc.org/pdf/449/44918835026.pdf>

Polonsky, J., Martínez, I., Nackers, F., Chonzi, P., Manangazira, P., Herp, M. Van, Maes, P., Porten, K., & Luquero, F. (2014). Descriptive Epidemiology of Typhoid Fever during an Epidemic in Harare, Zimbabwe, 2012. *PLoS ONE*, December. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0114702>

Ramirez C. Mendoza R. Aguilera C. 2010. Estado actual y perspectivas de la producción y comercialización de peces de orato de agua dulce en Mexico Monterrey, Mexico Instituto Nacional de Pesca. <https://www.inapesca.gob.mx/portal/documentos/publicaciones/LIBROS/2010Ramirez-Estado-peces de ornata.pdf>.

Raña, Joan, Jonace Domingo, April Grace Opinion, and Flordeliza Cambia. 2017. “Contamination of Coliform Bacteria in Water and Fishery Resources in Manila Bay Aquaculture Farms.” *The Philippine Journal of Fisheries* 24(2):98–126.

Ríos-Tobón, S., Agudelo-Cadavid, R. M., & Gutiérrez-Builes, L. A. (2017). Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 35(2), 236-247.

Rompré, A., Servais, P., Baudart, J., de-Roubin, M. R., & Laurent, P. (2002). Detection and enumeration of coliforms in drinking water: current methods and emerging approaches. *Journal of microbiological methods*, 49(1), 31–54.

Rungrassamee, W., Klanchui, A., Chaiyapechara, S., Maibunkaew, S., Tangphatsornruang, S., Jiravanichpaisal, P. y Karoonuthaisiri, N. 2013. Bacterial population in intestines of the black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) under different growth stages. *PLoS ONE*. 8:1-11.

Rurangwa, Eugene; Verdegem, Marc C.J. (2015). Microorganisms in recirculating aquaculture systems and their management. *Reviews in Aquaculture*, 7(2), 117–130.
doi:10.1111/raq.12057

Sirakov, I., Velichkova, K., & Stoyanova, S. (2015). Comparison of microbiological parameters in experimental and conventional recirculation aquaculture systems. *Applied Biology and Biotechnology*, 3(01), 21–23. <https://doi.org/10.7324/JABB.2015.3104>

St. Geme, Joseph W., and Katherine A. Rempe. 2018. “Classification of Bacteria.” *Principles and Practice of Pediatric Infectious Diseases* 690-692.e1.

Sultana, Salma, Mohammad B. Hossain, Tasrina R. Choudhury, Jimmy Yu, Md. S. Rana, Mohammad A. Noman, M. M. Hosen, Bilal A. Paray, and Takaomi Arai. 2022. “Ecological and Human Health Risk Assessment of Heavy Metals in Cultured Shrimp and Aquaculture Sludge.” *Toxics* 10(4).

Trott L. Alongi D. 2000 The impact of shrimp pond effluent on water quality and phytoplankton biomass in a tropical mangrove estuary. *Marine Pollution Bulletin* 40, 947–951. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(00\)00035-7](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(00)00035-7)

(Trott & Alongi 2000 ; Bui et al. 2013 ; Herbeck et al. 2013 ; Cardoso-Mohedano et al. 2016a),

Veliz Lorenzo, E., Llanes Ocaña, J. G., Asela Fernández, L., & Bataller Venta, M. (2009). Reúso de aguas residuales domésticas para riego agrícola. Valoración crítica. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, 40(1).



FAO, RCAAP, & OMS. (1999). 883 Uestiones De Inocuidad De Los Alimentos Asociadas Con Los Productos De La Acuicultura.

Faridullah, Md; Roy, Vikash Chandra; Lithi, Ulfat Jahan (2016). Prevalence of Salmonella and Escherichia coli contamination in shrimp (*Penaeus monodon*) farms, depots and processing plants in different areas of Bangladesh. Asian Journal of Medical and Biological Research, 2(2), 171–. doi:10.3329/ajmbr.v2i2.29007

WHO, & UNEP. (n.d.). Safe use wastewater, excreta and greywater. VOL1 policy and regulatory aspects. I, 114.

World Health Organization. (2016). Five keys to safer aquaculture products to protect public health. 1–38.

Zheng, Y., Yu, M., Liu, Y., Su, Y., Xu, T., Yu, M. y Zhang, X.-H. 2016. Comparison of cultivable bacterial communities associated with Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) larvae at different health statuses and growth stages. Aquaculture. 451:163-169.