



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE ACUICULTURA

Estudio de los microorganismos indicadores sobre la calidad de agua en el cultivo de camarón

**ROJAS MOSQUERA RONALD ARIEL
INGENIERO ACUICOLA**

**MACHALA
2024**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE ACUICULTURA

**Estudio de los microorganismos indicadores sobre la calidad de
agua en el cultivo de camarón**

**ROJAS MOSQUERA RONALD ARIEL
INGENIERO ACUICOLA**

**MACHALA
2024**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE ACUICULTURA

EXAMEN DE GRADO O FIN DE CARRERA DE CARÁCTER COMPLEXIVO

**Estudio de los microorganismos indicadores sobre la calidad de
agua en el cultivo de camarón**

**ROJAS MOSQUERA RONALD ARIEL
INGENIERO ACUICOLA**

RIVERA INTRIAGO LEONOR MARGARITA

**MACHALA
2024**

Estudio de los microorganismos indicadores sobre la calidad de agua en el cultivo de camarón.

por Ronald Rojas

Fecha de entrega: 24-jul-2024 03:55p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2421941544

Nombre del archivo: dicadores_sobre_la_calidad_de_agua_en_el_cultivo_de_camar_n.docx (3.04M)

Total de palabras: 4065

Total de caracteres: 23219

Estudio de los microorganismos indicadores sobre la calidad de agua en el cultivo de camarón.

INFORME DE ORIGINALIDAD

0%

INDICE DE SIMILITUD

0%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

Excluir citas

Apagado

Exclude assignment
template

Activo

Excluir bibliografía

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, ROJAS MOSQUERA RONALD ARIEL, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado Estudio de los microorganismos indicadores sobre la calidad de agua en el cultivo de camarón, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



ROJAS MOSQUERA RONALD ARIEL

0706305828

RESUMEN

El cultivo de camarón es una actividad acuícola de gran importancia económica y social a nivel mundial. La calidad del agua es un factor crítico para el éxito de este tipo de cultivo, ya que afecta de manera directa la salud y crecimiento de los camarones. Este artículo revisa los microorganismos indicadores sobre la calidad de agua en el cultivo de camarón. Algunos de estos microorganismos actúan como indicadores de contaminación o desequilibrios en el ecosistema acuático, mientras que otros desempeñan papeles beneficiosos, como degradación de desechos orgánicos o a la mejora de la salud de los camarones. Comprender la dinámica de estos microorganismos es esencial para gestionar adecuadamente la calidad de agua en los cultivos de camarón. El monitoreo constante de estos microorganismos es un pilar fundamental para mantener un ambiente acuático óptimo que favorezca al desarrollo saludable de los camarones.

Palabras clave: acuicultura, microorganismos, calidad de agua, cultivo de camarón

ABSTRACT

Shrimp farming is an aquaculture activity of great economic and social importance worldwide. Water quality is a critical factor for the success of this type of culture, since it directly affects the health and growth of the shrimp. This article reviews the indicator microorganisms on water quality in shrimp farming. Some of these microorganisms act as indicators of pollution or imbalances in the aquatic ecosystem, while others play beneficial roles, such as degradation of organic waste or improving the health of shrimp. Understanding the dynamics of these microorganisms is essential to properly manage water quality in shrimp cultures. The constant monitoring of these microorganisms is a fundamental pillar to maintain an optimal aquatic environment that favors the healthy development of shrimp.

Keywords: aquaculture, microorganisms, water quality, shrimp farming

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. DESARROLLO	3
2.1 Calidad del agua en el cultivo de camarón	3
2.2 Parámetros Físicos	3
2.2.1 Temperatura	3
2.2.2 Turbidez	4
2.2.3 Salinidad	5
2.2.4 pH	6
2.3 Parámetros Químicos	6
2.3.1 Nitritos	6
2.3.2 Nitratos	6
2.3.3 Amonio	7
2.4 Incidencia de la calidad de agua en el camarón	7
2.5 Microorganismos indicadores de mala calidad del agua	9
2.5.1 Dinoflagelados	9
2.5.2 Cianofitas	10
2.6 Microorganismos indicadores de buena calidad del agua	12
2.6.1 Diatomeas	12
2.6.2 Copépodos	13
2.7 Estrategias para el control de la calidad del agua	14
2.7.1 Probióticos	14
2.7.2 Buenas prácticas de manejo	16
3. CONCLUSIÓN	17
BIBLIOGRAFÍA	18

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Micrografías ligeras de dinoflagelados basales. A. Parvilucifera en Podolampas. B. Ellobiopsis sobre un copépodo. El recuadro muestra las esporas infecciosas. C. Oxyrrhis. D. Ichthyodinium.....	10
Figura 2 Microfotografías de células de Microcystis aeruginosa de muestras de floración... 11	11
Figura 3 Diatomea Pseudodictyota dubia	13
Figura 4 Orden de Copéodos	14

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Relación entre la visibilidad del disco Secchi y la condición del fitoplancton.....	5
--	---

1. INTRODUCCIÓN

La acuicultura del camarón es una industria de gran relevancia económica y alimentaria a nivel mundial. La calidad de agua en los estanques acuícolas es uno de los factores más críticos que influyen en la salud, el crecimiento y la productividad de los camarones. Los microorganismos presentes en el agua juegan un papel esencial como indicadores biológicos que reflejan el estado de la calidad del agua y el ambiente de cultivo.

Los microorganismos indicadores son especies cuya presencia, ausencia o concentración pueden proporcionar información valiosa sobre las condiciones ambientales y la calidad de agua. En el contexto del cultivo de camarón, estos indicadores pueden incluir bacterias, algas, protozoos y hongos, cada uno de los cuales pueden señalar diferentes aspectos de la calidad de agua.

El monitoreo regular de estos microorganismos indicadores es fundamental para la gestión eficiente y sostenible de los sistemas de cultivo de camarón. Este monitoreo permite la detección temprana de problemas potenciales, facilitando la implementación de medidas correctivas antes de que los problemas se agraven.

Estos organismos microscópicos pueden tener efectos tanto beneficiosos como perjudiciales en los sistemas acuícolas. Por un lado, algunos microorganismos patógenos pueden causar enfermedades graves en los camarones y otros organismos cultivados, lo que puede llevar a pérdidas económicas significativas. Por otro lado, existen microorganismos beneficiosos que contribuyen al equilibrio ecológico y a la mejora de la calidad del agua. Estos microorganismos beneficiosos pueden actuar como probióticos, mejorando la salud del animal cultivado, como agentes de biorremediación, descomponiendo desechos y reduciendo sustancias tóxicas en el cultivo.

La gestión adecuada de los microorganismos en la acuicultura es crucial para garantizar la sostenibilidad y la eficiencia de esta industria. Esto incluye implementación de prácticas de

bioseguridad para prevenir infecciones, el uso de probióticos y para promover la salud de los animales acuáticos, y la aplicación de tecnologías avanzadas para monitorear y controlar la calidad de agua.

Los microorganismos indicadores son herramientas esenciales para evaluar y mantener la calidad del agua en el cultivo de camarón. Comprender la dinámica y las implicaciones de estos microorganismos permite a los acuicultores optimizar las condiciones de cultivo, promover la salud y el bienestar de los camarones, y asegurar una producción sostenible y eficiente.

El objetivo de esta presente investigación es el estudio de los microorganismos indicadores sobre la calidad de agua en el cultivo de camarón.

2. DESARROLLO

2.1 Calidad del agua en el cultivo de camarón

En la acuicultura, es fundamental tener en cuenta los indicadores de la calidad de agua, los cuales deben mantenerse en niveles apropiados para asegurar un crecimiento y supervivencia óptimos para los organismos cultivados. La calidad del agua se ve afectada por diversos factores que requieren seguimiento, como la temperatura, el oxígeno disuelto, la salinidad, el pH, la alcalinidad, el potasio, el calcio, el magnesio, el nitrógeno y los compuestos metabólicos producidos por los organismos en el sistema de cultivo (Chica, 2019).

La calidad de agua empleada en la producción de camarones es un aspecto fundamental para la sostenibilidad del sistema productivo, pues la misma es clara evidencia de la ejecución de un excelente manejo que se lleva a cabo durante la cadena de producción. Por otra parte, la desatención en aspectos como la composición natural del agua, los procedimientos de desinfección de estanques, la alimentación inapropiada, entre otros factores, son las principales causas del deterioro en la calidad de agua (Valle, 2020).

2.2 Parámetros Físicos

2.2.1 Temperatura

La temperatura en el agua se destaca como uno de los parámetros físicos más cruciales. En términos generales, juega un papel significativo en el ritmo de las actividades biológicas, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, los procesos de desinfección, así también como las etapas de mezcla, floculación, sedimentación y filtración (Paredes & Rodríguez, 2020).

Los procesos biológicos, como el crecimiento y la respiración, experimentan un duplicamiento general por cada aumento de 10°C en la temperatura. Este fenómeno implica que, a 30°C en comparación con 20°, el crecimiento del camarón se acelera el doble y su consumo de oxígeno se incrementa en la misma proporción. El aumento de temperatura

conlleva un incremento en el crecimiento y la respiración de otros organismos presentes en el estanque (Paredes & Rodríguez, 2020).

A temperaturas inferiores a 23°C, el desarrollo de los camarones se vuelve lento o se retrasa debido a una disminución en la tasa metabólica. Cuando la temperatura del agua supera los 32°C, los camarones experimentan metabolismo muy acelerado. A pesar de que su crecimiento pueda ser muy rápido, el agua caliente tiene una capacidad limitada para retener oxígeno. El rango de temperatura para un crecimiento óptimo del camarón en el cultivo se sitúa entre 28°C y 31°C (Paredes & Rodríguez, 2020).

La capacidad de producción del camarón puede sufrir alteraciones si la temperatura del agua se sitúa fuera del rango óptimo durante lapsos prolongados. Este parámetro ejerce un control significativo sobre el desarrollo de los camarones en el cultivo, lo que repercute considerablemente en el rendimiento económico del cultivo hasta el momento de la cosecha (Abdelrahman *et al.*, 2018).

2.2.2 Turbidez

La turbidez es un parámetro crucial para evaluar la presencia de sedimentos suspendidos, y esto puede tener diversos efectos negativos en los organismos acuáticos. Un nivel adecuado de turbidez, generado principalmente por el fitoplancton, resulta beneficioso, ya que proporciona alimento para organismos microscópicos, especialmente el zooplancton. Además, contribuye a mejorar la calidad del agua al generar oxígeno disuelto y eliminar compuestos potencialmente tóxicos, como el amoníaco (Kathyayani *et al.*, 2019).

En líneas generales, a medida que la concentración de plancton se incrementa, la visibilidad tiende a reducirse. Por lo tanto, al realizar evaluaciones de gestión utilizando lecturas del disco Secchi, es crucial verificar que la turbidez provenga efectivamente del fitoplancton y no de otros materiales suspendidos en la columna de agua, como arcilla, sedimentos o detritus (Hernández, 2016).

Tabla 1 *Relación entre la visibilidad del disco Secchi y la condición del fitoplancton.*

Lectura del disco secchi(centímetros)	Observación
Menor de 25 cm	Estanque demasiado turbio. Si es turbio por fitoplancton, habrá problemas de concentración baja de OD. Cuando la turbidez resulta por partículas suspendidas de suelo, la productividad es baja.
25-30 cm	Turbidez llega a ser excesiva.
30-45 cm	Si la turbidez es por fitoplancton, el estanque está en buenas condiciones
45-60 cm	Fitoplancton se vuelve escaso.
Mayor de 60 cm	El agua está demasiado clara. La productividad es inadecuada y pueden crecer plantas acuáticas.

Nota. Fuente: Elaborado con base en Hernández 2016.

2.2.3 Salinidad

Indica la cantidad total de iones inorgánicos disueltos o sales presentes en el agua, desempeñando un papel crucial en el desarrollo de organismos cultivados mediante la regulación de minerales en sus cuerpos en relación con el agua circundante. Para garantizar una supervivencia y crecimientos óptimos, es esencial mantener un nivel adecuado de salinidad en el estanque. Si la salinidad es excesivamente alta, los camarones comenzaran a perder agua hacia el entorno. Los camarones juveniles muestran una capacidad de tolerancia a fluctuaciones de salinidad elevadas en comparación a los adultos (Arancibia & Cáceres, 2018).

Las concentraciones optimas de salinidad se presentan en los rangos de 15 a 25 ppm. Cuando la salinidad se encuentra en niveles ideales, la supervivencia de los camarones depende de los iones de potasio, calcio y magnesio. La carencia de cualquiera de estos iones puede ser restrictiva, pero frecuentemente, la deficiencia de potasio es el factor más significativo que afecta a los camarones. Es importante destacar que, aunque niveles elevados de calcio también

parecen ser necesarios, la proporción de calcio a potasio, que es típicamente de alrededor 1:1 en el agua de mar, también puede ser un factor crucial (Moura *et al.*, 2021).

2.2.4 pH

Este parámetro constituye uno de los factores que fomenta el mantenimiento de las características equilibradas del agua, siendo su función principal la regulación de la toxicidad de amoníaco y la gestión de los posibles peligros asociados con dicho compuesto. Asimismo, los valores que establece ofrecen información sobre el nivel de acidez o alcalinidad presentes en los estanques (Roque Salinas *et al.*, 2020).

Es crucial mantener el pH en el estanque dentro de los límites ideales, que oscilan entre 7.5 a 8.5. Mantener un pH estable dentro de este rango es esencial, ya que influye significativamente en el metabolismo y otros procesos fisiológicos de los organismos cultivados. Un pH inestable puede generar estrés, aumentar la vulnerabilidad a enfermedades, reducir los niveles de producción y ocasionar un crecimiento deficiente e incluso la mortalidad (Paredes & Rodríguez, 2020).

2.3 Parámetros Químicos

2.3.1 Nitritos

Las concentraciones de nitritos en la acuicultura se consideran letales y peligrosas, ya que solo se detectan cuando el camarón está enfermo. En los cultivos, se consideran niveles seguros de nitritos en el rango de 0.4 a 0.8mg/L, pero se vuelve tóxico si supera los 0.8mg/L. El aumento de estos compuestos se debe al exceso de alimentación en los estanques de camarón, por lo que es necesario controlar el suministro de alimento (Davila, 2022).

2.3.2 Nitratos

Los nitratos son iones que se encuentran de forma inherente y participan en el ciclo del nitrógeno. Las concentraciones naturales de nitratos en aguas superficiales y subterráneas

suelen situarse en unos pocos miligramos por litro. En los cultivos de camarón, se consideran niveles seguros de nitratos en un rango de 1,70 a 3,10 ppm (Rodríguez, 2020).

2.3.3 Amonio

El origen principal del amonio en estanques acuícolas proviene esencialmente de la excreción constante de los camarones, así como de la descomposición de materiales inorgánicos que contienen nitrógeno en condiciones tanto aeróbicas (en presencia de oxígeno) como anaeróbicas (en ausencia de oxígeno), siendo estos últimos descompuestos principalmente por bacterias (Ramírez, 2015).

Los camarones pueden tolerar rangos de amonio entre 0.6 a 2.0 ppm. Por lo general, los sistemas acuícolas muestran la toxicidad del amonio a través de efectos tanto subletales como letales. Los efectos subletales se manifiestan como disminuciones en la tasa de consumo de alimentos, crecimiento y resistencia inmunológica. Además, se observan otros efectos subletales como alteraciones en la frecuencia respiratoria, periodo de muda, osmorregulación, transporte de oxígeno y cambios metabólicos (Magallón *et al.*, 2006).

La resistencia de los camarones a compuestos nitrogenados, especialmente amonio y nitrito, se ve afectada negativamente en aguas con baja salinidad, lo que constituye un problema significativo. Además, estas condiciones pueden alterar las concentraciones de proteínas en la hemolinfa y los niveles de aminoácidos libres, e incluso provocar una mortalidad alta (Valencia *et al.*, 2018).

2.4 Incidencia de la calidad de agua en el camarón

Al cultivar camarones, es esencial considerar una serie de factores que influirán en una producción exitosa y en el desarrollo óptimo de los camarones desde su fase larvaria hasta su crecimiento, cuando alcancen el peso adecuado para su comercialización. Un aspecto crucial y especialmente importante es la calidad del agua, la cual está determinada por una serie de

características que garantizan las condiciones óptimas para el cultivo, facilitando un desarrollo excelente (Valbuena & González, 2021).

Exponer al camarón a agua de baja calidad provoca estrés en el animal, manifestándose en un comportamiento errático y una navegación desorientada. Esto se asemeja a la respuesta que un humano tendría en situaciones de asfixia. En situaciones de bajos niveles de oxígeno en el agua, el camarón intenta obtener oxígeno desde la superficie, lo que lo expone a los depredadores. El estrés prolongado con frecuencia debilita al camarón, aumentando su susceptibilidad a enfermedades causadas por patógenos bacterianos presentes en el entorno (Nath & Tabares, 2023).

Las deficientes condiciones de calidad del agua en los estanques acuícolas pueden actuar como un factor que aumenta la susceptibilidad del camarón a los bioagresores. Entre las enfermedades más frecuentes asociadas con la mala calidad del agua se incluyen el virus de la mancha blanca (WSSV), el síndrome de la cabeza amarilla (YHV), la necrosis hepatopancreática aguda (AHPND), junto con otras infecciones bacterianas y fúngicas (Hernández, 2016).

Para prevenir estas enfermedades, es crucial mantener una calidad del agua óptima en los sistemas de cultivo de camarón, lo que implica monitorear regularmente parámetros como la temperatura, el nivel de oxígeno disuelto, el pH, la salinidad y la concentración de amonio y nitritos, entre otros. Además, es importante mantener una adecuada filtración y limpieza del agua, así como una gestión adecuada de los desechos para minimizar la acumulación de contaminantes y materia orgánica (Hernández, 2016).

Es esencial considerar que, si una granja camaronera libera agua de calidad deficiente, esto afectara adversamente al cuerpo de agua que la recibe. Es fundamental administrar de manera meticulosa la calidad del agua y aplicar prácticas de gestión sostenible para garantizar que se mantenga dentro de los límites máximos permitidos para cada parámetro. Esto requiere

llevar a cabo mediciones regulares y estar listos para tomar medidas correctivas si es necesario (Nath & Tabares, 2023).

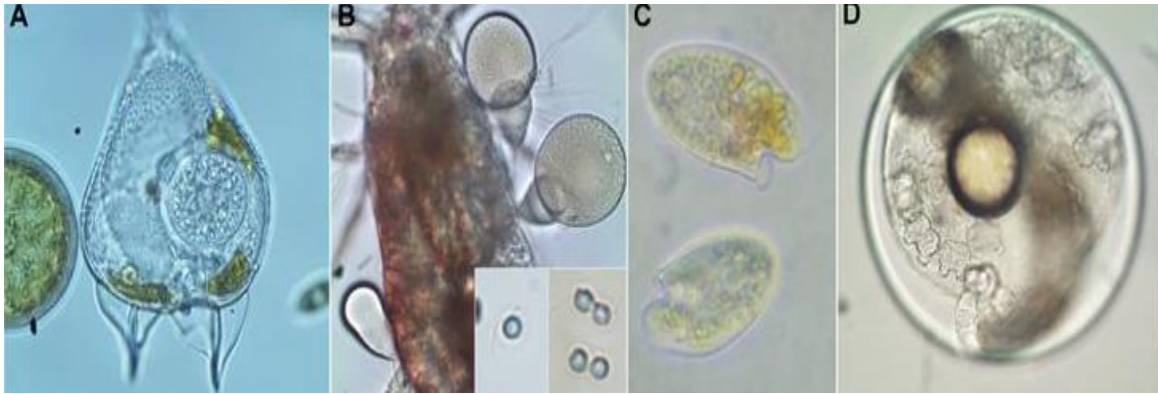
2.5 Microorganismos indicadores de mala calidad del agua

2.5.1 Dinoflagelados

Los dinoflagelados son organismos del grupo de fitoplancton, caracterizados por tener flagelos. Su denominación se deriva del griego “dinos”, que se traduce como girar, y del latín “flagellum”, que significa látigo. Estos términos hacen referencia al movimiento rotatorio distintivo que exhiben estos organismos. Debido a su tamaño que oscilan entre 5 y 500 μm , los dinoflagelados solo son visibles mediante un microscopio. No obstante, aquellos que forman colonias pueden ser observados a simple vista gracias al color de su pigmento, que se presenta en tonos amarillos verdosos y rojizos (Rugel *et al.*, 2022).

Los dinoflagelados constituyen un conjunto muy variado y numeroso que forman el fitoplancton en aguas marinas y continentales. Están presentes tanto como productores primarios como en roles parasitarios. Unos 60 tipos de dinoflagelados son capaces de generar toxinas hepatotóxicas, las cuales se vinculan con la proliferación de microalgas reconocidas como las mareas rojas. Se ha planteado la posibilidad de que los dinoflagelados tengan la capacidad de generar importantes modificaciones a nivel ecológico, con consecuencias económicas, lo que podría constituir un riesgo para la acuicultura (Rugel *et al.*, 2022).

Figura 1 Micrografías ligeras de dinoflagelados basales. A. *Parvilucifera* en *Podolampas*. B. *Ellobiopsis* sobre un copépedo. El recuadro muestra las esporas infecciosas. C. *Oxyrrhis*. D. *Ichthyodinium*.



Fuente: (Gómez, 2020)

En la mayoría de los casos, las proliferaciones de dinoflagelados no causan daño alguno a los camarones. Por ejemplo, se ha informado que la aparición de mareas rojas con *Peridinium balechii* no tiene impacto en su supervivencia. En contraste, algunas proliferaciones han demostrado ser responsables de la mortalidad y la disminución del crecimiento de los camarones. En Ecuador, se ha informado sobre la existencia de dinoflagelados tóxicos como *Dynophysis caudata* y *G. catenatum* en una marea roja originada por un dinoflagelado no tóxico, (*Gyrodinium instriatum*) (Rugel *et al.*, 2022).

2.5.2 Cianofitas

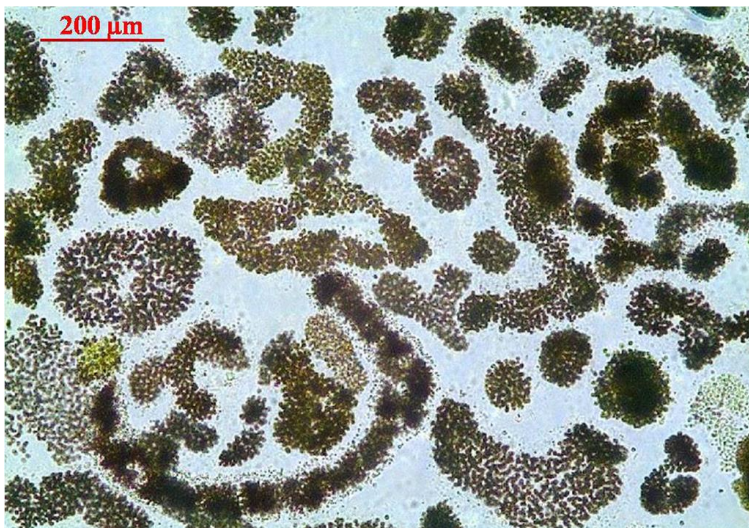
Las Cianofitas o cianobacterias son microorganismos procariotas, ya que no cuentan con una membrana nuclear. Estos organismos microscópicos poseen pigmentos fotosintéticos como la clorofila, carotenos como las xantofilas, así como ficocianina y ficobilinas, pigmentos que les otorgan su denominación de algas verde azuladas. Estas microalgas comparten con otras bacterias la habilidad de emplear el nitrógeno atmosférico (N_2) como fuente de nitrógeno (Guevara & Calix, 2018).

Las cianobacterias pueden existir como organismos unicelulares o pluricelulares. La reproducción de estas algas verdes-azules se realiza mediante la división celular, ya sea por

fragmentación de colonias o filamentos, así como por la formación de esporas. Además, presentan una pared celular que se asemeja a la de las bacterias. En determinadas ocasiones residen sobre superficies rocosas y árboles, y existen variantes que prosperan en aguas termales, tolerando temperaturas de hasta 90°C. Asimismo, tienen la capacidad de establecer simbiosis con hongos, dando lugar a la formación de líquenes (Guevara & Calix, 2018).

Las acciones humanas generan un exceso de nutrientes, lo que conduce a la proliferación de cianofitas tóxicas. Estas floraciones de cianofitas no son consistentes a lo largo del año, ya que están afectadas por condiciones climáticas que alteran las concentraciones físicas y químicas. Dentro de la proliferación de cianobacterias, la presencia de *Microcystis aeruginosa* se percibe como una amenaza para los ecosistemas acuáticos. Esta especie ocasiona un aumento del pH, la disminución de los niveles de CO₂, agotamiento del oxígeno y una reducción en la transparencia del agua (Wang *et al.*, 2019).

Figura 2 *Microfotografías de células de Microcystis aeruginosa de muestras de floración.*



Fuente: (Mohan *et al.*, 2020)

El aumento de cianobacterias puede originar una desagradable fragancia y sabor debido a la presencia de ciertos compuestos metabólicos secundarios. Estos olores y sabores

indeseados se deben a concentraciones elevadas de 2-metilisoborneol (2-MIB) y geosmina, los cuales son liberados por las cianofitas. La calidad deficiente del producto final, atribuida al desagradable olor y sabor, ocasionan considerables pérdidas económicas para la industria acuícola (Nam-Koong *et al.*, 2016).

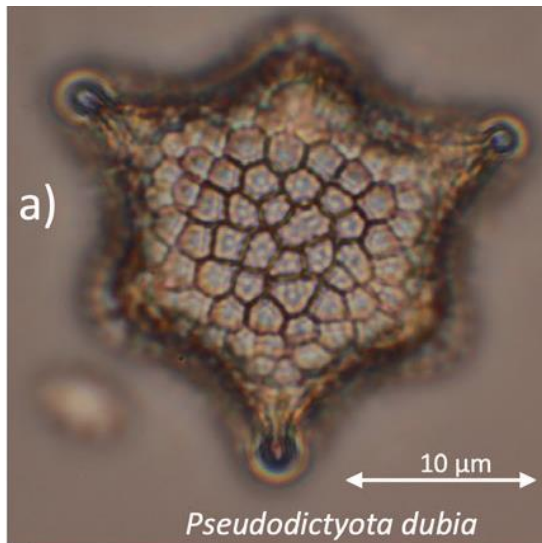
2.6 Microorganismos indicadores de buena calidad del agua

2.6.1 Diatomeas

Las diatomeas son organismos unicelulares fotosintéticos, eucariotas, que se distinguen por su singularidad y complejidad evolutiva. Se encuentran ampliamente distribuidas en una variedad de entornos, desde hábitats marinos hasta de agua dulce, e incluso en regiones que van desde las más salinas hasta la más subantárticas. Las diatomeas desempeñan un papel significativo al aportar el 40% de la productividad primaria total en los océanos, actuando como agentes clave en el ciclo biogeoquímico del carbono y silicio (Bhattacharjya *et al.*, 2020).

Las diatomeas, un grupo diverso de fitoplancton, son conocidas por su participación en el reciclaje de carbono (C) y silicatos (Si). El silicato, es esencial para la formación de sus paredes celulares compuestas principalmente de sílice, constituye uno de los nutrientes clave para estas microalgas unicelulares. Este componente puede presentar hasta la mitad del peso seco de la diatomea, lo que las distingue de otros grupos de fitoplancton. Además de su función en el transporte de carbono y silicatos en los ecosistemas acuáticos, las diatomeas actúan como principales productores de materia orgánica (Lora *et al.*, 2020).

Figura 3 *Diatomea Pseudodictyota dubia*



Fuente: (Lora *et al.*, 2020).

Comparadas con las cianofitas, las diatomeas se consideran más eficientes para promover el crecimiento de camarones en granjas acuícolas. Por este motivo, muchos administradores de estas granjas prefieren mantener una proporción elevada de diatomeas en la comunidad fitoplanctónica. Esto se logra mediante la aplicación repetida de pequeñas cantidades de fertilizantes que generan una relación N:P de 20:1, completada con la adición de silicatos (Alonso & Paez, 2003).

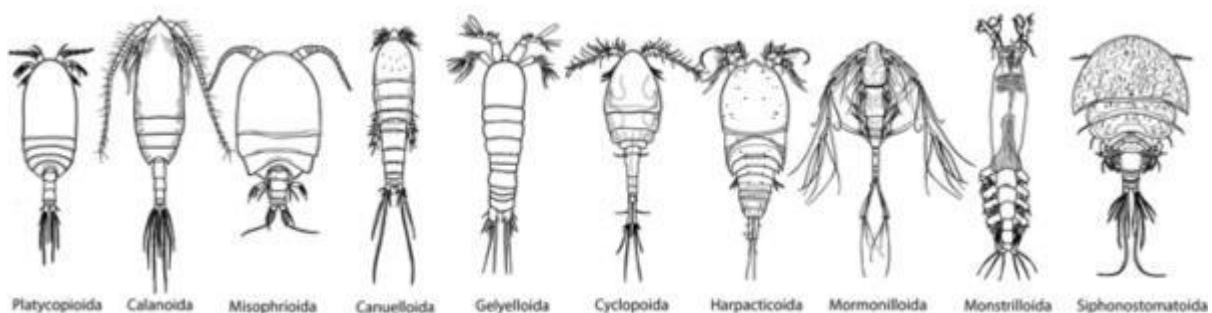
2.6.2 Copépodos

Los copépodos, criaturas microscópicas acuáticas, son parte del subfilo Crustacea. Conocidas en todo el mundo, existen más de 10.000 especies, la mayoría de las cuales constituyen el plancton marino. Estos organismos son prevalentes en su hábitat y exhiben una gran diversidad morfológica y adaptaciones fisiológicas. Por consiguiente, tiene una función esencial en los ecosistemas acuáticos al consumir algas microscópicas, siendo una fuente vital del alimento para larvas de peces, al mismo tiempo que contribuyen a la remineralización de nutrientes mediante la excreción y al secuestrar carbono a través de la producción de gránulos fecales (Castellano, 2019).

Los copépodos tienen una función vital en el ecosistema pelágico, actuando como intermediarios entre los organismos productores primarios en el mar, los niveles tróficos superiores y los procesos de almacenamiento de carbono en las profundidades oceánicas mediante la migración vertical y el proceso de lípidos (Dias *et al.*, 2023).

Los copépodos cumplen múltiples roles fundamentales, como la regulación del crecimiento de productores primarios, siendo presa para niveles tróficos superiores, y apoyando la producción de fitoplancton mediante la liberación de amoníaco. Así, los copépodos desempeñan un papel esencial en el mecanismo de la bomba biológica, al incrementar el transporte de carbono orgánico en partículas hacia capas más profundas mediante la sedimentación de gránulos fecales y restos de organismos, y mediante la migración vertical diaria (Roura *et al.*, 2018).

Figura 4 Orden de Copépodos



Fuente: (Rothschuh, 2022)

2.7 Estrategias para el control de la calidad del agua

2.7.1 Probióticos

La idea de un probiótico adaptado para la acuicultura se describe como un conjunto de microorganismos vivos que brindan beneficios al huésped al alterar la composición de su comunidad microbiana asociada. Este impacto favorable puede manifestarse como una mejora en su contenido nutritivo, una mejor respuesta del huésped frente a enfermedades, o una mejora

en la calidad del entorno del cultivo. La idea fundamental detrás del uso de probióticos es la introducción de un conjunto de bacterias benéficas y benignas en el sistema de cultivo (Kumar *et al.*, 2016).

Los probióticos en los camarones funcionan según los siguientes principios: mejoran la calidad del agua, generan compuestos que inhiben o actúan como antibióticos, compiten por nutrientes y lugares de adhesión química, mejoran las respuestas inmunitarias, proporcionan macro y micronutrientes, enzimas digestivas, y regulan las interacciones con el entorno (Kesselring *et al.*, 2020).

Uno de los métodos más usuales para mejorar la calidad del medio ambiente en los estanques y promover la salud de los animales en la acuicultura es el empleo de probióticos. La meta principal al emplear probióticos en la acuicultura es incrementar de forma regulada la población de bacterias beneficiosas dentro del cultivo. De esta manera, se obtienen ventajas de los organismos vivos presentes en los sistemas de producción, manteniendo el equilibrio del entorno sin dañar ninguna especie (Diez *et al.*, 2020).

Los probióticos como suplementos para el agua incluyen diversas cepas de bacterias, como *Bacillus acidophilus*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Nitrobacter*, *Aerobacter*, y *Saccharomyces cerevisiae*. La introducción de probióticos en el agua de estanques estáticos puede beneficiar la salud de los animales en el cultivo al mejorar los parámetros de calidad de agua. Esto se logra al alterar la composición bacteriana del agua y los sedimentos. Asimismo, al mejorar la calidad del entorno de cultivo se reduce el impacto de los patógenos presentes (Kumar *et al.*, 2016).

Se ha observado que las mejoras en la calidad del agua está particularmente relacionadas con *Bacillus sp.* La explicación radica en que las bacterias gram positivas tienen una mayor eficiencia en la conversión de materia orgánica a CO₂ en comparación con las bacterias gram negativas. A lo largo del ciclo de cultivo, concentraciones elevadas de bacteria gram positivas

pueden limitar la acumulación de materia orgánica disuelta y partículas al mínimo. También la utilización del *Bacillus sp.* mejora las tasas de supervivencia y crecimiento de los juveniles del camarón *Penaeus monodon* (Kumar *et al.*, 2016).

Las bacterias de los géneros *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Cellulomonas*, *Rhodopseudomonas*, *Nitrosomas* y *Nitrobacter* son reconocidas por su efectividad en la biorremediación de materia orgánica. Estas bacterias probióticas ejercen sobre la microbiota del agua del cultivo y suprimen la proliferación de microorganismos patógenos al descomponer la materia orgánica en el agua y los sedimentos, lo que resulta en una mejora del ambiente del cultivo. Los probióticos inducen una significativa alteración en la concentración de bacterias heterótrofas totales en los sedimentos, lo que conlleva a una mejor calidad de cultivo en sistemas de recirculación (Kumar *et al.*, 2016).

2.7.2 Buenas prácticas de manejo

La acuicultura abarca los componentes esenciales para la crianza de plantas y ciertas especies de animales acuáticos. En numerosas naciones, esta práctica contribuye significativamente al progreso económico y a la seguridad alimentaria. Para prevenir posibles daños al medio ambiente y evitar el colapso del proceso productivo asociado a esta actividad, es crucial llevar a cabo un monitoreo constante de los factores físicos, químicos y biológicos presentes en el agua (García *et al.*, 2017).

Es esencial mantener una constante supervisión tanto de la calidad del agua como de la operación misma para garantizar su control. Por ello, resulta imprescindible emplear diferentes herramientas para monitorear el estado del medio ambiente. Entre los instrumentos comúnmente utilizados se encuentran el termómetro, el oxímetro, el pHmetro, el conductímetro, el saturómetro, y varios medidores químicos. Dada la naturaleza variable de las propiedades del agua, es necesario realizar mediciones de manera continua (García *et al.*, 2017).

3. CONCLUSIÓN

El uso de microorganismos indicadores para evaluar la calidad del agua en el cultivo de camarón es una práctica esencial para garantizar la salud y la productividad de los camarones. La presencia y las concentraciones de microorganismos específicos pueden señalar la existencia de contaminación, exceso de nutrientes, o el equilibrio de la microbiota beneficiosa, todos factores que influyen en la viabilidad del cultivo.

El monitoreo y la gestión adecuados de estos microorganismos indicadores facilitan la implementación de prácticas sostenibles en la acuicultura de camarón. Las tecnologías avanzadas para la identificación y cuantificación de microorganismos han mejorado la precisión y eficacia del monitoreo de la calidad del agua, permitiendo intervenciones más oportunas y efectivas.

En conclusión, la comprensión y gestión de los microorganismos indicadores son fundamentales para el éxito de la acuicultura de camarón. Integrar este conocimiento en las prácticas diarias de gestión del agua no solo optimiza la producción, sino que también asegura un entorno más saludable para los camarones, promoviendo así una industria acuícola más sostenible y resiliente.

BIBLIOGRAFÍA

- Abdelrahman, H., Abebe, A., & Boyd, C. (2018). Influence of variation in water temperature on survival, growth and yield of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* in inland ponds for low-salinity culture. *Aquaculture Research*, 50(2), 658-672. doi:<https://doi.org/10.1111/are.13943>
- Alonso Rodríguez, R., & Paez Osuna, F. (2003). Nutrients, phytoplankton and harmful algal blooms in shrimp ponds: a review with special reference to the situation in the Gulf of California. *Aquaculture*, 219(1), 317-336. doi:[https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00509-4](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00509-4)
- Arancibia Cano, E. I., & Cáceres Balmaceda, D. J. (2018). *Comparación del ritmo de crecimiento del Litopenaeus vannamei y las fluctuaciones de los parámetros físicos, químicos y biológicos, de los estanques 1 y 2 de la granja camaronera Playa Hermosa [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional de Nicaragua]*. Repositorio Digital. doi:10.22004/ag.econ.275434
- Bhattacharjya, R., Kiran Marella, T., Tiwari, A., Saxena, A., Kumar Singh, P., & Mishra, B. (2020). Bioprospecting of marine diatoms *Thalassiosira*, *Skeletonema* and *Chaetoceros* for lipids and other value-added products. *Bioresource Technology*, 318. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.124073>
- Castellano, C. (2019). *Encyclopedia of Ocean Sciences (Third Edition)* (Vol. 1). doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11609-4>
- Chica Gonzalez, D. D. (2019). *Comparación del crecimiento y supervivencia en etapa de engorde de Litopenaeus vannamei con tres frecuencias de alimentación [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional de Tumbes]*. Repositorio Digital. Obtenido de <http://repositorio.untumbes.edu.pe/handle/UNITUMBES/282>
- Davila Merizalde, L. A. (2022). *RELACIÓN ENTRE LOS NIVELES DE OXÍGENO Y LA TURBIDEZ DEL AGUA EN CULTIVOS DE CAMARÓN BLANCO (LITOPENAEUS VANNAMEI) [Tesis de Ingeniería, UTMACH]*. Repositorio Digital. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/19776/1/ECUACA-2022-IAC-DE00012.pdf>

- Dias, C., Santos Menezes, B., Valente Araujo, A., & Costa Bonecker, S. (2023). Copepod assemblage structure in a tropical eutrophic estuarine system in the Southwestern Atlantic Ocean: Ecological indicators and functional groups. *Regional Studies in Marine Science*, 63. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rsma.2023.103014>
- Diez Garcia, N., Troccoli Chinaglia, L., Faneite, J., Gonzalez, G., & Bernal, N. (2020). Bacterias probióticas en camareras del Guayas. *AQUACULTURA*, 138, 40-43. Obtenido de https://issuu.com/revista-cna/docs/edicion138_final_100
- García Quintero, C., Rosado Gómez, A., & Durán Chinchilla, C. (2017). REVISION DE LA APLICACIÓN DEL INTERNET DE LAS COSAS EN LA ACUICULTURA. *Tecnologías de Avanzada*, 1(31), 31. Obtenido de https://revistas.unipamplona.edu.co/ojs_viceinves/index.php/RCTA/article/view/2777/1506
- Gómez, F. (2020). *Diversity and classification of dinoflagellates*. Santa María, España: D. V. Subba Rao. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/348264501_Diversity_and_classification_of_dinoflagellates
- Guevara Mayorga, Á. J., & Calix Martínez, L. L. (2018). *Dinámica de los grupos de fitoplancton Clorofitas y Cianofitas, y su relación con los parámetros físico-químicos en las pilas de estabilización San Isidro.[Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua]*. Repositorio Digital. Obtenido de <https://ageconsearch.umn.edu/record/275247>
- Hernández Gurrola, J. A. (2016). *Caracterización de la calidad de agua en un sistema intensivo de cultivo de camarón blanco Litopenaeus vannamei, en condiciones de alta salinidad con recambio de agua limitado [Tesis de maestría, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.]*. Repositorio Digital. Obtenido de <http://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/2408>
- Kathyayani, S., Muralidhar, M., Kumar, T., & Alavandi, S. (2019). Stress Quantification in *Penaeus vannamei* Exposed to Varying Levels of Turbidity. *Journal of Coastal Research*, 86(1), 177-183. doi:<https://doi.org/10.2112/SI86-027.1>
- Kesselring, J., Gruber, C., Standen, B., & Wein, S. (2020). Aplicación de alimentacion continua y de pulso de bacterias probióticas multiespecies, en camarón blanco.

- AQUACULTURA*, 133, 40-45. Obtenido de <https://issuu.com/revista-cna/docs/aquacultura133>
- Kumar, V., Roy, S., Kumar Meena, D., & Kummar Sarkar, U. (2016). Uso de probióticos en el cultivo de camarón. *AQUACULTURA*, 114, 28-30. Obtenido de https://issuu.com/revista-cna/docs/aqua_cultura__114
- Lora Vilchis, M. C., López Fuerte, F. O., & Pérez Rojas, C. A. (2020). Algas de Cristal; diatomeas. *Recursos Naturales y Sociedad*, 6(1), 25-42. doi:10.18846/renaysoc.2020.06.06.01.0003
- Magallón Barajas, F., Servín Villegas, R., Portillo Clark, G., García Mosqueda, J., & López Moreno, B. (2006). Daily variation in short-term static toxicity of unionized ammonia in *Litopenaeus vannamei* (Boone) postlarvae. *Aquaculture Research*, 37(14), 1406-1412. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2006.01573.x>
- Mohan, R., Sathish, T., & Balakrishnan, K. (2020). Occurrence of potentially toxic cyanobacteria *Microcystis aeruginosa* in aquatic ecosystems of central Kerala (south India). *Ann. Limnol. - Int. J. Limn.*, 56, 10. doi:<https://doi.org/10.1051/limn/2020015>
- Moura, P., Wasielesky, W., Paz Serra, F., & Braga, A. (2021). Partial seawater inclusion to improve *Litopenaeus vannamei* performance in low salinity biofloc systems. *Aquaculture*, 531(1). doi:<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735905>
- Nam-Koong, H., Schroeder, J., Petrick, G., & Schulz, C. (2016). Removal of the off-flavor compounds geosmin and 2-methylisoborneol from recirculating aquaculture system water by ultrasonically induced cavitation. *Aquacultural Engineering*, 70, 73-80. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2015.10.005>
- Nath, P., & Tabares, S. (2023). Calidad del agua, calidad de vida y producción. *AQUACULTURA*, 154, 60-63. Obtenido de https://issuu.com/revista-cna/docs/edicion_154_100_
- Paredes Mendoza, J. R., & Rodríguez Romero, J. S. (2020). *Monitoreo de los parámetros de temperatura y pH para evaluar su efecto en la producción de camarón blanco (Litopenaeus vannamei Boone, 1931) en San Luis La Herradura, La Paz [Tesis de Ingeniería, Universidad del Salvador]*. Repositorio Digital. Obtenido de <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/22090>

- Ramírez Mora, A. G. (2015). *Evaluación y determinación de la calidad del agua en las piscinas de la camaronera Boca Salima, para el mejoramiento de la producción de camarón [Tesis de Ingeniería, Universidad Tecnica Particular de Loja]*. Repositorio Digital. Obtenido de <http://dspace.utpl.edu.ec/handle/123456789/13536>
- Rodríguez Solórzano, A. M. (2020). *Consortio microbiano autóctono in vitro en remediación de efluentes en cultivo de camarón (Litopenaeus Vannamei) de agua dulce [Tesis de Ingeniería, ESPAM MFL]*. Repositorio Digital. Obtenido de <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/1331>
- Roque Salinas, M. L., Canales Machado, M. L., Cáceres Quiroz, O. J., Flores Romero, J. J., Cea Navas, N. E., & Hernández Dimas, V. M. (2020). Comparación del crecimiento del camarón blanco en dos condiciones de estudio, salinidad óptima y salinidad cercana a cero. *Ciencia e Interculturalidad*, 26(1), 132-147. doi:<https://doi.org/10.5377/rci.v26i01.9890>
- Rothschuh, U. (18 de Octubre de 2022). *Copépodos: qué son y especies*. Obtenido de Ecología verde: https://www.ecologiaverde.com/copepodos-que-son-y-especies-4127.html#anchor_5
- Roura, Á., Strugnell, J., Guerra, Á., González, Á., & Richardson, A. (2018). Small copepods could channel missing carbon through metazoan predation. *Ecol Evol*, 8, 10868–10878. doi:10.1002/ece3.4546
- Rugel, V., Torres, C., Espinoza Ortega, M., Mora Pinargote, C., Almada Cano, D., & Molina Poveda, C. (2022). Proliferación de dinoflagelados en camaroneras, alternativas de control. *AQUACULTURA*, 150, 56-60. Obtenido de https://issuu.com/revista-cna/docs/revista_aquacultura_150_-_digital
- Valbuena, E., & González, L. (2021). Efectos de la calidad de agua con presencia de gregarinas y epibiontes en el crecimiento del camarón en un ciclo de cultivo. *AQUACULTURA*, 140, 64-68. Obtenido de https://issuu.com/revista-cna/docs/edicion_140
- Valencia Castañeda, G., Frías Espericueta, M., Vanegas Pérez, R., Pérez Ramírez, J., Chávez Sánchez, M., & Páez Osuna, F. (2018). Acute Toxicity of Ammonia, Nitrite and Nitrate to Shrimp *Litopenaeus vannamei* Postlarvae in Low-Salinity Water. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 101, 229-234. doi:<https://doi.org/10.1007/s00128-018-2355-z>

- Valle Sotomayor, C. A. (2020). *Evaluación de dos concentraciones de salinidad para la producción del camarón blanco (Litopenaeus vannamei) en piscinas de agua dulce [Tesis de Ingeniería, UCSG]. Repositorio Digital. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/15500/1/T-UCSG-PRE-TEC-AGRO-173.pdf>*
- Wang, B., Song, Q., Long, J., Song, G., Mi, W., & Bi, Y. (2019). Optimization method for Microcystis bloom mitigation by hydrogen peroxide and its stimulative effects on growth of chlorophytes. *Chemosphere*, 228, 503-512. doi:<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.04.138>