

**Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para evaluar calidad del agua en estanques de cultivo de caridea**  
**Physicochemical and microbiological parameters to assess water quality in caridea culture ponds**

**ARAUJO POLO Kelly<sup>1</sup>, LOZANO BELTRAN German<sup>2</sup>.**

Microbiología IX. 2019-11-25  
Barranquilla, Colombia.  
karaujo2@unisimon.edu.co

1. Estudiante, Universidad Simón Bolívar. Programa de Microbiología
2. Docente investigador, Universidad Simón Bolívar

---

**RESUMEN**

La camaronicultura es uno de los sectores más productivos y de mayor crecimiento de la acuicultura, representa una importante rama de la producción alimentaria mundial y constituye una fuente económica de gran importancia, siendo el sustento de muchas familias en Colombia, la siembra de estos artrópodos en un medio acuático de calidad es esencial para una buena producción, el proceso de crianza y siembra comprende la fertilización orgánica de los estanques, que puede en exceso traer consigo una contaminación del agua utilizada; siendo así de gran relevancia un conocimiento sobre parámetros fisicoquímicos y microbiológicos a lo que se exponen durante su crecimiento. Este artículo plantea una revisión colocando en un solo escrito todo lo relevante a los estudios existentes para evaluar calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de estanques camaroneros; describe lo que ya se conoce sobre el tema, en especial sobre los riesgos asociados y los articula alrededor de un modelo teórico conceptual, el artículo pretende, además, contribuir al estudio, comprensión y desarrollo de estos.

**Palabras clave:** Camaronicultura, contaminación, estanques camaroneros, calidad microbiológica

---

**ABSTRACT**

Shrimp farming is one of the most productive and fastest growing sectors of aquaculture, it represents an important branch of world food production and constitutes an important economic source, being the livelihood of many families in Colombia, the planting of these arthropods in A quality aquatic environment is essential for good production, the breeding and planting process includes organic fertilization of the ponds, which can excessively bring pollution of the water used; being thus of great relevance a knowledge

about physicochemical and microbiological parameters to what is exposed during its growth. This article raises a review by placing in a single writing everything relevant to the studies found to evaluate the physicochemical and microbiological quality of the water in shrimp ponds; describe what is already known on the subject, especially about the associated risks and the articulation around a conceptual theoretical model, the article also aims to contribute to the study, understanding and development of these.

**Key words:** shrimp farming, pollution, shrimp ponds, microbiological quality

---

## 1. INTRODUCCIÓN

La calidad del agua en sistemas de cultivos de organismos acuáticos es uno de los principales componentes en la acuicultura. La FAO (food and agriculture organization of the united nations /organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura) define la acuicultura como, el conjunto de técnicas adecuadas para el cultivo de especies hidrobiológicas, las cuales están comprendidos por peces, moluscos, crustáceos y plantas, en ambientes naturales o artificiales obteniendo el control total de estas, lo cual supone la intervención humana para incrementar la producción (1). El agua, como tal, incide en los todos los procesos biológicos, físicos y químicos que se llevan a cabo en el ecosistema acuático, que, en el caso de la acuicultura, lo constituye el estanque o piscina de producción. De igual manera, la calidad del agua incide en el comportamiento de los organismos cultivados y, finalmente, en la calidad de los productos obtenidos.

La importancia de la calidad del agua en la acuicultura es de tal magnitud, que uno de los factores causantes de mayor estrés sobre los organismos cultivados, es la baja calidad del agua, pudiendo llegar a extremos como limitar el consumo de alimento o generar bajas en el sistema inmune, llegando a una disminución en la producción e incremento en la mortalidad de peces o camarones cultivados (2).

Dentro de la actividad acuícola en Colombia, la camaronicultura constituye uno de los renglones de mayor dinámica, pues la generación de divisas y empleo, han permitido posicionarse, nuevamente como un subsector interesante dentro de la industria pesquera, tras años de baja producción por la incidencia de problemas serios de producción, asociados a patologías que afectaron decisivamente la producción mundial, nacional y regional (3).

El cultivo de camarón es altamente dependiente de un ambiente puro, ya que cualquier contaminante ciega la vida de este crustáceo. Tanto la especie como el medio en que viven han de ser controlados para mantenerlos en un óptimo estado. La camaronicultura implica riesgos de impactos ambientales para esto, la calidad del agua requiere control y seguimiento permanentes, pues los estanques son ecosistemas dinámicos que pueden

verse afectados por la adición de nutrientes que en determinado momento pueden deteriorar su calidad, afectando de esta manera toda la producción (4)(5).

La calidad del agua de descarga de estanques o piscinas, constituyen uno de los efectos más cuestionados de la actividad acuícola, por cuanto suele estar cargada de materia orgánica (heces y partículas de alimento concentrado no consumido (6)) y altos niveles de nutrientes (efecto de los fertilizantes, orgánicos o inorgánicos empleados (7)).

El control de la calidad del agua de los sistemas de cultivo, por lo general se limita a los factores físico - químicos ( $T^{\circ}$ ,  $O_2$ , pH,  $SO_4/CO_3$ , dureza, alcalinidad (8)). Sin embargo, los factores relacionados con la calidad microbiológica del agua no son considerados normalmente, como parte de las mediciones de calidad del sistema de cultivo.

El agua es esencial para la vida de los camarones, ayuda a todas sus necesidades, especialmente aquellas de respirar, nutrirse, reproducirse y crecer. La calidad del agua es el resultado de comparar las características fisicoquímicas y microbiológicas encontradas en el agua, con el contenido de las normas que regulan la materia (9); indudablemente estudiar la calidad de agua en piscinas camaroneras es de gran relevancia ya que es el actor fundamental para el éxito del cultivo y la producción de camarones

Se presenta en este documento, una revisión de la información técnica disponible, relacionada con la calidad microbiológica del agua de piscinas o estanques camaroneros y los articula alrededor de un modelo teórico conceptual, con el propósito de reunir en una sola publicación aquellos aspectos que permitan facilitar la comprensión del tema, seleccionando el conjunto de elementos más representativos, descubriendo la interacción entre ellos, examinando la bibliografía publicada deseando llenar el vacío de información y la ausencia de normatividad que hay en Colombia, de tal manera incentivar la generación de nuevos conocimientos, aportar a la administración y gestión responsable de la acuicultura(10) y al mismo tiempo que se sugiere temas de investigación.

Se realizó una revisión bibliográfica en distintas bases de datos como Scielo, REDVET, Pubmed, FAO, biblioteca Virtual y el catálogo bibliográfico institucional de la Universidad Simón Bolívar con especial referencia a Latinoamérica, que aportó información específica sobre la importancia de los parámetros microbiológicos en los estanques de criaderos de camarones. Se emplearon las palabras claves: camarones, calidad de agua, estanques piscícolas, camaronicultura, microorganismos en camarones.

## 2. CALIDAD DE AGUA DE PISCINAS CAMARONERAS

El crecimiento de la camaronicultura, no está exento de problemas, una de sus grandes amenazas, es la proliferación de enfermedades, ocasionadas por microorganismos, son producto del desequilibrio ambiental que sufre el agua del estanque, pues por lo general el manejo inadecuado del cultivo de camarón en cuanto a alimentación y provisión de antibióticos para prevenir o tratar enfermedades, provoca una alteración de las propiedades de agua en los estanques, si a esto se suman factores fisicoquímicos como el oxígeno disuelto, temperatura, pH, entre otros que se ubican en ciertos criaderos, se configura, el problema estructural de la calidad del agua de los estanques , cuyo resultado es un ambiente nocivo para la vida del camarón; puesto que este tipo de aguas, se empobrece en cuanto a la cantidad excesiva de estos indicadores en el agua, tornándose tóxica para el animal, provocando estrés, enfermedad y finalmente consecuencias letales en este contexto es muy importante destacar la necesidad de la calidad del agua de los estanques, cuyos indicadores más relevantes, son precisamente la cantidad de oxígeno disuelto y microorganismos en el agua, que se tratará más a fondo durante esta revisión ya que de ello depende el crecimiento y desarrollo adecuado del camarón.

Los sistemas de producción de especies hidrobiológicas poseen una amplia variabilidad de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que constantemente deben estar en un equilibrio para mantener una buena calidad del agua. No obstante, este equilibrio se ve afectado por la gran cantidad de material orgánico aplicados en los diferentes de sistemas de producción, llevando a su acumulación a lo largo del cultivo y provocando deterioro en la calidad del agua y consecuentemente alteraciones en la salud de los organismos (11).

Los contaminantes más comunes del agua son los metales pesados, químicos industriales y microorganismos como coliformes (12). Los coliformes son un grupo de bacterias catalogadas como indicadores de contaminación bacteriana. La identificación de coliformes totales es más difícil ya que estos pueden provenir de varias fuentes como el suelo, por lo que no siempre son intestinales en comparación con los coliformes fecales (*Escherichia coli*, *Klebsiella* y *Enterobacter*) que son indicativos más específicos, y estos se encuentran en los intestinos y excrementos de animales de sangre caliente y humanos. La presencia de *Escherichia coli* indica contaminación fecal en agua; rara vez se encuentra en suelo o agua que no haya sufrido algún tipo de contaminación fecal, por ello se considera como indicador universal (13)

El agua contaminada con heces, contribuye a la transmisión horizontal y vertical de la bacteria *Hepatobacter penaei* que es el agente causal de Hepatopancreatitis necrotizante en camarones de agua dulce y de agua salada (14) Este patógeno puede estar presente tanto en el camarón cultivado, como en el agua de los estanques de cultivo, las altas temperaturas y la salinidad en los estanques favorece el crecimiento y

proliferación de esta bacteria. Por lo tanto, el apropiado control de la calidad del agua cobra un papel muy importante dentro de un sistema de producción acuícola. Algunos elementos que son indispensables para mantener una buena calidad del agua como la forma en la que se encuentran disponibles en el medio y las concentraciones requeridas para mantener un sistema estable se muestran en la Tabla1 (15).

*Tabla 1 Rangos aceptables de concentración para sustancias inorgánicas disueltas en agua de estanques de cultivo de camarón*

Elemento	Forma en agua	Concentración objetivo
Oxígeno	Oxígeno molecular (O <sub>2</sub> )	5 - 15 mg/L
Hidrógeno	H <sup>+</sup> [-log(H <sup>+</sup> ) = pH]	pH 7 - 9
Nitrógeno	Nitrógeno molecular (N <sub>2</sub> )	Saturación o menor
	Amonio ionizado (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	0.2 - 2 mg/L
	Amonio no ionizado (NH <sub>3</sub> )	< 0.1 mg/L
	Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	0.2 - 10 mg/L
	Nitrito (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	< 0.23mg/L
Sulfuro	Sulfato (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	500 - 3,000 mg/L
	Sulfuro de hidrógeno (H <sub>2</sub> S)	No detectable
Carbono	Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	1 - 10 mg/L
Calcio	Ion de calcio (Ca <sup>2+</sup> )	100 - 500 mg/L
Magnesio	Ion de magnesio (Mg <sup>2+</sup> )	100 - 1,500 mg/L
Sodio	Sodio (Na <sup>+</sup> )	2,000 - 11,000 mg/L
Potasio	Ion de Potasio (K <sup>+</sup> )	100 - 400 mg/L

Fuente: BOYD, Claude E., et al., 2001

### 3. PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DE PISCINAS CAMARONERAS

Una práctica común en la producción de cultivos hidrobiológicos como el camarón tanto en Colombia como en otros países, es sobrealimentar y de esa manera acelerar el crecimiento de los camarones en cultivo (16), esto además de no dar los resultados esperados, contribuye a la degradación de la calidad del agua. Al alimentar al cultivo en las piscinas camaroneras, alrededor de un 75% de nitrógeno, fósforo y carbono ingresado al sistema por medio del alimento, se pierde como alimento no capturado y productos de excreción (17). De estos elementos, el fósforo se acumula principalmente en los sedimentos que se encuentran bajo las jaulas, por lo que se utiliza como indicador de contaminación (18), por otro lado, los camarones son llamados la escoba de los

estanques gracias al movimiento de su cola, que literalmente barre los sedimentos en busca de comida que cae y se concentra, esto trae consigo que dichos elementos proliferen en todo el estanque perjudicando la calidad de agua de los mismos. Se ha informado en la literatura (Buschmann y Fortt, 2005) que el depósito de materia orgánica en los sedimentos bajo las jaulas produce un efecto significativamente negativo sobre la biodiversidad (19).

Las variables fisicoquímicas inciden de manera directa en la presencia de microorganismos. Un ejemplo de esta relación es la temperatura, ya que se considera como uno de los factores ambientales que más influye, directa o indirectamente en la proliferación y supervivencia. A medida que la temperatura aumenta, aumentan también sus reacciones enzimáticas y las tasas de reproducción, dependiendo el tipo de microorganismo, ya que existen los microorganismos termófilos y hipertermofilos, los cuales pueden soportar temperaturas extremas mayores a 45°C y 70°C respectivamente o inclusive microorganismos psicrófilos, que pueden sobrevivir a temperaturas por debajo de los 5°C (20). Por ende, el primer parámetro fisicoquímico que se debe observar y registrar es la temperatura, debido a que la velocidad de la producción de cultivos camarones se duplica cuando hay un incremento de temperatura de 10°C, afectando la calidad del agua de los estanques (21) y a su vez beneficiando o afectando el crecimiento de microorganismos, debido a esta variación.

### **3.1 POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)**

En estanques de producción la medición de pH es de vital importancia ya que afecta el metabolismo y otros procesos fisiológicos de los organismos acuáticos (22), favoreciendo el estrés, aumentando la susceptibilidad a enfermedades, al mismo tiempo que disminuye los niveles de producción, pudiendo causar la muerte

El pH varía mucho durante las horas del día, normalmente es más bajo en la noche y más alto durante el día, esto es debido a que el pH es indirectamente proporcional a la concentración de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), cuando este se encuentra bajo, el pH del agua tiende a aumentar y viceversa. Esto se debe a la actividad fotosintética de las algas, produciendo oxígeno en el día y liberando CO<sub>2</sub> en la noche ocasionando que el pH disminuya, diferentes autores (Balnova, 2014)(Boyd, Tucker, Viriyatum; 2011) han demostrado que, en estanques de cultivo de camarón, el rango óptimo de pH se encuentra entre 7.5 a 8.5, valores mayores bloquean el proceso de muda, además puede verse comprometida la salud de los camarones (23)(24).

### **3.2 OXIGENO DISUELTO**

El Oxígeno disuelto es uno de los gases de la atmósfera que se disuelven en el agua, es un importante parámetro en camaronicultura, posee un papel fundamental en la supervivencia de los camarones. La concentración de oxígeno disuelto en el agua es para el camarón un factor crítico en su desarrollo, reproducción, metabolismo, supervivencia

y resistencia a las enfermedades, por eso es importante mantener óptimos los niveles de oxígeno disuelto en el agua establecidos por la legislación colombiana, para una producción eficiente ya que un bajo nivel de este parámetro podría estresar al camarón; por lo tanto, es importante mantenerlo a niveles óptimos por encima de 4.0 ppm (25). El oxígeno disuelto está directamente relacionado con la presión atmosférica, la cual hace que incremente el contenido de oxígeno disuelto; e inversamente relacionado con la temperatura del agua ocasionando la disminución de la solubilidad del oxígeno (26).

### **3.3 AMONIACO**

El Amoníaco, puede aumentar fácilmente bajo condiciones particulares a niveles mortalmente altos, debido a la sobrealimentación, amoniaco excretado y exceso de proteínas, la cual libera nitrógeno formando amoniaco; los porcentajes de amonio excretado por los camarones se ven afectados por diversas variables con las que se correlacionan como lo son la fase de muda y talla, temperatura, salinidad y oxígeno disuelto (27).

El Amoníaco en el agua existe en dos formas, como iones de Amoníaco ( $\text{NH}_4^+$ ), los cuales no son tóxicos, y como Amoníaco tóxico no ionizado ( $\text{NH}_3$ ). La proporción relativa de cada uno está influenciado por la temperatura y el pH del medio acuático; una concentración de 0.6 ppm (mg/l) de Amoníaco libre ( $\text{NH}_3$ ) puede llegar a ser tóxico para los camarones, causando problemas respiratorios; pero esto tiene una solución muy práctica porque el amoniaco atrapado en el sedimento del estanque puede ser removido durante el proceso de engorde, bajando un porcentaje del nivel de agua del estanque menor al 50% y luego llenar para reemplazar el volumen desalojado(28)(29). El amoniaco es un muy importante parámetro para una buena producción de camarones

### **3.4 NITRITOS**

Los Nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ) son otra forma de compuestos nitrogenados que resultan de la alimentación y pueden ser tóxicos para camarones. Los nitritos son un producto intermedio de la transformación del Amoníaco en nitrato por la actividad bacteriana. Los nitritos en los últimos años han llamado la atención como contaminantes en los sistemas acuáticos (30), dado que a pesar de los recambios de agua que se hacen en el proceso del cultivo de camarones puede estar en altas concentraciones en el medio acuático. Entre los principales efectos tóxicos del  $\text{NO}_2^-$  sobresalen aquellos que tienen una relación directa sobre el transporte del oxígeno, oxidación de importantes compuestos y daños a los tejidos (31).

### **3.5 SALINIDAD**

Salinidad es la concentración total de los iones disueltos o sales en el agua. La salinidad depende de siete iones, Sodio, Magnesio, Calcio, Potasio, Cloruro, Sulfato, Bicarbonato, los cuales juegan un rol importante para el crecimiento de camarones a través de la

osmorregulación de minerales de cuerpo en el ambiente acuático (32)(33). Para una mejor supervivencia y crecimiento, un rango óptimo de salinidad debe ser mantenido en el agua del estanque, si la salinidad es demasiado alta los camarones comenzarán a perder agua al medioambiente, los autores aseguran que los camarones jóvenes parecen tolerar una mayor fluctuación de salinidad que los adultos (34).

*Tabla 2 Parámetros fisicoquímicos de calidad del agua en cultivos de camarón*

PARAMETRO	VALORES
Temperatura	28-30 ° C.
pH	7.5-8.5
Oxígeno disuelto	>4PPM
Alcalinidad	≥ 80 ppm
Nitritos	≤ 2 ppm
Amoniaco	≤ 0.01 ppm.
Salinidad	15-30 ppt.

Fuente: Torres A, 2017

El control de parámetros fisicoquímicos en Colombia, es de aplicación habitual, sin embargo, lo que concierne a parámetros microbiológicos de la calidad de agua para piscinas camaroneras no ha sido igual debido a su falta de sistematización y estandarización (35). Las referencias bibliográficas existentes no muestran información específica de investigaciones realizadas y/o estandarizaciones acerca de los límites permisibles para la calidad microbiológica de los estanques camaroneros. En las normativas nacionales vigentes aplicables a recursos hídricos, más actuales, como Decreto 3930 de 2010, Ley 1151 de 2007, Resolución 075 de 2011 (36) (37) (38), se dictan disposiciones sobre el vertimiento de aguas de usos en la acuicultura. Más no sobre los valores aceptables de parámetros físico químicos y microbiológicos, no obstante prelativamente en el DECRETO 1594 DE 1984 (39), el cual se encuentra vigente, establece los límites de los factores físico químicos (tabla 3), más no microbiológicos

Tabla 3 Criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para preservación de fauna, en aguas dulces, frías o cálidas y en aguas marinas o estuarias en Colombia

REFERENCIA	VALOR AGUA FRÍA DULCE	VALOR AGUA CALIDA DULCE	VALOR AGUA MARINA Y ESTUARIA
Oxígeno disuelto	5.0	4.0	4.0
pH	6.5 - 9.0	4.5 - 9.0	6.5 - 8.5
Sulfuro de Hidrógeno ionizado	0.0002	0.0002	0.0002
Amoniaco	0.1 CL $\frac{96}{50}$	0.1 CL $\frac{96}{50}$	0.1 CL $\frac{96}{50}$
Arsénico	0.1 CL $\frac{96}{50}$	0.1 CL $\frac{96}{50}$	0.1 CL $\frac{96}{50}$
Cianuro libre	0.05 CL $\frac{96}{50}$	0.05 CL $\frac{96}{50}$	0.05 CL $\frac{96}{50}$
Cinc	0.01 CL $\frac{96}{50}$	0.01 CL $\frac{96}{50}$	0.01 CL $\frac{96}{50}$
Cloro total residual	0.1 CL $\frac{96}{50}$	0.1 CL $\frac{96}{50}$	0.1 CL $\frac{96}{50}$
Cobre	0.1 CL $\frac{96}{50}$	0.1 CL $\frac{96}{50}$	0.1 CL $\frac{96}{50}$
Hierro	0.1 CL $\frac{96}{50}$	0.1 CL $\frac{96}{50}$	0.1 CL $\frac{96}{50}$
Mercurio	0.01 CL $\frac{96}{50}$	0.01 CL $\frac{96}{50}$	0.01 CL $\frac{96}{50}$
Níquel	0.01 CL $\frac{96}{50}$	0.01 CL $\frac{96}{50}$	0.01 CL $\frac{96}{50}$
Plata	0.01 CL $\frac{96}{50}$	0.01 CL $\frac{96}{50}$	0.01 CL $\frac{96}{50}$
Plomo	0.01 CL $\frac{96}{50}$	0.01 CL $\frac{96}{50}$	0.01 CL $\frac{96}{50}$
Selenio	0.01 CL $\frac{96}{50}$	0.01 CL $\frac{96}{50}$	0.01 CL $\frac{96}{50}$

CL 96/50: Concentración letal media

Fuente Decreto 1594, 1984

Unidades de medida: PPM, µg/L, mg/L, mg S = / L, Unidades de pH, mmHg, PPB.

En Países de clima tropical y templado como Colombia, las bacterias del género *Vibrio* son habitantes naturales de los ecosistemas marinos y estuarinos (40), donde generalmente se localizan las haciendas de cultivo de camarón. En distintas partes del mundo como Asia y América, múltiples especies de bacterias se han asociado a patologías; sin embargo, en la mayoría de los estudios no se ha demostrado que *Vibrio cholerae* participe como agente primario, considerándose parte de la microflora normal del agua de los estanques camaroneros, y ha sido calificado por ello como un patógeno secundario u oportunista (41)

La FAO posee vacíos de datos en cuanto a los niveles de las cepas O1 y O139 de *V. cholerae* coleragénicas en ambientes para la acuicultura, además los datos disponibles sobre el nivel de las cepas O1 y O139 de *V. cholerae* que poseen la toxina del cólera en camarones en el momento de la captura, son limitados o negativos (42)

Sin embargo, estudios ambientales en el golfo de guacanayabo-Cuba demostraron que se pueden encontrar cepas de ese organismo en cuencas marítimas y áreas costeras, ya que *V. cholerae* está asociado al agua y se dispersa por falta de saneamiento básico, pudiendo resultar en la contaminación del agua de abastecimiento. Los casos esporádicos ocurren cuando se consume crudo el camarón capturado en aguas contaminadas (43).

El camarón criado en aguas aparentemente no contaminadas por metales pesados, químicos industriales y/o coliformes, también puede transmitir cólera, ya que *V. cholerae* O1 puede formar parte del microbiota autóctono de esas aguas (44),

Los parámetros fisicoquímicos que controlan el crecimiento de *V. cholerae* se presentan en la tabla 4

Tabla 4 Factores que afectan el desarrollo de *Vibrio cholerae*

PARÁMETROS	VALORES
Temperatura mínima	-1.,3° C (29,7° F)
Temperatura máxima	44° C (111° F)
pH mínimo	3,0
pH máximo	9,6
Aw mínima	0,95
% máxima de NaCl	7

Fuente OPS/OMS, 2015

Otro Microorganismo patógeno de gran relevancia e indicador de inocuidad en productos marinos es *Salmonella sp.* Es un género bacteriano de bacilos gramnegativos que pertenece a la familia Enterobacteriaceae. Hasta la fecha se han identificado más de 2500 serotipos diferentes en dos especies, (*Salmonella bongori* y *Samonella entérica*). Es una bacteria obicua y resistente que puede sobrevivir durante varias semanas en un ambiente seco y varios meses en agua (45)

Jawahar y Debasis en occidente aislaron a esta bacteria en el agua y los sedimentos de los estanques en donde se cultivan camarones y en donde se ha establecido que *Salmonella sp.* forma parte de la microflora natural del ambiente de cultivo del camarón (46)(47)ahí radica la importancia de hacer seguimiento microbiológico a los estanques camaroneros

Todos los parámetros que intervienen en la calidad del agua pueden alterar el buen desarrollo de la producción acuícola, ya que cada parámetro ya sea fisicoquímico o microbiológico por si solo puede no indicar mucho, pero varios parámetros juntos pueden revelar los procesos que se llevan a cabo en el estanque, como se describe anteriormente con el caso de *Vibrio cholerae* y *Salmonella sp.*, que siendo microorganismos, pueden verse afectados por parámetros fisicoquímicos tales como, temperatura, pH, salinidad entre otros, y controlándolos de manera simultánea podrían mostrar una mejoría en lo que respecta a la calidad del agua de los estanques camaroneros y porque no, también en la carne del camarón. Ya que el nivel de contaminación de los camarones en el momento de la captura dependerá de la calidad microbiológica del agua en la que se efectúa la cosecha (48)

En un estudio realizado por Gómez, Bermúdez y Medina, en la universidad del Zulia, Venezuela en el año 2012 , se determinó la prevalencia y diversidad de cepas de *Salmonella* en camarones crudos y en el agua de cultivo. Obtuvieron que *Salmonella enterica* subsp. *enterica* estuvo presente en 0.02% de las muestras, adicionalmente, se observó una amplia diversidad de serotipos de *Salmonella*, siendo los más frecuentes *tennessee*, *typhimurium*, *caracas* y *kentucky*. Concluyeron que la presencia y amplia diversidad de serotipos de *Salmonella* puede estar relacionada con las condiciones del agua en la producción del camarón (49)

En la universidad centroamericana de Nicaragua en el año 2002, Saborío,Almanza, Sandoval y Obregón, desarrollaron un proyecto sobre la calidad de agua en efluentes y afluentes de granjas camaroneras, donde se analizaron variables microbiológicas como; Coliformes totales y fecales, determinación de *Salmonella sp.* determinación de *Vibrio sp.* en agua, basándose en los métodos descritos en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20 Th Edition. Microbiological Methods, los resultados obtenidos se muestran en la tabla 5, estos fueron comparados con los valores normales admisibles de la Agencia de protección ambiental de los Estados Unidos (USEPA) , desde el punto de vista físico-químico y microbiológico los

parámetros presentaron un incremento en el momento de la siembra pero disminuyeron en el momento de la cosecha, cabe señalar que estos valores siempre se mantuvieron dentro de los valores normales para estanques de cultivo de camarón a excepción del fósforo total lo cual se debe a que la muestra de agua fue tomada en días de aplicación de alimento (50).

Tabla 5 Resultados microbiológicos del agua en la siembra de los estanques de granjas camaroneras (2002)

Granja/ Sistema de cultivo	Rect.Total bact. UFC/100ml	Rect. col. Tot. MP/100ml	Rect. Colif. Fec. NMP/100 ml	<i>Vibrium sp</i> UFC/100ml	<i>Vibrium Cholerae</i>	<i>Salmonella</i>
<b>Sistema Artesanal</b>						
María Garay	1.7x10 <sup>4</sup>	+1100	+1100	2.0x10 <sup>3</sup>	Negativo	Negativo
Rubén Darío 1	3.0x10 <sup>3</sup>	+1100	+1100	1.2x10 <sup>2</sup>	Negativo	Negativo
Rubén Darío 2	1.4x10 <sup>5</sup>	460	460	6 UFC	Negativo	Negativo
<b>Sistema Extensivo</b>						
La Amistad	4.5x10 <sup>2</sup>	150	120	1.0x10 <sup>2</sup>	Negativo	Negativo
Lucrecia Lindo	1.0x10 <sup>2</sup>	43	28	1	Negativo	Negativo
El porvenir	1.4x10 <sup>2</sup>	1100	1100	1	Negativo	Negativo
<b>Sistema Semi-Intensivo</b>						
Las Brisas	5.9x10 <sup>2</sup>	150	150	1.0x10 <sup>2</sup>	Negativo	Negativo
Camarones de Morazán	3.2x10 <sup>3</sup>	43	43	10 UFC	Negativo	Negativo
Edgar Lang	3.4 x10 <sup>5</sup>	+1100	210	No se aísla	Negativo	Negativo
Bernardino	5.6 x10 <sup>5</sup>	+1100	+1100	No se aísla	Negativo	Negativo
Codecan	1.0x10 <sup>6</sup>	460	240	87 UFC	Negativo	Negativo
Nicolás Chávez	2.1x10 <sup>3</sup>	460	120	2.5x10 <sup>2</sup>	Negativo	Negativo
Herrera Membreño	1.1x10 <sup>2</sup>	460	460	1	Negativo	Negativo
Pimán	4.0x10 <sup>3</sup>	290	290	2.0x10 <sup>2</sup>	Negativo	Negativo
<b>Valor Normal USEPA</b>	<b>&lt; 1.0x10<sup>5</sup></b>	<b>&lt;43</b>	<b>&lt;43</b>	<b>&lt; 100UFC/ml</b>	<b>0 UFC</b>	<b>0 UFC</b>

Fuente CIDEA, 2002

En el Centro de Investigaciones Pesqueras de la ciudad de la Habana, Cuba. Se realizó por primera vez la caracterización física, química y microbiológica de los efluentes de una camaronera, ya que el exceso de nutrientes que emite una granja camaronera puede contaminar el ecosistema. Allí jugaron un papel fundamental las Cianobacterias ya que fueron las obtenidas en mayor abundancia durante el estudio, los autores aseguran que una Cianobacteria filamentosas de pequeño tamaño se potencia en los estanques debido a la presencia de nitrógeno y fosforo los cuales estuvieron presentes en el análisis de parámetros fisicoquímicos de los efluentes de la camaronera (51)

Las Cianobacterias son un grupo diverso de organismos por lo que no pueden ser estudiadas como una única entidad ya que presentan una alta diversidad de respuestas y efectos ambientales (52); distintos géneros de Cianobacterias como, *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Microcystis* y *Oscillatoria* pueden formar extensivas y persistentes floraciones en estanques camaroneros, y no representan una buena fuente de producción primaria, ya que forman capas superficiales molestosas, aportan poco oxígeno al medio, su presencia excesiva en los estanques está asociada con la disminución de oxígeno disuelto, y algunas de estas cianobacterias como *Oscillatoria brevis* pueden producir metabolitos olorosos que dan características organolépticas no deseables en los camarones, mientras que otras producen compuestos tóxicos(53).

El fenómeno de las floraciones de cianobacterias es mundial y Colombia no está excluido, para comprender las causas del desarrollo e implementar las medidas de prevención, es necesario acudir al desarrollo de la investigación científica y experimental, porque en Colombia actualmente no existen reglamentaciones referentes a la prevención y/o gestión de las floraciones de cianobacterias (54).

El Dr. Darner Mora Alvarado (2002, revista costarricense de salud pública), director ejecutivo del Programa Bandera Azul Ecológica y director del Laboratorio Nacional de Aguas de Costa Rica, expone con criterio provisional una directriz de la calidad microbiológica del agua para la piscicultura, por la técnica de NMP/100 mL, se muestran en la tabla 6; ya que en ese país son limitados los datos experimentales y por ende hasta la fecha no hay ninguna estandarización (55)

Tabla 6 Criterios microbiológicos de aguas usadas en cultivo de camarón

Indicador 100 ml	Cultivo de Camarones NMP/100ml
Coliformes termorresistentes	< 100
Estreptococos fecales	80

\*NOTAS, Muestreo mensuales

Fuente Mora D, 1998

En la Resolución 122 del 2012, se disponen los Requisitos microbiológicos para los productos de la pesca, en particular crustáceos frescos, como el camarón con destino al consumo humano, donde deberán cumplir con los requisitos microbiológicos que se muestran en la tabla 7 (56)

Tabla 7 Requisitos microbiológicos para camarones frescos en Colombia

PARAMETROS	n	m	M	C
Recuento <i>E.Coli</i> UFC/g	5	10	400	2
Recuento <i>Estafilococo</i> coagulasa positiva UFC/g	5	100	1000	2
<i>Salmonella</i> /25g	5	NEGATIVO	-	0
<i>Vibrio cholerae</i> O1/25g	5	NEGATIVO	-	0

Fuente Resolución 122, 2012

n: Número de muestras por examinar.

m: Índice máximo permisible para identificar el nivel de buena calidad.

M: Índice máximo permisible para identificar el nivel aceptable de buena calidad.

C: Número máximo de muestras permisibles con resultados entre m y M.

Esta normativa establece las disposiciones del camarón ya cosechado. Probablemente, se podría disminuir la presencia de microorganismos patógenos en él si se hace una evaluación con parámetros estandarizados en el momento de la siembra y así evitar que muchos microorganismos se colonicen dentro de la carne del camarón, obteniendo, un alimento de mejor calidad, convirtiendo esta proposición en hipótesis para emprender un buen estudio o trabajo experimental innovador en este campo en nuestro país.

En Colombia no se conoce registro o informe relacionados con la calidad microbiológica de piscinas camaroneras (57) (58), que nos permitan conocer los límites permisibles para la aceptabilidad de la calidad microbiológica de las misma, basándose en la ausencia o presencia o el número de microorganismos en ellas

#### 4. CONCLUSION

La camaronicultura es una de las actividades de las cual muchos países como Colombia, se ven beneficiados económicamente. Sin embargo, del mismo modo se pueden ver afectados ambientalmente, si hay una inadecuada praxis en dichas industrias, que podría ocasionar un deterioro de la calidad del agua usada en desarrollo del cultivo.

El verdadero origen de múltiples patologías entéricas e intoxicaciones alimentarias por consumo de camarón, podría pasar desapercibido debido al manejo inadecuado de toda su cadena de producción. Cabe resaltar que varios autores aseguran que hay una

estrecha relación entre los microorganismos presentes en el agua y los microorganismos presentes en el camarón

En esta revisión se aporta información sobre estudios enfocados en la detección de coliformes totales y fecales, *Vibrio*, *E. coli*, y *salmonella* en piscinas camaroneras, aclarando que todos los resultados fueron comparados con normas internacionales debido a la ausencia de datos comparativos a nivel nacional.

También hay aportes de información sobre estudios que mencionan la presencia de cianobacterias, resaltándolas como microorganismos oportunistas (tales como *Oscillatoria*) las cuales, al estar presente en el agua aportan características organolépticas no deseadas y ocasiona disminución en la calidad de los productos cultivados.

En Colombia a la fecha no se registra información sobre análisis microbiológicos minuciosos realizados en el agua de piscinas o estanques camaroneros, notándose así un vacío de información sobre los posibles orígenes de enfermedades o intoxicaciones que podrían afectar gravemente la vida humana.

Como recomendación, en Colombia ayudaría mucho mejorar la recopilación de datos relacionados con este renglón de la economía, pues facilitaría el diseño de políticas públicas que integren objetivos sociales y económicos. Adicionalmente, permitiría articular estas metas, con la necesidad de reconstruir y mantener las poblaciones naturales de camarones y ecosistemas estratégicos como los estuarios y zonas de manglar, hábitat natural de algunas especies.

Finalmente, se propone hacer un trabajo experimental en Colombia con posible estandarización de indicadores de calidad de agua en estanques de cultivo, incluyendo tanto de variables físico químicas como microbiológicas, para aportar decididamente a la administración de los recursos naturales, mediante la gestión responsable de la acuicultura.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Acuicultura | FAO | Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [Internet]. [cited 2019 Mar 15]. Available from: <http://www.fao.org/aquaculture/en/>
2. Boyd, C. E., Tucker, C. S., & Viriyatum, R. (2011). Interpretation of pH, acidity, and alkalinity in aquaculture and fisheries. *North American Journal of Aquaculture*, 73(4), 403-408.

3. Merino, M. C., Bonilla, S. P., & Bages, F. (2013). Diagnóstico del estado de la acuicultura en Colombia. Plan Nacional de Desarrollo de la Acuicultura Sostenible en Colombia AUNAP-FAO. Bogotá, Colombia: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.
4. Aguilera, M. (1998). Los cultivos de camarones en la costa Caribe colombiana. Serie Documentos de Trabajo sobre Economía Regional, (2).
5. Borja, A. (2011). Los impactos ambientales de la acuicultura y la sostenibilidad de esta actividad. Boletín. Instituto Español de Oceanografía, 18(1-4), 41-49
6. Mejías, A. V., & Navarro, N. P. (2017). Transfronterización de enfermedades infecciosas en la camaronicultura. Repertorio Científico, 20(1), 1-11.
7. Boyd, C. E. (2001). Prácticas de manejo para reducir el impacto ambiental del cultivo de camarón. Métodos para mejorar la camaronicultura en Centroamérica. MC, Haws y CE, Boyd (eds), 267-295.
8. Ching, C. A. (2013). Técnicas y tratamientos exitosos para el cultivo del Camarón en Latinoamérica. In Cámara Nacional de Acuicultura, XV Congreso ecuatoriano de Acuicultura & Aquaexpo, Guayaquil, Ecuador.
9. Baird, R., & Bridgewater, L. (2017). Standard methods for the examination of water and wastewater. 23rd edition. Washington, D.C.: American Public Health Association.
10. FAO (Roma). Expert Consultation on Guidelines for Responsible Fisheries Management (. (1995). *Report of the Expert Consultation on Guidelines for Responsible Fisheries Management: Wellington, New Zealand, 23-27 January 1995* (No. 519). Food & Agriculture Org..
11. Loo, R., & Manuel, P. (2017). Influencia de la concentración de amonio y su relación con las comunidades bacterianas en piscinas camaroneras.
12. 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).
13. 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.

14. Varela-Mejías, A., & Peña-Navarro, N. (2016). Histopatología diferencial de tres enfermedades bacterianas que afectan el hepatopáncreas de camarones penneidos. *Agronomía Mesoamericana*, 73-80.
15. Boyd, C. E., Treece, G., Engle, R. C., Valderrama, D., Lightner, C. R., Pantoja, C. R., ... & Garrido, V. (2001). Consideraciones sobre la calidad del agua y del suelo en cultivos de camarón. *Métodos para mejorar la camaronicultura en Centroamérica*, 1-30.
16. Martínez Córdova, L. R. (1998). Comportamiento y manejo ecológico de estanques de cultivo de camarón con bajo recambio de agua.
17. Buschmann, A., & Fortt, A. (2005). Efectos ambientales de la acuicultura intensiva y alternativas para un desarrollo sustentable. *Revista Ambiente y Desarrollo*, 21(3), 58-64.
18. Soto, D., y Norambuena, F. (2004). Evaluación de los efectos del cultivo de salmón en los sistemas marinos en los mares interiores del sur de Chile: un experimento de medición a gran escala. *Journal of Applied Ichthyology* , 20 (6), 493-501.
19. Buschmann, A., & Fortt, A. (2005). Efectos ambientales de la acuicultura intensiva y alternativas para un desarrollo sustentable. *Revista Ambiente y Desarrollo*, 21(3), 58-64.
20. M. Hahn-vonHessberg C, Ricardo Toro D, Grajales Quintero A, Duque Quintero GM, Serna Uribe L. Determinación De La Calidad Del Agua Mediante Indicadores Biológicos Y Físicoquímicos, En La Estación Piscícola, Universidad De Caldas, Municipio De Palestina, Colombia. *Bol. Científico Cent Museos, Mus Hist Nac* [Internet]. 2009;13 (2)(2):89-105. Available from: <http://www.scielo.org.co/pdf/bccm/v13n2/v13n2a06.pdf>
21. SOLORZANO F. ENFERMEDADES MAS COMUNES EN CAMARONES PENNEIDOS EN ECUADOR by FULVIA SOLORZANO on Prezi [Internet]. 2018 [cited 2019 Mar 23]. Available from: <https://prezi.com/dk3pxsops-my/enfermedades-mas-comunes-en-camarones-penneidos-en-ecuador/>
22. Valdes, C. E. M., Macías, E. B., González, C. A. Á., Hernández, C. T., & Sánchez, A. J. (2013). Efecto de microorganismos con potencial probiótico en la calidad del agua y el crecimiento de camarón *Litopenaeus vannamei* (Decapoda: Penaeidae) en cultivo intensivo. *Revista de Biología Tropical*.
23. Balnova. pH en estanques de camarón [Internet]. 2014 [cited 2019 Apr 2]. Available from: <https://www.balnova.com/ph-en-estanques-de-camaron/>

24. Boyd, C. E., Tucker, C. S., & Viriyatum, R. (2011). Interpretation of pH, acidity, and alkalinity in aquaculture and fisheries. *North American Journal of Aquaculture*, 73(4), 403-408.
25. Mayer E. Monitoreo de la calidad de agua del estanque para mejorar la producción de camarones y peces | Aquafeed [Internet]. 2012 [cited 2018 Sep 21]. Available from: <http://www.aquafeed.co/monitoreo-de-la-calidad-de-agua-del-estanque-para-mejorar-la-produccion-de-camarones-y-peces/>
26. Barrenechea Martel, A., Maldonado Yactayo, V., & Aurazo de Zumaeta, M. (2004). Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua. In Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Manual I: teoría. Tomo I (pp. 2-56). CEPIS.
27. Gutiérrez-Alonso, G., Collins, A. S., Fernández-Suárez, J., Pastor-Galán, D., González-Clavijo, E., Jourdan, F. & Johnston, S. T. (2015). Dating of lithospheric buckling:  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  ages of syn-orocline strike-slip shear zones in northwestern Iberia. *Tectonophysics*, 643, 44-54.
28. Talavera, V., Zapata, M., & Sánchez, D. (1997). Amoniac en estanques de producción camaronera. Boletín Nicovita. Edición Tumpis, 2.
29. Li L, Lollar BS, Li H, Wortmann UG, Lacrampe-Couloume G. Ammonium stability and nitrogen isotope fractionations for  $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3(\text{aq})/\text{NH}_3(\text{gas})$  systems at 20-70°C and pH of 2-13: Applications to habitability and nitrogen cycling in low-temperature hydrothermal systems. *Geochim Cosmochim Acta*. 2012;
30. Russo R, V. Thurston R, Emerson K. Acute Toxicity of Nitrite to Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*): Effects of pH, Nitrite Species, and Anion Species. Vol. 38, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 2011. 387-393 p.
31. Cheng SY, Chen JC. Effects of nitrite exposure on the hemolymph electrolyte, respiratory protein and free amino acid levels and water content of *Penaeus japonicus*. *Aquat Toxicol*. 1998;
32. González, J. F. A., Campaña, L. M. F., Ceja, A. I., & Rubio, Y. G. (2016). Crecimiento de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) en un estanque rústico a baja salinidad. *Revista AquaTIC*, (28)..
33. IDEAM. 2014 - Estudio Nacional del Agua - ENA 2014 [Internet]. Ena 2014. 2014. 496 p. Available from: [www.ideam.gov.co](http://www.ideam.gov.co)

34. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Acuicultura | FAO |. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, CARACTERIZACIÓN DE PELIGROS Y EVALUACIÓN DE EXPOSICIÓN A VIBRIO SPP. EN MARISCOS Y PESCADOS DE MAR [Internet]. 2015 [cited 2019 Apr 3]. Available from: <http://www.fao.org/3/ae521s/ae521s07.htm#bm07.2.1>
35. Soto-Rodriguez, S. A., Gomez-Gil, B., & Lozano, R. (2010). 'Bright-red'syndrome in Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* is caused by *Vibrio harveyi*. *Diseases of aquatic organisms*, 92(1), 11-19.
36. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Decreto 3930 de 2010. Diario Oficial. 2010
37. Plan Nacional de Desarrollo. Ley 1151 de 2007. PDN. 2007.
38. Ministerio de ambiente vivienda y desarrollo territorial. Resolución 075 de 2011. Diario Oficial. 2011
39. Ministerio de agricultura. Decreto 1594 de 1984. D Of. 1984;
40. Food and Agriculture Organization of the United Nations|FAO|. Informe de la Consulta Mixta FAO/OMS de Expertos sobre la Evaluación de Riesgos Asociados a los Peligros Microbiológicos en los Alimentos; IEvaluación de riesgos de *Vibrio* spp. en pescados y mariscos. Oficina Central de la OMS, Ginebra, Suiza, [Internet]. OMS. 2001 [cited 2019 Apr 3]. Available from: <http://www.fao.org/3/y8145s/y8145s08.htm#fn61>
41. Pis, MA, Hernández, GDD, Diéz, J., Martínez, Y., Hernández, A., y Rico, O. (2014). Contaminación química en agua, sedimentos y camarones rosados *Farfantepenaeus notialis* del Golfo de Guacanayabo. *REDVET* , 15 (2).
42. Oficina Regional para las Américas de la Organización Mundial de la Salud. OPS/OMS | Peligros biológicos-inocuidad de alimentos [Internet]. inocuidad de alimentos. [cited 2019 Apr 28]. Available from: [https://www.paho.org/hq/index.php?option=com\\_content&view=article&id=10838:2015-peligros-biologicos&Itemid=41432&lang=e](https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=10838:2015-peligros-biologicos&Itemid=41432&lang=e)
43. Saborío Coze, A., Sandoval Palacios, E., & Almanza Abud, M. J. (2002). Calidad de agua en efluentes y afluentes de catorce granjas camaroneras.
44. OMS. Red Internacional de Autoridades en materia de Inocuidad de los Alimentos\_Salmonella (no tifoidea) [Internet]. 2018 [cited 2019 May 26]. Available from: [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/salmonella-\(non-typhoidal\)](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/salmonella-(non-typhoidal))

45. Borbolla-Sala, M. E., del Rosario Vidal-Pérez, M., Piña-Gutiérrez, O. E., Ramírez-Messner, I., & Vidal-Vidal, J. J. (2004). Contaminación de los alimentos por *Vibrio cholerae*, coliformes fecales, *Salmonella*, hongos, levaduras y *Staphylococcus aureus* en Tabasco durante 2003. *Salud en Tabasco*, 10(2), 221-232.
46. Bhaskar N, Setty TMR, Reddy GVS, Manoj YB, Anantha CS, Raghunath BS, et al. Incidence of *Salmonella* in cultured shrimp *Penaeus monodon*. *Aquaculture*. 1995;138(1-4):257-66.
47. Abraham, TJ y D. Sasmal, 2009. Influencia de la salinidad y las prácticas de manejo en la producción de camarón (*Penaeus monodon*) y el recuento de bacterias en los extensos estanques modificados de agua salobre. *Turco. J. Fish. Aquat. Sci.*, 9: 91-98.
48. Goulding, I.C, 2016, Manual para garantizar la seguridad alimentaria de los productos de la Acuicultura, CRFM Publicación Especial No.10, pp.17. Traducido por Oscar do Porto, 2016. Título original: Manual on Assuring the Food Safety of Aquaculture Products
49. GÓMEZ-GAMBOA, Liliana, et al. Diversidad de serotipos de *Salmonella* en camarones de cultivo crudos congelados (*Litopenaeus vannamei*) de Venezuela. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología*, 2012, vol. 32, no 1, p. 22-28.
50. CIDEA-UCA. 2002. Calidad de agua en efluentes y afluentes de catorce granjas camaroneras. Managua, Nicaragua. 39 pp.
51. Pis, M. A., Delgado, G., Fuentes, M., Martínez, Y., Hernández, A., Diez, J., & Valdivia, Y. (2010). Caracterización de los efluentes de la camaronera CULTIZAZA de Cuba.
52. Massaut L, Ortiz J. Aislamiento y Cultivo de Cianobacterias con potencial toxicidad sobre postlarvas de *Litopenaeus vannamei*. 2000;15-8.
53. Collin S Reynolds. Ecology of phytoplankton (Ecology, Biodiversity and Conservation). Cambridge. Cambridge University Press; 2006. 551 p.
54. Autoridad nacional de acuicultura y pesca - AUNAP- y, -CUC-. U de la C. INFORME FINAL CIANOBACTERIAS. *Minagricultura*. 2015;151(000137):10-7.
55. Mora Alvarado, D. A. (2002). Evolución de la calidad de las aguas de playa de la ciudad de Puntarenas 1961-2001. *Revista Costarricense de Salud Pública*, 11(20), 41-50.
56. Ministerio de salud y proteccion social. RESOLUCION 122 de 2012. 2012. p. 8.
57. Aseguramiento de la calidad de los productos pesqueros [Internet]. [cited 2019 Apr 2]. Available from: <http://www.fao.org/3/t1768s/t1768s05.htm#dnote1>
58. LOPERA, M.; CAMPOS, S. Proyecto: Desarrollo de capacidades en el uso seguro de aguas residuales para agricultura. 2011.