

VARIABLES FISICOQUÍMICAS AMBIENTALES QUE INCIDEN EN EL CULTIVO DE CAMARÓN *Litopenaeus vannamei*, EN COYUCA DE BENÍTEZ, GUERRERO, MÉXICO¹

[ENVIRONMENTAL PHYSICOCHEMICAL VARIABLES THAT AFFECT THE SHRIMP FARMING *Litopenaeus vannamei*, COYUCA DE BENÍTEZ, GUERRERO, MEXICO]

Silberio García Sánchez^{1§}, Alejandro Juárez Agis¹, Branly Olivier Salome¹, Mayra Rivas González¹,
Jacqueline Zeferino Torres¹

¹Escuela Superior de Ciencias Ambientales, Universidad Autónoma de Guerrero. Carretera Cayaco-Puerto Marqués (Ejido Llano Largo Parcela 56, 57 Y 58), Campus Llano Largo, C. P. 39906, Acapulco, Gro., México. Correos: ajuarezagis@hotmail.com, branlyos@gmail.com, mrivasg@live.com.mx, jackyezt@gmail.com, [§]Autor para correspondencia: (silberio_garcia134@hotmail.com)

RESUMEN

Las variables fisicoquímicas del agua en el cultivo de camarón son fundamentales para lograr los rendimientos de producción, evitar enfermedades y mortalidad de los organismos. El objetivo de este trabajo fue probar que algunas variables fisicoquímicas del agua en los estanques del cultivo del camarón, tienen incidencia en su crecimiento, así como también depende de la estación climática (lluvias y estiaje) en la que se encuentre. Se realizó un análisis factorial de componentes principales y de conglomerados jerárquico, con la finalidad de saber el grado de asociación entre la variable peso, con las variables fisicoquímicas del agua (oxígeno disuelto, temperatura, transparencia, pH, dureza, alcalinidad, nitratos, nitritos, y amonio). Se observó que, el aumento de un parámetro o la disminución de otro representan una correlación que puede ser positiva o negativa entre estos, por lo que es importante monitorear el oxígeno disuelto, alcalinidad, amonio, nitritos y dureza. Identificándose dos grupos: variables controlables (oxígeno disuelto, turbidez, pH, alcalinidad, dureza, amonio, nitritos y nitratos) y variables no controlables (temperatura y el periodo de cultivo). Se concluye que la variabilidad fisicoquímica del agua para cultivo de camarón es independiente al periodo de estiaje y de lluvias, pero sí depende del tipo de manejo de los estanques, por lo que el rendimiento de producción, así como el control de enfermedades dependen en mayor medida de las buenas prácticas acuícolas.

Palabras clave: Calidad del agua, ciclo de cultivo, cultivo de camarón, estanque rústico.

ABSTRACT

The physicochemical variables of water in shrimp farming are fundamental to achieve production yields, to avoid disease and mortality of organisms. The main objective was to prove that some physicochemical variables of the water in shrimp farming ponds have an impact on shrimp growth, and that it also depends on the climatic season (rainfall and low water) in which it is found. A factorial analysis of Main Components and Hierarchical Conglomerates was carried out, in order to know the degree of association between the variable weight, with the physicochemical variables of water (dissolved oxygen, temperature, transparency, pH, hardness, alkalinity, nitrates, nitrites,

¹ Recibido: 11 de septiembre de 2018.
Aceptado: 10 de diciembre de 2018.

and ammonium). It was observed that, the increase of one parameter or the decrease of another represent a correlation that can be positive or negative between them, so it is important to monitor dissolved oxygen, alkalinity, ammonium, nitrites and hardness. Two groups were identified: controllable variables (dissolved oxygen, turbidity, pH, alkalinity, hardness, ammonium, nitrites and nitrates) and non-controllable variables (temperature and culture period). Concluding that the physicochemical variability of water for shrimp farming is independent of the dry season and rainy season, rather it depends on the management of the ponds, so that the yields of production, as well as the control of diseases, depend to a greater extent on the good aquaculture practices.

Index words: Water quality, farming cycle, shrimp farming, rustic pond.

INTRODUCCIÓN

México tiene enorme longitud de costas, lo que presenta una gran potencialidad para el cultivo de camarón, además posee una enorme diversidad de especies que se adaptan al cultivo (Rodríguez-Villa, 2013). La acuicultura es una actividad económica muy importante en México y es considerada como una actividad tecnificada que provee altas densidades de biomasa en espacios reducidos y en periodos de tiempo relativamente cortos (Guerrero-Olazarán *et al.*, 2004; Jiménez-Guzmán, 2009; Lara-Espinoza *et al.*, 2015).

Carrasco-Escalante *et al.* (2018) afirman que “la camaronicultura hoy en día es una de las actividades agroalimentaria más dinámicas y con tasas de crecimiento a un ritmo acelerado para nuestro país”. Esta característica ha hecho de la acuicultura una estrategia productiva ampliamente utilizada en muchos países, pero en particular en aquellos con economías emergentes, ya que contribuye a aminorar la insuficiencia alimentaria. La acuicultura es una actividad poco desarrollada que tuvo sus inicios en la década de los 70's en el litoral del Pacífico, donde se cultivó principalmente el camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*), en gran medida, gracias a su adaptabilidad, al desarrollo de la técnica adecuada y al financiamiento del que fue objeto en la época (Arabella *et al.*, 1984).

En el estado de Guerrero, el cultivo de camarón se ha desarrollado de manera exitosa, aunque a pequeña escala desde los años 90's (SAGARPA, 2014; Anaya-Rosas y Búckle-Ramírez, 2012). A partir del cierre en 1996 de la granja Acuícola Coin, la más grande del estado de Guerrero (180 hectáreas de estanquería rústica), originado por una mortalidad masiva producto del virus de Taura, la actividad ha tenido un crecimiento acelerado en las últimas dos décadas. De dos granjas de engorda registradas en el Estado en el año 2000, se incrementó en 2014, a 63 granjas con variados grados de tecnificación y desarrollo (Comité de Sanidad Acuícola del Estado de Guerrero, 2014). Los sistemas de producción utilizados para esta actividad son extensivos, semi-intensivos o intensivos (Izabal, 2004; Arzola-González *et al.*, 2008; Lara-Espinoza *et al.*, 2015), cuya principal diferencia es la densidad (número de organismos por m²) y la calidad y cantidad de alimento suministrado.

Sin embargo, esta actividad acuícola en la última década se ha estancado debido a eventos naturales, en todo el país de México como el mar de fondo, provocado por el Fenómeno del Niño y que a su vez ha dado origen a enfermedades y epidemias, causando mortalidades en los cultivos de hasta el 100% (Esparza-Leal *et al.*, 2009; Cervantes-Cervantes, 2011). El surgimiento en los últimos años de diversos virus como el virus del síndrome de Taura (TSV), virus de la necrosis hipodérmica y hematopoyética infecciosa (IHHNV), virus de la cabeza amarilla (YHV), virus de

la mionecrosis infecciosa (IMNV), enfermedad de la mancha blanca (WSSV), y el virus de la mortalidad temprana, así como otras enfermedades bacteriológicas, han impedido alcanzar los niveles de calidad y cantidad, que eran característicos de la producción de camarón principalmente en el estado de Sinaloa (Cervantes-Cervantes, 2011; Godínez *et al.*, 2012; Hernández-Gurrola, 2016; Carrazco-Escalante *et al.*, 2018).

La producción de camarón en estanques está sujeta a diferentes variaciones, tanto de bioseguridad, de nutrición, y de alimentación de los organismos, así como por la alteración de la calidad del agua, en ese sentido a la medición de la calidad del agua se le ha dado muy poca importancia (Hernández-Gurrola, 2016). La industria camaronera que opera actualmente en la entidad se caracteriza por la falta de planeación en los procesos de producción, y de implementación de acciones de prevención ante las eventualidades y control de la calidad del agua en sus cultivos, lo cual las hace altamente vulnerables y representa un alto riesgo en su productividad. Se ha demostrado que durante el proceso de producción, el camarón es muy vulnerable a enfermedades debido a su baja capacidad de homeostasis y a la poca adaptabilidad que tiene a los cambios bruscos del medio ambiente (Alpuche *et al.*, 2005; Jiménez-Guzmán, 2009), particularmente de las condiciones fisicoquímicas del agua de los estanques como la temperatura, oxígeno disuelto, turbidez, pH, alcalinidad, dureza así como en las concentraciones de amonio, nitritos y nitratos (Orellana-Tandazo, 2000; Palafox y Soto, 2001; Molina y Orellana-Tandazo, 2001; Arzola-González *et al.*, 2008; Jiménez-Guzmán, 2009).

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo probar que algunas variables fisicoquímicas ambientales como la temperatura, oxígeno disuelto, turbidez, pH, alcalinidad, dureza así como las concentraciones de amonio, nitritos y nitratos del agua en los estanques del cultivo del camarón, tienen incidencia en el crecimiento del camarón y su rendimiento de los estanques, y que también depende de la estación climática (lluvias y estiaje), en la unidad de producción de la Sociedad Cooperativa Pesquera “El Camarón Dorado” S. C. de R. L. de C. V., ubicada en la localidad de San Nicolás, Municipio de Coyuca de Benítez, Guerrero.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en la unidad de producción de la Sociedad Cooperativa Pesquera “El Camarón Dorado” S. C. de R. L. de C. V., ubicada en la localidad de San Nicolás, Municipio de Coyuca de Benítez, Gro., a los 16° 59' 15.57" N y 100° 8' 42.75" O (Figura I). Se utilizaron dos estanques rústicos, con capacidad de una hectárea cada uno. En el estanque 1 se realizaron 8 muestreos (periodo de lluvias) comprendidos entre el 28 de junio al 17 de agosto del 2014. En el estanque 2 (periodo de estiaje), se realizaron 11 muestreos, comprendidos entre el 31 de agosto al 29 de noviembre del 2014. En el estanque 1, solo se llevó acabo 8 muestreos, debido a que, se inició el muestreo cuando los estanque tenían dos meses de operación, después de que se sembraron los organismos. En el estanque 2 los muestreos se realizaron desde el inicio de siembra de los organismos (31 de agosto).

Para la captura de los ejemplares se utilizó una atarraya con un diámetro de tres metros. A cada organismo capturado se le tomó el peso total (PT) mediante una balanza digital (marca Ohaus, sensibilidad 0.01). Inicialmente los organismos registraron un peso promedio de 13.76 g (N=100, estanque 1), y en el estanque 2 el peso promedio fue de 0.002 g (PL₁₅ -15 días en fase de postlarva). Los datos de las variables de estudios fueron tomados semanalmente en tres turnos durante el día (7:00 horas, 14:00 horas y 19:30 horas). Las variables medidas fueron: temperatura (°C), oxígeno disuelto (m/L) (Multiparametro ISY); transparencia (cm) (Disco de Secchi); potencial de hidrogeno

(pH), amonio (m/L), nitratos (m/L), nitritos (m/L), alcalinidad (m/L) y dureza (m/L), (Photometers YSI 3900).

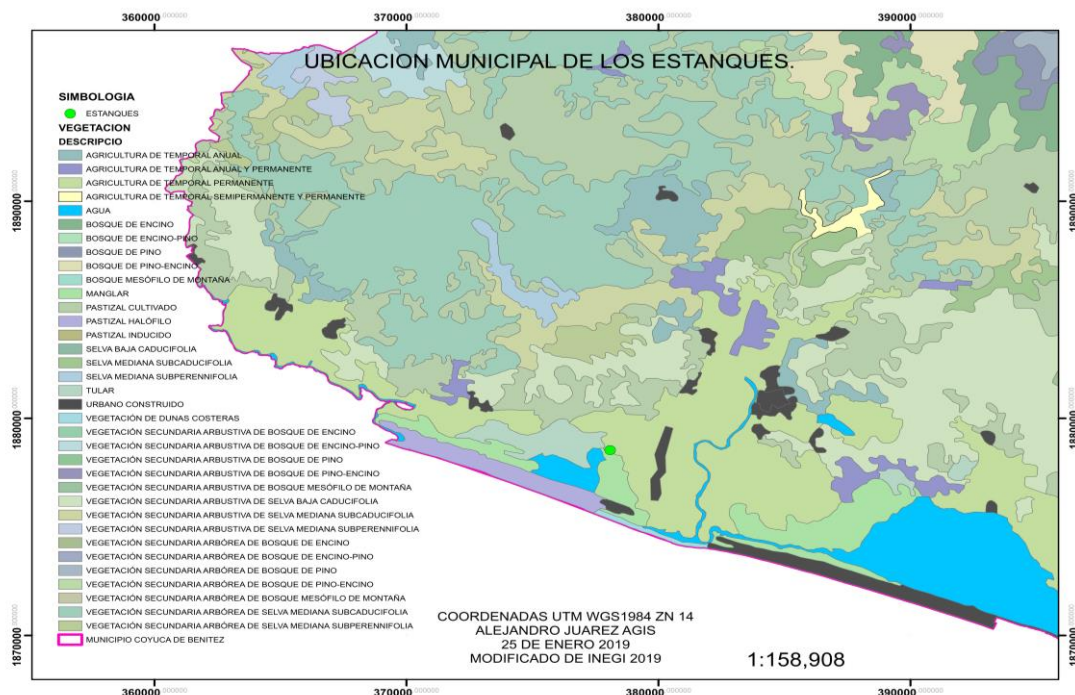


Figura 1. Ubicación de los estanques en la unidad de producción de la Sociedad Cooperativa Pesquera “El Camarón Dorado” S. C. de R. L. de C. V., en la localidad de San Nicolás, Municipio de Coyoaca de Benítez, Gro. Fuente: Elaboración propia a partir de datos vectoriales. INEGI, 2012, México.

Para contrastar los datos se aplicó la prueba de análisis factorial de componentes principales, con la finalidad de saber el grado de asociación entre la variable peso, con las variables fisicoquímicas del agua (temperatura, oxígeno disuelto, transparencia, pH, amonio, nitratos, nitritos, alcalinidad y dureza), utilizando la matriz de correlaciones. Así mismo se aplicó un análisis de conglomerados jerárquico, método vinculación entre grupos, con este análisis, el objetivo fue saber cuáles variables se agrupan y las que son más homogéneas dentro de cada grupo y las más heterogéneas entre los grupos de los estanques de cultivo durante el periodo de lluvias y de estiaje. El Software SPSS 16 (Santoso, 2008) fue utilizado para estos análisis.

Descripción de las variables

Temperatura. La temperatura del agua afecta a la densidad, viscosidad, solubilidad de los gases y en particular a la del oxígeno, así como la velocidad de las reacciones químicas y bioquímicas de los estanques (Alpuche *et al.*, 2005). Estudios realizados por Ponce-Palafox *et al.* (1997); Boyd (2001); Hernández-Gurrola, (2016) indicaron que las especies de camarón crecen mejor a temperatura de 25 °C a 32 °C. El intervalo óptimo de temperatura para esta especie es de 20 a 30 °C (Clifford, 1994; Hirono, 1983; Lee y Wickings, 1992; SENASICA, 2003), valores mayores o inferiores pueden ser letales (Cuadro 9). Ponce-Palafox *et al.* (1997) mencionan que en general, el camarón crece en temperaturas cercanas a las que predominan en su hábitat natural.

Oxígeno Disuelto (OD). El oxígeno es la variable más importante de un ambiente acuático. El oxígeno disuelto en el agua es un factor regulador del metabolismo de los camarones e influye en el estanque de cultivo afectando el crecimiento del organismo cultivado y la eficiencia de conversión alimenticia, así como causa de estrés, bajo apetito, susceptibilidad a enfermedades y mortalidad en los cultivos (Alpuche *et al.*, 2005; Boyd y Hanson, 2010). El intervalo óptimo de oxígeno disuelto para el cultivo de camarón, es de 6–10 mg/L (Clifford, 1994); mayor a 5 mg/L (Lee y Wickings, 1992); mayor 4 mg/L (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, SENASICA, 2003) (Cuadro 9) y para Sonnenholzner (2014) y Hernández-Gurrola (2016) entre 4 y 7 mg/L.

Anongponyoskun *et al.* (2012) y Hernández-Gurrola (2016) mencionan que la concentración de oxígeno disuelto en los estanques dependerá principalmente de cinco factores los cuales son: la transferencia aire-agua, la respiración del fitoplancton y microorganismos, la respiración de los organismos, la respiración del sedimento y la producción por fotosíntesis.

Turbidez o Materia en Suspensión (MES). La turbidez puede ser definida como la “nubosidad” del agua y es causada por la presencia de materia sólida suspendida. Los sólidos suspendidos dispersan la luz que pasa a través del agua. Por lo tanto, la turbidez de los cuerpos de agua determina la profundidad a la cual las plantas acuáticas pueden crecer. Los datos de turbidez se expresan en centímetros. Estudios realizados por Clifford (1994) indican que la turbidez óptima es de 35 a 45 cm; según Hirono (1983) debe ser mayor a 30 cm; para (SENASICA, 2003) el intervalo es de 25 a 50 cm (Cuadro 9).

pH. El pH o potencial de hidrógeno es un indicador de que el agua se encuentre ácida o básica en su reacción. Mientras que el pH es un indicador de la concentración del ion hidrógeno en el agua (H⁺), mientras que la acidez representa la capacidad de neutralizar bases fuertes y la alcalinidad de neutralizar ácidos fuertes (Hernández-Gurrola, 2016). La medida del pH es adimensional y un valor comprendido entre 0 a 7 es ácida y entre 7 a 14 es básica, por lo tanto, el valor 7 es indicativo de un medio neutro. El intervalo óptimo de pH para esta especie es variable y va de 6 a 9 (Guerrero-Olazarán *et al.*, 2004 y Argurto-Montes, 2009); de 8.1 a 9.0 (Clifford, 1994); de 7 a 8 (Hirono, 1983); de 7.8 a 8.3 (Lee y Wickings, 1992) y de 7.8 a 8.3 (SENASICA, 2003) (Cuadro 9).

El pH en los estanques de en las mañanas por lo regular, suele ser menor, esto debido a los cambios en la fotosíntesis del fitoplancton, esta variación puede ser mayor cuando el fitoplancton es abundante, y puede ser menor con alta concentración de alcalinidad, esto por la capacidad de amortiguación, la medición de este parámetro es de suma importancia ya que, dependiendo de su valor, afectará el metabolismo del camarón ocasionándole diferentes efectos (Boyd, 2001). Este mismo investigador menciona que un pH de 4 lo considera como un punto de acidez letal, a un pH de 4 a 5 se inhibe la reproducción del camarón, a un pH de 4 a 6 el camarón presenta un crecimiento lento, a un pH de 6 a 9 se presenta un buen crecimiento, a un pH de 9 a 11 el crecimiento vuelve a ser lento y por último a un pH de 11 o mayor, se considera como letal para el organismo.

Alcalinidad y Dureza. La alcalinidad es dada por la concentración de iones de carbonato, bicarbonato y la dureza, por la concentración de iones de calcio y magnesio. Una forma sencilla de saber si el agua posee una alta concentración de sales sin realizar análisis de laboratorio es observar si se forman costras blancas (sarro) en los bordes de los estanques, o bien, si el jabón tarda mucho en hacer espuma y si ésta desaparece rápidamente. En épocas de sequía, cuando los espejos de agua disminuyen y no hay abastecimiento, la evaporación incrementa la dureza del agua (Jiménez-Guzmán, 2009).

La alcalinidad en un estanque de cultivo de *P. vannamei* no debe bajar de 80 mg/L CaCO_3 para lograr un óptimo crecimiento y buena supervivencia (Limsuwan, 2005). Cuando el agua está con nivel bajo de alcalinidad, el pH varía mucho y estos cambios fuertes de pH pueden causar estrés, bajo crecimiento e incluso mortalidad en el camarón (Ching, 2007). La alcalinidad óptima varía de acuerdo con el autor, para Clifford (1994) es de 100 a 140 mg/L; y para SENASICA (2003) es de 90 a 120 mg/L. El nivel de dureza adecuado para el cultivo de camarón está entre 80 y 200 mg/L CaCO_3 , según Ching (2007), (Cuadro 9).

Salinidad. Salinidad es la concentración total de todos los iones disueltos expresados en partes por millón (ppm) en el agua. Las sales en solución cambian la naturaleza física y química del agua. La salinidad está determinada principalmente por sólidos disueltos, como: fosfatos, bicarbonatos, sulfatos, nitratos y otros (Guerrero-Olazarán *et al.*, 2004 y Agurto-Montes, 2009). Los niveles óptimos de Salinidad son de 15 a 25 ppm (Clifford, 1994); de 5 a 25 ppm (Hirono, 1983); de 15 a 30 ppm (Lee y Wickings, 1992); y de 20 a 35 ppm (SENASICA, 2003) (Cuadro 9).

Los camarones *Litopenaeus vannamei* han sido cultivados exitosamente en salinidades desde 3 ppt a >50 ppt y son especies eurihalinas (Erchao *et al.*, 2007; Moreno-Figueroa *et al.*, 2014; Hernández-Gurrola, 2016). Sin embargo, Dong-Huo *et al.* (2000) y Hernández-Gurrola (2016) han reportado que a bajas salinidades puede afectar la fisiología del camarón y la calidad del agua al aumentar la excreción de amonio, lo que puede afectar la tasa de respiración y producción de CO_2 (Erchao *et al.*, 2007 y Hernández-Gurrola, 2016), por lo que bajo estas condiciones se esperaría un menor crecimiento debido a la energía utilizada para la osmorregulación (Jiann-Chu y Fan-Hua 1994 y Hernández-Gurrola, 2016).

Amonio, Nitritos y Nitratos. Son producto de la degradación de la proteína proveniente de la materia orgánica que hay en los estanques, desechos orgánicos de los camarones y de la alimentación y esto se lleva a cabo en el transcurso de unas pocas horas (Hernández-Gurrola, 2016). Según Burford y Williams (2001) y Hernández-Gurrola (2016) en el caso de las heces, un 26% del Nitrógeno (N) es lixiviado en forma de urea la cual es rápidamente utilizada por la comunidad microbiana en el estanque. Mientras que el N orgánico lixiviado del alimento (23% aminas primarias) parece ser menos biodisponible y tiende a acumularse en el agua del estanque. Éstos se localizan en el fondo del cuerpo de agua, así como en el lodo. Los tres compuestos producen disminución del oxígeno disuelto en el agua, disminución del valor de pH tornando el agua en un medio muy ácido.

En el caso del amonio, si su concentración es mayor de 0.1 mg/L, podría constituirse como un indicador de contaminación por aguas residuales domésticas o industriales. Frías-Espericueta y Páez-Osuna (2001) observaron que el exceso de nitrógeno con respecto a la capacidad de asimilación de los estanques de cultivo provoca un deterioro de la calidad del agua, por la gran acumulación de amonio, nitritos y nitratos, los cuales son tóxicos para la biota. El amonio es tóxico, y se hace más tóxico cuando el pH y la temperatura del agua están elevados (Frías-Espericueta y Páez-Osuna, 2001).

Para Boyd (2002) por arriba de 3 o 4 mg/L de concentración del nitrógeno amoniacal total, es tóxico para los camarones y también con pH superior a 8.5 o 9 debido a la proporción $\text{NH}_3\text{-NH}_4$. De los dos compuestos químicos del amonio, al amonio no-ionizado o amoniaco (NH_3) es de mayor toxicidad, mientras que el amonio ionizado (NH_4^+) es significativamente menos tóxico (Frías-Espericueta y Páez-Osuna, 2001). Sin embargo, la acumulación de amoniaco (NH_3) y nitritos (NO_2) causa toxicidad en los estanques, disminuye el apetito del camarón, y causa la mortalidad de la

población (Chen-Chu *et al.*, 1990 y Hernández-Gurrola, 2016). Para Clifford (1994) e Hirono (1983), el valor óptimo de amoníaco para el cultivo de camarón debe ser menor a 0.1 mg/L; mientras que Lee y Wickings (1992) sugieren niveles óptimos de 0.09 a 0.11 mg/L y para SENASICA (2003) menor a 0.12 mg/L (Cuadro 9).

Nitratos y Nitritos. Debido a sus propiedades físicas, no pueden olerse ni sentirse y su presencia en concentraciones mayores es peligrosa. Sólo son detectados cuando se manifiesta un problema de salud en organismos de cultivo. Niveles de nitrato entre 0.4 a 0.8 mg/L, son generalmente seguros para los camarones, mientras que cualquier valor superior a 0.8 mg/L puede ser tóxico según Clifford (1994). Niveles de nitritos superior a 0.1 mg/L puede ser tóxico para los camarones (SENASICA, 2003); sin embargo, Hirono (1983) ha reportado su toxicidad a niveles superiores a 3.0 mg/L y Clifford (1994) establece valores críticos desde 1.0 mg/L, mientras que Lee y Wickings (1992) reportan que valores superiores a 0.25 mg/L pueden causar toxicidad. (Cuadro 9).

Análisis de componentes principales (ACP):

Mediante el Análisis de Componentes Principales se presentan las correlaciones de las variables (promedios) de estudio de las 8 semanas de muestreo medidas en el estanque 1 (periodo de lluvias) y de las 11 semanas de muestreo en el estanque 2, durante el periodo de estiaje.

Primer análisis de componentes principales del estanque 1, periodo de lluvias.

Se realizó un ACP método de extracción, con 7 variables: peso, oxígeno disuelto, temperatura, transparencia, pH, nitritos, y amonio (Cuadro 1). Se obtuvieron dos componentes, los cuales estuvieron conformados de la siguiente manera:

Cuadro 1. Primer análisis de componentes principales, estanque 1, periodo de lluvias.

Variables	Componentes rotados	
	1	2
Peso	0.967	0.121
Oxígeno disuelto	0.896	0.062
Amonio	-0.837	0.469
Temperatura	0.824	-0.205
Nitritos	0.610	-0.457
pH	-0.168	0.873
Transparencia	0.049	0.805

Primer componente, que se refiere a la variable peso mostró una relación directa con las variables oxígeno disuelto, temperatura y nitritos, indicando que un aumento de oxígeno disuelto y de temperatura involucra un aumento en el peso de los camarones (Cuadro 1). El oxígeno disuelto al ser un factor ambiental regulador del metabolismo de los camarones y combinado con la ausencia de estrés en los mismos, contribuyó a que aumentara el peso de estos organismos, mientras que la temperatura favoreció al metabolismo del organismo con respecto al crecimiento y la muda.

Por otro lado, se observó una relación indirecta con el amonio, cuyos incrementos de concentración pueden estar asociados con pérdida de calidad del agua, debido a exceso de materia orgánica en descomposición y a su vez por problemas de recambio.

En el componente número dos se observa una relación directa entre la variable pH y transparencia, esto indica que el aumento de pH, torna el medio alcalino y el agua es menos turbia, debido a la utilización de cal hidratada con la finalidad de eliminar o inhibir la mayor parte de organismos de plancton en la columna del agua y ajustar el pH de los sedimentos del fondo del estanque.

El análisis estadístico de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) presentó un valor de 0.595, por lo que se consideró que existe adecuación muestral para el ACP. Por otro lado, la prueba de Esfericidad de Bartlett resultó significativa ($\chi^2 = 51.479$, g. l. = 21; $P = 0.000$), confirmando la relación lineal entre variables (Cuadro 2).

Cuadro 2. KMO y prueba de Bartlett

Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin.		0.595
Prueba de esfericidad de Bartlett	Chi-cuadrado aproximado	51.479
	Gl	21
	Sig.	0.000

Cuadro 3. Varianza total explicada

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	3.832	54.737	54.737	3.832	54.737	54.737	3.521	50.305	50.305
2	1.589	22.699	77.436	1.589	22.699	77.436	1.899	27.132	77.436
3	.853	12.187	89.624						
4	.439	6.275	95.898						
5	.261	3.727	99.625						
6	.026	.373	99.999						
7	9.46E-005	.001	100.000						

Método de extracción: Análisis de Componentes Principales.

Segundo análisis de componentes principales del estanque 2, periodo de estiaje

Se realizó un segundo ACP con diez variables. El peso, oxígeno disuelto, temperatura, transparencia, pH, dureza, alcalinidad, nitritos, nitratos y amonio (Cuadro 4).

Primer componente, el peso mostró relación directa negativa con las variables, transparencia, alcalinidad y dureza, indicando que un aumento de la transparencia, alcalinidad, y durezas disminuye el peso de los organismos cultivados en el estanque 2 en el periodo de estiaje, debido también por la utilización de cal hidratada.

En el segundo componente, el oxígeno disuelto mostró una relación directa negativa con las variables nitritos y amonio, ya que, al aumentar el oxígeno disuelto, se observó una disminución de la concentración de amonio y de nitritos, por lo que muestra una mala calidad del agua en el estanque de cultivo.

El tercer componente, la variable pH (acidificación) tiene relación directa con las variables de nitratos y amonio, los que indica que, al disminuir el pH, se favorece una mayor concentración de los nitratos y por ende el aumento de la concentración del amonio en el estanque 2, periodo de estiaje. La acidificación que se presentó puede estar asociada por el exceso de materia orgánica en descomposición de los desechos de los organismos y por la falta de recambios de agua.

El cuarto componente estuvo integrado exclusivamente por la variable temperatura, lo que indica que no mantuvo una relación estrecha con alguna de las otras variables fisicoquímicas.

Cuadro 4. Segundo análisis de componentes principales, estanque 2, periodo de estiaje.

Variables	Componente rotados			
	1	2	3	4
Peso	-0.871	0.013	0.468	0.035
Transparencia	0.837	0.410	0.112	0.091
Alcalinidad	0.825	-0.112	-0.283	-0.419
Dureza	0.752	0.387	-0.272	0.342
Nitritos	-0.079	-0.884	0.043	0.066
Oxígeno disuelto	0.132	0.828	-0.102	-0.030
Nitratos	-0.268	0.077	0.821	-0.123
pH	0.107	0.415	-0.740	-0.366
Amonio	-0.155	-0.579	0.620	0.060
Temperatura	0.006	-0.099	0.028	0.973

El estadístico de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) presentó un valor de 0.647, por lo que la adecuación muestral para el ACP se consideró como aceptable. Por otro lado, la prueba de Esfericidad de Bartlett resultó significativa ($\chi^2 = 108.4803$, gl. = 45; $P = 0.000$), indicando la relación lineal entre variables (Cuadro 5).

Cuadro 5. KMO y prueba de Bartlett

Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin.		0.647
Prueba de esfericidad de Bartlett	Chi-cuadrado aproximado	108.480
	Gl	45
	Sig.	0.000

La varianza total explicada a partir de la extracción de cuatro componentes fue de 85.67%, en donde el primer componente presentó un 43.04 %, el segundo 17.43%, el tercero 14.69% y el cuarto 10.50% (Cuadro 6).

La cantidad total de varianza explicada por cada variable, el menor valor lo presentó el oxígeno disuelto con 0.714, y el valor mayor lo presentó el peso con 0.980. En cuanto a las saturaciones de cada variable en la matriz de componentes, se observó que nueve variables saturaron en más de un componente, por lo que se aplicó un proceso de rotación de los ejes de los componentes, y de esta manera cada variable saturó en uno sólo.

Cuadro 6. Varianza total explicada.

Compo nente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Total	% de la varianza	% acumulad o	Total	% de la varianz a	% acumulado	Total	% de la varianz a	% acumulad o
1	4.305	43.047	43.047	4.305	43.047	43.047	2.835	28.352	28.352
2	1.744	17.437	60.484	1.744	17.437	60.484	2.320	23.201	51.553
3	1.469	14.694	75.179	1.469	14.694	75.179	2.005	20.054	71.607
4	1.050	10.501	85.679	1.050	10.501	85.679	1.407	14.072	85.679
5	.647	6.474	92.153						
6	.394	3.936	96.089						
7	.232	2.322	98.411						
8	.098	.979	99.390						
9	.061	.610	100.000						
10	2.05E-006	2.05E-005	100.000						

Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

Análisis de conglomerados

El análisis de conglomerados permitió agrupar las variables más homogéneas dentro de cada grupo y más heterogéneas entre los grupos.

Analizando los conglomerados realizados, las variables se agrupan de la siguiente manera: Las variables peso y semana de cultivo, se agrupan en los dos periodos lluvias y estiaje, lo que indica la alta correlación en el comportamiento de estas variables durante el desarrollo productivo.

En el periodo de lluvias, el pH de la mañana, el amonio de la mañana y el pH de medio día y de la tarde se agrupan, por lo que hay una relación entre la transparencia del agua con el pH y este a su vez con la concentración del amonio de la mañana y con la concentración de nitratos de medio día (Figura 2).

Las variables semana, peso, temperatura de la mañana, de medio día, oxígeno de la tarde y nitratos de la tarde se agrupan, lo que indica la relación entre estos parámetros con el peso de los camarones, es decir el peso con el oxígeno, la temperatura y estos a su vez con la concentración de nitratos (Figura 2).

La concentración de nitratos de la mañana, alcalinidad de la tarde, de medio día, de la mañana y nitritos de la tarde se agrupan, lo que indica la relación entre estos parámetros. Así mismo las variables, la dureza de la mañana, de medio día, de la tarde, la concentración de amonio de la tarde, también se agrupan, indicando la relación que hay entre la dureza con el amonio y a su vez con la concentración del oxígeno (Figura 2).

Las variables el periodo de estiaje, la alcalinidad de la mañana, de medio día, de la tarde y el pH de la tarde, de medio día, la dureza de medio día, se agrupan con la transparencia del agua, esta agrupación se debe a la relación que existe entre la alcalinidad con el pH, la dureza y con la transparencia (Figura 3).

El pH de la mañana, nitritos de la mañana y la dureza del agua se agrupan. Esto se debe a la relación que existe entre el pH con la concentración del oxígeno y con la concentración de nitritos y dureza. Por otra parte, los nitratos de la mañana, de medio día, de la tarde, el peso del organismo, la semana de cultivo, se agrupan y se asocian con la concentración del amonio de medio día y de la tarde. Esta agrupación se debe a que el peso de los organismos está relacionado con la concentración de los nitratos y con el amonio (Figura 3).

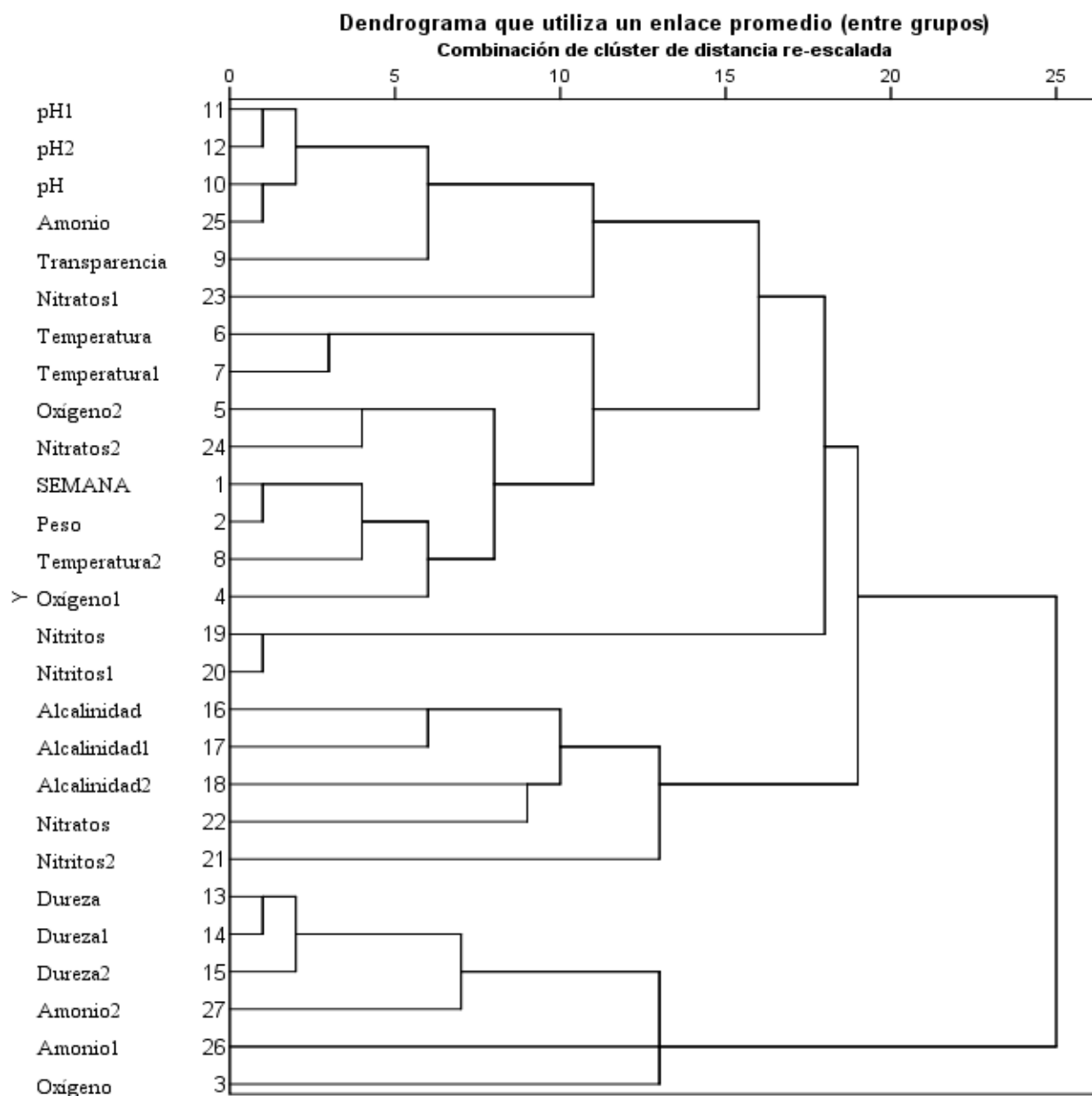


Figura 2. Dendrograma periodo de lluvias. Abreviaturas: oxígeno (de la mañana), oxígeno1 (de medio día), oxígeno2 (de la tarde); temperatura (de la mañana), temperatura1 (de medio día), temperatura2 (de la tarde); pH (de la mañana), pH1 (de medio día), pH2 (de la tarde); dureza (de la mañana), dureza1 (de medio día), dureza2 (de la tarde); alcalinidad (de la mañana), alcalinidad1 (de medio día), alcalinidad2 (de la tarde); nitritos (de la mañana), nitritos1 (de medio día), nitritos2 (de la tarde); nitratos (de la mañana), nitratos1 (de medio día), nitratos2 (de la tarde); amonio (de la mañana), amonio1 (de medio día) y amonio2 (de la tarde).

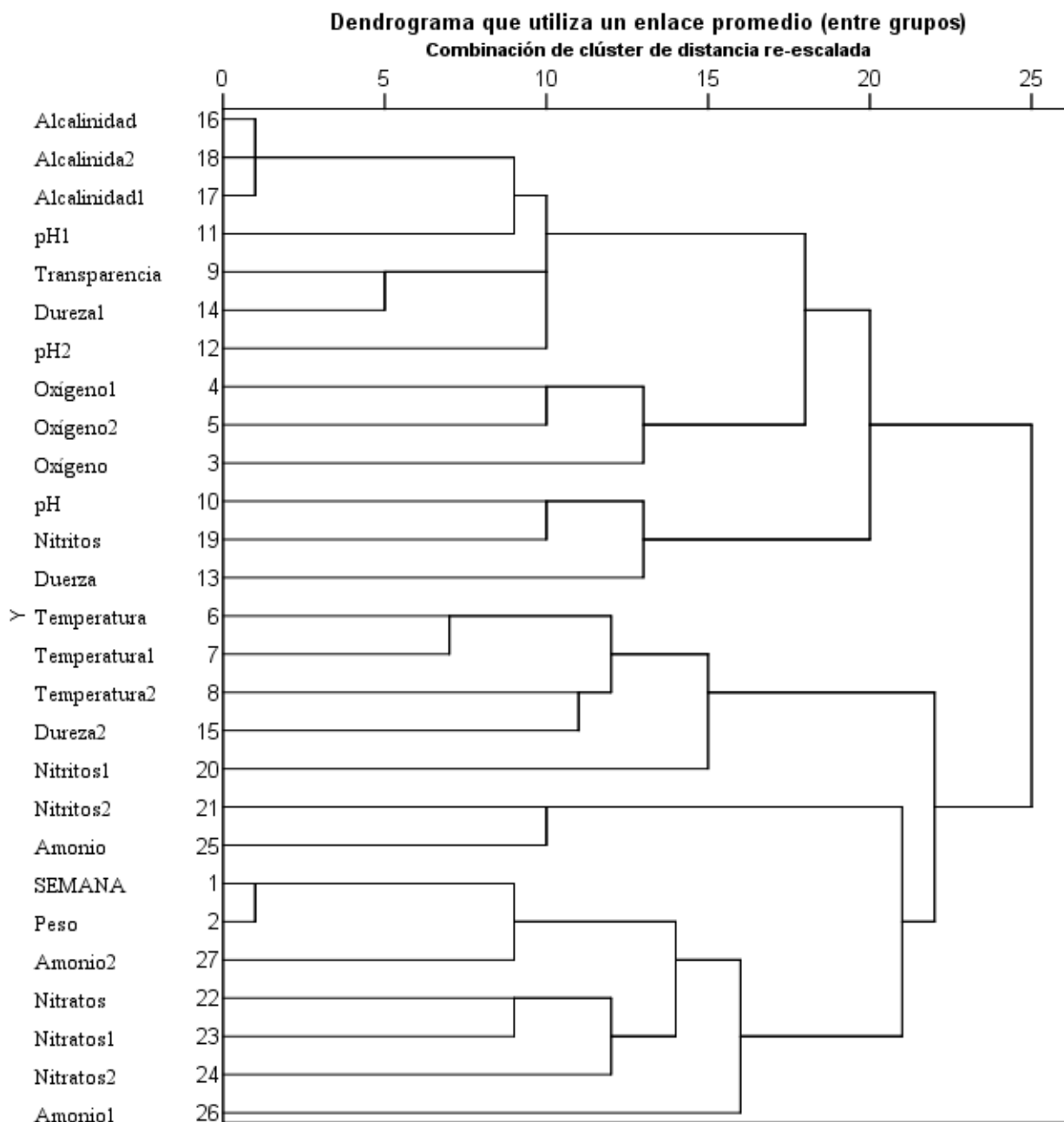


Figura 3. Dendrograma Periodo de estiaje. Abreviaturas: oxígeno (de la mañana), oxígeno1 (de medio día), oxígeno2 (de la tarde); temperatura (de la mañana), temperatura1 (de medio día), temperatura2 (de la tarde); pH (de la mañana), pH1 (de medio día), pH2 (de la tarde); dureza (de la mañana), dureza1 (de medio día), dureza2 (de la tarde); alcalinidad (de la mañana), alcalinidad1 (de medio día), alcalinidad2 (de la tarde); nitritos (de la mañana), nitritos1 (de medio día), nitritos2 (de la tarde); nitratos (de la mañana), nitratos1 (de medio día), nitratos2 (de la tarde); amonio (de la mañana), amonio1 (de medio día) y amonio2 (de la tarde).

Se puede observar que en los dos periodos de cultivo (lluvias y estiaje), la mayoría de las variables son *similares* entre sí; por lo que se puede considerar que en general los datos son *homogéneos*, ya que la mayoría de observaciones queda a una distancia inferior a 10 del resto, lo

que indica la alta correlación en el comportamiento de estas variables durante los dos periodos de cultivo (Figura 2 y 3). Sin embargo, hay algunas con distancias grandes entre sí, como es el caso en el periodo de lluvias, nitritos de la mañana, nitritos de la tarde, amonio de medio día y oxígeno de la mañana). Para el periodo de estiaje el oxígeno de la mañana y de medio día, el pH de la mañana), la dureza de la mañana), nitritos de medio día, nitritos de la tarde y amonio de medio día. Lo anterior confirma las correlaciones fuertes que existen entre las variables de estudio tanto en el periodo de lluvias como en el periodo de estiaje.

Cuadro 7. Estanque 1 (periodo de lluvias), promedio de los 8 muestreos de los valores físicos y químicos del cultivo de camarón, durante el periodo del 28 de junio al 17 de agosto del 2014. Temperatura (°C); Oxígeno Disuelto (mg/L); Transparencia (cm); Potencial de Hidrógeno (pH); Amonio (mg/L); Nitritos (mg/L); Nitratos (mg/L); Alcalinidad (mg/L) y Dureza (mg/L).

Estadísticos	Temperatura	O. D.	Transparencia.	pH	Amonio	Nitritos	Nitratos	Alcalinidad	Dureza
N	24	24	24	24	23	24	24	24	21
Media	32.033	5.719	19.667	8.360	0.539	0.319	0.053	244.66	326.52
Desv. típ.	1.841	4.459	2.514	0.184	0.313	0.103	0.019	19.203	181.98
Mínimo	29.7	0.04	17	7.5	0.01	0.14	0.033	215	43
Máximo	37	13.6	24	8.4	1	0.59	0.105	285	500

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 8. Estanque 2 (periodo de estiaje), promedio de los 11 muestreos de los valores físicos y químicos del cultivo de camarón, durante el periodo del 31 de agosto al 29 de noviembre del 2014. Temperatura (°C); Oxígeno Disuelto (mg/L); Transparencia (cm); Potencial de Hidrógeno (pH); Amonio (mg/L); Nitritos (mg/L); Nitratos (mg/L); Alcalinidad (mg/L) y Dureza (mg/L).

Estadísticos	Temperatura	O. D.	Transparencia.	pH	Amonio	Nitritos	Nitratos	Alcalinidad	Dureza
N	33	33	33	31	22	33	33	13	33
Media	31.75	6.68	26.09	7.53	0.19	0.71	0.09	180.77	61.33
Desv. típ.	2.29	2.25	2.82	0.36	0.15	0.37	0.14	18.47	18.51
Mínimo	27.90	2.64	22.00	6.50	0.01	0.10	0.02	160.00	30.00
Máximo	36.50	10.40	30.00	8.50	0.41	1.50	0.65	220.00	109.00

Fuente: Elaboración propia.

La temperatura varió entre 29.7 y 37.0 °C con un media de 32.03 °C, el oxígeno disuelto osciló entre 0.04 y 13.6 mg/L con una media de 5.71 mg/L, la transparencia con un promedio de 19.6 cm con una variabilidad entre 17 y 24 cm, el pH mantuvo un promedio de 8.36 y varió de 7.5 a 8.4, el amonio fluctuó entre los 0.01 y 1.0 mg/L con un promedio de 0.539 mg/L, los nitratos se mantuvieron en un rango comprendido entre 0.14 y 0.59 mg/L con un promedio de 0.319 mg/L, los nitritos variaron entre 0.03 y 0.105 mg/L con una media de 0.053 mg/L, la alcalinidad presentó un rango entre 215 y 285 mg/L con un promedio de 244.66 mg/L y la dureza osciló entre 43 y 500 mg/L con una media de 326.52 mg/L (Cuadro 7).

El trabajo realizado por Hernández-Gurrola, (2016) coincide con lo estimado en este trabajo ya que se encontraron valores más bajos de pH por la mañana (7.5 y 6.5) y por la tarde (8.4 y 8.5) para

el estanque 1 y 2 respectivamente, ya que dicho autor estima valores de pH bajos durante las 08:00 h (7.0) y los más altos fueron a las 18:00 h (8.9), por lo tanto, no es un factor de riesgo para la salud de los camarones ya que se mantuvo en niveles óptimos para el crecimiento.

Se muestran los promedios de las 11 semanas de muestreo de las variables fisicoquímicas medidas en el estanque 2, durante el periodo de estiaje (Cuadro 8). La temperatura varió entre 27.9 y 36.5 °C con un media de 31.75 °C, el oxígeno disuelto osciló entre 2.64 y 10.4 mg/L con una media de 6.68 mg/L, la transparencia se ubicó en un promedio de 26.09 cm con una variabilidad entre 22 y 30 cm, el pH mantuvo un promedio de 7.53 y varió de 6.5 a 8.5, el amonio fluctuó entre los 0.01 y 0.41 mg/L con un promedio de 0.19 mg/L, los nitratos se mantuvieron en un rango comprendido entre 0.10 y 1.5 mg/L con un promedio de 0.71 mg/L, los nitritos variaron entre 0.02 y 0.65 mg/L con una media de 0.09 mg/L, la alcalinidad presentó un rango entre 160 y 220 mg/L con un promedio de 180.77 mg/L y la dureza osciló entre 30 y 109 mg/L con una media de 61.33 mg/L.

Analizando los resultados del análisis del agua del estanque 1, para las variables temperatura, pH y nitratos y para el caso del estanque 2, la temperatura, pH y transparencia (Cuadro 9), concluimos que estas variables se encuentran entre los intervalos permisibles para el cultivo de camarón según Hirono (1983); Clifford (1994); Lee y Wickings (1992) y SENASICA (2003). Investigaciones realizadas por Valenzuela-Quiñonez *et al.* (2010) fueron adecuados en los valores registrados de temperatura, pH y nitratos para el cultivo de esta especie y semejantes con el reportado en este estudio. Por otra parte, estudios realizados por Cervantes-Cervantes (2011) reportaron que la temperatura, pH son adecuados y se asemejan a los reportado en este trabajo.

El oxígeno disuelto en el estanque 1 y 2 presentó valores menores a 4 mg/L, estos valores son bajos de acuerdo con lo recomendado para el cultivo de camarón (Clifford, 1994; Hirono, 1983; Lee y Wickings, 1992; SENASICA, 2003; Sonnenholzner, 2014 y Hernández-Gurrola, 2016), lo cual coincide con lo reportado por Martínez-Cordova (1998) y que también pudiera ser atribuido a las condiciones climatológicas y a una alta concentración de materia orgánica acumulada, la cual favoreció la multiplicación de microorganismos y algas en este cuerpo de agua y como consecuencia de esto se presenta un crecimiento lento del camarón (Boyd *et al.*, 2001; Alpuche *et al.*, 2005; Sonnenholzner, 2014; Hernández-Gurrola, 2016), y una mayor posibilidad a contraer enfermedades (Jiménez-Guzmán, 2009).

Egna y Boyd (1997) y Hernández-Gurrola (2016) mencionan que el oxígeno disuelto disminuye durante el ciclo de cultivo debido principalmente al incremento de la biomasa de camarón, ya que el organismo consume más oxígeno para la respiración y para la oxidación de compuestos metabólicos. Además, si la temperatura se incrementa, ocasiona que la solubilidad del oxígeno disminuya (Boyd, 2001).

Asimismo, en este mismo estanque 1, el amonio (N-NH₃) osciló valores mayores a 0.1, el pH presentó una ligera variación de 0.184, la transparencia obtuvo valores menores a 25 cm, (Cuadro 7), la alcalinidad presentó también concentraciones mayores al rango óptimo, el contenido de CaCO₃ en el agua fue mayor a 120 mg/L (SENASICA, 2003) (Cuadro 9), esta última variable pudiera estar relacionado con la cal hidratada que se utilizó con la finalidad de eliminar o inhibir la proliferación del plancton en la columna de agua y a su vez minimizar los valores altos de amonio en el estanque 1. De acuerdo con investigaciones realizadas por Limsuwan (2005) y Ching (2007),

para lograr un óptimo crecimiento y buena supervivencia, la alcalinidad en un estanque de cultivo de *L. vannamei*, debe estar entre 80 a 100 mg/L, o entre 90 a 120 mg/L, (SENASICA 2003), esta variable tiene mucha relación con el pH, ya que cambios fuertes de pH pueden causar estrés, bajo crecimiento e incluso mortalidad en el camarón.

Estudios realizados por Kungvankij y Chua, (1986) y Hernández-Gurrola (2016) demostraron que una exposición prolongada de amoníaco de 0.45 mg/L NH₃ reduce el crecimiento del camarón en un 50%. Por otra parte, Boyd (1989) encontró que a una exposición corta (24-72 horas) con concentraciones entre 0.4 y 2.0 mg/L es letal para los camarones juveniles y adultos de *L. vannamei*.

Por otro lado, Boyd (2001) menciona que una concentración óptima de NH₃ para *L. vannamei* debe ser <0.1 mg/L, lo que coincide con lo reportado otros autores (Clifford, 1994); Hirono, 1983), Lee y Wickings, 1992 y SENASICA, 2003, Cuadro 9). En un estudio realizado por Hernández-Gurrola (2016) reportó niveles de NH₃ que no sobrepasaron los 0.067 mg/L, lo que no representó riesgo alguno para el crecimiento y la supervivencia del camarón. Durante este estudio, los niveles de NH₃ sobrepasaron las concentraciones óptimas >0.1 mg/L, recomendado para el cultivo de camarón tanto en el estanque 1, como en el estanque 2. En ese sentido Boyd (1982) y Hernández-Gurrola (2016) mencionan que, entre el agua, el amonio no-ionizado existe en un equilibrio que depende del pH y la temperatura con el ion amonio.

La alta concentración de amonio encontrado en los dos estanques se debe principalmente al exceso de materia orgánica, de desechos de (heces y alimento no consumido) en descomposición (Godínez *et al.*, 2011), creando problemas de estrés en los camarones (Jiménez-Guzmán, 2009). Los nitritos que se encontraron fueron mayores al recomendado de acuerdo con SENASICA (2003) y esto se debe a la nitrificación del amonio por bacterias aeróbicas autotróficas a nitratos. La toxicidad de estos desechos está en función principalmente del pH, temperatura, alcalinidad, salinidad; observándose que se incrementó el efecto tóxico conforme la salinidad del agua es menor. Esto se debe a la acción que presenta el ión cloro contra estos productos nitrogenados (Godínez *et al.*, 2011).

En el estudio realizado por Hernández-Gurrola (2016) presentó concentraciones de nitrito (0.24 - 0.25 mg/L) ligeramente superiores al límite establecido por Lee y Wickings (1994); Boyd (2001) y SENASICA (2003), lo cual es similar al reportado en el presente estudio. De igual forma algo que coincide con esta investigación, es que, durante la mayor parte del cultivo, los niveles de nitrito se mantuvieron por debajo de dicho rango (Cuadro 9).

Hernández-Gurrola (2016) reportó niveles de nitratos entre 1.52 mg/L y 4.5 mg/L, Boyd (2001) entre 0.2 - 10 mg/L. Sin embargo, Clifford (1994) y SENASICA (2003) el rango óptimo para el cultivo de camarón debe de estar entre 0.4 - 0.8 y 0.14 - 0.59 respectivamente. Por lo tanto, durante la mayor parte del presente estudio, los niveles de nitratos se mantuvieron por encima de dichos rangos (Cuadro 9). Según Iba *et al.* (2014) la concentración de nitratos está en función de la asimilación fitoplanctónica, junto con los fosfatos, son los principales nutrientes para las microalgas.

Cuadro 9. Rangos óptimos recomendados para el cultivo de camarón (*Litopenaeus vannamei*), utilizada por la SENASICA, (2003), y la comparación con el presente estudio.

Parámetro	Óptimo (1)*	Óptimo (2)**	Óptimo (3)***	Intervalos establecidos por SENASICA-SAGARPA****	Estudio 2014 (Periodo de lluvias, estanque 1)	Estudio 2014 (Periodo de estiaje, estanque 2)
Temperatura, °C	28 – 30	28 – 32	26 - 30	20-30	29.7 - 37	27.9 – 36.5
Oxígeno disuelto, mg/L	6 - 10 (fondo)		> 5	4 ppm – saturación	0.04 – 13.62	2.64 – 10.4
Salinidad , ‰	15 – 25	5 – 25	15 – 30	20-35 ppm		
pH	8.1 - 9.0	7 – 8	7.8 - 8.3	7.8- 8.3	7.5 - 8.40	6.5 – 8.5
Alcalinidad	100 – 140			90-120 mg/l	215 – 285	160 - 220
Disco Secchi , cm	35 – 45	> 30		25-50 cm	17 – 24	22 - 30
Amonio total a, mg/L	0.1 - 1.0					
Amonio no-ionizado (N-NH ₃), mg/L	< 0.1	< 0.1	0.09 - 0.11	< 0.12 mg/ l	0.01 – 1.0	0.01 – 0.41
Sulfuro de hidrógeno total b, mg/l	< 0.1					
Sulfuro de hidrógeno no-ionizado (H ₂ S), mg/L	< 0.005					
Nitrito (N-NO ₂), mg/L	< 1.0	2 – 3	< 0.2 - 0.25	< 0.1 mg/l	0.033 - 0.105	0.02 – 0.65
Nitrato (N-NO ₃), mg/L	0.4 - 0.8				0.14 - 0.59	0.10 – 1.5
Nitrógeno inorgánico total c, mg/L	0.5 - 2.0					
Nitrógeno total, mg/L						
Silicato, mg/L	2.0 - 4.0					
Fósforo reactivo (PO ₄), mg/L	0.1 - 0.3	1.5 - 2.5				
Clorofila a, µg/L	50 – 75					
Sólidos suspendidos totales, mg/L	50 – 150					
Sólidos disueltos totales, mh/L						
Potencial redox (agua), mV	500 – 700					
Potencial redox (fondo), mV	400 – 500					
Fósforo total. mg/L						
Dureza mg/L					43 – 500	30 - 109

Fuente: *Clifford (1994); **Hirono (1983); ***Lee y Wickings (1992) y el ****Manual de Buenas Prácticas de Producción de Acuicola de Camarón para la Inocuidad Alimentaria. 2003.

CONCLUSIONES

La calidad del agua del estanque 1, la temperatura, pH y nitratos y para el caso del estanque 2, la temperatura, pH y transparencia, estas variables de acuerdo al Cuadro 9, se encuentran entre los

intervalos permisibles para el cultivo de camarón. En la mayoría de los parámetros ambientales se mantuvieron fuera de los rangos óptimos recomendados para esta actividad, para el estanque 1, oxígeno disuelto, alcalinidad, transparencia, amonio, nitritos, dureza; para el estanque 2, oxígeno disuelto, alcalinidad, amonio, nitritos, nitratos y dureza. El oxígeno disuelto y el amonio son condicionantes para el crecimiento de los organismos, pero se debe tomar en cuenta que el estanque es un ecosistema lenticó. En ese sentido, el aumento o la disminución de algunos parámetros representan una correlación que puede ser positiva o negativa entre estos, por lo que es importante monitorear las variables antes mencionadas. Por otra parte, ante una disminución de amonio y nitritos, se incrementa el crecimiento de los organismos y un aumento en la producción, además al incrementarse el oxígeno, temperatura y transparencia se observa también un aumento de crecimiento de los camarones cultivados. Con respecto al aumento del oxígeno disuelto, se observó un incremento en el crecimiento de los camarones, un incremento de temperatura involucra una disminución del pH, lo que genera condiciones de acidificación del medio, lo cual a su vez repercute en el crecimiento de los organismos.

Concluyendo que las variables son similares en ambos estanques y periodo de producción en el crecimiento y rendimiento del camarón y que no depende de la estación climática (lluvias y estiaje). Identificándose dos grupos de variables controlables (oxígeno disuelto, turbidez, pH, alcalinidad, dureza, amonio, nitritos y nitratos) y grupos de variables no controlables (temperatura y el periodo de cultivo, lluvias y estiaje). Las variabilidades fisicoquímicas del agua para cultivo de camarón, son independientes al periodo de estiaje y de lluvias, pero dependen del tipo de manejo de los estanques, por lo que los rendimientos de producción, así como el control de enfermedades dependerán en mayor medida de las buenas prácticas acuícolas. En este sentido es importante realizar estos estudios ya que contribuyen a encontrar una relación entre las variables, lo que permitirá aumentar los rendimientos de producción, y a su vez la competitividad de las pequeñas y medianas empresas camaronícolas. Por otra parte, en el cultivo de camarón, la medición de parámetros y registro controlado de los mismos es importante, ya que esto permitirá seleccionar el tipo de manejo que se debe aplicar en los estanques de cultivo, ya que un apropiado seguimiento de las mediciones permitirá llevar a cabo buenas prácticas acuícolas y salud de los organismos, y marcará la diferencia en los resultados de producción. Sin embargo, es necesario realizar más estudios sobre el comportamiento de los factores físico químicos del agua en cultivos y determinar la relación entre esto para evitar un impacto adverso en la salud de los camarones, por lo cual, estos resultados serán de gran ayuda para prevenir enfermedades y mortalidad mediante un manejo adecuado de la calidad del agua en los sistemas semi-intensivo e intensivo de cultivo de camarón.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo de investigación agradecen a los Ingenieros Pedro de los Santos Parra y Pablo de los Santos Parra, representantes de Granja Acuícola de la Sociedad Cooperativa Pesquera “El Camarón Dorado” S. C. de R. L. de C. V., ubicada en la localidad de San Nicolás, Municipio de Coyuca de Benítez, Gro., por las facilidades y el apoyo para que se realizará.

LITERATURA CITADA

Agurto-Montes, M. F. 2009. Análisis estadístico exploratorio de las variables físicas que inciden en el crecimiento del camarón. Caso: “*Litopenaeus vannamei*”. Tesis de Ingeniería en Estadística Informática. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador. 130 p.

- Alpuche J., A. Pereyra y C. Agundis. 2005. Respuestas bioquímicas de camarones marinos a factores ambientales. REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria 6(5): 1-10.
- Anaya-Rosas, R. E. y L. F. Bückle-Ramírez. 2012. Cultivo de *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) en un Sistema con Agua de Mar Recirculada, como alternativa a los cultivos Semi-Intensivos Tradicionales. Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud 14(3): 16-24.
- Anongponyoskun, M., A. Choksuchart, J. Salaenoi y P. Aranyakananda. 2012. Dissolved Oxygen Budget for Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*). Culture in Earthen Ponds. Kasetsart J. (Nat. Sci.) 46: 751-758.
- Arabella, E.; J. Vázquez, L. Pérez, R. Martínez, J. Repetto, F. Rodríguez, M. Rendón, y M. Serralde, 1984. Taller del cultivo del camarón *Penaeus stilirostris*, Universidad de Sonora. Sygma Gráfica S. A. de C. V. p 47
- Arzola-González, J. F., L. M. Flores-Campaña, A. Izabal-Ceja y Y. Gutiérrez-Rubio. 2008. Crecimiento de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) en un estanque rústico a baja salinidad. Revista AquaTIC (28) 8-15.
- Boyd C. E., M. Haws y C. Boyd, 2001. Consideraciones sobre la calidad del agua y del suelo en cultivos de camarón. Métodos para mejorar la camaronicultura en Centroamérica. Managua: Imprenta UCA, 1-30. (Consultado: 12/04/2018). Disponible en: <http://www.cesasin.com.mx/>
- Boyd, C. E, y T. Hanson. 2010. Dissolved-Oxygen Concentrations in Pond Aquaculture. Global Aquaculture Advocate 13: 40-41 p.
- Boyd, C. E. 1982. Water quality management for pond fish culture. Elsevier Science Pub Co. Primera Edición. Amsterdam. 318p.
- Boyd, C. E. 2001. Consideraciones sobre la calidad del agua y del suelo en cultivos de camarón. En: Haws, M. C., Boyd, C.E. (eds.). Métodos para Mejorar la Camaronicultura en Centroamérica. Editorial-Imprenta UCA, Managua, Nicaragua. 24-25p.
- Boyd, C. E. 2002. Estándares de la calidad del agua: amoniaco de nitrógeno total. Boletín NICOVITA 7(1): 1-5.
- Boyd, C. E. 1989. Water quality management and aeration in shrimp farming. Alabama Agricultural Experiment Station. Primera Edición. Birmingham, Alabama. 83p.
- Burford, A. M. y K. C. Williams. 2001. The fate of nitrogenous waste from shrimp feeding Aquaculture 198: 79-93.
- Carrasco-Escalante, J. C., León-Balderrama, J. I., y Rojas-Méndez, D. 2018. Análisis de las Capacidades de Absorción Como Determinante Clave para la Competitividad en las PYME'S Camaronícolas. En el Litoral del Norte de Sinaloa. Universidad Nacional Autónoma de México y Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional A. C. Coeditores, México.
- Cervantes-Cervantes, C. M. 2011. Efecto de la Salinidad sobre algunas variables Bioquímicas, Inmunológicas, fisiológicas y productivas del Camarón *Litopenaeus vannamei* cultivado experimentalmente. Tesis de Maestría Recursos Naturales y Medio Ambiente. Centro Interdisciplinarios de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Sinaloa. Instituto Politécnico Nacional. Guasave, Sinaloa, México. 64 p.
- Chen-Chu, J. C., P. Chung-Liu y L. Shun-Chiang. 1990. Toxicity of ammonia and nitrite to *Penaeus monodon* adolescents. Aquaculture 89: 127-137.
- Ching C, A. 2007. La alcalinidad en el agua de cultivo del camarón de mar *Litopenaeus vannamei*. Nicovita, Edición Octubre-Diciembre 2005. (Consultado: 12/04/2018). Disponible en: <file:///C:/Users/Digital/Downloads/IDocSlide.ComLA%20ALCALINIDAD%20EN%20EL%20AGUA%20DE%20CULTIVO%20DEL%20CAMAR%C3%93N%20DE%20MAR%20Litopenaeus%20vannamei.pdf>

- Clifford, C. H. 1994. El manejo de estanques camaroneros (Un caso de estudio sobre el manejo de estanques de camarón) pp 1-39. En Zendejas-Hernández. J. (Ed) Memoria del Seminario Internacional de Camaronicultura en México Camarón. Ralson purina Internacional. Sinaloa, México.
- COSAEG 2014. Comité de Sanidad Acuícola del Estado de Guerrero. Plan de Trabajo 2014.
- Dong-Huo J. A., L. Lawrence, W. H. Neill y H. Gong. 2000. Effects of temperature and salinity on nitrogenous excretion by *Litopenaeus vannamei* juveniles. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 253: 193-209.
- Egna, H. S. y C. E. Boyd. 1997. Dynamics of Pond Aquaculture. CRS Press. Primera Edición. Boca Raton, Florida. 472p.
- Erchao, L., C. Liqiao, Z. Ceng, C. Xuemin, Y. Na, L. Qiuming, y G. Jian. 2007. Growth, body composition, respiration and ammonia nitrogen tolerance of juvenile white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, at different salinities. *Aquaculture* 265: 385-390.
- Esparza-Leal, H. M., C. M. Escobedo-Bonilla, R. Casillas-Hernández, P. Álvarez-Ruiz, G. Portillo-Clark, R. C. Valerio-García, J. Hernández-López, J. Méndez-Lozano, N. Vibanco-Pérez y F. J. Magallón-Barajas. 2009. Detection of white spot syndrome virus in filtered shrimp-farm water fractions and experimental evaluation of its infectivity in *Penaeus (Litopenaeus) vannamei*. *Revista Aquaculture* 292: 16-22
- Frías-Espéricueta, M. G. y F. Páez-Osuna. 2001. Toxicidad de los compuestos nitrogenados en camarones. En: Páez-Osuna F. (ed.). Camaronicultura y Medio Ambiente. UNAM y el Colegio de Sinaloa. México, D.F. 253p.
- Godínez-Siordia, D. E., M. C. Chávez-Sánchez y S. Gómez-Jiménez. 2011. Acuicultura epicontinental del camarón blanco del pacífico, *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 14(1) 55-62
- Godínez-Siordia, D. E., O. González-Ochoa, A. Hernández-Díaz, A. García-Triana, J. Gamboa-Delgado, J. G. Arce-Ibarra, y E. M. Godínez-Siordia. 2012. Principales patógenos virales de camarón en América y su relación con ambientes de baja salinidad. *Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo Sustentable* 6(3): 61-69.
- Guerrero-Olazarán, M., E. L. Cab-Barrera, L. J. Galán-Wong y J. M. Viader-Slavado. 2004. Biotecnología de Proteínas Recombinantes para la aplicación en acuicultura. *Avances en Nutrición Acuícola VII. Memorias del VII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. Pp. 16-19.
- Hernández-Gurrola, J. A. 2016. Caracterización de la Calidad del 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 en Ciencias. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. La Paz, Baja California Sur, México. 119 p.
- Hirono, Y. 1983. Preliminary Report On Shrimp Culture Activities In Ecuador. *Journal of the World Mariculture Society* 14: 451-457.
- Iba, W., M. A. Rice y G. H. Wikfors. 2014. Microalgae in Eastern Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone 1931) hatcheries: A Review on Roles and Culture Environments. *Asian Fisheries Science* 27: 212-233.
- Izabal C. A. 2004. Crecimiento de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) en condiciones de baja salinidad en un estanque rústico. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias del Mar, UAS. México.
- Jiann-Chu, C. y N, Fan-Hua. 1994. Comparisons of oxygen consumption and ammonia-N excretion of five *penaeids*. *J. Crusact. Biol.* 14: 289-294.

- Jiménez-Guzmán, F. 2009. Técnica de Diagnóstico Presuntivo para Enfermedades de Camarón. Curso Teórico Práctico, Comité de Sanidad Acuícola del Estado de Guerrero, México, del 27 al 30 de Abril 2009., 115 p. (Edición previa).
- Kungvankij, P. y T. E. Chua. 1986. Shrimp culture: pond design, operation and management. En: Pudadera Jr, B.J., Corre, G., Borlongan, E., Tiro Jr, L.B., Potestas, I.O., Taleon, G.A., Paw, J.N. (eds.). NACA Training Manual Series No. 2. Network of Aquaculture Centres in Asia (NACA), Bangkok, Thailand. 65p.
- Lara-Espinoza, C. L., A. Espinosa-Plascencia, M. Rivera-Domínguez, K. R. Astorga-Cienfuegos, E. Acedo-Félix y M. del C. Bermúdez-Almada. 2015. Desarrollo de camarón *Litopenaeus vannamei* en un sistema de cultivo intensivo con biofloc y nulo recambio de agua. Revista científica de la Sociedad Española de Acuicultura (AquaTIC)43: 1-13.
- Lee D. O. C. y Wickins J F. 1992. Crustacean farming: ranching and culture. First Edition. Blackwell Sci. Publ., Oxford, U.K., 392 p.
- Limsuwan, C. 2005. Cultivo intensivo de camarón blanco. Boletín Nicovita. Edición Octubre-Diciembre 2005.
- Martínez-Cordova, L. R. 1998. Comportamiento y manejo ecológico de estanques de cultivo de camarón con bajo recambio de agua. Tesis de Doctorado en Ciencias, Usos, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. La Paz, B. C. S. México. 108 p.
- Molina C. y Orellana-Tandazo P. 2001. Efecto de la salinidad y la relación proteína/energía, en el rendimiento de *L. vannamei*. Panorama Acuícola 6(5): 53.
- Moreno-Figueroa, L. D. 2014. Cultivo intensivo de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* en un sistema foto-autotrófico de bajo recambio de agua. 9th International Aquaculture Forum y LACQUA 14. Guadalajara, México.
- Orellana-Tandazo, A. P. 2000. Efecto de diferentes niveles de salinidad y balances proteína/energía en el crecimiento del *Penaeus vannamei*. Tesis de Ingeniero Acuicultor. Universidad Técnica de Machala. Machala el Oro. Ecuador. 105 p.
- Palafox F. y Soto Z. M. 2001. Relación entre la producción y algunas variables de calidad de agua en un cultivo semi-intensivo (*Litopenaeus vannamei*) en una granja comercial. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias del Mar, UAS. México.
- Ponce-Palafox, J.C., C.A. Martínez-Palacios, L. G. Ross. 1997. The effects of salinity and temperature on the growth and survival rates of juvenile white shrimp *Penaeus vannamei* Bonne 1931. Aquaculture 157: 107-115.
- Rodríguez-Villa, A. M. 2013. Cultivo de Camarón Blanco *Penaeus vannamei* en México. Tesis de Ingeniero Agrónomo Zootecnista. Universidad Autónoma Agraria Anton o Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 62 p.
- SAGARPA. 2014. Informe de la Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Subdelegación de Pesca del Estado de Guerrero.
- Santos, S. 2008. Panduan lengkap menguasai SPSS 16. Elex Media Komputindo.
- SENASICA. 2003. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. En Manual de Buenas Prácticas de Producción de Acuicola de Camarón para la Inocuidad Alimentaria. pp 38
- Sonnenholzner, S. 2014. Oxígeno disuelto y su importancia en acuicultura: sistemas de aireación para mejorar la productividad de los sistemas acuícolas. IV Congreso Internacional de Acuicultura-ESPE 2014, Quito, Ecuador.
- Valenzuela-Quíñonez W., G. Rodríguez-Quiroz, y H. M. Esparza-Leal. 2010. Cultivo intensivo de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* (Boone) en agua de pozo de baja salinidad como

alternativa acuícola para zonas de alta marginación. Ra Ximhai. Revista científica de sociedad, cultura y desarrollo sostenible 6(1): 1-8.