

**EFFECTO DE LOS CAMBIOS
AMBIENTALES DE LA TEMPERATURA Y
OXIGENO DISUELTO EN LA
PRODUCCION SEMI-INTENSIVA DE
CAMARON *Litopenaeus vannamei***

Jorge Arturo García Parra^a, Javier M.J. Ruiz-Velazco^b, Domínguez-Ojeda Delia^b, Nieto-Navarro José T^b, López-Sánchez José A.^b

^aPrograma de Biología, Unidad Académica de Agricultura, Universidad Autónoma de Nayarit, Cd. de la Cultura Amado Nervo S/N Tepic, Nayarit 63255, Mexico.

^bEscuela Nacional de Ingeniería Pesquera, Universidad Autónoma de Nayarit, Bahía de Matanchen, Km 12, Carretera a los Cocos, San Blas, Nayarit 63740, Mexico

Recibido: 09 de septiembre de 2017

Aceptado: 23 de noviembre de 2017

Palabras claves: Modelos de producción, Cambio climático, camarón

Keywords: production models, climate change, shrimp

RESUMEN

Se realizó un estudio del efecto que han tenido las variables ambientales (temperatura y oxígeno disuelto) en la producción comercial del cultivo semi-intensivo de camarón blanco del año 2001 al 2010 en el municipio de San Blas, Nayarit a partir de datos de variables ambientales obtenidos con productores de la zona de 153 casos (estanques), obteniendo 3620 registros de variables ambientales de granjas de producción semiintensiva de camarón

blanco. Los datos fueron capturados y analizados en los software Excel 2010 y Statistica 6.0 y con los resultados obtenidos se utilizó un modelo de producción generado por Pérez *et al.* (2012) y Ruiz-Velazco *et al.* (2013), con el cual se realizaron simulaciones de diferentes escenarios de producción por año y por ciclo, evaluando el efecto que han tenido las variables ambientales en la producción. No se encontraron diferencias significativas entre años de ninguna variable considerada, particularmente la temperatura y el oxígeno disuelto, por lo tanto, no se determinó efecto alguno en la producción. Asimismo, en términos intraanuales, se encontraron diferencias significativas entre las variables analizadas. La mayor producción por efecto de la Temperatura y el oxígeno disuelto fue en el ciclo Junio-Septiembre (1717 Kg/ha), mientras que la menor producción se encontró en el ciclo Enero-Marzo (1 288 Kg/ha). Se concluye que la temperatura a través de la década del 2001 - 2010 no presenta una variación significativa en la zona (San Blas, Nayarit). Por tanto, no se puede establecer que el cambio de dicha variable esté teniendo algún efecto en esta zona.

ABSTRACT

A study was carried out of the effect that the environmental variables (temperature and dissolved oxygen) have had in the commercial production of the semi-intensive cultivation of white shrimp from the year 2001 to 2010 in the municipality of San Blas, Nayarit from Data of environmental variables obtained with producers in the area of 153 cases (ponds), obtaining 3620 records of environmental variables of semi-intensive white shrimp production farms

The data were captured and analyzed in the software Excel 2010 and Statisticala 6.0 and with the results obtained a production model was used generated by Pérez-Estrada et al. (2012) and Ruiz-Velazco et al. (2013), with which simulations of different production scenarios were performed per year and per cycle, evaluating the effect of environmental variables on production. Also, in intraannual terms, significant differences were found between the variables analyzed. The higher production by effect of temperature and dissolved oxygen was in the cycle June-September (1717 kg/ha), while the lower production was found in the cycle January-March (1 288 kg/ha). It is concluded that the temperature through the decade of the 2001 - 2010 does not present a significant variation in the area (San Blas, Nayarit). Therefore, it cannot be established that the change in that variable is having any effect in this area.

1. INTRODUCCION

Actualmente vivimos en una época donde el cambio climático juega un papel muy importante en los distintos ámbitos; social, económico y biológico. Cuando hablamos de cambio climático, podemos conceptuarlo como los cambios en las estadísticas de las variables climáticas en periodos de tiempo de años, estandarizado en lapsos de 30 años por diferentes paneles, según lo publicado en el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) citado por (Anónimo, 2012). Los efectos causantes por las variables ambientales, principalmente la variable térmica, se pueden observar desde el punto individual o poblacional de los organismos. A nivel población, los cambios abióticos en el ambiente tienen impactos directos sobre la dispersión y el reclutamiento y sobre la

eficiencia individual (crecimiento, mortalidad, otros) en varias etapas del ciclo de vida. A nivel organismo, la comprensión de la relación causa-efecto del cambio climático en los ecosistemas requiere una evaluación de los límites térmicos de las especies y de su habilidad para hacer frente a los cambios de temperatura; ya que este factor además de incidir directamente sobre la tolerancia térmica, tiene un papel importante en la capacidad de aporte de oxígeno a los tejidos, siendo una limitante después de cierto nivel. Las variables ambientales juegan un papel importante en la reproducción de muchas especies, pues estas son las responsables de que se presentes las condiciones óptimas para que los distintos organismos se desarrollen y completen su ciclo de vida (Portner y Knust, 2007).

El camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*), según Pérez-Farfante y Kensley (1997), es una de las especies más utilizadas en producciones acuícolas, es la especie que obtiene los mejores rendimientos de crecimiento y la que tolera mejor las condiciones ambientales en cautiverio (Morales, 1990).

Esta especie vive en aguas estuarinas y su ambiente natural está expuesto a lluvias intensas y evaporación del agua debido a las variaciones estacionales, por lo que sufre considerables cambios de temperatura y salinidad durante el año (Ponce-Palafox *et al.*, 1997).

Sin embargo, esto no las excluye de efectos producidos por el cambio climático, ya que al igual que todos los demás organismos tiene un punto de susceptibilidad al ambiente, pudiendo ser de una manera directa o

o indirecta, ya sea de manera directa por cuestiones físicas y químicas, teniendo como factor los efectos de las variables ambientales, como; temperatura, pH, oxígeno disuelto en el agua y la salinidad. La salinidad, el oxígeno disuelto en el agua y la temperatura son tres de las variables ambientales más importantes que influyen en el crecimiento y la supervivencia de estos organismos en condiciones de cultivo (Ruiz-Velazco *et al.*, 2010ab), actuando como estresores que afectan la capacidad de tolerar los cambios medioambientales, y aún más si los sometemos a manejos adicionales producto de actividades de acuicultura como son la producción, proceso, transporte y venta de organismos acuáticos (Wheaton, 1977).

Diversos estudios han abordado los efectos de la temperatura y oxígeno disuelto a nivel experimental sobre la fisiología del camarón (Puente, 2009); en particular para la temperatura (Rosas *et al.*, 2001; Ponce *et al.*, 1997 y para el Oxígeno disuelto (Bishop *et al.* 1980; Denisse *et al.*, 2004) por mencionar algunos, sin embargo, no se ha estudiado el efecto de estas dos variables en un lapso de tiempo de 10 años y con un modelo de producción desarrollado específicamente para *L. vannamei*.

En la presente investigación, se utilizó un modelo de producción desarrollado por Estrada *et al.* (2012) para evaluar el efecto del cambio climático incluyendo dos de las tres variables ambientales descritas anteriormente (oxígeno disuelto en el agua y temperatura).

2. METODOLOGÍA

Para el propósito de esta investigación se utilizaron registros de datos de las variables ambientales temperatura de los estanques (TE) y oxígeno disuelto (OD) y parámetros de producción obtenidas de granjas semi-intensivas productoras de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) del Municipio de San Blas, Nayarit, correspondientes al periodo de 10 años (2001-2010); estos registros incluyen la información de 153 casos (estanques) y 3620 registros (promedios semanales de las variables).

Variables ambientales y de manejo

Se construyó una base de datos a partir de los registros obtenidos con ayuda del software Excel (2010), con lo cual, se calcularon los promedios de las variables ambientales (TE) y (OD) por semana a través de los meses para cada año. Sin embargo, por la falta de algunos datos de las variables ambientales en algunos lapsos de tiempo correspondientes al periodo, se tomó una base de datos de las temperaturas ambientales (TA) correspondiente al periodo analizado y la zona. Las temperaturas del medio ambiente fueron obtenidas de la comisión nacional del agua (CONAGUA) y se relacionó con la variable (TE) de los registros disponibles mediante un modelo de regresión lineal simple.

Mediante el modelo de regresión lineal obtenido de las variables (TA) con (TE), se calcularon las temperaturas promedio mensuales de los estanques faltantes. Asimismo, se construyó un modelo de regresión lineal simple con los datos de las variables (TE) con (OD) obtenidos de los registros y con este, se calcularon los valores

del oxígeno disuelto en el agua de los estanques. Los modelos de regresión lineal simple se construyeron cuando el nivel de significación fue menor a 0.05 ($p < 0.05$) y fueron los siguientes:

$$\begin{aligned} TE &= 0.605217 TA + 13.9536 & y \\ OD &= -.240517 TE + 13.1869 \end{aligned}$$

Donde TE es la temperatura de los estanques y OD es el oxígeno disuelto en el agua.

Simulación

Para calcular los distintos escenarios de producción y rentabilidad económica, se utilizaron algunos componentes del modelo bioeconómico propuesto por Estrada-Pérez (2012), el cual, se constituyó por un submodelo biológico.

$$b_f = w_f n_f$$

w_f es el peso final de los organismos.

n_f es el número de organismos sobrevivientes al final del cultivo.

n_f se calculó con la ecuación:

$$n_{t_f} = n_0 e^{-zt}$$

donde z es la tasa instantánea de mortalidad al tiempo final del cultivo

Para analizar el efecto de las variables ambientales en los parámetros de producción (relaciones funcionales del peso final y la tasa instantánea de mortalidad (z) con las variables ambientales y de manejo), se utilizaron los modelos de regresión lineal múltiple presentados por Ruiz-Velazco *et al.* (2013). Dichos modelos se describen a continuación:

$$\begin{aligned} Wf &= -25.2436 + 0.9678 TE + 0.5329 DC \\ z &= 0.0916 - 0.0081 OD + 0.0010 D - 0.0034 DC \end{aligned}$$

donde TE es la temperatura del agua en el estanque, DC es la duración del cultivo, OD es el oxígeno disuelto en el agua de los estanques y D es la densidad inicial de siembra.

Para las simulaciones de los diferentes ciclos de cultivo, los parámetros de manejo como la densidad inicial de siembra, duración del cultivo y tamaño de los estanques, se determinaron con base en encuestas realizadas a productores de cultivos semi-intensivos de camarón blanco, así como también mediante los registros obtenidos en las bases de datos originales. Las variables anteriormente mencionadas fueron fijados en cada ciclo de producción para evitar algún efecto por el manejo.

Parámetros de producción

Los parámetros de producción, como la densidad de cultivo, tamaño del estanque y duración del cultivo, fueron determinados con base en entrevistas y encuestas realizadas, así como también de diferentes investigaciones realizadas sobre cultivos de camarón blanco (*Litopenaeus vannameis*) por Estrada (2012) y Ruiz-Velazco *et al.* (2013).

Posteriormente, con apoyo de los software analíticos y estadísticos (Excel 2010), se realizaron simulaciones de ciclos de producción para realizar un análisis de la producción. Se establecieron cuatro ciclos de producción hipotéticos, considerando que fuera factible realizarlos bajo condiciones normales (en ausencia de enfermedades y

paros sanitarios), dichos escenarios fueron: primer ciclo (Enero - Marzo), segundo ciclo (Abril - Junio), tercer ciclo (Julio - Septiembre), cuarto ciclo (Octubre - Diciembre). La finalidad de este análisis fue para observar el efecto que tienen las variables (TE) y (OD) en los parámetros de producción para una granja que se encuentre operando. La simulación se estableció para el periodo analizado (10 años), así como también, entre los ciclos de producción (intraanuales).

Análisis estadísticos de los datos

Análisis de varianza y prueba a posteriori de Tukey

Para establecer si existió diferencias estadísticamente significativas entre las variables ambientales y en los parámetros de producción y económicos (biomasa, supervivencia del camarón y peso final) durante el periodo y los ciclos de las simulaciones se aplicó un análisis de varianza ($P < 0.05$). Cuando se encontraron diferencias estadísticas significativas de las variables ambientales y parámetros de producción, se realizó una prueba a posteriori de Tukey HSD ($\alpha = 0.05$).

Pruebas de Normalidad y homocedasticidad.

Previamente, para determinar el tipo de análisis estadístico a realizar (paramétrico o no paramétrico), se realizó las pruebas de Kolmogorow y smirnov y la de homocedasticidad de Levene's.

3. RESULTADOS

Análisis estadísticos

Variables ambientales

Conforme a los datos obtenidos de los

registros de las variables ambientales (TE) y (OD) del periodo (2001 - 2010) de granjas productoras semi-intensivas de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) del Municipio de San Blas, Nayarit, se calcularon los promedios para éstas variables ambientales (Tabla 1).

En el Tabla 1, se observa que el año 2001 registró la temperatura promedio más alta (30.26 °C), mientras que en el año 2010 la temperatura más baja (29.14 °C). Mientras que la concentración de oxígeno promedio más alta registrada (6.18 mg/L) fue en el 2010 y la más baja (5.91mg/L) en el año 2001.

Se encontró una relación directa entre la temperatura de los estanques con la temperatura ambiente (Figura 1). Asimismo, se encontró una relación inversa entre las variables (TE) y (OD) obtenidos de los registros, mediante un modelo de regresión lineal simple (Figura 2).

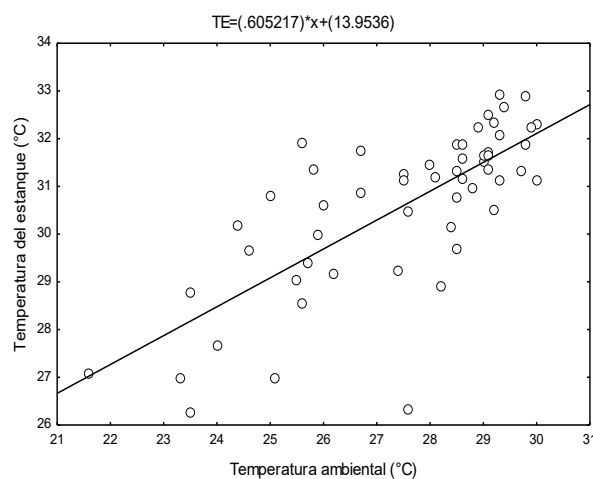


Figura 1. Modelo de regresión lineal simple de la temperatura de los estanques (TE) contra la temperatura ambiente.

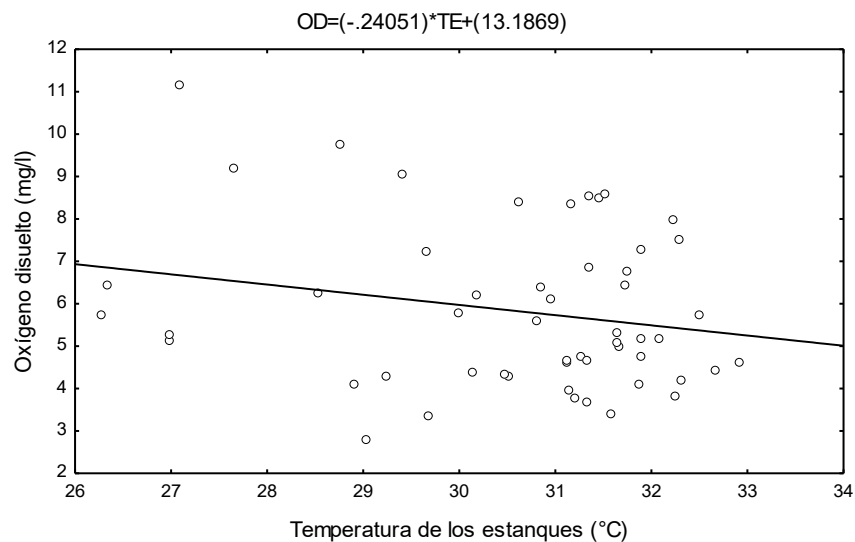


Figura 2. Modelo de regresión lineal simple del oxígeno disuelto (OD) del agua de los estanques contra la temperatura de los estanques (TE)

Tabla 1. Valores promedio, máximos y mínimos de las variables ambientales de temperatura y Oxígeno disuelto en el agua de los estanques.

| Variable | Temperatura de los estanques (°C) | | | | | | | | | |
|---------------|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Año | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
| media | 30.26 | 29.75 | 29.88 | 29.73 | 29.62 | 29.87 | 29.54 | 29.23 | 29.74 | 29.14 |
| Máximo | 32.11 | 32.11 | 31.75 | 31.69 | 31.99 | 31.99 | 31.63 | 31.63 | 31.69 | 31.69 |
| Mínimo | 27.75 | 27.45 | 27.03 | 26.66 | 27.39 | 27.33 | 27.39 | 26.12 | 27.45 | 26.66 |
| Variable | Oxígeno disuelto (mg/L) | | | | | | | | | |
| Año | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
| Media | 5.91 | 6.03 | 6.00 | 6.04 | 6.06 | 6.00 | 6.08 | 6.16 | 6.03 | 6.18 |
| Máximo | 6.51 | 6.58 | 6.69 | 6.77 | 6.60 | 6.61 | 6.60 | 6.91 | 6.58 | 6.77 |
| Mínimo | 5.46 | 5.46 | 5.55 | 5.57 | 5.49 | 5.49 | 5.58 | 5.58 | 5.57 | 5.57 |

Prueba de normalidad y homocedasticidad.

Las variables analizadas pasaron las pruebas de normalidad y de homocedasticidad ($p > 0.05$) realizadas, por lo tanto, se procedió a utilizar tratamientos paramétricos.

Análisis de Varianza

El análisis de varianza mostró que no existieron diferencias significativas ($P > 0.05$) en las temperatura de los estanques (TE) entre años. Tampoco se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) en el Oxígeno disuelto (OD) entre los años analizados.

Simulaciones

Simulación anual

En la Tabla 2 se observan los promedios anuales simulados de las variables ambientales (Temperatura de los estanques y oxígeno disuelto) y biológicas (biomasa, peso final, tasa instantánea de mortalidad y número de organismos sobrevivientes al final del cultivo), éstos obtenidos a partir del análisis realizado mediante un modelo bioeconómico construido a partir de algunos componentes del modelo generado por Estrada (2012) y Ruiz-Velazco *et al.* (2013).

Tabla 2. Promedios anuales simulados de las variables ambientales y biológicas.

| (Años) | Temperatura de los estanques (°C) | Oxígeno Disuelto (mg/L) | Biomasa (kg/ha) | W_i (g) | Z (%/100) | N_i (%) |
|--------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------|-----------|-----------|-----------|
| 2001 | 30.26 | 5.91 | 1581.62 | 10.44 | 0.02295 | 75.96 |
| 2002 | 29.76 | 6.03 | 1524.43 | 9.95 | 0.02196 | 76.87 |
| 2003 | 29.89 | 6.00 | 1538.05 | 10.07 | 0.02221 | 76.64 |
| 2004 | 29.73 | 6.04 | 1520.05 | 9.93 | 0.02191 | 76.92 |
| 2005 | 29.62 | 6.06 | 1508.61 | 9.82 | 0.02170 | 77.11 |
| 2006 | 29.88 | 6.00 | 1536.33 | 10.07 | 0.02219 | 76.67 |
| 2007 | 29.55 | 6.08 | 1499.21 | 9.75 | 0.02155 | 77.25 |
| 2008 | 29.23 | 6.16 | 1459.41 | 9.44 | 0.02093 | 77.85 |
| 2009 | 29.75 | 6.03 | 1523.07 | 9.94 | 0.02194 | 76.88 |
| 2010 | 29.15 | 6.18 | 1453.69 | 9.36 | 0.02077 | 77.97 |

Análisis de Varianza

El análisis de varianza realizado a la variable ambiental temperatura de los estanques, así como también a la variable oxígeno disuelto, no mostró diferencias significativas ($P > 0.05$) entre años.

De igual forma, los análisis de varianza efectuados a los parámetros biológicos (W_f , Z y N_f), no revelan que haya existido una diferencia significativa ($P > 0.05$) entre éstas a través de los años.

Asimismo, se encontró que no existe algún efecto significativo sobre la producción de camarón a través de los años como conse-

cuencia de los cambios de las variables ambientales.

Simulación por ciclos de producción

En el Tabla 3. Se observan los promedios del periodo simulados entre ciclos de producción de las variables ambientales (Temperatura de los estanques y oxígeno disuelto) y biológicas (biomasa, peso final, tasa instantánea de mortalidad y número de organismos sobrevivientes al final del cultivo), éstos obtenidos a partir del análisis realizado mediante un sub-modelo biológico tomado del modelo bioeconómico generado por Estrada (2012) y Ruiz-Velazco *et al.* (2013).

Tabla 3. Promedios de las variables de los ciclos de producción simulados.

| Ciclo | Temperatura de los estanques (°C) | Oxígeno Disuelto (mg/L) | Biomasa (kg/ha) | W_f (g) | Z (%/100) | N_f (%) |
|------------------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------|-----------|-----------|-----------|
| Ene - Mar | 27.74 | 6.51 | 1287.88 | 8.00 | 0.01804 | 80.54 |
| Abr - Jun | 29.85 | 6.01 | 1539.38 | 10.04 | 0.02215 | 76.67 |
| Jul - <u>Sep</u> | 31.51 | 5.61 | 1717.42 | 11.64 | 0.02537 | 73.76 |
| Oct - Dic | 29.62 | 6.06 | 1513.11 | 9.82 | 0.02170 | 77.08 |

Análisis de Varianza

El análisis de varianza realizado a las variables ambientales temperatura de los estanques y oxígeno disuelto mostraron una diferencia significativa ($P < 0.05$) entre ciclos (Figura 3).

De igual forma, los análisis de varianza efectuados a las variables biológicas (biomasa, W_f , Z y N_f), muestran que existe diferencia significativa ($P < 0.05$) de éstas entre los ciclos (Figuras 4 y 5).

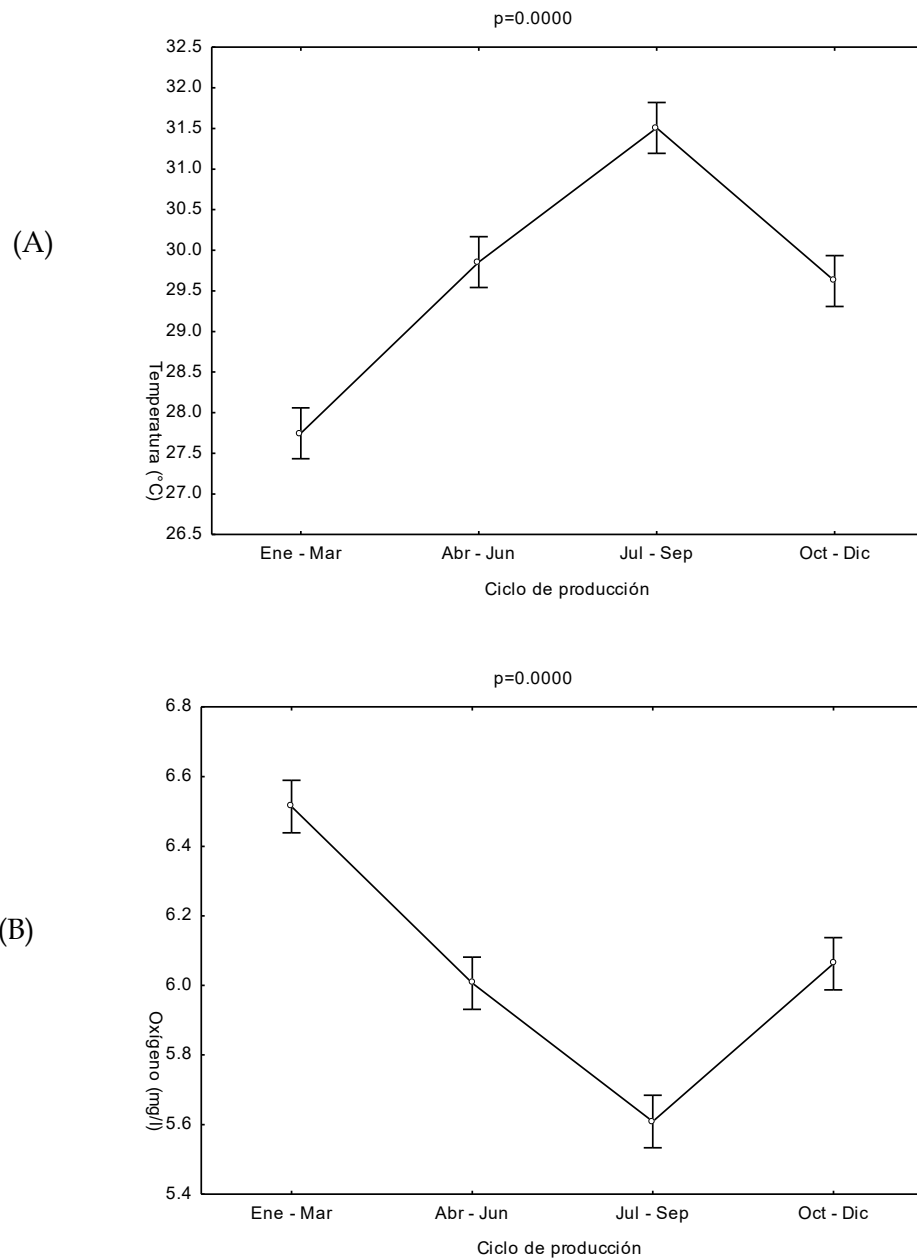


Figura 3. Análisis de varianza de las variables: Temperatura de los estanques (A) y Oxígeno disuelto (B).

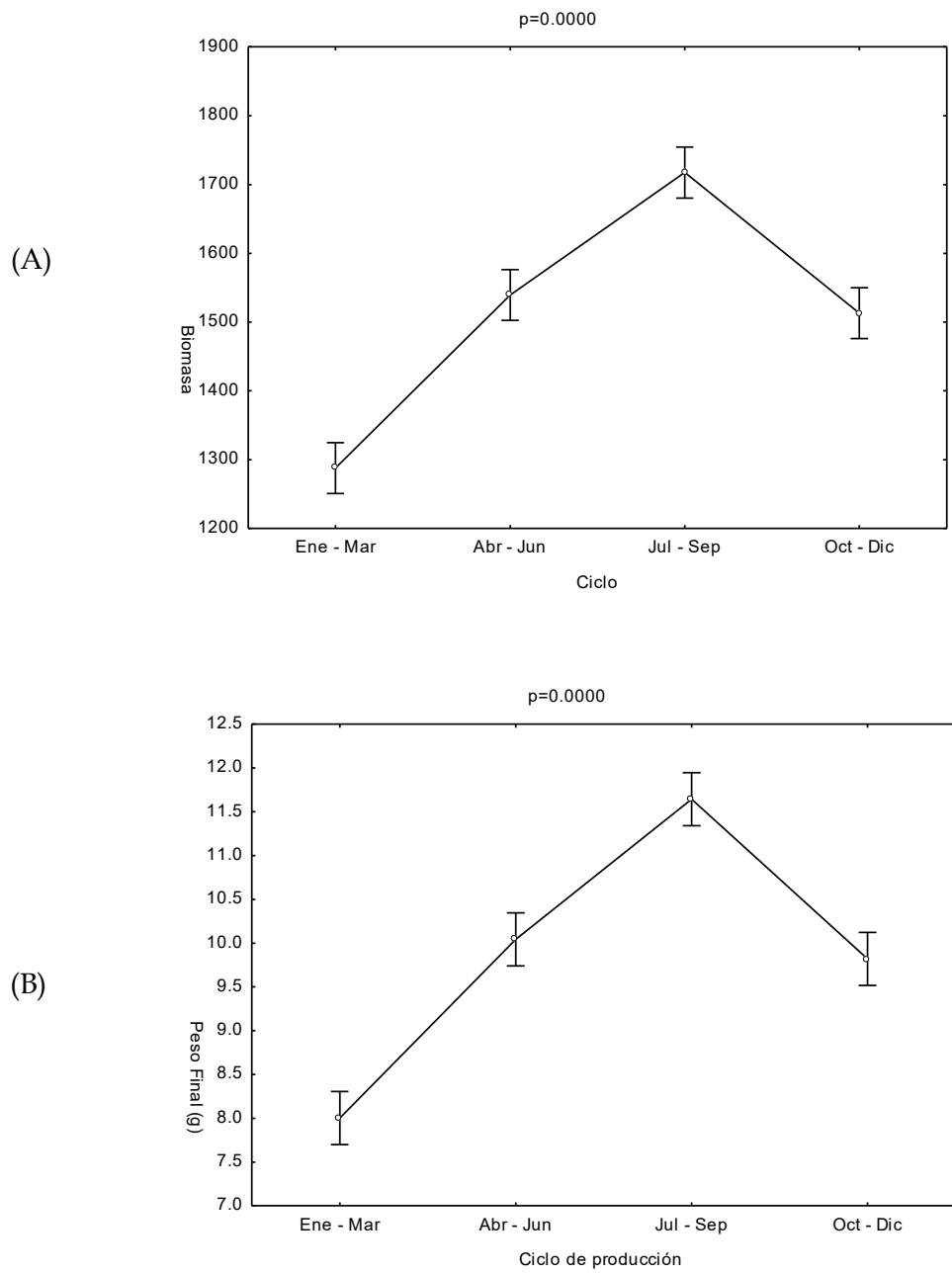


Figura 4. Análisis de varianza de las variables: Biomasa (A) y Peso final del organismo (B).

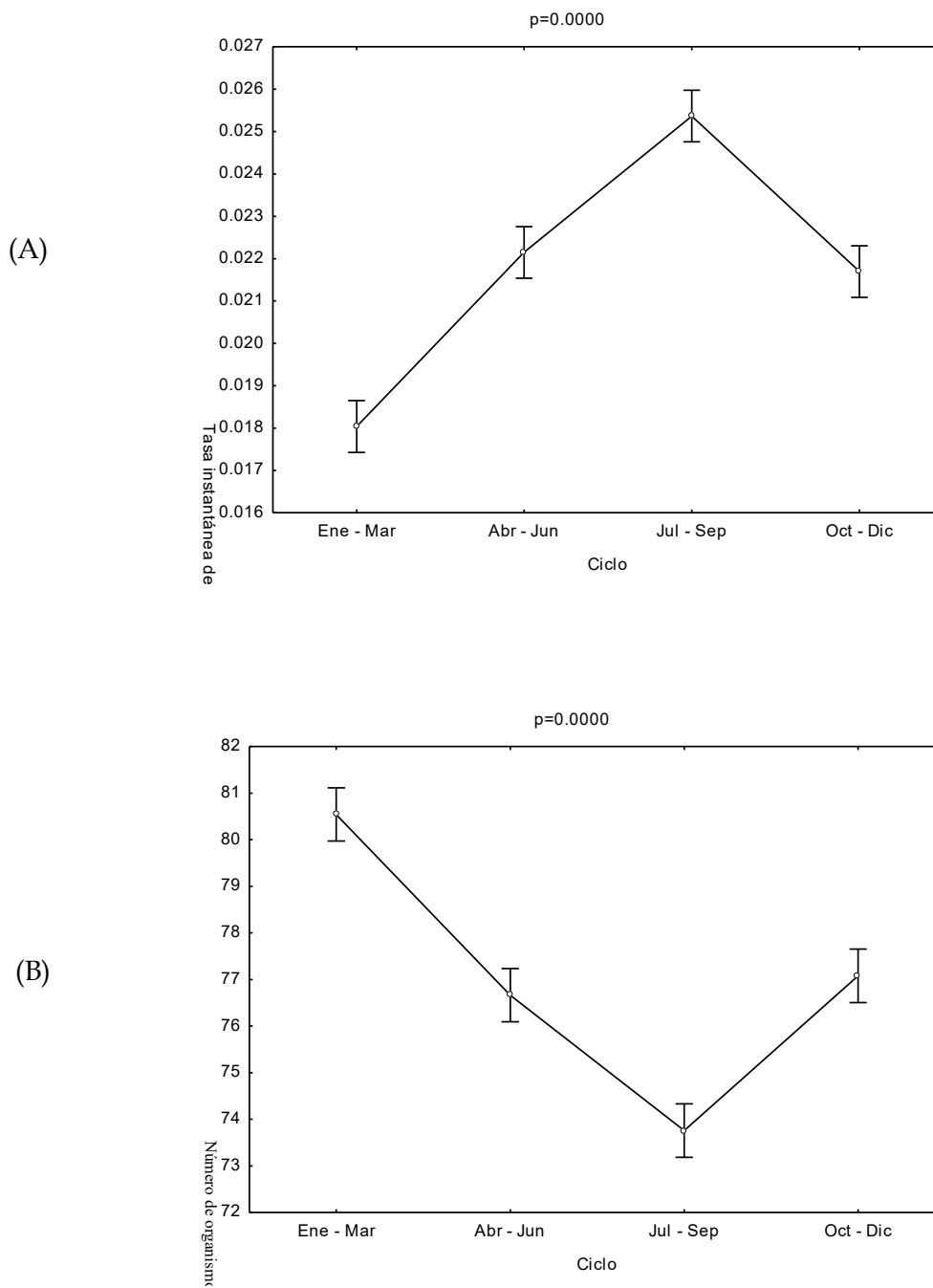


Figura 5. Análisis de varianza de las variables: Tasa instantánea de mortalidad (A) y Número de organismos sobrevivientes al final del cultivo (B).

En las Figuras 4 y 5, podemos observar el efecto que tienen las variables ambientales temperatura y oxígeno disuelto en las variables biológicas, ya que cada ciclo va de acuerdo a una estación del año y éstas a su vez presentan temperaturas diferentes.

Prueba posteriori de Tukey.

El análisis de varianza realizado a las variables ambientales y biológicas arrojó como resultado que existen diferencias significativas de éstas entre ciclos de producción. La prueba a posteriori de Tukey, de acuerdo con la Tabla 4, mostró que el ciclo de producción que presentó la temperatura, Biomasa, Peso final y la tasa instantánea de mortalidad promedio más baja es el ciclo de Enero - Marzo; (27.74 °C), (1287.88 Kg/ha), (8.00 g) y (0.01) respectivamente, mientras que el ciclo que presentó la temperatura, Biomasa, Peso final y la tasa instantánea de mortalidad promedio más alta fue Julio - Septiembre; (31.51°C), (1717.42 kg/ha), (11.64g) y (0.025), los ciclos con temperatura Biomasa, Peso final y tasa instantánea de mortalidad estadísticamente iguales fueron: Abril - Junio y Octubre - Diciembre. Mientras que el ciclo de producción que presentó la concentración de oxígeno disuelto más alta y mayor porcentaje de organismos sobrevivientes, fue el ciclo de Enero -Marzo; (6.51 mg/L) y (80.54 %), el ciclo de producción con menor concentración de oxígeno disuelto y un menor porcentaje de organismos sobrevivientes fueron el ciclo Julio - Septiembre; (5.61 mg/L) y (73.75 %). Los ciclos con oxígeno disuelto y porcentaje de organismos sobrevivientes estadísticamente iguales fueron Abril - Junio y Octubre - Diciembre.

4. DISCUSIÓN

Harley (2006), esquematizó los efectos que ha ocasionado el cambio climático del planeta sobre los ciclos de vida de especies marinas, donde establece que los efectos causantes por las variables ambientales, principalmente la térmica (Temperatura), se pueden observar desde un punto individual o poblacional de los organismos. A nivel organismo, menciona que la comprensión de la relación causa-efecto del cambio climático en los ecosistemas requiere una evaluación de los límites térmicos de las especies y de su habilidad para hacer frente a los cambios de temperatura; ya que este factor además de incidir directamente sobre la tolerancia térmica, tiene un papel importante en la capacidad de aporte de oxígeno a los tejidos, siendo una limitante después de cierto nivel. En la presente investigación se ha demostrado que la especie *Litopenaeus vannamei* (camarón blanco) al menos en la zona del estudio (San Blas, Nayarit) no está presentando un efecto o alteración en su ciclo de vida a consecuencia del cambio de la temperatura al menos. Kumlu *et al.* (2000), establecieron que la temperatura es uno de los factores de mayor influencia en la supervivencia del camarón blanco y Denisse *et al.* (2004) mencionaron que el consumo de oxígeno de *Litopenaeus* se incrementa en relación directa con la temperatura, lo cual concuerda con los resultados de esta investigación, donde se aprecia que a mayor temperatura menor oxígeno disuelto, esto como consecuencia de la aceleración del metabolismo de los organismos y la evaporación del gas por las altas temperaturas. (Villareal *et al.*, 1994) afirma que la temperatura es el principal factor medio ambiental que determina la tasa metabólica en invertebrados marinos. Los camarones a una temperatura de 20° C son relativamente inactivos y presentan un bajo consumo de alimentación (Rosas *et al.*, 2001). A una temperatura de 35°C los camarones cambian su comportamiento y se vuelven más hiperactivos (Ponce *et al.*, 1997).

Conforme a las simulaciones realizadas, se puede observar que durante el ciclo Enero - Marzo la cual presenta la temperatura promedio más baja, el peso final del organismo también fue el más bajo comparados con el resto

de los ciclos analizados, lo cual concuerda con Rosas *et al.* (2001) que a menor temperatura, más lento crecerán los organismos, debido a que el metabolismo de los camarones disminuye por las bajas temperaturas.

Tabla 4. Prueba de medias y desviación estándar de las diferentes variables analizadas (Tukey 0.05).

| Temperatura °C | | | Oxígeno Disuelto (mg/L) | | |
|--------------------------------|---------|--------|--|-------|--------|
| Ciclo de producción | Media | Grupos | Ciclo de producción | Media | Grupos |
| Enero - Marzo | 27.74 | A | Enero- Marzo | 6.51 | A |
| Abril - Junio | 29.85 | B | Abril - Junio | 6.01 | B |
| Julio - Septiembre | 31.50 | C | Julio - Septiembre | 5.61 | C |
| Octubre - Diciembre | 29.62 | B | Octubre - Diciembre | 6.06 | B |
| Biomasa (Kg/ha) | | | Peso final del organismo (g) | | |
| Ciclo de producción | Media | Grupos | Ciclo de producción | Media | Grupos |
| Enero - Marzo | 1287.88 | A | Enero - Marzo | 8.00 | A |
| Abril - Junio | 1539.38 | B | Abril - Junio | 10.04 | B |
| Julio - Septiembre | 1717.41 | C | Julio - Septiembre | 11.64 | C |
| Octubre - Diciembre | 1513.11 | B | Octubre - Diciembre | 9.82 | B |
| Tasa instantánea de mortalidad | | | Porcentaje de organismos sobrevivientes al final del cultivo | | |
| Ciclo de producción | Media | Grupos | Ciclo de producción | Media | Grupos |
| Enero - Marzo | 0.018 | A | Enero - Marzo | 80.54 | A |
| Abril - Junio | 0.022 | B | Abril - Junio | 76.66 | B |
| Julio - Septiembre | 0.025 | C | Julio - Septiembre | 73.75 | C |
| Octubre - Diciembre | 0.021 | B | Octubre - Diciembre | 77.08 | B |

*Medias con la misma letra, son estadísticamente iguales

El nivel de temperatura óptimo para esta especie es desde los 23 °C hasta 34 °C. Los niveles de oxígeno disuelto han sido determinado como óptimos entre 2 y 5 mg/L (Puente, 2009). En la presente investigación los niveles de temperatura y oxígeno disuelto en el agua, estuvieron dentro de los intervalos óptimos para cultivos de camarón. En la presente investigación se aprecia que a una mayor temperatura se genera una mayor producción, lo que concuerda con lo establecido por Ruiz-Velazco *et al.* (2010a,b) (Ruiz-Velazco *et al.* 2013) observaron que se obtiene un peso final mayor del camarón cuando la temperatura y la duración del cultivo aumentaron. Esto se puede apreciar durante las simulaciones realizadas, donde en los periodos con mayores temperaturas, tanto la biomasa final como el peso final del camarón, fueron más altos que en periodos con temperaturas más bajas. De igual manera, los resultados concuerdan con lo establecido por (Ruiz-Velazco *et al.* 2013), que menciona que el aumento en la mortalidad de los camarones se asociaron con niveles más bajos de oxígeno disuelto.

La acuicultura en México registró de 1970 a 1987, un acelerado avance experimentando cambios en su desarrollo tecnológico pasando del extensionismo a la utilización de sistemas semi-intensivos e intensivos para el cultivo de especies de gran importancia económica, entre ellos el camarón Blanco (Ceballos y Velázquez, 1988). Lo anterior se ratifica, ya que se observó que a pesar que las variables ambientales no estén teniendo un efecto significativo en la producción de camarón blanco a través de la década, la producción de ésta especie a partir del año 2008 ha tenido un incremento relativamente alto, esto se asocia con el manejo

(Ruiz- Velazco, 2011) y a las mejoras tecnológicas que se ha desarrollado en los últimos años (CESANAY, 2012; FAO, 2012). Se concluye que la temperatura a través de la década del 2001 - 2010 no presenta una variación significativa en la zona (San Blas, Nayarit). Por tanto, no se puede establecer que el cambio de dicha variable esté teniendo algún efecto en esta zona. Asimismo, se observó que las variables ambientales (temperatura y Oxígeno disuelto) presentan un efecto en la producción de camarón blanco cuando se analizan por ciclos en el año

5. LITERATURA CITADA

- Anónimo. 2009. Estudio de la infraestructura logística para la exportación del camarón blanco a algunas ciudades de Estados Unidos y Canadá - Convenio de concentración que celebran el FIRCO y camaronicultores de Sonora, S. P. R. de R. L., para formalizar la entrega de los apoyos del plan anual de trabajo, componente desarrollo de mercados "promercado".
- Anónimo. 2012. BIODER - Sistemas agroacuícolas ecoeficientes integrados adaptados a diferentes especies y regiones como una alternativa biotecnológica sostenible.
- Bishop, J. M.; Gosselink, J. G. and Stone, J. H. 1980. Oxygen consumption and hemolymph osmolarity of brown shrimp *Penaeus aztecus*. Fish. Bull., 78: 741-757.
- Ceballos, M.L., Velázquez, M.A. 1988. Perfiles de la alimentación de peces y crustáceos en los centros y unidades de producción acuícola en México. Primera edición, Pachuca, Hidalgo. México. Secretaria de Pesca.

- CESANAY 2012. Comité Estatal de Sanidad Acuicola de Nayarit. <http://www.cesanay.com>
- Denisse, A., Díaz, F., Sierra E., Gómez, S. 2004. Consumo de oxígeno, excreción de amonio y capacidad osmorreguladora de *Litopenaeus stylirostris* (STIMPSON) expuesto a diferentes combinaciones de temperatura y salinidad. Ciencias Marinas, Septiembre, año/vol. 30, número 003. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, México. Pp. 443-453.
- Estrada, M, 2012. Modelo bio-económico para el análisis de la producción semi-intensiva de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*). Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma de Nayarit. Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias.
- FAO 2012. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2012. Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, 2012.
- Harley, C.D.G., Hughes, A.R., Hultgren, K.M., Miner, B. G., Sorte, C.J.B., Thornber, C.S., Rodriguez, L.F., Tomanek, L., Williams, S.L. 2006. The impacts of climate change in coastal marine systems. Ecology Letters, 9: 228-241.
- Kumlu, M., Erolodogan, O. T., Aktas, M. 2000. Effects of temperature and salinity on larval growth, survival and development of *Penaeus semisulcatus*. Aquaculture 188 pp. 167-173.
- Leung, P., El-Gayar, O.F. 1997. The role of modeling in the managing and planning of sustainable aquaculture. In: *Sustainable Aquaculture* (ed. by J. Bardach), pp 149-175. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Morales, V. 1990. Levantamiento larvario de camarones peneidos. Cartilla Pradepesca. pp 1.
- Pérez, I., Kensley, B. 1997. Keys and diagnoses for the families and genera. Penaeoid and sengestoid shrimps and prawns of the world. Memoires du museum national d histoire naturelle. pp 233.
- Ponce, J.; Martínez, C., Ross, L. 1997. The effects of salinity and temperature on the growth and survival rates of juvenile white shrimp, *Penaeus vannamei*. Boone, 1931. Aquaculture 157. pp 107-115.
- Portner, H. O., Knust, R. 2007. Climate change affects marine fishes through the oxygen limitation of thermal tolerance. Science 315:95-97.
- Puente, E. 2009. Respuesta fisiológicas de juveniles de camarón blanco *Litopenaeus vannamei*, a condiciones oscilantes de oxígeno disuelto y temperatura. Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Tesis Doctoral.
- Rosas, C., López, N., Mercado, P., Martínez, E. 2001. Effect of salinity acclimation on oxygen consumption of juvenile of the White shrimp *Litopenaeus vannamei*. J. Crust. Biol., 21: 912-922.
- Ruiz-Velazco, J. M. J., Hernández-Llamas, A., Gómez-Muñoz, V. M., Magallón, F. J. 2010a. Dynamics of intensive production of shrimp *Litopenaeus vannamei* affected by white spot disease. Aquaculture 300: 113-119.
- Ruiz-Velazco, J.M.J., Hernández-Llamas, A., Gómez-Muñoz, V.M. 2010b. Management of stocking density, pond size, starting time of aeration, and duration of cultivation for intensive comercial production of shrimp *Litopenaeus vannamei*. Aquacultural Engineering 43, 114-119.

- Ruiz-Velazco, J. M. J. 2011. Modelo bio-económico para el análisis de riesgo del cultivo intensivo de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*). Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Tesis Doctoral.
- Ruiz-Velazco, J. M. J., Estrada, M., Hernández, A., Nieto, J. T., Peña, E. 2013. Stock model and multivariate analysis for prediction of semi-intensive production of shrimp *Litopenaeus vannamei* as a function of water quality and management variables: A stochastic approach. *Aquacultural Engineering* 56, 34- 41.
- Villarreal, H., Hinojosa, P., Naranjo, J. 1994. Effect of temperature and oxygen consumption of laboratory produced *Penaeus vannamei* postlarvae. *Comp. Biochem. Physiol.*108A. No. 2/3. pp 331-336.
- Wheaton, F. W. 1977. *Aquacultural Engineering*, second printing. Robert E. Krieger Publishing Company. Malabar, Florida.

