

Influencia de los parámetros ambientales en el crecimiento de camarones *Litopenaeus* en el sistema de cultivo semi-intensivo, en la granja " Campa s.a."

Pablo Guerrero Gutiérrez,* Mario A. Gutiérrez Gutiérrez,**
Martín Lezama López.**

Resumen. - La influencia de parámetros ambientales (físico-químicos) en el desarrollo de camarones *Litopenaeus* cultivados en el período seco, en una granja cuyo sistema productivo es semi-intensivo, se muestra en las variaciones de su crecimiento. La salinidad el parámetro de mayor influencia, dado que sus fluctuaciones resultaron estadísticamente significativas en tres de los cuatro estanques de producción de camarones de exportación, muestreados en este estudio. La salinidad resultó ser el factor ambiental que mejor explica las variaciones del crecimiento de camarones cultivados ($95.4\% < r^2 < 99.3\%$, $0.005 < P < 0.099$), funcionando como parámetro de predicción del crecimiento de ésta especie. El estudio se realizó en la empresa productora de Camarones Camarones del Pacífico S.A (CAMPAS.A), en el período comprendido entre octubre/1996 a marzo/1997.

Introducción

El cultivo del camarón está influenciado por diferentes factores, entre los cuales se destaca el físico-químico del ambiente acuático, considerado esencial para la definición de un buen plan de manejo del cultivo. Sobre este factor se conoce muy poco en Nicaragua, debido a que se aplican parámetros desarrollados en Indonesia, Estados Unidos, Ecuador, Perú, y otros países de América del Sur (Villalón, 1994), que han logrado un desarrollo temprano de la camaronicultura.

El auge creciente que ha tomado en los últimos años la camaronicultura en Nicara-

gua demuestra: un aumento significativo tanto en número de granjas, como en áreas de producción, el incremento del PIB y el crecimiento de los beneficios sociales que aporta al país. En 1997, se reporta un total de 6,069.80 Ha. destinadas a la producción de camarones de exportación, mediante el manejo de los sistemas productivos artesanal, extensivo y semi-intensivo. La producción arrojó un total de 7 millones de libras, que representaron un ingreso de US\$ 24 millones de dólares, equivalentes a un 3.5% aproximadamente del valor de las exportaciones del país (Saborío, 1998).

Este auge obliga a investigadores y productores a la identificación de parámetros

* Investigador Asociado, Departamento de Ciencias Ambientales-UCA.

** Profesor Investigador, Departamento de Ciencias Ambientales-UCA.

Nota: Investigación patrocinada por CIC. UCA, JICA y Campa, S.A.

ambientales que influyen en el crecimiento de las larvas y que permiten a su vez diseñar alternativas de manejo más adecuadas para los ambientes marino-costeros del Estero Real. La descripción de la influencia de los factores ambientales (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, pH, transparencia y consumo de oxígeno) en el crecimiento de los camarones (*Litopeneidos*) cultivados en un sistema semi-intensivo, durante el período seco, permitirá evaluar e identificar su influencia en los niveles de producción de la granja "Camarones del Pacífico, S.A." (CAMPAS.A.).

Materiales y método

La investigación desarrollada en este trabajo es de tipo no experimental, con diseño transeccional y características correlacionales/causales. (Hernández, *et al.* 1994). La granja camaronera CAMPAS.A. está ubicada en los Playones de Santa Catarina, municipio de El Viejo, departamento de Chinandega, propiamente en las riberas del estero El Chorro, ramal del Estero Real. La granja está localizada en las coordenadas siguientes: Latitud 1426.20°, 1423.50°, 1425.05°, 1426.40° y Longitud 459.15°, 459.30°, 454.30° y 454.30°.

La granja cuenta aproximadamente con 456 Ha. de espejo de agua. Está dividida en dos zonas de producción: la zona P, conformada por 19 estanques numerados del P-1 al P-19 con dimensiones de 12.3 Ha.; dos lagunas (L-1 y L-2) y 6 viveros (V1-V6) con un área de 1.2 Ha. cada uno. La zona S que comprende los estanques número S-20 al S-31 y los estanques S-35 y S-36, cada uno con un área de 12.3 Ha. Los estanques son de forma regular, con taludes

y fondo de tierra, con un área de 12.3 Ha., una profundidad promedio de 1.80 m. y un nivel de operación de 1.20 m. de tirante de agua. El sistema de cultivo que implementa la granja es el semi-intensivo, con densidades de siembra entre 15 - 19 pl/m², con suministro diario de alimento y recambio de agua del 10% del volumen total del estanque.

La granja cuenta con un total de 34 estanques. Para el estudio se seleccionaron 4 de ellos, (2 estanques de la zona P y dos estanques de la zona S). En esta selección se buscó que los estanques cumplieran con los requisitos de ciclos completos de siembra y cosecha, lo que correspondió al período de octubre 1996 a marzo 1997, representando esta muestra el 11,8% del área de cultivo.

Variables físico-químicas

Los parámetros de medida y descripción de los factores físico-químicos observados durante el período de cultivo fueron: la temperatura, salinidad, pH, oxígeno disuelto (OD), transparencia y consumo de oxígeno del ambiente acuático. Los instrumentos utilizados fueron los que usualmente maneja la granja CAMPAS.A.: oxigenómetro y termómetro modelo YSI-55, pH meter modelo EsD 119 SANDY DR., refractómetro manual modelo RHS-10 y un disco Secchi. El consumo de oxígeno, se determinó como la diferencia existente entre los valores de oxígeno disuelto observados en una lectura de la mañana y los valores de la lectura del oxígeno disuelto observados la tarde anterior. Los parámetros se midieron dos veces al día: a las 5 a.m. y las 2 p.m., exceptuando la salinidad que se midió una vez al día a las 2 p.m.

Los efectos ambientales sobre el crecimiento en peso de los camarones *Litopeneidos* logró determinarse, mediante la identificación del factor de mayor influencia. Se utilizó como referencia la variable índice de crecimiento (variable dependiente), la que se define como la relación de crecimiento, en peso, entre los días de cultivo, multiplicada por el número de semanas, donde $IC = \text{Peso} / \text{N}^\circ \text{ días} * 7$.

Análisis estadístico

Los datos de las variables: oxígeno disuelto (OD), temperatura, pH, salinidad, transparencia, consumo e índice de crecimiento, se ordenaron en matrices de promedios semanales, para verificar la tendencia y normalidad de las variables durante el ciclo de cultivo a través de pruebas

de Kurtosis y asimetría. Estas pruebas constituyen un requisito indispensable para la aplicación de la prueba siguiente llamada *análisis de correlación múltiple*, propuesta por Sokal and Rohlf (1981). Para el análisis de los resultados de las correlaciones entre materiales se utilizó el programa *Statgraphics Plus V. 3.2* (SGPlus-Manugistics) para todos los análisis numéricos.

Resultados y discusión

De las 9 variables seleccionadas se obtuvo 1,200 datos por estanque, totalizando 4,800 registros en las cuatro unidades muestrales. Se agruparon en promedios semanales, las que se pueden observar en el cuadro N° 1. En el cuadro N° 2 se muestra el análisis de Kurtosis y Asimetría de las variables, las que

Cuadro N° 1

Rango, promedio de desviación estándar (DE) y coeficiente de variación (CV), de variables ambientales registradas en 4 pilas de cultivo de camarones, CAMPA S.A., Octubre/1996- marzo/1997.

Variable	Pila P.9				Pila P.19				Pila P.29				Pila P.38			
	Rango	Prm	D.E	C.V	Rango	Prm	D.E	C.V	Rango	Prm	D.E	C.V	Rango	Prm	D.E	C.V
O ₂ a.m	5.1-6.5	5.6	0.4	7.2	4.0-6.4	5.0	0.7	13.2	3.6-6.6	4.9	1.0	20.0	4.7-7.1	5.9	0.7	12.0
PH a.m	7.4-8.3	8.0	0.3	3.8	7.5-8.3	8.0	0.3	3.3	7.5-8.8	8.1	0.4	4.5	7.5-9.0	8.1	0.4	5.3
Tem. a.m	25.6-28.6	27.0	0.8	3.0	25.4-28.7	26.7	0.9	3.3	26.3-30.4	28.3	1.4	5.1	26.0-30.2	27.7	1.3	4.7
O ₂ p.m	7.5-11.7	9.2	1.3	14.2	7.7-10.7	8.9	0.9	10.1	6.3-11.3	9.2	1.3	14.3	6.7-14.6	10.1	2.0	19.8
PH p.m	7.6-8.5	8.1	0.3	4.1	7.6-8.5	8.2	0.3	3.6	7.6-8.9	8.3	0.4	4.3	7.6-9.2	8.4	0.5	6.2
Tem. p.m	27.9-30.7	29.1	0.8	2.6	27.8-31.4	29.3	0.9	3.1	28.3-33.1	30.5	1.5	4.8	27.3-32.5	29.9	1.5	4.9
Salinidad	12.7-35.6	21.2	8.3	39.3	14.8-35.6	24.5	7.3	30.0	7.7-24.5	14.6	5.2	35.4	8.0-27.8	14.9	6.4	42.8
Transp.	29.4-54.3	40.3	6.4	15.8	34.5-45.0	38.6	3.0	7.8	21.5-54.7	33.0	10	30.3	20.6-59.6	38.1	10.2	26.7
Consumo	1.5-5.1	2.9	1.1	37.3	00.0-6.1	3.5	1.1	30.4	0.6-6.2	2.6	1.4	54.8	0.5-7.4	2.4	2.1	87.3

se mantuvieron dentro de los rangos de menos uno (-1) y más uno (+1), los que muestran la tendencia a la normalidad de

los datos por cada variable; requisito indispensable para la realización del análisis de regresión múltiple.

Cuadro N° 2

Análisis de Kurtosis y Asimetría para determinar la tendencia y la normalidad de las variables, para el análisis de regresión múltiple en 4 pilas de cultivo de camarón, CAMPA S.A, octubre/1996- marzo/1997.

Variable	Pila P.9		Pila P.19		Pila P.29		Pila P.38	
	Kurtosis	Asimetría	Kurtosis	Asimetría	Kurtosis	Asimetría	Kurtosis	Asimetría
O ₂ a.m.	0.086	0.647	-0.523	0.107	-1.53	-0.086	-1.229	-0.325
pH a.m.	1.069	-1.484	4.096	0.079	-0.367	4.096	-1.452	0.297
Tem. a.m.	-0.638	0.129	0.541	0.716	-1.239	0.541	3.874	1.599
O ₂ p.m.	-1.368	-0.088	-0.982	0.122	0.773	-0.982	-0.829	0.717
pH p.m.	2.147	-1.707	8.266	-2.574	-0.390	8.266	-1.084	-0.222
Tem. p.m.	-0.323	0.283	0.028	0.518	-0.531	0.028	2.949	0.601
Salinidad	-0.914	-0.572	-0.070	-0.881	-0.786	-0.070	-1.400	0.225
Transp.	0.936	0.038	-0.559	0.316	-0.758	-0.559	-0.707	-0.599
Consumo	-1.260	0.271	0.180	0.686	-0.128	0.180	-1.271	0.458

Análisis de la correlación múltiple de las variables ambientales

En el cuadro N° 3 se muestra los resultados resumidos de las pilas P.9, P.19, P.29, P.38, que presentaron valores coeficientes de determinación múltiple, ajustados al 81.1% y 98.8%, indicando que más del 80% de las variaciones del incremento en peso de los camarones está explicado por el comportamiento de la salinidad, temperatura (me-

diciones en a.m. y p.m.), transparencia y consumo de oxígeno. Así mismo, los valores de r-cuadrado presentan rangos entre el 95.4% y el 99.3% expresando que el crecimiento en peso de los camarones para este período de cultivo, estuvo afectado por las fluctuaciones de las variables ambientales anteriormente citadas.

Estos resultados concuerdan con la opinión de Martínez (1993), quien expone que los

Cuadro N° 3

Valores del estadístico (T) y valores de significación (P) de las variables por cada pila., CAMPA S.A, octubre/1996- marzo/1997.

Variable	Pila P.9		Pila P.19		Pila P.29		Pila P.38	
	P	T	P	T	P	T	P	T
O ₂ a.m.	0.92	0.097	0.91	-0.117	0.21	1.417	0.63	0.532
pH a.m.	0.11	-1.945	0.92	-0.095	0.43	0.855	0.98	-0.020
Tem a.m.	0.63	-0.506	0.96	0.051	0.80	-0.258	0.82	0.240
O ₂ p.m.	0.51	-0.707	0.88	-0.095	0.20	-1.445	0.64	-0.503
pH p.m.	0.41	0.893	0.85	-0.197	0.43	-0.845	0.95	0.066
Tem p.m.	0.67	-0.438	0.79	-0.274	0.53	-0.670	0.75	0.550
Salinidad	**0.005	8.139	*0.032	2.944	0.29	1.161	*0.049	3.200
Transp.	0.12	1.822	0.28	-1.191	0.31	1.103	0.51	-0.727
Consumo	0.09	2.022	0.78	0.294	0.15	1.684	0.72	0.391

** significativo para $\alpha = 0.05$

factores ambientales no tienen comportamiento totalmente independiente, sino que están sometidos a leyes de equilibrio dinámico y muchos interactúan entre sí. De ellos se estudia el efecto que tienen sobre el crecimiento, ya sea de manera independiente o en interacción.

El cuadro N° 3 muestra que la variable salinidad presenta valores de significación (P), de **0.005, *0.032 y *0.049 en los estanques P.9, P.19 y P. 38, respectivamente. Estos valores permiten inferir que la salinidad es la variable de mayor influencia en las variaciones del crecimiento de los camarones cultivados en la época seca, y que es la más apropiada para explicar el incremento en el peso de los camarones durante este período.

El análisis para la pila P.29, demostró que ninguna de las variables resultó ser estadísticamente significativa para el crecimiento del peso de los camarones; sin embargo, los valores de r- cuadrado múltiple (95.4%) y del coeficiente de determinación

múltiple (81.1%), demuestran que existe gran influencia de las variables ambientales en el crecimiento de los camarones en el período seco de cultivo.

Las variaciones semanales de salinidad (ppt) y del índice de crecimiento (IC) de los camarones se presentan en las gráficas correspondientes a cada pila muestreada. En la ilustración N°1. se observa una tendencia en el incremento de la salinidad durante el cultivo, manteniendo los valores dentro de los rangos permisibles para un buen crecimiento, de acuerdo con lo recomendado por Tórez (1991), Villalón (1994), Franco (1994), Clifford II (1994) y Martínez-Lin (1994). Por su parte, la curva del índice de crecimiento (IC) presentó valores promedios entre 0.5-0.6 lo que indica un incremento de peso semanal aceptable para una época seca (peso promedio de 9.3 gr al final del cultivo), de acuerdo con el valor del índice de crecimiento semanal de 0.5 fijado por CAMPA S.A.(1997). Este valor en el índice de crecimiento es utilizado como indicador de rentabilidad.

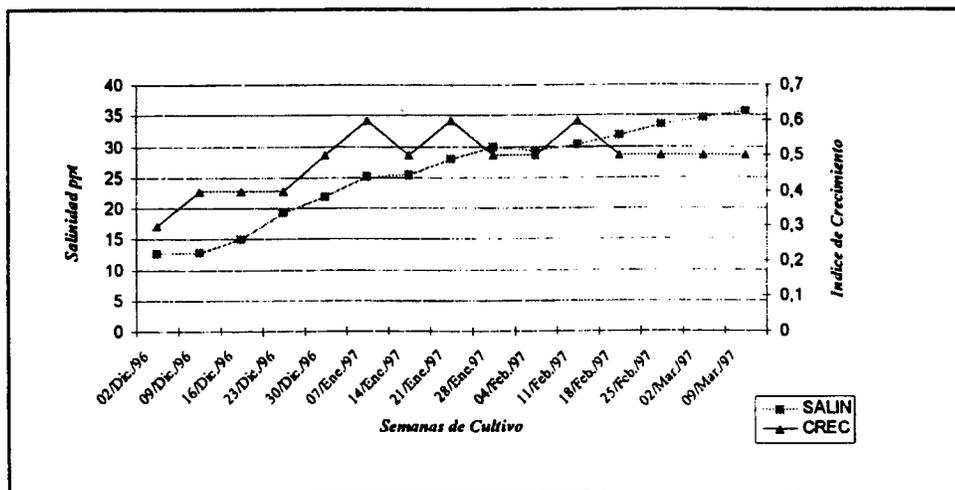


Ilustración N°1. Variaciones semanales de salinidad (ppt) y del índice de crecimiento, pila P.9.

Las fluctuaciones en los valores semanales del índice de crecimiento es un comportamiento que se presenta con mucha frecuencia en los muestreos de crecimiento, debido al hábito migratorio de los camarones ocasionado por el movimiento de las mareas o "aguajes" según lo afirman Bardach *et al.* (1986), García y Le Reste (1987) y Martínez (1993). También las fluctuaciones pueden originarse por errores en la toma de muestra y hora de muestreo, grado de eficiencia del muestreador, condiciones climáticas y condiciones fisiológicas, entre otras situaciones.

En la ilustración N°2 se observa el incremento de la salinidad cuyo rango se mantuvo entre 15- 35.6 ppt, valores que según Tórez (1991), Villalón (1994), Clifford II (1994) y Martínez-Lin (1994), se encuentran dentro de los parámetros aceptables para el crecimiento de los camarones. El índice de crecimiento de la pila 19 se mantuvo entre los rangos 0.6-0.7, siendo estos valores más altos que los presentados por las pilas P.9, P29 y P38. El peso promedio alcanzado por la pila 19 fue de 12.7gr. Las fluctuaciones observadas en la curva del índice de crecimiento, en la octava semana

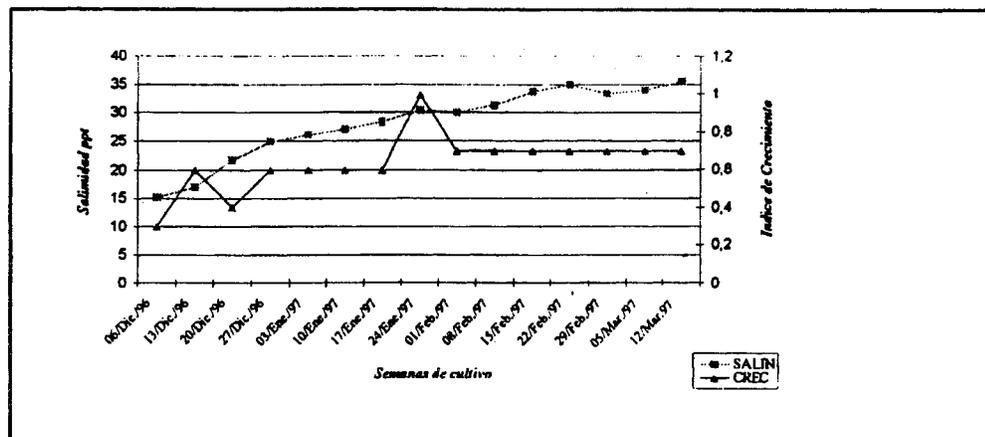


Ilustración N° 2 Variaciones semanales de salinidad (ppt) y del índice de crecimiento, pila 19.

de muestreo, se atribuyen a errores del muestreo.

En la ilustración N° 3 se muestra los valores de la salinidad y del índice de crecimiento de la pila P-38, cuya curva de salinidad tiene un comportamiento similar al de las pilas anteriores; sin embargo, los rangos de salinidad que presentó fueron entre 9-27.6 ppt, y un promedio de 18.7 ppt. Los valores bajos de salinidad en la pila P.38 se atri-

buyen a que fue sembrada en octubre, período de salida de la época lluviosa que por precipitación incorporó agua dulce al sistema a través del estero en el recambio de agua; El índice de crecimiento promedio semanal presentado por esta pila fue de 0.5, lo que indica que mantuvo un ritmo de crecimiento aceptable, si tomamos en consideración el índice de crecimiento semanal propuesto por CAMPA, para cultivos de la época seca.

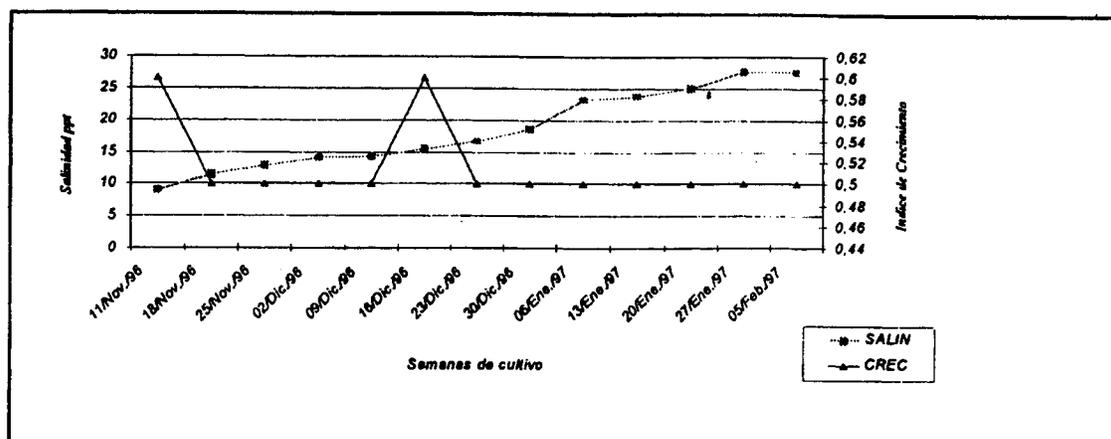


Ilustración N° 3 Variaciones de salinidad (ppt) y del Índice de crecimiento, pila 38.

Igual que en la ilustración N°2 (pila P19), la ilustración N°3 de la pila 38 presenta un valor muy alto en la curva del índice de crecimiento (semana ocho y seis en las figuras 2 y 3, respectivamente). Esta no es una tendencia típica en el crecimiento y comportamiento del camarón, de acuerdo con lo afirmado por Bardach *et al.* (1986), García y Le Reste (1987) y Martínez (1993), por lo que se deduce que existe un error en el muestreo. La ilustración N°4, que corresponde a la pila P29 muestra cómo los valores de la curva de salinidad tienen comportamientos diferentes al resto de las pilas muestreadas. El descenso de los valores en las primeras seis semanas de muestreo (20.4 hasta 7.7

ppt) se atribuye a que la fecha de siembra de esta pila fue antecedida por unos meses de sequía provocados por efectos del Niño. Desde la sexta semana hasta la última de cultivo, los valores de salinidad inician un ascenso desde 7.7 ppt hasta 26 ppt. (Salinidad promedio de 17 ppt.). Por su parte, el índice de crecimiento semanal asciende desde 0.4 hasta 0.8 en las primeras seis semanas, estabilizándose por cuatro semanas, para luego descender hasta 0.6, valor que conservó hasta el final del ciclo. El peso promedio al final del ciclo de la pila P.29, fue de 10.5 gr., con una productividad de 716 kg./Ha.

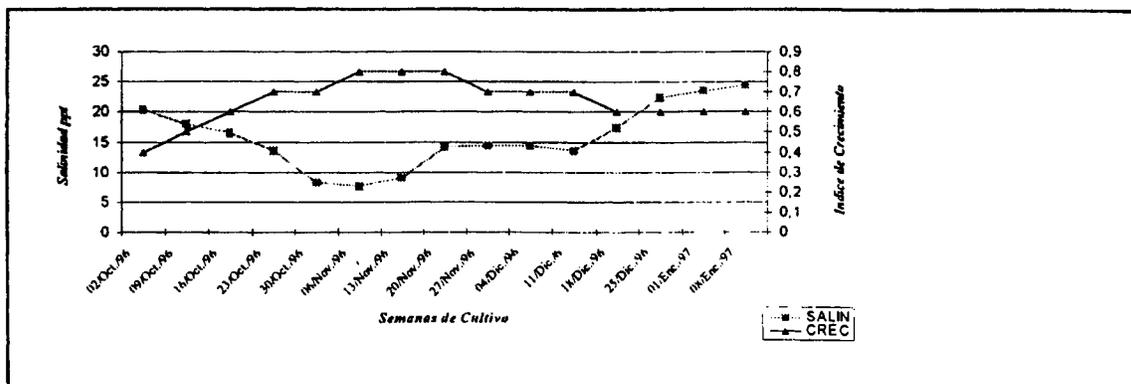


Ilustración N° 4. Variaciones semanales de salinidad (ppt) y del Índice de crecimiento, pila 29.

En la pila N°29 ninguna de las variables consideradas en el estudio resultó ser estadísticamente significativa para el crecimiento de los camarones; sin embargo, en el cuadro N°3 (valores estadístico T y de significación P), se demuestra que las fluctuaciones de los factores ambientales inciden directa o indirectamente en el crecimiento de los camarones cultivados en la época seca. En consecuencia, las variaciones en el incremento del peso de los camarones de la pila P29 se atribuyen a la alta mortalidad durante las primeras semanas de cultivo. Esta pila presentó un porcentaje bajo de sobrevivencia con valor de 29.3% (porcentaje más bajo que el resto de las pilas) y de baja densidad de siembra 16.1 pl/m².

Conclusiones

El análisis de los resultados condujo a las siguientes conclusiones: la variación de los factores ambientales (parámetros físico-químicos) presentados durante el ciclo de cultivo, se mantuvieron dentro de los rangos normales establecidos para un buen crecimiento de los camarones *Litopeneidos* cultivados. Las variaciones de los factores ambientales influyen directamente en el crecimiento de los camarones, en situaciones en que la densidad, calidad del agua y alimentación son controladas.

La salinidad es la variable que en las pilas P.9, P.19 y P. 38 resultó ser estadísticamente significativa en la variación del incremento del peso de los camarones cultivados en la época seca; siendo esta variable la que mejor explica el comportamiento de la curva de crecimiento y su predicción durante todo el ciclo de cultivo.

En la pila P.29, aunque las variaciones en el crecimiento de los camarones está influenciado por el 62.4% del coeficiente de determinación múltiple, ajustado a las variables físico-químicas, ninguna de éstas resultó ser estadísticamente significativa para el crecimiento.

La densidad de siembra y el porcentaje de sobrevivencia obtenido durante el cultivo son variables que independiente de los factores ambientales, inciden en el crecimiento de los camarones cultivados.

El consumo de oxígeno, aunque no resultó estadísticamente significativo para el crecimiento de los camarones *Litopeneidos* cultivados, presentó fluctuaciones en los valores del coeficiente de variación, como consecuencia de los recambios periódicos de agua y de la aplicación de fertilizantes durante el cultivo. El consumo de oxígeno es una variable afectada por los valores de oxígeno disueltos en el agua, así como por los efectos de óxido – reducción del estanque. También se ve afectado por las variaciones de salinidad y la temperatura del agua.

Recomendaciones

El análisis y la información recopilada y procesada conducen a identificar la necesidad de continuar con la realización de evaluaciones e investigaciones sobre la influencia de los factores ambientales, en los ciclos productivos del período lluvioso: ciclos que abarquen períodos lluvioso-seco y seco-lluvioso; también se evidenció la necesidad de realizar evaluaciones estadísticas de datos que permitan describir

con mayor aproximación la influencia de los parámetros físico-químico sobre el crecimiento del camarón *Litopeneidos*, de las granjas que operan bajo el sistema semi-intensivo.

Es necesario incluir en las evaluaciones estadísticas de correlación múltiple otros factores ambientales que no fueron considerados en esta investigación, como: fósforo total, nitrógeno total, amonio (NH_4^+), amoníaco (NH_3), nitrito (NO_2^-), nitrato (NO_3^-), sulfuro de hidrógeno (H_2S) y silicato (SiO_4^{2-}), con el fin de establecer un programa de monitoreo estricto de la calidad del agua y de la tasa de recambio durante el ciclo de cultivo.

Realizar ensayos en los que se combinen variables ambientales controladas, de

acuerdo con las condiciones de cultivo de cada granja, lo que permitirá determinar rangos óptimos de crecimiento y sobrevivencia de los camarones *Litopeneidos* cultivados en diferentes zonas, sean éstas de aguas oceánicas, estuarinas o de golfo. En estos ensayos igualmente podría determinarse el efecto de las variables físico-químicas en la biología y en la fisiología del camarón.

Determinar el factor de corrección de muestreo de crecimiento que permita: ajustar los datos para cada fase del ciclo lunar, crear un programa de supervisión de los muestreos durante el cultivo y determinar las densidades de siembras adecuadas, en cada época del año y en cada granja productora de camarones.

Bibliografía

- BARDACH, J.; RYTHER, J. y MCLARNEY, W. (1986). Acuicultura, crianza y cultivo de organismos marinos y de agua dulce. México, D. F. AGT Editor S.A.
- CAMPA S.A (1997). *Manual de Operación de la granja Camarones del Pacífico*. Nicaragua, CAMPA S.A.
- CLIFFORD III, H. (1994). "Semi-intensive Sensation", en *World Aquaculture*, September, 25(3): 6-104.
- FRANCO, A. (1994). *Manejo técnico de granjas camaroneeras*, Managua. MEDEPESCA.
- GARCÍA, S. y LE RESTE, L. (1987). *Ciclos vitales, dinámica de población de los camarones Peneidos Costeros*. Roma. F.A.O.
- HERNÁNDEZ, R. C. FERNÁNDEZ, P. BAPTISTA, (1994). *Metodología a la investigación*. México D.F., McGRAW-Hill Interamericana de México.
- MARTÍNEZ, L. (1993). *Camaronicultura*. México D.F. AGT. Editor. S.A..
- MARTÍNEZ, E. y LIN, F. (1994). *Manual para el cultivo de camarones marinos del género penaeus*. León. UNAN-LEON, Dto. de Biología.
- SABORIO, A. (1998). *Situación actual de la camaronicultura en Nicaragua*. Dirección de Acuicultura, Managua. MEDE-PESCA
- SOKAL, R y RHOLF, F. (1981). *Biometry, The principles and practice of statistics in biological reseach*. New York., W.H Freeman and Company, second edition.
- TÓRREZ, A. (1991). *Manual práctico de cultivo de camarón en Honduras, Federación de Productores y Exportadores Agropecuarios Agroindustriales de Honduras*. Honduras.
- VILLALÓN, J. (1994). *Manual práctico para la producción comercial semi-intensiva de camarón marino*, Texas A&M University Sea Grant College Program. Texas.