

00381
22



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**EVALUACION DE ALGUNOS PARAMETROS BIOTICOS Y
ABIOTICOS SOBRE EL CRECIMIENTO Y PRODUCCION
ACUICOLA DE LANGOSTINO *Macrobrachium rosenbergii* (DE
MAN, 1876) EN ESTANQUES RUSTICOS.**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE
DOCTOR EN CIENCIAS (BIOLOGIA)
P R E S E N T A**

JOSE GUADALUPE GRANADOS RAMIREZ

282980

DIRECTOR DE TESIS: DR. JOSE LUIS ARREDONDO FIGUEROA



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. José Luis Arredondo Figueroa de la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, por la dirección del presente trabajo y por el apoyo que siempre me ha brindado.

Al Honorable Jurado:

Dr. Carlos Rosas Vazquez
Dr. Demetrio Porras Díaz Ordaz
Dra. Sonia Sofia Espina Aguilera
Dra. Ruth Cecilia Venegas Perez
Dr. Adolfo Gracia Gasca
Dra. Norma Angelica Navarrete Salgado

Por sus importantes comentarios y sugerencias al trabajo, así mismo por todas las facilidades y tiempo que me proporcionaron durante la revisión del presente.

Agradezco muy afectuosamente el apoyo al trabajo de campo y de laboratorio de los actualmente Biologos; Laura Olivia Meza, Lucia Guillermina, Francisca Isela, Roberto Trejo, Judith Garcia y Arturo Espinosa.

DEDICATORIAS

Dedico el presente a mis hijos:

Yoseph-Markc ; Yhania y mi adorable Chispa Yerandi.

A mi pareja María de la Luz
quien me ha dado a
estos tres seres que
actualmente llenan mi vida.

De manera muy especial a mi padre Feliciano Granados García

Y a la mujer más grande de mi vida y que ahora ya no esta con nosotros Mi Madre Leobarda Ramirez Martínez que a donde quiera que estes siempre te recordaré.

CONTENIDO

	Páginas
RELACION DE TABLAS Y FIGURAS	
RESUMEN	
ABSTRACT	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	6
III. OBJETIVOS	10
IV. AREA DE ESTUDIO	12
V. MATERIALES Y METODOS	17
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
CALIDAD DEL AGUA	24
INDICADORES DE LA PRODUCTIVIDAD PRIMARIA	46
CRECIMIENTO, PRODUCCIÓN Y FACTOR DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA	61
MODELOS MULTIVARIADOS DESCRIPTIVOS Y PREDICTIVOS	75
VII. CONCLUSIONES	86
VIII. BIBLIOGRAFIA	92

RELACION DE FIGURAS Y TABLAS

Relación de Figuras.

Fig. 1. Localización geográfica de la zona donde se ubica la Unidad "El Jicarero".

Fig. 2. Precipitación pluvial y evaporación en mm y temperatura del aire (°C) durante el periodo de Junio de 1991 a Enero de 1992.

Fig. 3. Mapa de la Unidad "El Jicarero", Municipio de Jojutla, Morelos, se indican los estanques utilizados en el experimento.

Fig. 4. Valores de la temperatura del agua (°C) registrados en los estanques, durante el presente estudio.

Fig. 5. Valores de la conductividad ($\mu\text{mhos/cm}$) registrados en el agua de los estanques, durante el presente estudio.

Fig. 6. Valores de pH registrados en el agua de los estanques, durante el presente estudio.

Fig. 7. Valores de cloruros (mg/l) registrados en el agua de los estanques, durante el presente estudio..

Fig. 8. Valores de la alcalinidad total (mg/l) registrados en el agua de los estanques, durante el presente estudio.

Fig. 9. Valores de la dureza total (mg/l) registrados en el agua de los estanques, durante el presente estudio..

Fig. 10. Valores del total de sólidos disueltos (g/l) registrados en el agua de los estanques, durante el presente estudio.

Fig. 11. Valores de oxígeno disuelto (mg/l) registrados en el agua de los estanques, durante el presente estudio.

Fig. 12. Valores de nitrógeno total (mg/l) registrados en el agua de los estanques, durante el presente estudio.

Fig. 13. Valores de fósforo total (mg/l) registrados en el agua de los estanques, durante el presente estudio.

Fig. 14. Valores de densidad del fitoplancton ($\text{cél/l} \times 10^5$) registrados en la columna de agua de los estanques durante el presente estudio.

Fig. 15. Valores de clorofila "a" ($\mu\text{g/l}$) registrados en la columna de agua de los estanques durante el presente estudio.

Fig. 16. Valores de productividad primaria gruesa (mgC/l^1 . 4 horas) registrados en la columna de agua de los estanques durante el presente estudio.

Fig. 17. Valores de la respiración del fitoplancton (mgC/l^1 . 4 horas) registrados en la columna de agua de los estanques durante el presente estudio.

Fig. 18. Variación de los valores de longitud total (cm) del langostino cultivado en los estanques durante el presente estudio.

Fig. 19. Variación de los valores de peso (g) del langostino cultivado en los estanques durante el presente estudio.

Fig. 20. Relación longitud-peso del langostino cultivado en el estanque 20.

Fig. 21. Relación longitud-peso del langostino cultivado en el estanque 28.

Fig. 22. Relación longitud-peso del langostino cultivado en el estanque 2.

Fig. 23. Relación longitud-peso del langostino cultivado en el estanque 13.

Fig. 24. Relación longitud-peso del langostino cultivado en el estanque 4.

Fig. 25. Relación longitud-peso del langostino cultivado en el estanque 29.

Fig. 26. Variación de la biomasa de langostino en los estanques.

Fig. 27. Expresión gráfica del Análisis de Factor de las 17 variables registradas en los estanques.

Fig. 28. Expresión gráfica de la raíz canónica uno y dos, en la cual se muestra la clara separación entre los tratamientos (alimentos utilizados en el presente trabajo).

Fig. 29. Expresión gráfica de las funciones discriminantes 1 y 2.

Relación de Tablas.

Tabla 1. Características edáficas de los sedimentos de los estanques de la Unidad de Producción "El Jicarero".

Tabla 2. Total de organismos, densidad de siembra y alimento suministrado en cada estanque.

Tabla 3. Análisis químico proximal de los alimentos utilizados durante el periodo de cultivo de *M. Rosenbergii*.

Tabla 4. Relación del alimento suministrado durante el periodo experimental de acuerdo a la biomasa y el peso de los langostinos de cada estanque.

Tabla 5. Parámetros fisicoquímicos del agua de los seis estanques de cultivo con *M. rosenbergii*. Valores máximos, mínimos y promedio de los datos mensuales; desviación estándar y coeficiente de variación.

Tabla 6. Densidad fitoplanctónica, clorofila a, productividad primaria gruesa y valores de respiración en los estanques durante el periodo de cultivo de *M. rosenbergii*.

Tabla 7. Indicadores de crecimiento, rendimiento y supervivencia del langostino gigante (*M. rosenbergii*) durante el cultivo experimental.

Tabla 8. Tasa de crecimiento de *M. rosenbergii* cultivado en estanques rústicos, en comparación con los valores mencionados por diversos autores.

Tabla 9. Datos de sobrevivencia (S), rendimiento (P_1) y la productividad (P_2) de *M. rosenbergii* en función de la densidad de siembra (D) del presente trabajo y otros autores.

Tabla 10. Rendimiento obtenido por varios autores; por medio del uso de diferentes estrategias alimenticias utilizadas como un complemento para el crecimiento del langostino *Macrobrachium rosenbergii*.

Tabla 11. Valores estadísticos de las 17 variables obtenidas de cada uno de los estanques, separadas en compartimientos.

Tabla 12. Resultados del Análisis Factorial (AF), con el valor específico de cada componente y su variación.

Tabla 13. Resultados del Análisis Factorial (AF). Matriz de peso de las variables después de la rotación Varimax. Sólo se muestran los coeficientes con un valor > 0.70 .

Tabla 14. Resultados del Análisis Discriminante, agrupando las 17 variables y los tres tipos de alimentos suministrados al cultivo del langostino (Mezcla con Albamex; El Pedregal-Silver Cup y Alfa Nutrición de Purina).

Tabla 15. Resultados del análisis de las variables correlativas de la Raíz Canónica donde se muestran los grupos correlativos de cada raíz.

Tabla 16. Tabla de clasificación.

RESUMEN

Desde su introducción a México, el langostino gigante *Macrobrachium rosenbergii* ha representado un reto el cultivarlo y adecuarlo a las condiciones específicas de cada uno de los ambientes acuáticos del país. Para su producción dentro de las comunidades mexicanas, el campesino ha utilizado varias formas de cultivo empleando diferentes productos tales como los alimentos complementarios, sin tomar en cuenta la biología de la especie y mucho menos las condiciones bioecológicas que prevalecen durante su desarrollo. Por esta razón, el presente trabajo tiene como objetivo el evaluar la eficiencia productiva del cultivo de *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) en un sistema rural del estado de Morelos. El estudio se realizó en la Unidad "El Jicarero" ubicada en el Municipio de Jojutla, Morelos, entre los paralelos 18° 36' 08" de L.N. y los 99° 10' 08" de L.O. Las actividades se iniciaron en el mes de agosto de 1991 y finalizaron en el mes de enero de 1992. Se sembraron seis estanques rústicos con diferentes densidades de langostino y se utilizaron tres alimentos comerciales para su engorde y crecimiento, de acuerdo al modelo tradicional que se practica en la región.

Los resultados caracterizaron el agua de los estanques como de una elevada alcalinidad y dureza total, así como de una alta conductividad y un pH alcalino; condiciones ambientales adecuadas para desarrollar el cultivo del langostino. La temperatura y el oxígeno disuelto mostraron una mayor variación a lo largo del periodo de engorde; sus fluctuaciones se asocian con la época del año y con la intensidad del cultivo. La elevada alcalinidad y dureza del agua mostraron un alto grado de relación con la concentración de nitrógeno y de fósforo total, suficiente para el desarrollo del fitoplancton, el cual originó una productividad primaria sostenida, con índices de una eutrofia constante durante todo el periodo de engorde, siendo fundamental en el desarrollo del ecosistema estanque.

El crecimiento del langostino se considera aceptable, independientemente de los valores mínimos registrados en uno de los estanques. El aumento en peso por semana para el langostino en promedio fue de 0.47g a 1.38g y el incremento en longitud de 0.15 cm a 0.36 cm por semana. Con respecto al porcentaje de peso ganado por semana este fue de 4.95 a 4.98%. Los valores de la tasa de crecimiento instantáneo por semana fueron de 5.66 a 9.84% y la tasa de crecimiento específico fue de 1.10 a 1.32. Se aprecian diferencias entre los incrementos en peso promedio en los langostinos de cada uno de los estanques, por ejemplo: E-2=15.11g; E-4=13.07g; E-13=24.28g; E-20=9.48g; E-28=13.50g; E-29=27.73g; sobresaliendo este último valor. El mayor rendimiento correspondió a los langostinos que se les proporcionó alimento balanceado "El Pedregal" con valores de 1,120 a 2,010 kg/ha; en segundo lugar los langostinos alimentados con Albamex y la mezcla preparada por el campesino, con valores de 1,070 a 1,170 kg/ha y con el menor rendimiento a los langostinos que se les proporcionó alimento Alfa Nutrición, con promedios de 600 kg/ha y 1,330 kg/ha (E-20 y E-28) respectivamente. Comparados estos valores con la literatura los resultados son alentadores, por lo tanto el cultivo del langostino en el medio rural es prometedor.

ABSTRACT

The culture of the Malaysian giant prawn *Macrobrachium rosenbergii* culture has represented a challenge for most of Mexican aquaculturist due to the highly specified ecological and geographical conditions of our country. During several years the rural mexican communities had utilised different technological models applying regional products such as complementary foods without considering biological or bioecological conditions during their development. For this reason, this work had as a main objective evaluating the efficiency of the standing crop of the Malaysian giant prawn *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) in a rural cultured system at Morelos State. The study was carried out at El Jicarero Farm located in Jojutla County, Morelos State (18° 36' 08" NL and 99° 10' 08" WL). Activities were initiated in August of 1991 and terminated in January of 1992. The larvae of the giant prawn were introduced into six ponds with different densities and three commercial food were apply during the growth period, and according to the traditional model applied in the region.

Results indicated that water pond is characterised by high alkalinity, hardness, conductivity and an alkaline pH that can be considered as good for growth and survival rates for the species. Temperature and dissolved oxygen showed high variation along the growth period and is related with culture intensity. In the same maner high concentration of alkalinity and hardness maintained a direct relationship with total nitrogen and total phosphorous, which were enough to maintain high development of phytoplankton and consequently a sustainable primary production, with high eutrophia index during the experimental period that was fundamental in the dynamic pond.

Growth rate was considered acceptable, in spite of low values registered in one pond. Increases in weight per week fluctuated between 0.47 and 1.38 g and total length varied from 0.15 to 0.36 cm per week. Gained weight per week was of 4.95 to 4.98%. Instantaneous growth rate per week reached 5.66 to 9.84% and specific growth rate ranged from 1.10 to 1.32 respectively. Differences in an increase average weight of prawn in ponds were appreciated, for example: P-2 = 15.11 g; P-4 = 13.07 g; P-13 = 24.28 g; P-20 = 9.48 g; P-28 = 13.50 g and P-29 = 27.73 g. The last value was higher to previous one. The highest standing crop was obtained with El Pedregal commercial food reaching from 1,120 to 2,010 kg/ha, followed by Albamex and complementary food with 1,070 to 1,170 kg/ha and finally Alfa Nutrion food with an average 600 to 1,330 kg/ha (P-20 and 28). If we compared these values with other obtained in similar conditions around the world it seems to be a good expectative for the rural areas of Mexico.

I. INTRODUCCIÓN

La acuicultura ha emergido como una nueva industria en los países desarrollados y en aquellos en vías de desarrollo. En los países con características geográficas y económicas adecuadas la actividad acuícola está dirigida principalmente a la producción de crustáceos decápodos entre los que destacan los camarones de la familia *Penaeidae* y el langostino de la familia *Palaemonidae* (Caro y Sosa, 1997).

A nivel mundial se reconoce la existencia de 127 especies de langostino, de las cuales 26 son originarias de América y 15 de éstas habitan en la República Mexicana, además de la especie *Macrobrachium rosenbergii* introducida en la década de los setenta (Villalobos, *et al.*, 1993). Más del 50% de las especies del género *Macrobrachium* que están representadas en América, son propias de México donde se distribuyen ampliamente en las aguas continentales así como en los ríos y lagunas costeras (Holthius, 1980).

De las 15 especies nativas de langostino, en sólo cuatro de ellas se han realizado estudios para establecer las posibilidades que tienen para ser cultivadas y explotadas comercialmente. En las costas del Golfo de México las más estudiadas son *Macrobrachium acanthurus* y *Macrobrachium carcinus* y en las del Pacífico *Macrobrachium tenellum* y *Macrobrachium americanum* (Rodríguez de la Cruz, 1985; Villalobos, 1982a). Actualmente en México existe una gran variabilidad en las capturas de estas especies y en el abasto a los principales centros de consumo convirtiéndolo en un producto de temporada. El aumento de la contaminación y la alteración del hábitat natural del langostino nativo han provocado una disminución sensible en sus cifras de explotación (PESCA, 1998) por lo que las perspectivas en cuanto al incremento de la producción ésta podría realizarse por medio de la acuicultura.

Las investigaciones que sobre el cultivo del langostino se han realizado en México no han logrado profundizar lo suficiente para tener pleno dominio de la

tecnología de cultivo de las especies nativas, así como de la especie introducida *Macrobrachium rosenbergii*. Esta especie es considerada como un organismo de fácil manejo, de aclimatación inmediata, crecimiento rápido, de buen sabor, alto rendimiento y elevado precio en el mercado (PESCA, 1988).

Las primeras investigaciones que se llevaron a cabo sobre el langostino *Macrobrachium rosenbergii* se concentraron en la producción de larvas en laboratorio y posteriormente se iniciaron los trabajos de su cultivo en sistemas cerrados y en sistemas abiertos en agua clara o en agua verde; el cultivo de langostino en agua verde se hace con el fin de proporcionarle a las larvas de langostino un medio rico en fitoplancton y que además ayude a desintoxicar el agua de desechos metabólicos derivados de las larvas, así como de sobrantes de comida, actuando finalmente como filtro biológico. También existen estudios sobre los métodos de "engorde"; por sus contribuciones destacan los trabajos realizados por Fujimura (1974), en Hawai, donde se ha desarrollado el cultivo masivo de la especie. De igual forma sobresalen los trabajos realizados por Aquacop (1983), encaminados principalmente a abordar los problemas sobre el cultivo de larvas de forma intensiva en "agua verde". Al mismo tiempo en la Universidad de Hawai se han realizado trabajos sobre genética, comportamiento, estructura de la población, producción y comercialización del langostino gigante (Malecha, 1983). En la Universidad de Jerusalén también se ha estudiado la estructura de la población y se han desarrollado los temas de pre-engorde, engorde y producción por medio de diferentes estrategias de cultivo (New, 1990 ; Griessinger, *et al.*, 1991).

Después de la introducción del langostino *Macrobrachium rosenbergii* a más de una veintena de países durante las décadas de 1970-1980 se ha podido apreciar que el cultivo del langostino Gigante de Malasia ha sostenido una producción de forma significativa en doce países; México figura en el quinto lugar de producción con un total de 360 ton para una superficie de 500 hectáreas (Griessinger, *et al.*, 1991).

En Tailandia, el cultivo se efectúa con una densidad de siembra de 16 org/m² bajo un sistema de repoblamiento continuo de 5 org/m² en sistemas integrales y después de 6 meses han obtenido una producción de 0.7-3 ton ha⁻¹ año⁻¹ con una supervivencia del 70 al 80 % en estanques de cosecha continua, utilizando para el engorde los productos agrícolas de la región como alimento complementario.

En Bangladesh bajo un clima de monzón, se practica una acuicultura extensiva y se mantienen bicultivos y policultivos como base de la producción, con una densidad de siembra de juveniles de 7 a 10/m² y con una fertilización intensiva en los estanques; después de ocho meses de crecimiento y engorde, el langostino alcanza pesos promedio entre 30 y 50 g (Griessinger, 1991).

En Taiwan, se inició con éxito el cultivo de *Macrobrachium rosenbergii*, después de 1974; se cultivaron masivamente las postlarvas tanto en sistemas controlados como en sistemas rústicos (500 millones de postlarvas por año). Se utilizaron todo tipo de estanques con densidades de 15 a 30 org/m² bajo un sistema de rotación y de cosecha continua, y con un rendimiento de 4 a 6 ton ha⁻¹ año⁻¹; la supervivencia al momento de la cosecha fue de 60 a 70 %. Para el engorde del langostino su alimentación se complementó por medio de gránulos balanceados (pellets), desperdicios de pescado y algunos productos agrícolas.

Brasil ocupa el cuarto lugar en la producción de esta especie, y obtuvo un desarrollo óptimo en 1983 con una basta infraestructura para el cultivo intensivo y extensivo en la región del Amazonas hasta la frontera con Uruguay. El sistema de cultivo que se manejó fue discontinuo, y con una densidad de siembra de 15 org/m²; después de ocho meses se inició la cosecha total del producto. Los estanques se alimentaron con agua de los ríos, la cual presentó una dureza y alcalinidad natural de 60 a 150 mg/l CaCO₃ adecuada para el crecimiento del langostino. Durante el engorde el campesino suministra diferentes productos agrícolas de la región o algunas mezclas preparadas por ellos con lo que

complementan la alimentación del langostino; la producción ha sido estimada en 450 ton en un total de 565 ha de estanques de cultivo, con rendimiento promedio de 0.8 ton ha⁻¹ año⁻¹.

Hawai en el año de 1984 obtuvo una producción de 144 ton con 126 ha cultivables. La producción de langostino se redujo con la introducción del cultivo de camarones *Peneidos* marinos a esta área a partir de 1985. Actualmente el cultivo de langostino se efectúa en cosecha continua, por medio de la selección de tamaños; con la densidad de siembra de 16 postlarvas/m² se ha logrado obtener una supervivencia del 55 al 70% con rendimientos que varían de 1.4 a 2.2 ton ha⁻¹ año⁻¹ (Griessinger, *et al.*, 1991).

En Israel los trabajos con el langostino *Macrobrachium rosenbergii* se iniciaron desde 1978. Con temperaturas de tipo invernal el periodo de crecimiento y engorde, se reduce a seis meses; por otra parte las técnicas de pre-engorde y engorde del langostino actualmente sostienen un cultivo discontinuo, generando un eficiente desarrollo del organismo. Los trabajos de Cohen *et al.* (1983) y Ra'anán y Cohen (1982) de la Universidad de Jerusalén, abordan los problemas de los mecanismos que rigen la estructura de la población durante el cultivo. En los monocultivos, bicultivos y policultivos, se han podido registrar los mejores rendimientos de este organismo, manejando una densidad de siembra de 18 a 30 postlarvas/m², un variado uso de fertilizantes y un suministro permanente de alimentos complementarios a base de diferentes productos agrícolas. En monocultivos de langostino y ciclos de 190 días se han obtenido rendimientos de 3.3 ton/ha y en bicultivos y policultivos de 2 a 2.5 ton/ha (Griessinger *et al.*, 1991; Rodríguez y Anzola, 1993).

El cultivo y reproducción del langostino *Macrobrachium rosenbergii* en México ha sido alentador, ya que se dispone de 14 granjas productoras de crías en todo el país, 9 de ellas pertenecen al sector privado y sostenía una demanda de más de 11 millones de postlarvas anuales hasta 1989. En estanques rústicos se sembraban

de 15 a 20 org/m², se proporcionaba alimentación complementaria a base de alimentos balanceados y mezclas preparadas con productos agrícolas de la región. En Sinaloa, Guerrero y Morelos el acuicultor ha logrado obtener pesos promedio de 30 g. La producción promedio estimada por hectárea es del orden de 1.5 a 2 ton/año con un modelo de cultivo discontinuo con base en monocultivos y algunos policultivos; la supervivencia es del 55 al 78% en la mayoría de los casos (Alvarado, 1999).

Las escasas investigaciones que se han llevado a cabo en México sobre las formas de cultivo, tasas de crecimiento, rendimiento y adaptación al medio de cultivo, no han logrado profundizar lo suficiente para tener un pleno dominio de la tecnología del cultivo de langostino *Macrobrachium rosenbergii*, a pesar de que se tienen experiencias positivas sobre su crianza.

II. ANTECEDENTES

La distribución original del langostino *Macrobrachium rosenbergii*, abarca las áreas tropicales y subtropicales de la región Indopacífica incluyendo los países de Pakistán, India, Ceilán, Tailandia, Malasia, Burma, Indonesia, Filipinas, Camboya y Vietnam principalmente. En estos países el cultivo es generalizado y se basa en la captura de postlarvas silvestres y el "engorde" en estanques rústicos (Domínguez, 1980; Pesca, 1988; Holtschmit, 1988a).

El cultivo intensivo y experimental se inició en Hawai, en donde Fujimura y Okamoto (1972) y Fujimura (1974), desarrollaron técnicas que permiten la producción a gran escala de estos organismos y manejaron diferentes densidades con una variedad de alternativas alimentarias (Arana, 1980). Estas técnicas han sido mejoradas y adaptadas a las condiciones de cada país de América Latina; primero en Honduras y los Estados Unidos de América (en particular los estados de Florida, Carolina del Sur, California y Lousiana entre los más citados) y posteriormente en el resto de los países de Centroamérica incluyendo México (Avilés y García, 1987).

En México el langostino *Macrobrachium rosenbergii* se importó por primera vez en 1973. Los organismos fueron traídos de la India y depositados en los estanques rústicos de la granja del poblado de Cacalotán en el Municipio de El Rosario, Sinaloa para su estudio y crecimiento (Arredondo, 1976). Posteriormente, se hicieron más introducciones desde Honduras, después desde Hawai y posteriormente de los Estados Unidos de Norteamérica (Pesca, 1988).

Los primeros estudios sobre el cultivo del langostino gigante en aguas mexicanas fueron auspiciados por la iniciativa privada; los resultados describen el crecimiento del langostino *Macrobrachium rosenbergii* y se hace notar que la especie es potencialmente cultivable y adecuada para el desarrollo acuícola del país (Arana, 1980).

En 1978 se continuaron los estudios sobre la adaptación, crecimiento y rendimiento acuícola y se importaron 30,000 postlarvas procedentes de Florida, las que se colocaron en los estanques de la granja de Coyuca de Benítez en el Estado de Guerrero. Después de un año de trabajo se constató que la especie tiene una amplia adaptación a las condiciones del lugar y un buen crecimiento con alimento balanceado para aves; por lo tanto es considerada como una especie con un amplio potencial acuícola para las microregiones de la Costa Grande y de la Costa Chica del estado de Guerrero (Valencia, 1980 y Villalobos, 1982).

Domínguez (1980) cita que los estudios sobre el crecimiento, adaptación y reproducción del langostino gigante se llevaron a cabo en diferentes partes del país, y por lo tanto propone integrar las alternativas más adecuadas para el cultivo, tomando en cuenta el comportamiento y los hábitos del organismo, que se traducirán en la optimización económica del cultivo. Zarur (1982) menciona que a raíz de la introducción del langostino gigante en la República Mexicana se han construido tres granjas para la producción de postlarvas de esta especie, asegurando el abastecimiento para las diferentes unidades acuícolas de "engorde" de los Estados que las requieran; se propone también una asesoría técnica en la producción de este organismo. De acuerdo con el Anuario Estadístico de Pesca 1998 (SEMARNAP, 1998) la producción de langostino por acuicultura controlada fue de tan sólo 18 toneladas en este año, mientras que la producción por pesquerías alcanzó más de 3,000 ton. Esto demuestra que la producción vía acuicultura se ha reducido significativamente en los últimos años en varios estados de la República.

Brick y Davis (1987) mencionan que los estudios básicos para el cultivo del langostino gigante se llevaron a cabo en las granjas e instalaciones pertenecientes a la entonces Delegación Federal de Pesca de cada Estado; el Fideicomiso Fondo Nacional para el Desarrollo Pesquero (FONDEPESCA) y en

algunas instituciones académicas de distintos niveles que disponían de infraestructura adecuada. Después de varios años de trabajos sistemáticos sobre el cultivo de langostino gigante, De La Torre y Tamayo (1986) realizaron el "engorde" de esta especie en estanques rústicos de la granja del poblado de Tecomán, Colima, y consideran que se obtuvo un adecuado crecimiento del organismo, con alimento balanceado para aves. El número de laboratorios productores de postlarvas de langostino inventariadas hasta 1986 fue de 14, repartidos tanto en el Golfo como en el Pacífico y con un abastecimiento a 48 unidades de "engorde" construidas en 11 Estados de la República (Avilés y García, 1987).

En el Estado de Morelos, Martínez (1987) cultivó el langostino Malayo en estanques rústicos en la Unidad "El Axocoche"; resalta que el alimento balanceado para aves que se proporcionó fue fundamental para incrementar substancialmente el peso y la talla del langostino. Hernández (1989) realizó un estudio sobre los hábitos alimenticios del langostino (de juvenil a adulto) en estanques rústicos y señala que hay cierta preferencia por alimento balanceado durante esta fase de su ciclo de vida en la Unidad de Engorde "El Axocoche" en el Estado de Morelos.

García y Espinosa (1992) evaluaron el crecimiento del langostino en dos estanques rústicos fertilizados con material orgánico y formulación química (triple 17), durante un ciclo de cultivo en la granja "El Jicarero" del municipio de Jojutla. Vázquez (1993), desarrolló un estudio sobre el rendimiento del langostino y manejó dos diferentes densidades, y como complemento alimenticio utilizó el alimento balanceado Silver Cup; los autores señalan que el buen uso y el adecuado suministro del alimento fueron fundamentales para obtener un importante rendimiento al momento de la cosecha.

Actualmente, en las diferentes granjas acuícolas del Estado de Morelos se utilizan diversas formas para cultivar langostino gigante (en las etapas de

crecimiento y engorde); se ha observado que existen limitaciones para el óptimo desarrollo del langostino *Macrobrachium rosenbergii*, entre las cuales es posible señalar las siguientes: 1) un desconocimiento total de la biología de la especie, 2) falta de conocimiento sobre la importancia de la calidad del agua para el cultivo de langostino, 3) aplicación inadecuada de los alimentos balanceados y otras mezclas, 4) mal uso de los fertilizantes ya sean orgánicos o químicos, 5) manejo inadecuado de los organismos y 6) un mercado inconsistente por la falta de calidad y tamaño en el producto de venta. Vergara y Barrera (1987) y Arreguin, (1988), consideran que los puntos antes señalados se deben de tomar en cuenta para no incurrir en errores y al final de cada ciclo de cultivo obtener un rendimiento adecuado del langostino gigante en los sistemas de producción intensiva y semi-intensiva.

Por lo señalado anteriormente el propósito del presente estudio es evaluar el crecimiento de *Macrobrachium rosenbergii* y el rendimiento del cultivo en función de los componentes bióticos y abióticos de los sistemas, instrumentados en los estanques rústicos. Tomar en cuenta el uso de algunos alimentos que como complemento nutricional el campesino suministra a diferentes densidades de siembra de langostino en las unidades de engorde de las diferentes zonas rurales del estado de Morelos, y así contribuir para el desarrollo pleno de la biotecnologías del cultivo de langostino gigante *Macrobrachium rosenbergii* en aguas tropicales de México, para lo cual se plantearon los siguientes objetivos:

III. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la eficiencia productiva del cultivo de *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) en un sistema rural del Estado de Morelos, México.

OBJETIVOS PARTICULARES.

a) Determinar la calidad del agua de seis estanques experimentales durante la etapa de crecimiento del langostino *Macrobrachium rosenbergii*: temperatura, total de sólidos disueltos, conductividad, pH, oxígeno disuelto, dureza, alcalinidad, clorinidad, nitrógeno total y fósforo total.

b) Valorar la abundancia de los organismos del fitoplancton, la concentración de la clorofila "a" y la productividad primaria gruesa, desarrollada en cada uno de los estanques de cultivo.

c) Analizar los indicadores del crecimiento considerados para el estudio del langostino: tasa instantánea de crecimiento, crecimiento relativo y crecimiento absoluto.

d) Evaluar el rendimiento y la producción por estanque del langostino gigante, tomando en cuenta el tipo de alimento complementario y la tasa de sobrevivencia del organismo en el momento de la cosecha.

Objetivos

e) Relacionar el crecimiento y el rendimiento del langostino con los componentes bióticos y abióticos evaluados, con la finalidad de reconocer el nivel de asociación bioecológico sostenido durante el cultivo experimental de este organismo, mediante el empleo del análisis multivariado.

IV. AREA DE ESTUDIO

La unidad Ejidal "El Jicarero", se ubica en el Municipio de Jojutla, Morelos y se localiza entre los paralelos 18° 36' 08" latitud Norte y los 99° 10' 08" longitud Oeste a una altitud de 860 m.s.n.m.(INEGI, 1981) (Fig. 1).

El Municipio de Jojutla limita al Norte con Puente de Ixtla y Zacatepec, al Sur y Sudoeste con Tlaquiltenango y Puente de Ixtla y al Noroeste con Tlaquiltenango. La zona presenta una precipitación máxima de 149 mm, en el mes de Junio, y una precipitación mínima de 4.5 mm, en el mes de Noviembre; una temperatura del aire máxima de 35.5 °C para el mes de junio y una temperatura mínima de 7 °C obtenida en los meses de diciembre y enero (Fig. 2). El clima de esta región es Aw"2(w)g es decir cálido subhúmedo con lluvias en verano y una marcha de temperatura tipo Ganges (García, 1988).

La vegetación en esta región corresponde a selva baja caducifolia que en su mayor parte es secundaria. Esta formación es particularmente característica del Pacífico Mexicano. El municipio de Jojutla presenta una geología de arenisca conglomerada, de conformación areno-arcillosos con un bajo porcentaje en limo (Tabla 1). En estos suelos se practica tanto una agricultura de temporal como permanente; los cultivos de mayor importancia son la caña de azúcar, el arroz, la jícama, el maíz y el pepino (Rzedowski, 1978; INEGI 1981).

El principal río de Jojutla es el Apatlaco, el que actualmente mantiene un alto índice de contaminación por los desechos del Ingenio de Zacatepec principalmente así como por las descargas del drenaje de este municipio. Otro río que cruza el municipio, es el Yautepec, el cual se une al río Apatlaco en la parte Sur de la entidad, para luego verter sus aguas al río Amacuzac.

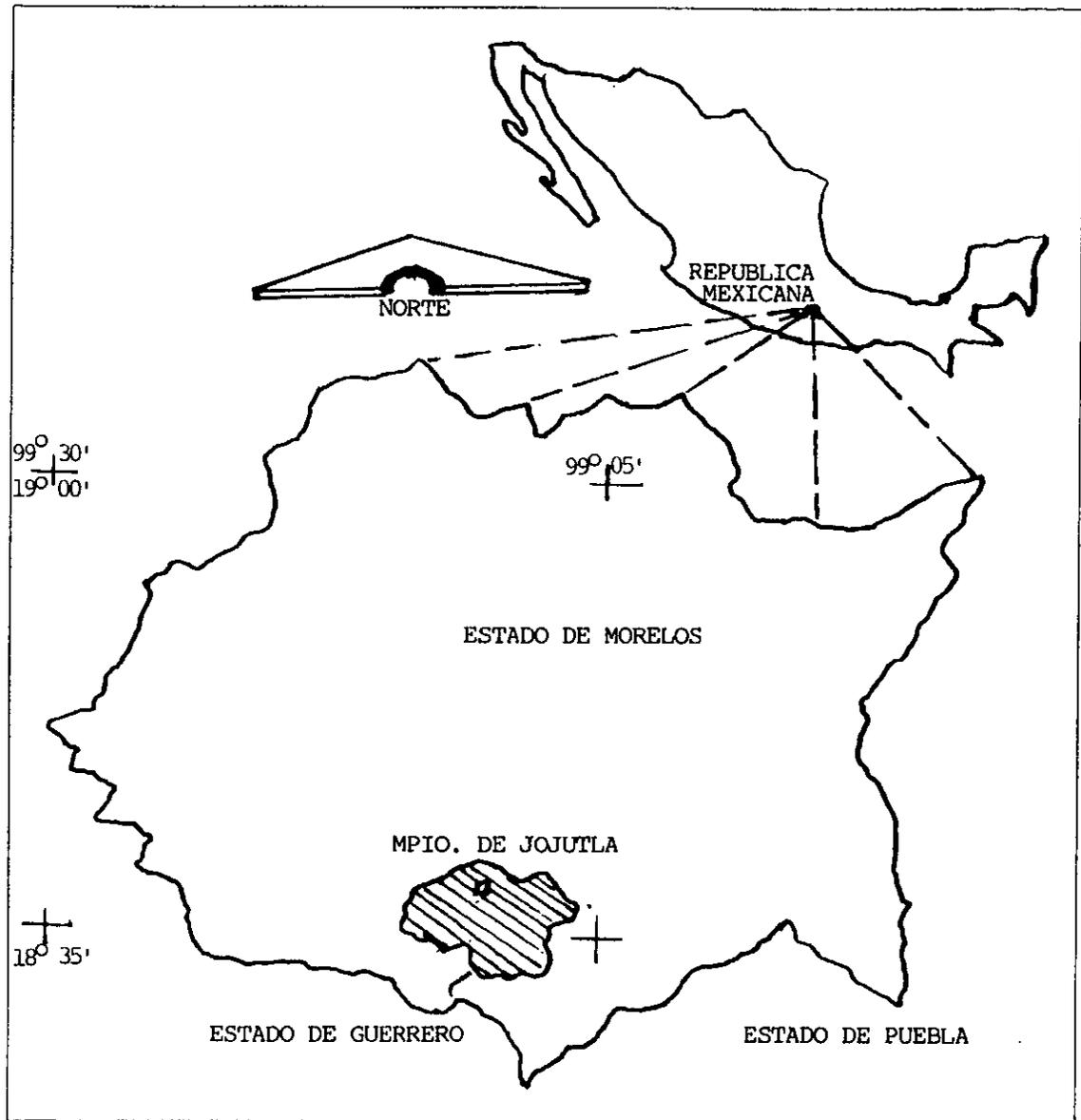


Figura 1. Localización geográfica de la zona donde se ubica la Unidad "El Jicarero".

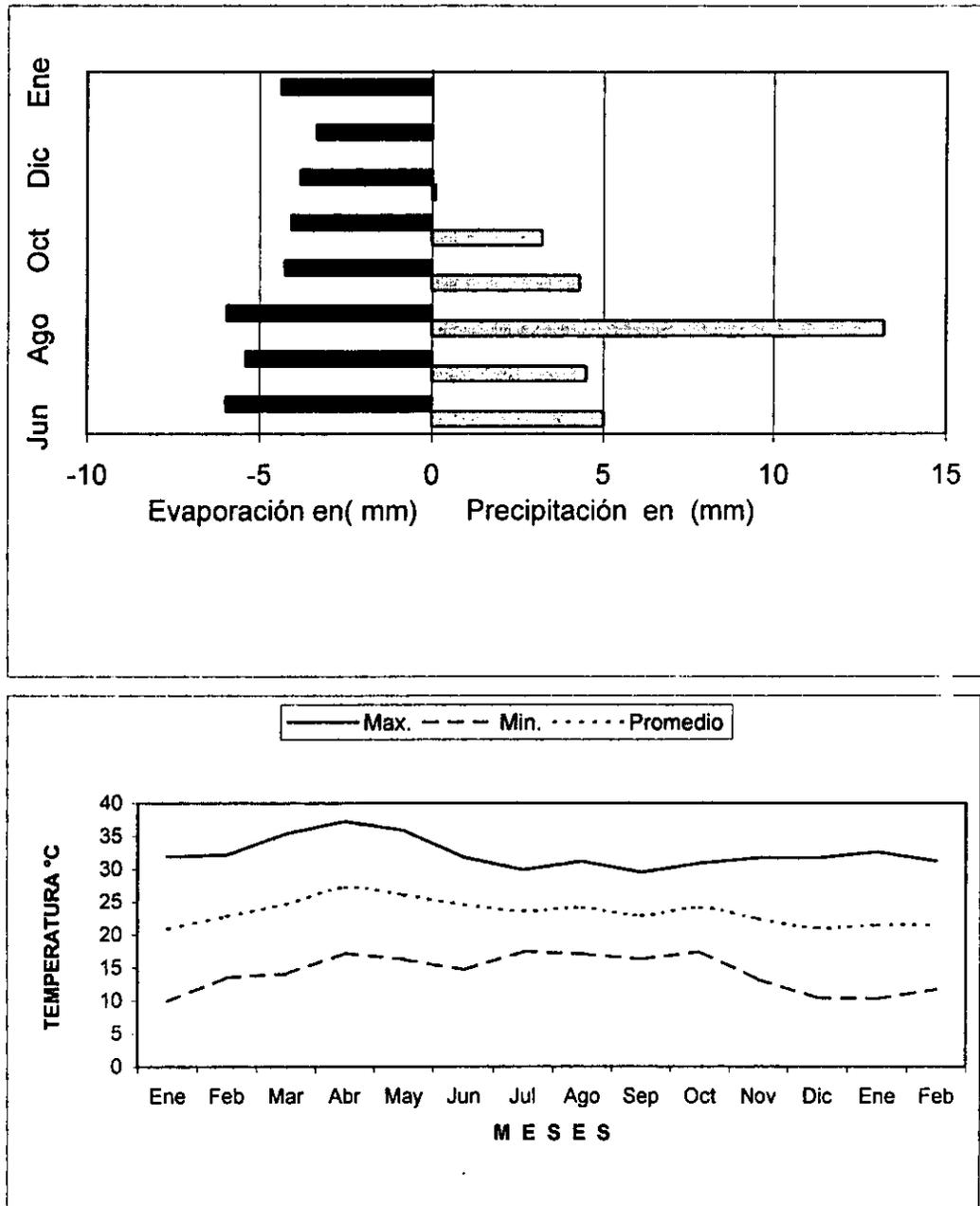


Figura 2. Precipitación pluvial y evaporación en mm y temperatura del aire (°C) durante el periodo de junio de 1991 a enero de 1992, en la zona de estudio (CNA-Morelos).

El municipio recibe también los beneficios del sistema de riego "Las Estacas" construido en el año de 1975; el canal del sistema se encuentra revestido de cemento y durante la mayor parte del año su caudal proporciona riego a las

tierras ejidales de la parte poniente del municipio entre ellas las de la comunidad ejidal "El Jicarero". Otros recursos hídricos son el Lago de Tequesquitengo y los manantiales de Tehuixtla. En lo referente a la mano de obra, la agricultura, la ganadería y la pesca ocupan el 20 %; la actividad industrial el 10 % y la construcción el 7 %; en comercio se ocupa el 13 % y servicios varios el 20 % y el 30% restante está subempleado (Informe de Gobierno, 1987).

Los aspectos socioeconómicos muestran que las actividades primarias que tienen los diez ejidos del municipio, basan su mayor esfuerzo en los productos que cultivan en los terrenos de riego y de temporal; entre los principales productos se mencionan el arroz, la caña de azúcar, el tomate de cáscara, la cebolla, la oca, el maíz, el jitomate, el sorgo, el chile, la calabacita, el frijol, el cacahuate, el pepino, la sandía, el ejote y otros más; entre los productos de temporal están, el sorgo, el maíz, el cacahuate, la soya y el algodón principalmente (INEGI, 1981 y Informe de Gobierno, 1987)

El desarrollo pecuario tiene una evaluación de baja producción, principalmente en el ganado bovino, caprino, ovino, porcino y equino (INEGI, 1981). En lo referente a la pesca, el municipio dispone de dos unidades de engorde de peces y de langostino; estos son, "El Higuero" y "El Jicarero", con 17 estanques el primero y 32 estanques el segundo (Programa piscícola del Estado de Morelos, 1984).

La Unidad de engorde "El Jicarero" tiene una superficie de 4.5 ha, que incluyen 32 estanques rústicos (Fig. 3) con un promedio de superficie de 1,000 m² y una profundidad promedio de 110 cm al centro de cada estanque; el agua de abastecimiento proviene del manantial "Las Estacas" con un flujo de 15 l/seg.

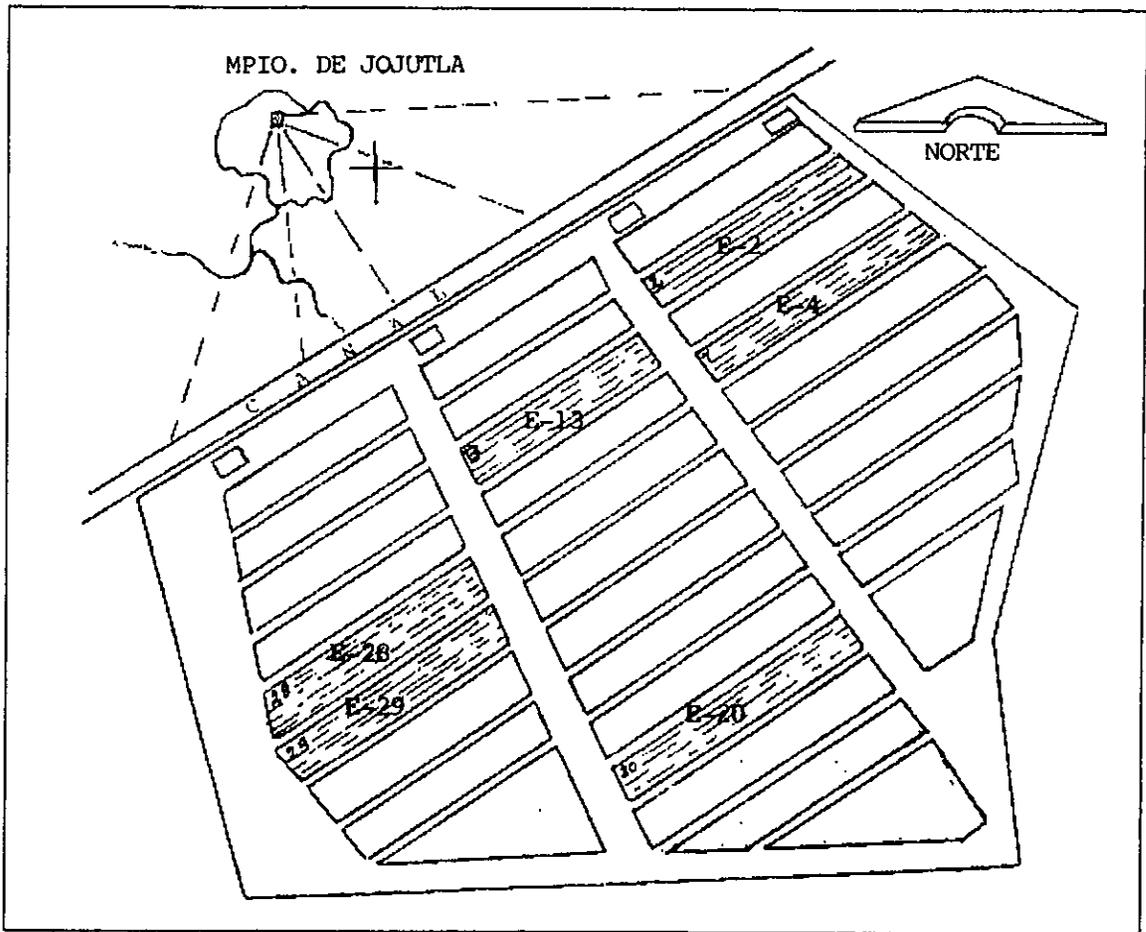


Figura 3. Mapa de la Unidad "El Jicarero", municipio de Jojutla, Morelos, se indican los estanques utilizados en el experimento.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

Preparación de estanques.

El trabajo se inició en el mes de Agosto de 1991 con la preparación de los estanques y la siembra del langostino y se finalizó en el mes de Enero de 1992 con la cosecha total de los organismos. Se utilizaron seis estanques rústicos de la Unidad Acuícola Ejidal "El Jicarero", con una superficie promedio para cada estanque de 1,000 m², una profundidad media de 1.10 m y una pendiente de 1 %. Previo a la introducción de los juveniles de 4.5 g de peso de langostino gigante se realizaron una serie de actividades para preparar los estanques y evitar enfermedades posteriores; en primer lugar se secaron y se expusieron al sol por dos semanas y enseguida se encalaron con 40 kg de calhidra (Boyd, 1979a y Porras, 1985). Con el fin de eliminar los residuos de cal, se agregó agua hasta lograr una altura de 30 cm en cada estanque y se aplicó estiércol de vaca seco como fertilizante (500 g /m²), tomando como base los valores obtenidos del análisis edáfico del sedimento (Tabla 1). Bajo estas condiciones los estanques se llenaron a su máxima profundidad (1.10 m en promedio) y se dejaron reposar por 25 a 30 días antes de la introducción de los juveniles de langostino (Porras, 1981; Pesca, 1988).

Los 45,300 juveniles de langostino gigante de Malasia *Macrobrachium rosenbergii*, se trasladaron en su fase de larva desde la Granja de Reproducción de Langostino propiedad del Gobierno del Estado de Morelos, ubicada en el poblado de Coyuca de Benítez, en el Estado de Guerrero. Los organismos se mantuvieron en tres estanques rústicos previamente fertilizados, con el propósito de generar suficiente alimento natural, poco tiempo después se les empezó a proporcionar cantidades pequeñas (5% de su peso) de los alimentos balanceados que se usarían más adelante durante su cultivo.

Al inicio del trabajo experimental, la talla promedio de los juveniles fue de 44

Materiales y métodos

mm y 4.5 g de peso húmedo. Tanto la distribución de los organismos en los estanques como la densidad de siembra se realizaron de manera aleatoria. Los estanques 2, 4, 20 y 24 se sembraron el 26 de agosto y el 13 y 28 el 4 de septiembre de 1991. En la Tabla 2 y Figura 3 se muestra el orden y la distribución de los estanques utilizados en el experimento.

Tabla 1. Características edáficas de los sedimentos de los estanques de la Unidad de Producción "El Jicarero".

Textura	Arena 30%; arcilla 44% y limo 26%
PH	7.6
Conductividad (milimhos/cm)	1.18
Materia orgánica (%)	0.0013
Ca + Mg meq/l	8.2
N mg/l	660
P mg/l	760
K mg/l	30
Ca mg/l	164
Mg mg/l	0.33
Cl mg/l	35
(SO ₄) mg/l	0.48
(CO ₃) mg/l	30,000
(HCO ₃) mg/l	6,101

(Nota: este análisis fue realizado en el Laboratorio de Aguas y Suelos, Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, México.)

Es importante señalar que el diseño del presente trabajo está basado en el seguimiento que el acuicultor del Estado de Morelos realiza, desde el momento en que llegan a su unidad productiva las postlarvas o juveniles de langostino hasta el momento de la distribución aleatoria de las diferentes densidades por estanque. También se consideran los tres tipos de alimentos utilizados como alimento complementario y que incluye un producto agrícola y tres balanceados comerciales, suministrados de forma directa o en mezcla.

Materiales y métodos

Tabla 2. Total de organismos, densidad de siembra y alimento suministrado en cada estanque.

Estanque	Superficie (m ²)	Densidad org/m ²	Total de organismos	Alimento
2	1,000	8.3	8,300	Mezcla
4	1,000	8	8,000	Pedregal
13	1,000	5.8	5,800	Mezcla
20	1,000	6.2	6,200	Alfa nutrición
28	1,000	8.6	8,600	Alfa-nutrición
29	1,000	8.4	8,400	Pedregal
Total	6,000		45,300	

(Nota: el término Mezcla, corresponde al alimento preparado con balanceado para tilapia marca Albamex y el producto agrícola "pulido de arroz" bajo una proporción de 50-50).

Alimentación

Después de diez días de efectuada la introducción de los juveniles en cada estanque, se inició la fase de alimentación. Los alimentos balanceados y el alimento mezclado fueron proporcionados en dos raciones y la cantidad de alimento suministrado se estuvo de acuerdo con la biomasa total de los organismos sembrados por estanque, disminuyendo gradualmente el porcentaje y aumentando el volumen de alimento de acuerdo con los incrementos registrados en peso.

Se proporcionó como complemento nutricional a los langostinos tres tipos de alimentos balanceados, dos de origen comercial (El Pedregal-Silver Cup y Alfa Nutrición de Purina) y uno proporcionado con el alimento balanceado Albamex mezclado con pulido de arroz a una proporción de 50-50. Estos alimentos se suministraron de forma directa tal como se utiliza actualmente en las diferentes granjas del Estado de Morelos. La cantidad de alimento diario se dividió en dos raciones, la primera se suministró a las 08:00 h y la segunda a las 17:00 h (Chen, 1990; Antiporda, 1988; New y Singolka, 1984).

Materiales y métodos

Los análisis químicos proximales de los alimentos utilizados se presentan en la Tabla 3. El alimento suministrado a lo largo del periodo experimental se inició con un 20% de la biomasa total de los organismos y finalizó con el 2%; en la Tabla 4 se presentan las proporciones (Pesca, 1988).

Tabla 3. Análisis químico proximal de los alimentos utilizados durante el periodo de cultivo de *M. rosenbergii*.

Alimento	Materia-seca (%)	Proteína-cruda (%)	Grasa (%)	Fibra-cruda (%)	ELN*	Cenizas
Albamex	91.6	26.7	4.2	2.8	53.2	12.6
El Pedregal	90	30	7	4	-----	15
Alfa Nutrición	93.7	39.2	3.3	2	45.7	9.6
Pulido de arroz	93.1	12.2	16.9	12	42.6	9.50

*ELN= Extracto Libre de Nitrógeno

Tabla 4. Relación del alimento suministrado durante el periodo experimental de acuerdo a la biomasa y el peso de los langostinos de cada estanque.

Número de organismos.	Peso (g).	Biomasa (Kg).	% de alimento.	Alimento suministrado (kg)
8 600	4.5	38.7	20	7.74
8 170	7.5	61.3	15	9.20
7 761	10.5	81.5	10	8.15
7 373	13.5	99.53	8	7.96
7 004	16.5	115.56	6	6.93
6 654	20.0	133.08	4	5.32
6 321	23.5	148.54	2	2.97

Análisis biométricos y crecimiento

La longitud patrón (LP, cm) y el peso de los langostinos (P, g) de una muestra de organismos tomados al azar en cada uno de los estanques, se midieron mensualmente. El tamaño de muestra fue de 100 organismos en promedio, los

Materiales y métodos

cuales se capturaron, con un chinchorro de 20 m de largo y abertura de malla de 1.0 cm² (Pretto, 1988). Con base en los datos obtenidos se calculó el incremento en peso y en longitud; así como el crecimiento instantáneo y el crecimiento específico de los organismos, de acuerdo con las siguientes fórmulas:

$$\text{Crecimiento específico} = \frac{\log B_f - \log B_i}{T - t}$$

(Weatherley, 1972)

$$\text{Crecimiento instantáneo} = \frac{\ln (W_1 - W_0)}{T}$$

(Ricker, 1975)

log = logaritmo

Bf = biomasa final

Bi = biomasa inicial

T = tiempo

T = Tiempo

W₁ = Peso final en gr.

W₀ = Peso inicial en gr.

ln = logaritmo natural

$$\text{Por ciento de peso ganado (Pg)} = \frac{W_t - W_o}{W_o} \times 100$$

W_o = Peso inicial en gr.

W_t = Peso final en gr.

(Teshima *et. al*, 1978).

Así mismo se consideró la relación longitud-peso de la población de cada estanque como un índice de crecimiento: $\log W = \log a + b \log L_f$ (Ricker, 1975).

El rendimiento de la producción del langostino se expresó en términos de biomasa ganada por unidad de superficie y tiempo (kg/ha⁻¹ · t⁻¹); la supervivencia y el factor de conversión alimenticia se calcularon siguiendo lo propuesto por New y Singolka (1984); Chen (1990) y Martínez y Torres (1993).

Parámetros fisicoquímicos

Los siguientes parámetros fisicoquímicos del agua de los estanques se evaluaron

mensualmente: la temperatura del agua y el pH con un potenciómetro (Hanna, 810); la conductividad con un conductivímetro (Hanna 890); total de sólidos disueltos, con un aparato digital Hanna 960; el oxígeno disuelto, la dureza total, la alcalinidad total, los cloruros, el fósforo total y el nitrógeno total se midieron por medio de las técnicas propuestas por Franco *et al.*, (1985) y Arredondo (1986). Todas las mediciones se hicieron en la parte central de cada estanque y a una profundidad media aproximada de 60 cm, en los mismos lugares se tomaron las muestras para los restantes análisis.

Productividad primaria

Para evaluar la productividad primaria gruesa en cada uno de los estanques, se utilizó la técnica de botellas claras y oscuras (Pratt y Berkson 1959; Wetzel y Likens, 1979); así mismo se tomó en cuenta el criterio de Boyd (1982) y Arrignon (1991). Las botellas se colocaron en la parte media de los estanques durante cuatro horas. Después de cada periodo se retiraron las botellas e inmediatamente se colocaron otras dos botellas para no perder la continuidad. En cada botella se midió la concentración de oxígeno disuelto por medio de la técnica modificada de Winkler (APHA *et al.*, 1994). Considerando la relación que existe entre el contenido de clorofila y la capacidad fotosintética de las algas, se estimó la productividad primaria gruesa y la respiración, de acuerdo a lo descrito por Brower y Zar (1977), también se obtuvieron los valores en equivalente de biomasa por unidad de tiempo ($\text{mg C/l}^{-1} \cdot 4\text{h}$) (Stickland, 1960).

De igual manera se recolectaron un total de seis muestras de agua en la parte media de cada estanque con el fin de cuantificar la densidad del fitoplancton y también para evaluar la concentración de clorofila "a". Para cuantificar los organismos del fitoplancton se utilizó una cámara de sedimentación de Uthermhol (Schwoerbel, 1975) y un microscopio invertido (Wild-M40); las observaciones se realizaron en dos transectos de 500μ con objetivos de 40X; la abundancia total de fitoplancton se expresó en cel/l (Wetzel y Likens, 1979). La

concentración de clorofila "a" en $\mu\text{g/l}$, se obtuvo mediante la técnica de Vollenweider (1974).

Los datos correspondientes a los indicadores de la productividad primaria promediaron y se calculó la desviación estándar y el coeficiente de variación.

Análisis estadístico

A los datos obtenidos de los parámetros fisicoquímicos se le aplicó el análisis estadístico básico, media, desviación estándar y coeficiente de variación. En las comparaciones se empleó el análisis de varianza completamente al azar y la comparación de medias de Tukey (Sokal y Rohlf, 1969) auxiliados por el programa de cómputo Statgraphics ver. 2.1 (Statist. Graph. Syst. Co., 1985).

Con el fin de conocer si el crecimiento en peso y longitud de los langostinos era significativo se utilizó el diagrama de cajas en paralelo con el Análisis Exploratorio de Datos (Tukey, 1977 y Curts, 1986).

Con la finalidad de interrelacionar las variables fisicoquímicas del agua de los estanques y conocer la eficiencia de los alimentos utilizados para el crecimiento del langostino, se empleó el Modelo Multivariado: en especial el Análisis de Componentes Principales (ACP), el Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) y el Análisis Discriminante (AD). Estos análisis se efectuaron por medio del programa Statistica, versión 6.1 y el Statgraphic plus.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CALIDAD DEL AGUA

La Unidad de Producción "El Jicarero" se considera como una de las mejores granjas en el Estado de Morelos debido a su ubicación, al número y tipo de estanques, al clima y al abastecimiento de agua, el cual proviene de "Las Estacas". Antes de llegar el agua a esa unidad recorre más de 25 km y capta a lo largo de su trayecto las escorrentías de diferentes sistemas de riego y algunos depósitos de agua para uso doméstico; debido a los posibles impactos que esto pudiera causar en la calidad del agua, resulta importante evaluar sistemáticamente los parámetros que determinan la calidad del agua del sistema de cultivo.

En la mayoría de los trabajos relacionados con la acuicultura se ha descrito ampliamente la importancia que representan los factores fisicoquímicos que determinan la calidad del agua y su efecto sobre la producción o rendimiento acuícola, la supervivencia y la tasa de crecimiento de los organismos (Boyd, 1979b; Weaton, 1982; Bardach, 1986; New, 1990; Arrignon, 1991).

Margalef (1977), Boyd (1982) y Pillay (1997) señalan que las características fisicoquímicas de un ambiente acuático tienen un efecto directo sobre el crecimiento y el desarrollo óptimo de los organismos en cultivo, ya que en un cuerpo de agua se llevan a cabo una serie de procesos dinámicos en circuito cerrado lo que acelera o retarda el flujo de energía del mismo. Hepher (1976) y Martínez y Torres (1993), consideran que algunos parámetros hidrológicos influyen en el crecimiento de los organismos durante su cultivo al generar respuestas positivas que evitan la mortalidad ocasionada por los cambios temporales o permanentes de otros parámetros de la calidad del agua en los estanques.

Los valores de los parámetros fisicoquímicos obtenidos en este estudio de cada estanque, así como los promedios generales se presentan en la Tabla 5.

Calidad del agua

Tabla 5. Parámetros fisicoquímicos del agua de los seis estanques de cultivo con *M. rosenbergii*. Valores máximos, mínimos y promedio de los datos mensuales; desviación estándar y coeficiente de variación.

Parámetro/ número de estanque.	Valores	E-2	E-4	E-13	E-20	E-28	E-29	Promedio
Temperatura °C	Máx.	30.6	29.5	30.0	30.0	29.0	29.3	30.6
	Mín.	23.0	25.0	27.0	23.0	22.7	26.0	22.7
	Prom.	27.7	27.7	28.7	26.4	26.2	27.6	27.4
	D.E.	2.91	1.91	1.31	2.69	2.27	1.46	2.152
	C.V.	11	7	5	10	9	5	8
Conductividad µmhos/cm	Máx.	1051	1134	1138	1100	1048	1098	1138
	Mín.	879	980	1006	954	930	981	879
	Prom.	990	1030	1082	1042	970	1033	1027
	D.E.	73.16	63.87	50.10	59.36	44.93	41.52	63.63
	C.V.	7	6	5	6	5	4	6
pH	Máx.	8.66	8.91	8.9	9.4	9.0	8.9	9.4
	Mín.	7.65	7.55	7.75	7.85	7.67	7.72	7.55
	Prom.	8.30	8.34	8.49	8.67	8.41	8.41	8.00
	D.E.	0.416	0.558	0.498	0.596	0.529	0.484	0.486
	C.V.	5	7	6	7	6	6	6
Alcalinidad total mg/l	Máx.	195	152	200	275	140	200	276
	Mín.	65	96	115	96	106	117	65
	Prom.	126	128	145	141	130	147	136
	D.E.	54	21.3	33.35	75.35	13.46	35.42	40.90
	C.V.	43	17	23	53	10	24	30
Dureza total mg/l	Máx.	466	480	470	564	400	400	564
	Mín.	350	320	268	268	214	306	214
	Prom.	428	396	378	444	347	371	394
	D.E.	50.96	71.45	94.91	126.8	76.19	37.84	81.62
	C.V.	51	54	61	61	52	52	21
Cloruros mg/l	Máx.	220	210	233	240	240	243	243
	Mín.	135	100	140	160	130	130	100
	Prom.	177.9	165.2	183.6	195.3	167.2	186.6	179
	D.E.	32.90	40.97	40.92	30.76	49.05	45.09	38.35
	C.V.	19	25	22	16	29	24	21
Total de sólidos disueltos g/l.	Máx.	0.745	0.729	0.829	0.785	0.706	0.764	0.829
	Mín.	0.513	0.540	0.594	0.511	0.530	0.510	0.510
	Prom.	0.594	0.618	0.659	0.601	0.606	0.608	0.594
	D.E.	0.09	0.07	0.10	0.10	0.07	0.10	0.83
	C.V.	15	11	15	18	13	16	14
Oxígeno disuelto mg/l	Máx.	11.4	15.0	9.2	12.6	14.6	9.8	15
	Mín.	1.4	3.8	0.8	0.6	1.3	2.2	0.6
	Prom.	7.6	7	5.2	6.9	6.1	6.1	6.5
	D.E.	4.11	4.74	3.15	4.43	5.02	3.23	3.88
	C.V.	54	68	61	64	82	53	60

Parámetro/ número de estanque	Valores	E-2	E-4	E-13	E-20	E-28	E-29	Promedio
Nitrógeno total mg/l	Máx.	2.25	2.25	2.1	2.3	2.15	2.15	2.3
	Mín.	1.05	0.9	1.05	1.10	1.05	1.13	0.9
	Prom.	1.49	1.40	1.47	1.59	1.54	1.73	1.55
	D.E.	0.55	0.62	0.47	0.64	0.64	0.56	0.58
	C.V.	37	44	31	40	41	32	37
Fósforo total mg/l	Máx.	1.10	1.0	0.95	1.10	0.95	0.96	1.10
	Mín.	0.8	0.7	0.6	0.8	0.7	0.8	0.6
	Prom.	0.96	0.89	0.82	0.99	0.83	0.87	0.89
	D.E.	0.12	0.12	0.14	0.13	0.10	0.07	0.12
	C.V.	12	13	17	14	13	9	13

Máx.= Valor máximo; Mín.= Valor mínimo; Prom. = Valor promedio; D.E. = Desviación estándar y C.V. = Coeficiente de variación.

Temperatura

La temperatura es el factor que tiene una mayor influencia sobre la vida acuática y es el de mayor relevancia en los sistemas de producción acuícola (Wheaton, 1982). La temperatura del agua de los estanques fluctuó durante el periodo de estudio (Agosto-Enero) entre 22.7 °C y 30.6 °C, con un promedio de 27.4 °C; estos valores fueron semejantes a la temperatura del aire.

En general la temperatura osciló en promedio, entre 3 °C y 7 °C considerando todos los estanques durante los cinco meses de cultivo (Tabla 5; Fig. 4). En los estanques 13 y 29 se obtuvo el menor coeficiente de variación con 5% y los estanques 2 y 20 la mayor variación con 11 y 10% respectivamente. El coeficiente de variación general fue de 8 %.

El promedio de la temperatura en los seis estanques se mantuvo sobre 26 °C y no sobrepasó la temperatura máxima de 31°C. Varios autores señalan que la temperatura adecuada para el cultivo del langostino *M. rosenbergii* se encuentra entre los 18 y 34 °C y que el intervalo óptimo para mantener una elevada tasa de crecimiento es entre 26 y 31°C. Así mismo se ha indicado que es importante la constancia de estos valores durante el ciclo de cultivo para obtener buenos

rendimientos (Arana, 1980; Domínguez, 1980; Holtschmit, 1988b; Pretto, 1988; Martínez y Torres, 1993).

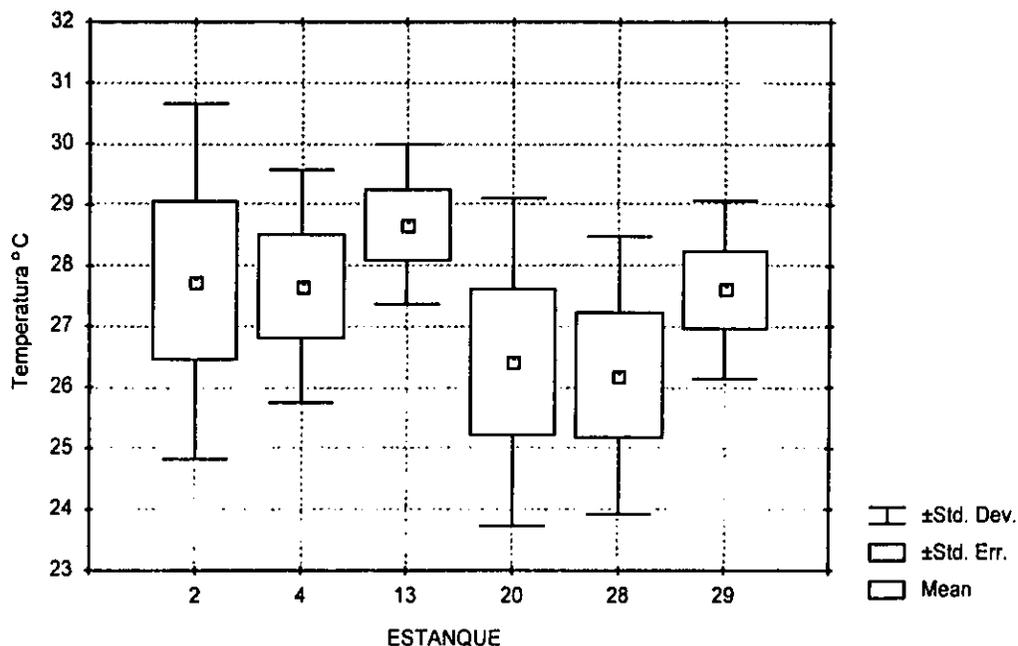


Figura 4. Valores de la temperatura del agua (°C) registrados en los estanques, durante el presente estudio.

Cabe destacar que este trabajo se inició en el mes de agosto y finalizó en el mes de enero, sin embargo las pequeñas diferencias significativas que se presentaron ($p < 0.05$) entre la temperatura de cada uno de los estanques a través del periodo de cultivo, se podrían atribuir a los recambios de agua realizados semanalmente, y a la transparencia casi total que se registró en cada estanque.

New (1990) considera que desde mediados de la primavera hasta el otoño es la mejor época para el crecimiento del langostino malayo en América Latina, y que en este período se mantiene la temperatura del agua sobre 24 °C. En este trabajo se alcanzaron temperaturas superiores a los 22 °C durante la fase de crecimiento por lo que se esperaba obtener una buena tasa de crecimiento de la especie.

Conductividad

La conductividad es una expresión numérica de la habilidad que tiene el agua para conducir una corriente eléctrica y la movilidad de cada uno de sus iones disueltos, sus valencias y su concentración real y relativa la afectan, por lo tanto su empleo es más significativo en los estudios limnológicos, en donde sus valores permiten elaborar escalas sobre la composición iónica del agua; sin embargo es un factor que no se utiliza con frecuencia como indicador fundamental en el crecimiento de los organismos (Hepher, 1976; Arredondo, 1987).

La conductividad del agua de los estanques fluctuó de 879 a 1,138 $\mu\text{mhos/cm}$, con un promedio general de 1,027 $\mu\text{mhos/cm}$. Este parámetro presentó valores similares en todos los estanques ($p > 0.05$). En el estanque No. 2 se presentó la mayor variación (7.4 % de coeficiente de variación) y la mínima en el estanque 29 con 4 % de variación. El coeficiente de variación general fue de 6 % (Tabla 5; Fig. 5).

Durante el tiempo en que duró el estudio las variaciones de la conductividad en el agua de los estanques fueron bajas, y podrían deberse a la acción del fertilizante aplicado durante la preparación de los estanques que posiblemente haya tenido un efecto sobre la concentración total de las sustancias ionizadas, y sobre todo en la fase de preparación del estanque. Una segunda causa probable podría ser la cantidad y tipo de alimento suministrado a lo largo del periodo de crecimiento, lo que representaría un cambio gradual en el proceso de disolución de la materia orgánica (Boyd, 1982). Es importante mencionar que el agua que abastece a la unidad, se encuentra en el límite del mejor aprovechamiento descrito para los sistemas acuícolas (1,100 $\mu\text{mhos/cm}$) de acuerdo a lo señalado por Wheaton (1982) y también en el uso de agua para riego (Palacios y Aceves, 1994). El agua proviene del manantial "Las Estacas" y antes de llegar a la granja, recorre un promedio de 25 km cruzando por áreas agrícolas, unidades porcícolas y unidades lecheras, mismas que contribuyen al aumento de los iones disueltos y a su concentración real y

relativa participando dentro de las variaciones temporales de la conductividad del agua en los estanques.

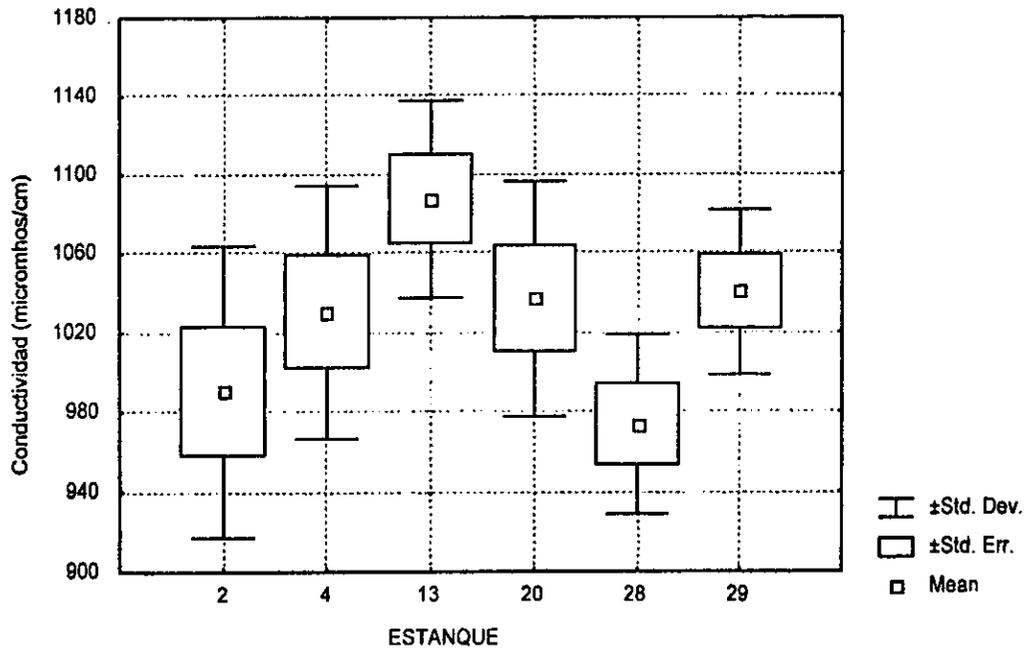


Figura 5. Valores de la conductividad ($\mu\text{mhos/cm}$) registrados en el agua de los estanques durante el presente estudio.

Potencial de hidrogeno (pH)

Boyd (1979a) y Rodier (1981) consideran que un intervalo de pH de 6.0 a 9.5 es adecuado para el desarrollo de la fauna acuática y el crecimiento de los organismos. Para el cultivo del langostino gigante *M. rosenbergii* se recomienda mantener un pH de 7.0 a 8.5, aunque se ha podido observar en cultivos experimentales, que el langostino tolera un intervalo más amplio de pH, de 7.0 a 9.5 (New y Singholka, 1984; Holschmit, 1988b; Bardach *et. al.*, 1986; Straus *et. al.*, 1991).

En los seis estanques se observó una variación de casi dos unidades entre su valor máximo del pH de 9.4 y el mínimo de 7.55, con una media de 8.4 (Tabla 5). Las fluctuaciones menores se observaron en el estanque No. 2 con 5 % de coeficiente

de variación y la más alta se presentó en el estanque No. 28 con 6.3 %. El coeficiente de variación general fue de 6%.

Este parámetro se mantuvo constante para los seis estanques y los cambios de pH en promedio mostraron una fuerte tendencia alcalina (Fig. 6). No se presentaron diferencias significativas entre los valores promedio de pH en el agua de los estanques ($p > 0.05$). Hepher (1976) y Rodríguez y Anzola (1993) consideran que los valores de 7.5 a 9.0 son en lo general normales si se toma en cuenta la dinámica biológica de los sistemas en cultivo.

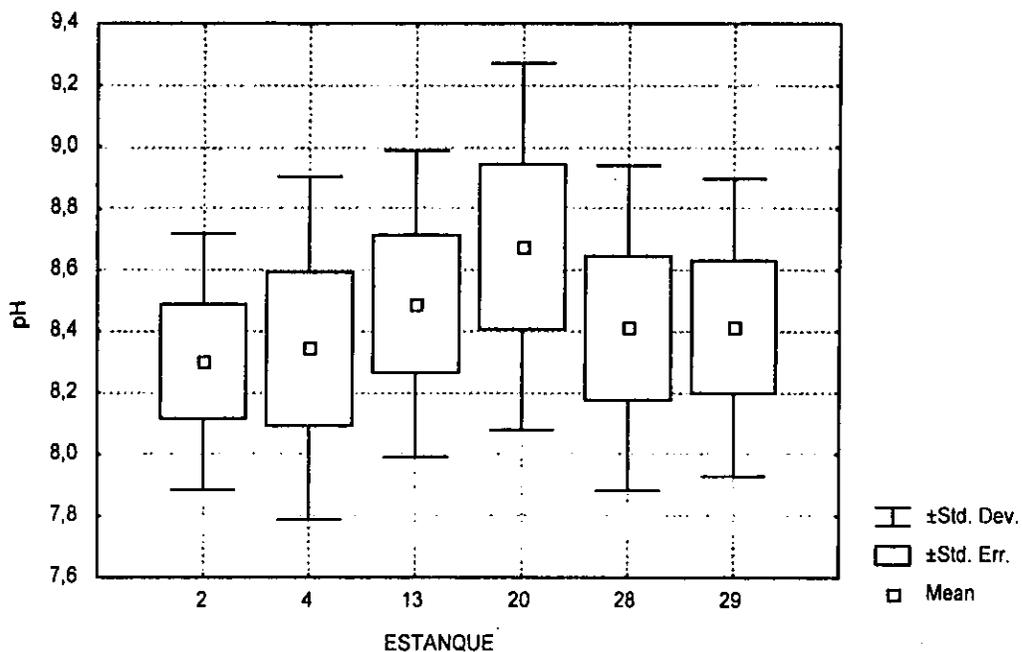


Figura 6. Valores de pH registrados en el agua de los estanques durante el presente estudio.

Un pH de 7.0 a 8.5 unidades es adecuado para el crecimiento del langostino y la variación de este factor dependerá de la estrategia de manejo que se esté realizando en los estanques rústicos durante el cultivo del langostino gigante *M. rosenbergii* (Arana, 1980; Domínguez, 1980). En la unidad acuícola "El Jicarero" García y Espinosa (1992) y Vázquez (1993) registraron valores de pH entre 7.7 a 8.8

en promedio, resaltando que este tipo de agua muestra una tendencia fuertemente alcalina y con una elevada capacidad amortiguadora; la variación observada en el transcurso del periodo de estudio no representó ningún problema para el crecimiento del langostino.

Cloruros

Concentraciones elevadas de cloruros en los ecosistemas acuáticos representan un problema muy importante para los cultivos, ya que provocan alteraciones metabólicas y serias variaciones en el comportamiento de los organismos (Boyd, 1982). En los estanques se presentaron concentraciones desde los 100 mg/l (Diciembre) hasta 243 mg/l (Octubre), con un valor medio general de 179 mg/l; se presume de una posible fuente de contaminación provocada por los residuos domésticos que son vertidos a estas aguas antes de llegar a la unidad acuícola " El Jicarero".

Las variaciones del cloruro fueron semejantes en los seis estanques siendo el estanque No. 28 el que presentó una mayor fluctuación con un coeficiente de variación de 29 % (Tabla 5; Fig. 7). El promedio general del coeficiente de variación fue de 21 %. De igual manera que en los anteriores parámetros, los cloruros no presentaron diferencias significativas entre los estanque ($p > 0.05$).

El cloruro afecta el balance osmótico general y el intercambio iónico, y de manera particular a nivel comercial el inconveniente es proporcionarle un sabor y olor desagradable al agua de uso (Rodier, 1981). Se ha citado que es abundante en las regiones desérticas y principalmente en aquellas zonas cercanas a la costa, así como también en las áreas próximas a regiones volcánicas o cercanas a desarrollos industriales (Boyd, 1979b y De la Lanza, 1990). El cloruro también puede ser un factor limitante para el crecimiento de los organismos; la alta concentración de cloruros en el agua para uso agrícola limita el crecimiento de las plantas en cultivo (Palacios y Aceves, 1994). Molina (1992), realizó un estudio de la productividad

primaria desarrollada en las aguas de tres estanques de la unidad "El Jicarero", y registró valores promedio de cloruros de 9.9 mg/l en un ciclo anual de estudio y llegó a la conclusión que estas concentraciones no alteraron la actividad productiva en los estanques de cultivo de peces y crustáceos. De esta manera se comprobó que los valores se ubicaban dentro del límite permisible (250 mg/l) para protección de la vida acuática (Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, 1990). Arredondo (1987) menciona concentraciones de cloruros entre 213 y 241 mg/l y señala que el principal aporte son las aguas del manantial que abastece los estanques de la Granja Integral de Policultivos de Tezontepec de Aldama Hidalgo; el autor además indica que la combinación de este anión con los principales cationes, brinda un sistema estable de amortiguamiento lo cual tiene un efecto benéfico para el crecimiento de los organismos así como para la dinámica biológica de los estanques.

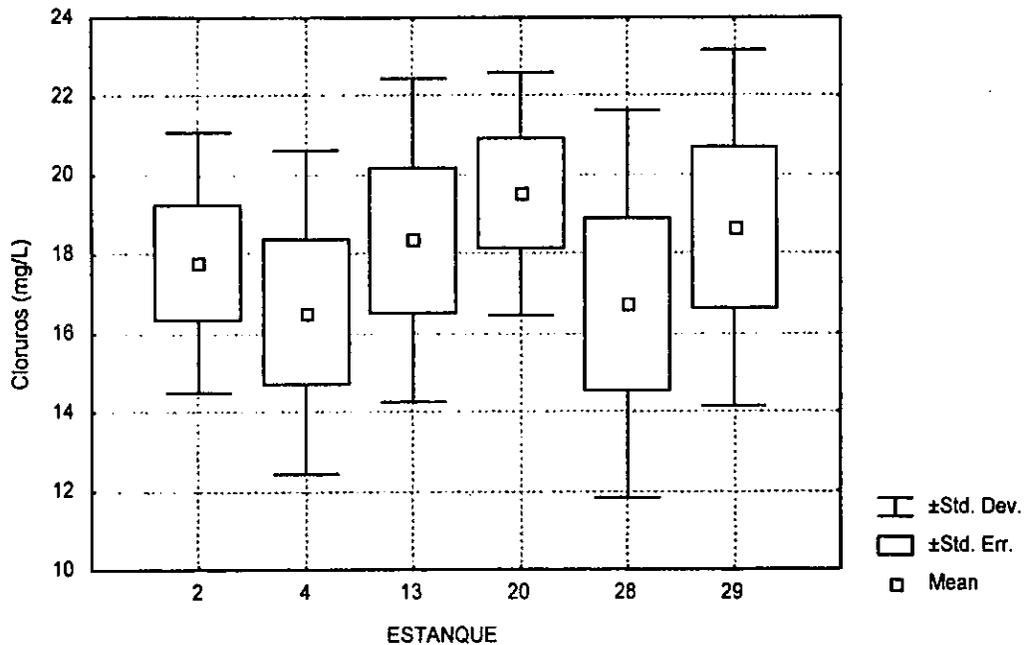


Figura 7. Valores de cloruros (mg/l) registrados en el agua de los estanques durante el presente estudio.

Este ión también se asocia con las diferentes expresiones de la salinidad del agua como en los trabajos que sobre reproducción han desarrollado algunos autores

(Arana, 1980, Domínguez, 1980, Holtschmit 1988b; New 1990). El promedio de concentración de cloruros se atribuye por lo general al origen del agua de abastecimiento (en este caso particular al manantial "Las Estacas") y su elevada concentración podrían ser debida al uso doméstico de estas aguas y su regreso al canal de suministro. Es conocido que los cloruros son fácilmente solubles y participan directamente en los procesos de intercambio iónico, pero no tienen una actividad específica en la descomposición de la materia orgánica, por lo tanto no experimentan ninguna modificación. Por estas razones se considera que el incremento de la concentración o la disminución en el agua de los estanques, se debería a la actividad humana, y a los desechos agrícolas que son agregados o acarreados durante el curso de los afluentes hasta los estanques de la granja. La norma ecológica sugiere que el contenido de cloruros en las aguas de uso agrícola no sobrepase los 250 mg/l para no afectar el desarrollo de la fauna acuática (Palacios y Aceves, 1994; Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, 1990).

Alcalinidad y dureza total

Entre los factores más importantes que determinan el éxito de las operaciones de acuicultura se mencionan la alcalinidad y la dureza del agua. Aunque la concentración de estos dos parámetros está correlacionada en los cuerpos de agua del estado de Morelos, ellos son independientes uno del otro en sus concentraciones específicas. La alcalinidad es considerada como la capacidad que tiene el agua para neutralizar los ácidos. Los bicarbonatos (HCO_3^-) y los carbonatos (CO_3^{2-}) representan formas de alcalinidad, expresada como equivalente a la concentración de los cationes divalente en el agua, y los principales cationes son el calcio y el magnesio; aunque los iones de hierro y manganeso, también contribuyen a la dureza total del agua de los estanques (Margalef, 1976; Boyd, 1979a; Arredondo1986).

Los valores de la alcalinidad total evaluados en los estanques fluctuaron de un mínimo de 65 a un máximo de 276 mg/l expresada como CaCO_3 con un promedio

general de 136 mg/l. El mayor valor se registró en el estanque 20, con un coeficiente de variación que alcanzó el 53 % y el menor en el estanque 28 con 10 % de coeficiente de variación (Tabla 5 y Fig. 8). De acuerdo a estos valores que son mayores de 90 mg/l de CaCO_3 las aguas se consideran como ligeramente alcalinas (APHA *et al.* 1994). El coeficiente de variación general fue del 30% y no se presentaron diferencias significativas entre los estanques ($p > 0.05$).

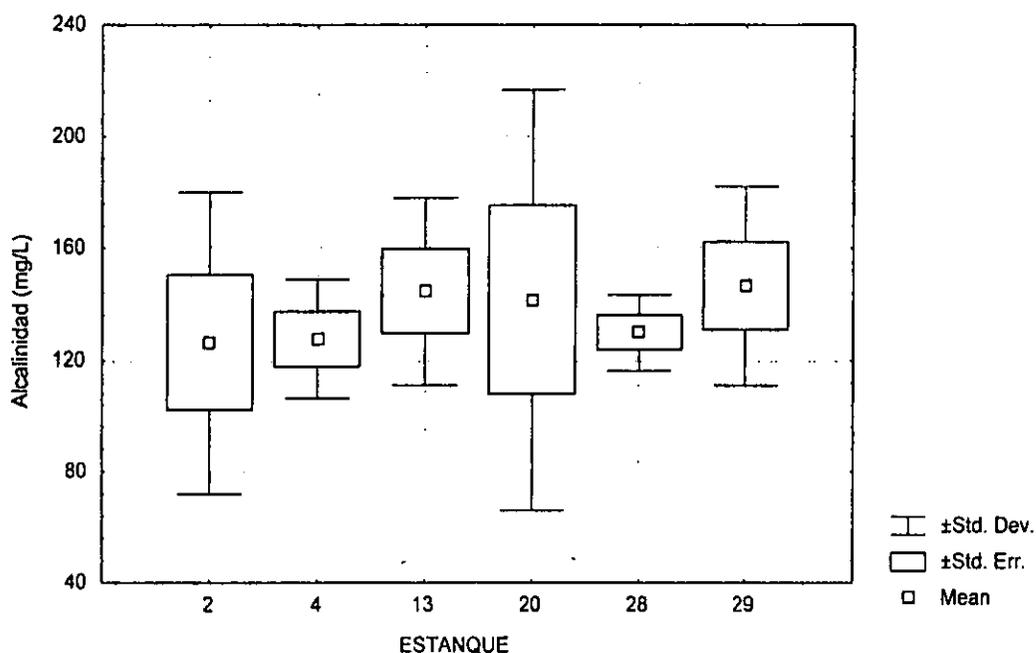


Figura 8. Valores de la alcalinidad total (mg/l) registrados en el agua de los estanques durante el presente estudio.

La dureza total expresada como equivalente de CaCO_3 fue en promedio 394 mg/l. La mayor variación se registró en los estanques No. 13 y No. 20 con 61 % de coeficiente de variación (Tabla 5; Fig. 9). Se observó una diferencia muy marcada entre el valor máximo de 564 mg/l y el mínimo que correspondió a 214 mg/l, posiblemente como resultado del fertilizante aplicado durante los primeros meses (en especial el mes de Octubre de 1991) del periodo experimental. A pesar de estas concentraciones no se presentaron diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$) entre los estanques tanto para la alcalinidad como para la dureza total.

Varios autores señalan que es muy controvertida la relación entre la dureza total y la alcalinidad del agua de los estanques, aunque se ha observado que como resultado de esta interacción se incrementa la productividad del fitoplancton y del bentos, lo cual beneficia la producción de los cultivos de organismos acuáticos (Hepher, 1976; Arredondo, 1986; Holtschmit, 1988b). Estos autores y otros como Hutchinson (1957); Cole (1975); Wetzel (1981); Margalef (1983), Goldman (1983) y Owhen (1985), describen resultados semejantes e indican que las aguas duras y fuertemente alcalinas son las más indicadas para incrementar la productividad acuática y la diversidad biológica de los lagos y de los pequeños cuerpos de agua.

New y Singolka (1984) señalan que la dureza total expresada como CaCO_3 debe ser inferior a los 150 mg/l para el cultivo del langostino gigante (*M. rosenbergii*), en tanto Holtschmit (1988b) considera que la dureza total puede variar de 300 a 900 mg/l y la alcalinidad de 50 a 80 mg CaCO_3 /l. En contraste Pretto (1988) menciona que la dureza total no debe de exceder los 100 mg CaCO_3 /l. Por otra parte Straus *et al.* (1991) observaron una mejor respuesta de los juveniles de langostino con una dureza entre 28 a 55 mg CaCO_3 /l. D'abramo (1989) comenta que a diferencia de los peces, los crustáceos parecen ser más sensibles a los niveles bajos de dureza del agua, por lo tanto el autor sostiene que el crecimiento del langostino es adecuado a valores de dureza menores a 300 mg CaCO_3 /l.

Bartlett y Eukerlin (1983) midieron en un cultivo de langostinos la alcalinidad (58 a 86 mg/l) y la dureza total (940 a 1,060 mg/l) como CaCO_3 y señalan que la alcalinidad tiene mayor importancia que la dureza. Cripps y Nakamura (1979) citado por Granados *et al.* (1986) refieren una clara inhibición en el crecimiento de *Macrobrachium rosenbergii* cuando los valores de la dureza total del agua de los estanques son superiores a 300 mg/l de CaCO_3 y la alcalinidad superior a 150 mg/l de CaCO_3 .

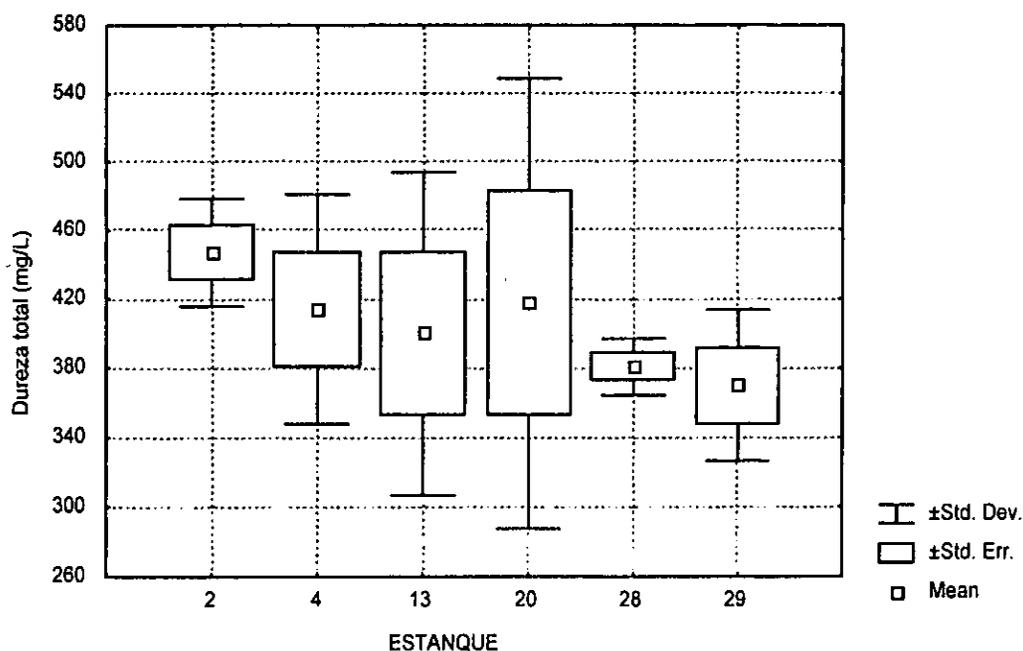


Figura 9. Valores de la dureza total (mg/l) registrados en el agua de los estanques durante el presente estudio.

En este trabajo los datos de la dureza y de la alcalinidad total obtenidos en los seis estanques sobrepasan los valores mencionados anteriormente y coinciden con los valores obtenidos por otros autores; por lo tanto es posible suponer que los altos valores de dureza (mayor a 300 mg/l) y de alcalinidad (mayor a 150 mg/l) reduzcan la tasa de crecimiento del langostino gigante y que el cultivo de esta especie en aguas blandas (menores de 20 mg/l de CaCO_3) es completamente insostenible. El cultivo de este organismo en aguas cuyos niveles de dureza oscilen entre 20 y 200 mg/l y de alcalinidad entre 20 y 100 mg/l como CaCO_3 permite obtener un mejor crecimiento, de acuerdo a New y Singolka, 1984; Vázquez *et. al.*, 1989 y New, 1990).

Total de sólidos disueltos (TSD)

Este parámetro se refiere al contenido de materia orgánica en suspensión en el agua, la materia orgánica disuelta, la materia orgánica particulada y otras

substancias inorgánicas disueltas (Environment Protection Agency, 1972). Todos los cuerpos de agua contienen materia orgánica en suspensión; las bajas concentraciones (mg/l) no ocasionan problemas mayores en el desarrollo de los organismos, ni alteran la dinámica de la fauna acuática (Environment Protection Agency, 1972; Hawkes, 1979; Rodier, 1981).

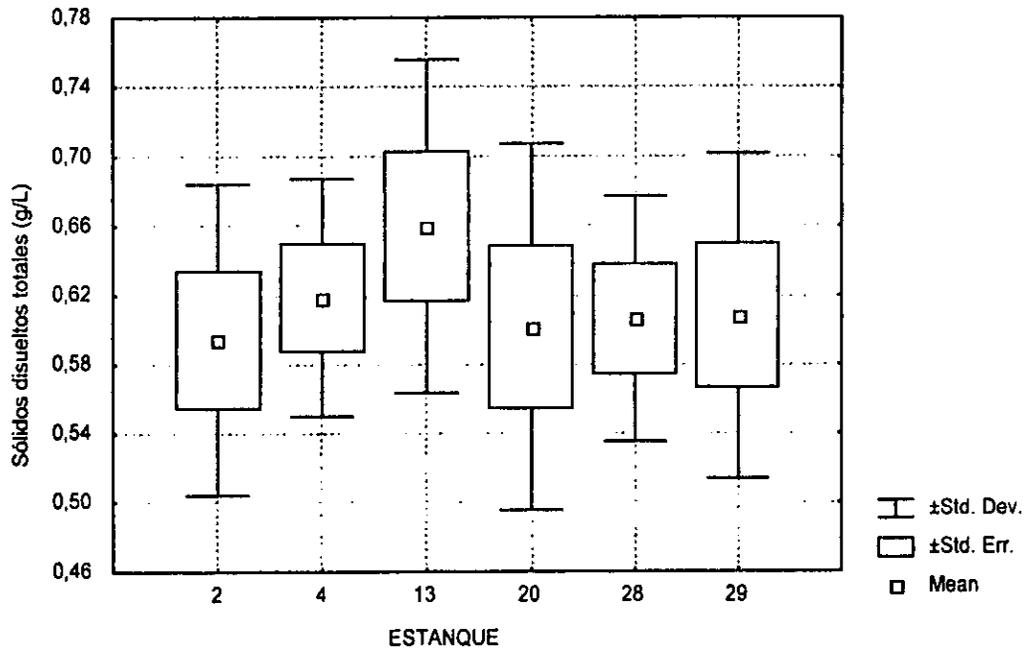


Figura 10. Valores del total de sólidos disueltos (g/l) registrados en el agua de los estanques durante el presente estudio.

La concentración en los estanques varió desde 0.510 g/l en el mes de enero hasta 0.829 g/l en el mes de septiembre, con un valor medio general de 0.594 g/l (Tabla 5; Fig. 10). Los valores antes citados indican que se mantuvo una baja concentración de sólidos disueltos en el agua, si los comparamos con el valor del límite permisible para la protección de la vida acuática (2,000 mg/l) citado por la SEDUE (1990). No se aprecia una variación significativa entre los valores promedio de cada uno de los estanques ($p > 0.05$) y el valor de las desviaciones estándar fue de 0.07 a 0.10, es decir su variación en términos generales es baja. No obstante sobresale el estanque No. 20 que presentó un coeficiente de variación del 18 % (Fig. 10).

Straus *et al.* (1991) en un cultivo experimental de langostino gigante obtuvo valores de sólidos disueltos de 0.113 hasta 0.117 g/l; tal concentración no tuvo ningún efecto adverso sobre la tasa de crecimiento y el comportamiento de la población.

New y Singolka (1984) mencionan que en un cultivo de langostino gigante es importante mantener una transparencia de 40 a 80 cm y Pretto (1988) y Arana (1980) sugieren que el sistema de cultivo debe presentar una cierta concentración de sólidos o materia orgánica en suspensión que atenúe la penetración de la luz y se propicie un ambiente adecuado para los organismos. También se debe evitar el crecimiento desmedido de macrofitas acuáticas en el fondo de los estanques.

Considerando que hay una relación estrecha entre los sólidos disueltos y la transparencia del agua, los resultados obtenidos en el presente trabajo indican que las condiciones de ambos parámetros fueron las adecuadas para los organismos en cultivo.

Oxígeno disuelto (OD)

La concentración de oxígeno y la temperatura son los parámetros más importantes en la calidad del agua. De la concentración de oxígeno disuelto depende la supervivencia y el crecimiento de los organismos así como el rendimiento del cultivo; por lo consiguiente si la concentración de oxígeno disuelto en el agua no es la adecuada para los organismos estos experimentarán un fuerte estrés y serán más vulnerables a enfermedades y parásitos (Arredondo, 1987; De la Garza, 1988; Rodríguez y Anzola, 1993).

La solubilidad del oxígeno en el agua es modificada por varios factores, en particular por la temperatura, la presión atmosférica y la salinidad; además es importante recalcar que la concentración de oxígeno disuelto puede variar debido a condiciones inadecuadas de iluminación solar o con el aumento de la densidad del

plancton y también con la elevada concentración de materia orgánica (Arrignon, 1991),

La concentración de OD en el agua de los estanques fluctuó durante el cultivo de 0.6 hasta 15 mg/l; este último valor se obtuvo en el mes de septiembre. El total de los valores obtenidos de OD de todos los estanques promediaron un valor de 6.5 mg/l (Tabla 5).

En general la concentración de oxígeno disuelto fue similar ($p > 0.05$) en todos los estanques durante el periodo de cultivo (Fig. 11). Los estanques No. 2 y No. 29 presentaron el menor coeficiente de variación con 54 y 53 % respectivamente, siendo el coeficiente de variación general de 60 %.

El promedio general de la concentración de OD fue mayor de 5 mg/l, no obstante las bajas evaluaciones se asevera que se mantuvieron niveles adecuados para registrar una importante sobrevivencia y crecimiento de los langostinos. Al respecto diversos autores indican que una concentración sostenida mayor que 2.5 mg/l es suficiente para que el langostino mantenga una tasa de crecimiento aceptable en los sistemas de cultivo (Pretto, 1988; Mires, 1983; New, 1990; New y Singolka, 1984; Holtschmith, 1988b; Martínez y Torres, 1993).

La disminución del oxígeno en el medio se puede atribuir a deficiencias en el manejo de los fertilizantes orgánicos o químicos, a un inadecuado recambio de agua en los estanques, a una elevada densidad del plancton, a la cantidad de alimento suministrado y no consumido por los organismos (Arana, 1980; Antiporda, 1988; Mires, 1983; New y Singolka, 1984). De igual forma los autores señalan que hay que tomar las precauciones necesarias y adoptar como una norma general, realizar un recambio parcial de agua durante todas las mañanas para mantener intervalos óptimos de OD y evitar la mortalidad de los langostinos por una disminución brusca del OD.

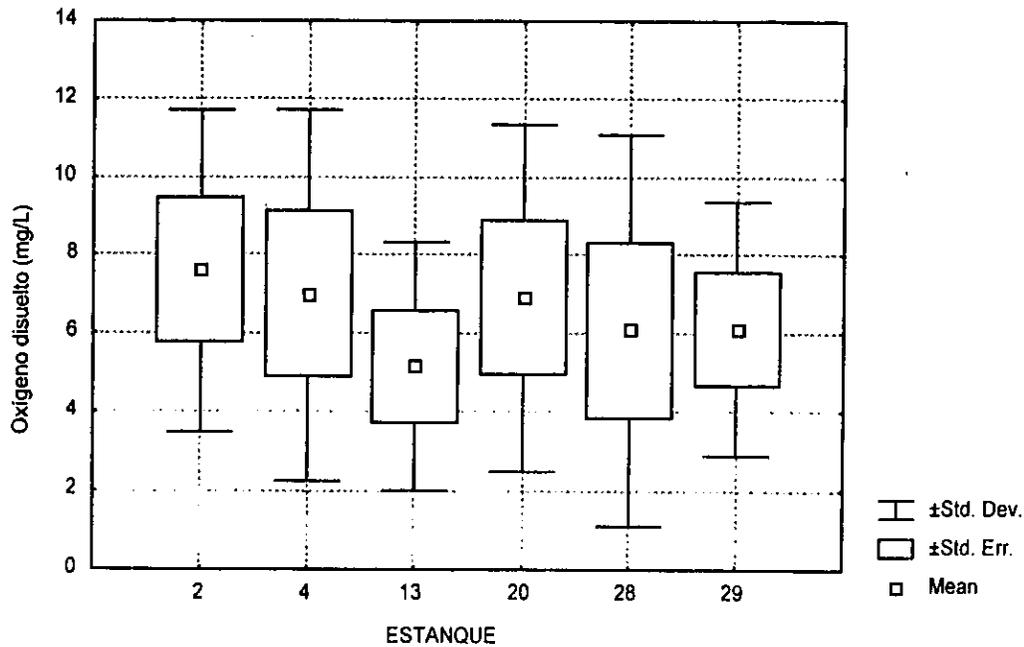


Figura 11. Valores de oxígeno disuelto (mg/l) registrados en el agua de los estanques durante el presente estudio.

La mayoría de los autores refieren que la concentración de oxígeno disuelto en los estanques se puede controlar fácilmente por recambios de agua o mediante el uso de aireadores mecánicos lo que mantendría el nivel de concentración sobre 2.5 mg/l en los sistemas de cultivo semi-intensivo o intensivo en estanques rústicos o de concreto.

Nitrógeno total

El nitrógeno libre es utilizado por los microorganismos fijadores de nitrógeno como ciertas especies de bacterias y microalgas. La solubilidad del nitrógeno libre en el agua dulce guarda una relación inversa con la temperatura y con la salinidad y de manera directa con la presión (Wheaton, 1982). Sin embargo de las distintas formas que tiene el nitrógeno la forma inorgánica es la que las plantas utilizan de manera directa y la concentración de nitratos es un buen indicador de la productividad en cualquier ecosistema acuático (Rodier, 1981).

Como aporte del nitrógeno a los ambientes acuáticos se consideran la lluvia, las corrientes de agua superficiales, el agua subterránea y las reacciones biológicas; en los estanques de cultivo se suman los fertilizantes orgánicos y las aguas residuales; de forma particular se menciona la aportación de los organismos a través de la excreción y en los procesos de descomposición de la materia orgánica. También las secreciones elevan directamente la concentración nitrógeno en el agua (Arrignon, 1991; Arredondo, 1993).

Se menciona que en los estanques sin fertilizar el nitrito y el amoníaco se encuentra en bajas concentraciones, mientras que el nivel de los nitratos es alto (Hepher y Pruginin, 1985).

El valor promedio de nitrógeno total de los estanques de cultivo del langostino fue 1.54 mg/l, con un valor máximo de 2.3 y un mínimo de 0.9 mg/l. (Fig. 12). El mayor coeficiente de variación se observó en el estanque 4 con 44 %, siendo el promedio de 37 % (Tabla 5). No se presentaron diferencias significativas en las variaciones de este parámetro para cada estanque a lo largo del experimento ($p > 0.05$).

Pretto (1988) considera que los nitratos son nutrimentos esenciales para los organismos vegetales en el estanque, si bien durante el cultivo de langostino la concentración idónea de este compuesto debe de ser igual o menor a 1.0 mg/l. Armstrong *et al.* (1976) señalan que las larvas de *M. rosenbergii* toleran concentraciones de 9.7 mg/l de nitrógeno en forma de nitrato por espacio de 24 horas, pero si sus concentraciones son menores y se encuentran entre 1.0 a 1.8 mg/l de NO_3 el período de vida se alarga por mas tiempo, hasta por siete días.

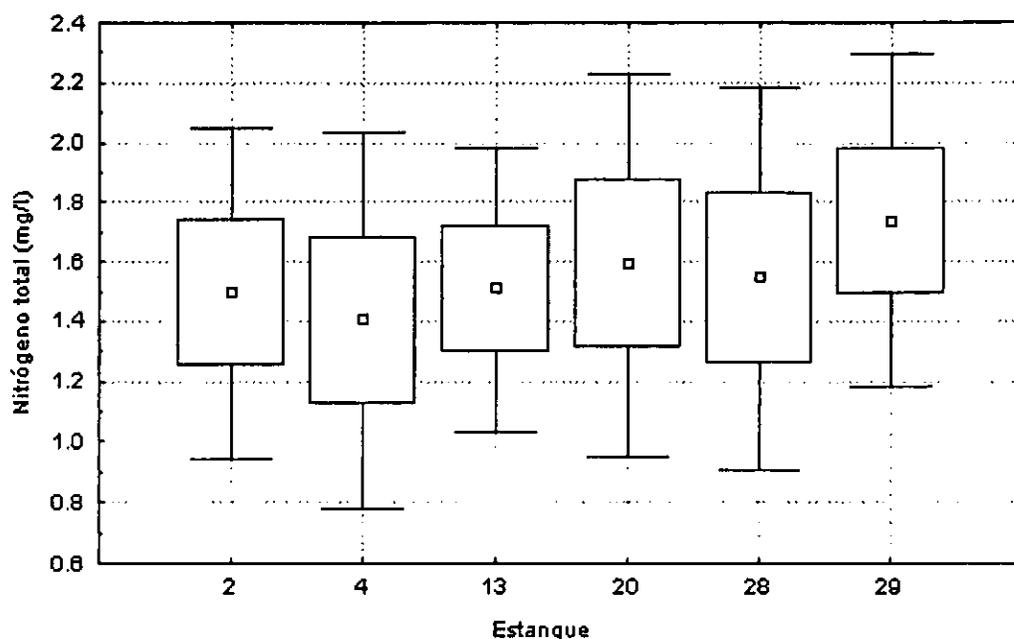


Figura 12. Valores de nitrógeno total (mg/l) registrados en el agua de los estanques durante el presente estudio.

New y Singolka (1984) proponen que el agua que llene los estanques de un criadero de *Macrobrachium rosenbergii* no debe contener dentro una concentración de nitritos (NO_2) superior a 0.1 mg/l y de nitratos (NO_3) no mayor a 20 mg/l. Holschmith (1988b) considera que durante el cultivo del langostino gigante la concentración de nitrógeno en forma de nitrito (N-NO_2) no debe ser mayor de 1.0 mg/l y la concentración de amonio no ionizado (N-NH_3) no mayor de 0.1 mg/l.

Arredondo (1987) registró concentraciones de nitratos de 0.54 a 2.57 mg/l en un sistema de cultivo experimental con carpas chinas y señala que de acuerdo a Armstrong *et al.* (1976) y Colt y Armstrong (1981) el nitrato es tóxico en cantidades mayores a 10 mg/l para peces y crustáceos; estas cantidades difícilmente se registran en los sistemas de cultivo.

Las fluctuaciones que experimentaron los estanques con relación a la concentración de nitrógeno total, se debieron probablemente a la renovación del agua y a la fertilización. Durante el cultivo del langostino, la concentración de amonio pudo representar un factor importante durante los procesos de nitrificación bacteriana dadas las condiciones de temperatura (de 22.7 a 30.6 °C) y pH del agua entre 7.5 a 9.4 unidades. El nitrito se oxida a nitrato y este último se acumula en el sistema acuático donde es aprovechado por los organismos fotosintetizadores (Arredondo, 1987).

Fósforo total

Los fosfatos son fácilmente fijados por los sedimentos; su presencia en el agua se debe al lavado del suelo y a la descomposición de la materia orgánica. El fosfato es clave en la fertilidad de los estanques ya que desempeña un papel importante en el desarrollo del fitoplancton (Rodier, 1981; Bardach *et. al.*, 1986). Las concentraciones de fosfato en el agua dulce son consideradas bajas; los ortofosfatos solubles varían de 5 a 20 mg/l y rara vez sobrepasan 0.1 mg/l como fósforo total. Stickney (1994) considera que la concentración de este nutrimento varía de 0.1 mg/l a más de 200 mg/l de fósforo total y los ambientes de mayor concentración son los sistemas de producción acuática. New y Singolka (1984) y Pretto (1988) consideran que la concentración de ortofosfatos solubles presentes durante el cultivo del langostino gigante, no sobrepasa de 0.15 mg/l de fósforo a menos que se utilicen fertilizantes como base de la estrategia productiva.

En este estudio la concentración de fósforo total en los seis estanques fue en promedio 0.89 mg/l, presentando un valor máximo de 1.10 y un mínimo de 0.6 mg/l. La variación del fósforo total durante el periodo de cultivo se presenta en la figura 13. La mayor variación se observó en el estanque 13 con un coeficiente de variación de 17 % y el mínimo de 9 % en el estanque 29, siendo el promedio de 13 %. Por lo tanto se considera que la concentración de fosfatos para los seis estanques mantuvo una baja fluctuación a lo largo del tiempo de cultivo, lo que se

debe probablemente a que se realizó solamente una aplicación de fertilizante orgánico. Al inicio del cultivo, se observó ligero aumento, lo cual se atribuye al incremento de la actividad microbiológica en el fondo de los estanques (Tabla 5).

La mayor parte de los autores que han trabajado en el cultivo del langostino gigante consideran necesaria la aplicación de fertilizantes orgánicos e inorgánicos en los estanques de tierra, con el propósito de generar una actividad fotosintética constante por parte del fitoplancton y una disminución de la penetración lo cual beneficia el desarrollo y bienestar de los langostinos. En México se han citado concentraciones de fosfato en los estanques de cultivo de langostino entre 0.10 y 0.30 mg/l, sin llegar a conocer los valores óptimos para el cultivo de langostino (Holtzschmith, 1988b; Arana, 1980). New (1990) refiere que la concentración de fósforo total en las aguas naturales no es mayor a 1 mg/l y que en estanques fertilizados los ortofosfatos en promedio alcanzan una concentración de 20 mg/l; la concentración total oscila entre 0.17 a 0.30 mg/l.

Bautista (1988) y Chen (1990) consideran importante el uso de los fertilizantes para el crecimiento de juveniles de *Macrobrachium rosenbergii* hasta la cosecha y subrayan que el fósforo presente en el agua de los estanques es utilizado por el fitoplancton, las macrofitas acuáticas y las bacterias y otra parte es absorbida por los sedimentos. Arredondo (1987 y 1993) señala que no existe una razón biológica ni una justificación económica para agregar a los estanques dosis mayores de 9.5 mg/l de fósforo debido a que cualquier cantidad que exceda este nivel será fijada o liberada tan rápidamente que tendrá poco efecto sobre la productividad en los estanques.

Boyd (1982) y Hepher y Pruginin (1985) consideran importante mantener una concentración de fósforo en los estanques de cultivo sobre 0.5 mg/l. En términos generales la concentración de fósforo total en los estanques de cultivo de peces y crustáceos como el langostino es indispensable. Arredondo (1987) registró una concentración de 3.4 mg/l de ortofosfatos solubles en estanques mantenidos

bajo fertilización intensiva; Granados *et. al.* (1986) reportan valores de 1.05 mg/l de fósforo total en estanques rústicos durante el cultivo de langostino en policultivo. En ambos trabajos dichas concentraciones no se consideran limitantes para el cultivo.

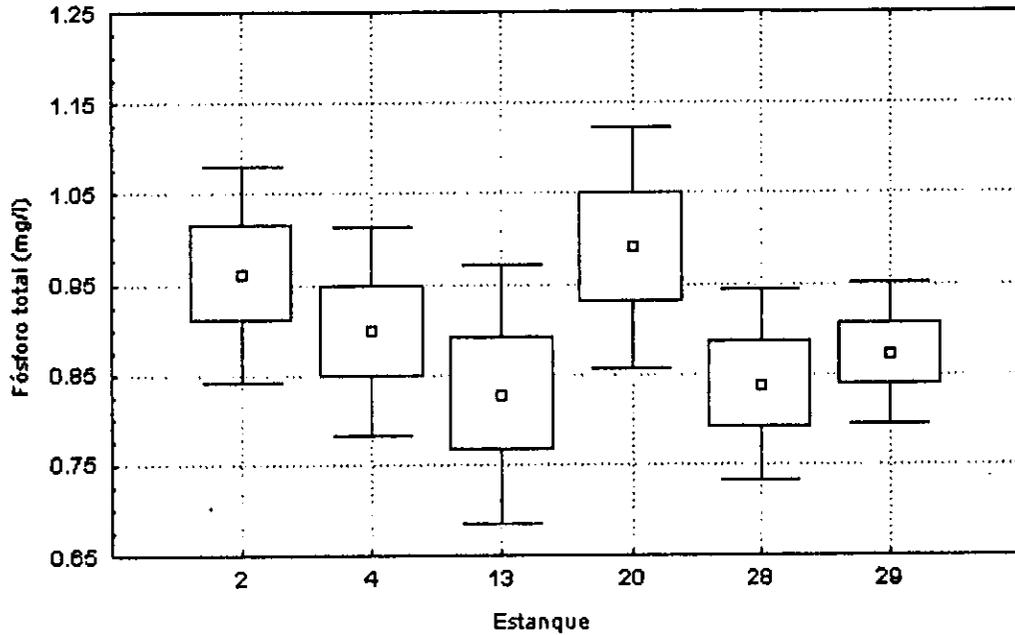


Figura 13. Valores de fósforo total (mg/l) registrados en el agua de los estanques durante el presente estudio.

INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD PRIMARIA

Los resultados de la densidad del fitoplancton, de clorofila a, de productividad primaria gruesa y de respiración, se presentan en la Tabla 6.

Tabla 6. Densidad fitoplanctónica, clorofila a, productividad primaria gruesa y valores de respiración en los estanques durante el periodo de cultivo de *M. rosenbergii*.

Parámetros	Mes	Est. 2	Est. 4	Est. 13	Est. 20	Est. 28	Est.29	Suma total
Densidad del fitoplancton cél/l x 10 ⁵	Agosto	68.92	206.47	112.64	132.13	92.28	72.31	574.77 (E2)
	Septiembre	42.07	147.14	72.33	88.7	60	43.76	707.97 (E4)
	Octubre	32.20	66.75	48.83	329.61	17.02	28.68	940.41 (13)
	Noviembre	254.61	73.73	92.98	582.59	42.33	114.67	2,749.3(20)
	Diciembre	165.68	192.72	114.1	743.63	119.09	129.39	440.68 (28)
	Enero	11.29	21.16	499.46	672.72	23.89	42.33	572.00 (29)
	Promedio	95.80	118	156.72	429.9	59.10	71.86	154.39
	Mínimo	11.29	21.16	48.83	88.7	17.02	28.68	11.29
	Máximo	254.61	206.47	499.46	743.63	119.09	129.39	743.63
	D.s.	94.76	75.13	169.74	281.32	39.98	41.64	117.10
C.V.	99	64	108	66	68	58	77	
Clorofila "a" µg/l	Agosto	64.07	68.24	47.72	82.68	62.09	68.38	173.24 (E2)
	Septiembre	42.57	45.48	19.3	52.26	20.58	29.36	214.42 (E4)
	Octubre	28.65	28.82	12.82	34.38	99.09	169.54	144.70 (13)
	Noviembre	14.76	7.56	15.3	59.26	12.29	25.83	425.47 (20)
	Diciembre	8.06	24.12	37.8	73.5	27.63	49.09	238.31 (28)
	Enero	15.12	40.2	11.76	123.39	16.63	19.27	361.47 (29)
	Promedio	28.87	35.74	24.12	70.91	39.72	60.24	43.27
	Mínimo	8.06	7.56	11.76	34.38	12.29	19.27	7.56
	Máximo	64.07	68.24	47.72	123.39	99.09	169.54	169.54
	D.s.	21.2	20.73	15	30.72	34.13	56.49	29.7
C.V.	73	58	62	43	86	94	69	
Productividad primaria gruesa mgC/l ¹ . 4 horas	Agosto	0.52	0.45	0.2	0.09	0.05	0.03	2.66 (E2)
	Septiembre	0.52	0.45	0.2	0.09	0.05	0.03	1.96 (E4)
	Octubre	0.56	0.07	1.1	0.41	0.76	1.01	2.08 (E13)
	Noviembre	0.75	0.6	0.24	0.27	0.21	0.13	2.82 (E20)
	Diciembre	0.18	0.3	0.18	1.18	0.05	0.09	1.17 (E28)
	Enero	0.13	0.09	0.16	0.78	0.05	0.65	1.94 (E29)
	Promedio	0.443	0.3267	0.3467	0.47	0.195	0.3233	0.350
	Mínimo	0.13	0.07	0.16	0.09	0.05	0.03	0.03
	Máximo	0.75	0.6	1.1	1.18	0.76	1.01	1.18
	D.s.	0.2396	0.2134	0.37	0.4319	0.2841	0.4104	0.3248
C.V.	54	65	107	92	146	127	98	
Respiración mgC/l ¹ . 4 horas	Agosto	0.24	0.31	0.05	0.07	0.01	0.01	1.10 (E2)

Indicadores de productividad primaria

Continuación	Septiembre	0.24	0.31	0.05	0.07	0.01	0.01	1.11 (E4)
	Octubre	0.05	0.02	0.5	0.31	0.41	0.56	0.73 (E13)
	Noviembre	0.22	0.31	0.11	0.05	0.07	0.01	1.41 (E20)
	Diciembre	0.3	0.15	0	0.56	0.03	0.05	0.56 (28)
	Enero	0.05	0.01	0.02	0.35	0.03	0.13	0.77 (E29)
	Promedio	0.1833	0.185	0.2117	0.235	0.0933	0.1283	0.157
	Mínimo	0.05	0.01	0	0.05	0.01	0.01	0
	Máximo	0.3	0.31	0.5	0.56	0.41	0.56	0.56
	D.s.	0.1067	0.1456	0.189	0.2065	0.1567	0.2166	0.1701
	C.V.	58	79	155	88	168	169	119

Densidad del fitoplancton

Las densidades totales de los componentes del fitoplancton que se obtuvieron durante el periodo de estudio fueron de 574.67×10^5 cél/l para el estanque 2; 707.97×10^5 cél/l para el estanque 4; 940.41×10^5 cél/l para el estanque 13; $2,749.38 \times 10^5$ cél/l para el estanque 20; 440.68×10^5 cél/l para el estanque 28 y 572.00×10^5 cél/l para el estanque 29. Destacando por su valor el estanque 20 (Tabla 6; Fig. 14).

En el estanque 2 al inicio del periodo de crecimiento del langostino gigante (Agosto de 1991) se registraron 68.92×10^5 cél/l y en los meses de Noviembre y Diciembre estos valores se incrementaron a 254.61 y 165.58×10^5 cél/l respectivamente.

Las densidades más elevadas registradas para el estanque 4 fueron desde el inicio, en el mes de Agosto, con 206.47×10^5 cél/l, en el mes de Septiembre fue de 147.14×10^5 cél/l, disminuyó en un 50% en los meses de Octubre y Noviembre, y se observó un nuevo aumento en el mes de Diciembre con 192.72×10^5 cél/l; en tanto que para el mes de Enero la densidad del fitoplancton fue la más baja de este ciclo.

Para el estanque 13 los mayores incrementos se obtuvieron en el mes de Agosto con 112.64×10^5 cél/l y en forma progresiva durante los meses de Noviembre (92.98×10^5 cél/l), Diciembre (114.15×10^5 cél/l) y Enero (499.46×10^5 cél/l); se observa

un aumento gradual en la densidad del fitoplancton hacia la parte final del cultivo, el cual indica un periodo más denso y fotosintético para este estanque.

En relación con el estanque 20 la densidad del fitoplancton fue elevada a tal grado de que como fue transcurriendo el tiempo los valores fueron incrementándose a excepción del mes de Septiembre en donde disminuyó la concentración del fitoplancton a 88.70×10^5 cél/l, sosteniendo registros altos en los meses de Octubre, Noviembre, Diciembre y Enero (con valores de 329.61; 582,59; 743.63 y 672.72×10^5 cél/l respectivamente), se observan altas densidades del fitoplancton durante casi toda la fase de crecimiento del langostino.

En el estanque No. 28 los valores más elevados en la densidad del fitoplancton se observaron en los meses de Agosto (92.28×10^5 cél/l) y Diciembre (119.09×10^5 cél/l) y durante el periodo de cultivo la densidad del fitoplancton experimentó una alta fluctuación.

Las concentraciones más altas de la densidad del fitoplancton en el estanque 29 ocurrieron en el mes de Agosto con 72.31×10^5 cél/l; posteriormente disminuyó significativamente en los meses de Septiembre y Octubre. En los meses de Noviembre y Diciembre volvió a aumentar la densidad con valores de 114.67 y 129.39×10^5 cél/l respectivamente y durante el mes de Enero el valor disminuyó, en relación a los dos meses anteriores.

La importancia del fitoplancton es básica, y constituye el primer eslabón de la red alimentaria, ya que es el productor principal de materia orgánica en los sistemas acuáticos. El análisis de la composición, la abundancia y la diversidad del fitoplancton son componentes que sumados con los estudios de la productividad primaria permiten conocer la dinámica de los organismos y el efecto del fertilizante de acuerdo al contenido de nutrimentos (Boyd, 1982).

Los cambios en la productividad del fitoplancton (abundancia y estructura) están sujetos a una compleja interacción de factores externos e internos entre los que se mencionan las condiciones climáticas, la luz, la temperatura, el pH, la concentración de nutrientes, las características del comportamiento de las algas y su relación con otros organismos tales como la depredación, competencia, simbiosis y alelopatía entre las más citadas (Margalef, 1967; Equihua y Benitez, 1987; Marshall, 1987).

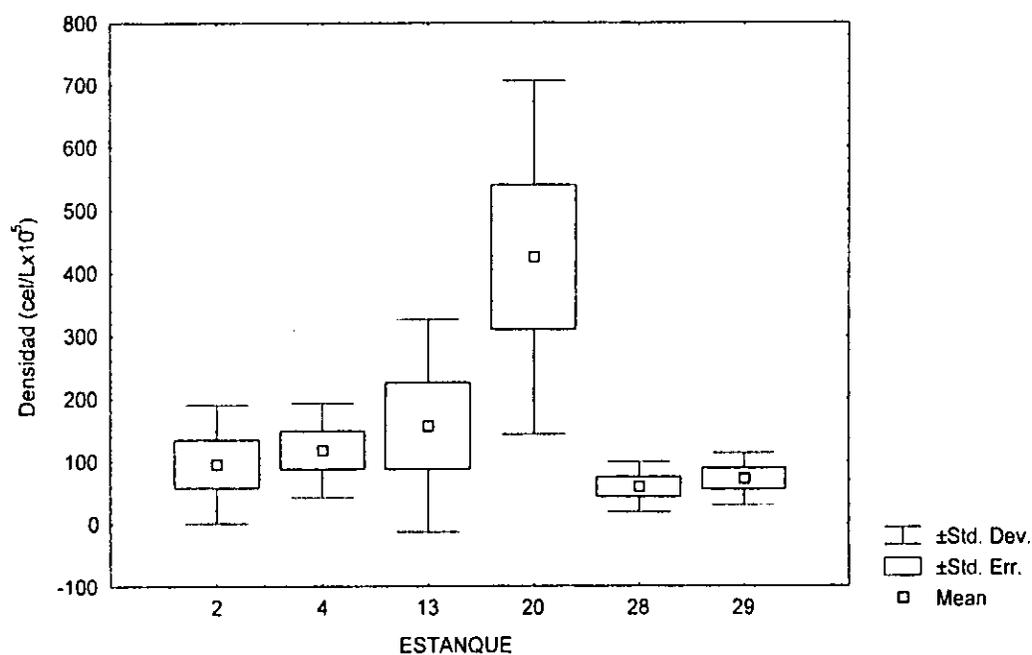


Figura 14. Valores de densidad del fitoplancton (cel/Lx 10⁵) registrados en la columna de agua de los estanques durante el presente estudio.

Los promedios y las densidades totales del fitoplancton por estanque (cél/ml) obtenidos fueron las siguientes: 574,670 cél/ml (9 580 cél/ml promedio); 707,970 cél/ml (1 180 cél/ml promedio); 940,410 cél/ml (15,672 cél/ml promedio); 2749,380 cél/ml (42 990 cél/ml promedio); 354, 610 cél/ml (5,910 cél/ml promedio); 431,140 cél/ml (7186 cél/ml promedio) en los estanques 2, 4, 13, 20, 28 y 29 respectivamente, durante el periodo de seis meses, En el estanque 20 la densidad fue mayor con respecto a los otros cinco estanques ($p < 0.05$). Al respecto Rappaport, *et. al.*, (1977), señala densidades de fitoplancton de 3,000 a 16,300

cél/ml cuando se utilizan excretas de pollo fresca o fermentada; Boyd y Sowles (1978) citan densidades promedio mensual de 15,830 células/ml con aplicaciones de un fertilizante inorgánico; Almazan y Boyd (1978) obtuvieron de 3,000 a 20,000 células/ml de fitoplancton mensual durante un periodo de seis meses utilizando fertilizantes inorgánicos.

En México, Arredondo (1987) menciona densidades totales de 461,148 células/ml para estanques fertilizados con bioabono líquido de borrego y de 500,763 células/ml en estanques fertilizados con bioabono líquido de cerdo en un lapso de seis meses. Quiroz (1990) obtuvo densidades de 451,932 células/ml en estanques fertilizados con abono inorgánico y en estanques mantenidos con una combinación de bioabono líquido de vaca obtuvo densidades de 569,974 células/ml y los fertilizados con excreta de gallina seca, densidades de 304,603 células/ml en seis meses bajo un sistema de policultivo en estanques rústicos. Molina (1998) cita una abundancia total de 127 530 células/ml en estanques fertilizados con gallinaza seca más superfosfato triple. En los resultados obtenidos en el presente estudio, se aprecia que solo tres estanques rebasan los promedios de los valores de los trabajos antes mencionados (estanques 4, 13 y 20) en periodos de cultivo muy semejantes.

Las densidades altas de fitoplancton en los estanques de cultivo intensivo y altamente fertilizados se deben en parte a la forma de la aplicación del fertilizante en cuanto a la cantidad y la frecuencia, así como a los hábitos de los organismos en cultivo según Parsons *et al.* (1972), Opuszynski (1979) y Noriega-Curtis (1979). Arredondo (1987) menciona que no existen muchos trabajos sobre la abundancia y composición del fitoplancton en estanques fertilizados bajo cultivo intensivo en México.

Concentración de la clorofila "a"

La concentración total de la clorofila "a" por estanques fue la siguiente: en el estanque 2 se obtuvo un valor de 173.23 µg/l; 214.44 µg/l para el estanque 4;

144.7 $\mu\text{g/l}$ en el estanque 13; 425.47 $\mu\text{g/l}$ para el estanque 20; 238.31 $\mu\text{g/l}$ en el estanque 28 y para el estanque 29 fue de 342.2 $\mu\text{g/l}$ y con la mejor concentración el estanque 20.

La concentración de la clorofila "a" en el estanque 2 fue elevada desde el inicio con un valor de 64.07 $\mu\text{g/l}$ y una alta concentración en el mes de Septiembre: En los meses restantes (Octubre, Noviembre, Diciembre y Enero) las concentraciones del pigmento variaron entre 8.06 y 28.65 $\mu\text{g/l}$ de clorofila "a". El promedio final fue de 28.87 $\mu\text{g/l}$ (Tabla 6; Fig. 15).

La concentración de la clorofila "a" al inicio del periodo de cultivo del estanque 4 tuvo valores de 68.24 y 45.48 $\mu\text{g/l}$ (Agosto y Septiembre respectivamente); la concentración vario entre 7.56 y 28.82 $\mu\text{g/l}$ durante los meses de Octubre, Noviembre y Diciembre para luego aumentar significativamente en el último mes, Enero de 1992, con 40.20 $\mu\text{g/l}$.

Los valores más altos de la concentración de la clorofila "a" para el estanque 13, ocurrieron en los meses de Agosto y Diciembre de 1991, con valores de 47.72 y 37.8 $\mu\text{g/l}$ respectivamente; en los meses restantes (Septiembre, Octubre, Noviembre y Enero) se observaron bajas concentraciones. La concentración de este pigmento experimentó ligeras variaciones, probablemente a los cambios poblacionales del fitoplancton durante el periodo de cultivo.

En el estanque 20 se obtuvo la concentración de la clorofila "a" más alta. Los valores iniciales fueron 82.68 $\mu\text{g/l}$ y a medida que transcurría el tiempo la densidad del fitoplancton se incrementó considerablemente hasta 123.39 $\mu\text{g/l}$ de clorofila "a" (Tabla 6; Fig. 15).

En el estanque 28 la clorofila "a" tuvo variaciones en su concentración con valores altos en los meses de Agosto (62.09 $\mu\text{g/l}$) y Octubre (99.09 $\mu\text{g/l}$); con valores bajos en los meses de Noviembre (12.29 $\mu\text{g/l}$) y enero (16.63 $\mu\text{g/l}$); se considera que las

variaciones presentadas son producto de los cambios poblacionales de maduración del estanque en su fase de cultivo.

En el estanque 29 al inicio del trabajo, la concentración de la clorofila "a" tuvo valores altos, principalmente en los meses de Agosto (68.38 $\mu\text{g}/\text{l}$) y Octubre (169.54 $\mu\text{g}/\text{l}$). En relación con el estanque 28 las concentraciones fueron mayores en Septiembre, Noviembre, Diciembre y Enero las concentraciones del pigmento fluctuaron significativamente, probablemente debido a la concentración y degradación del fertilizante utilizado para este ciclo de crecimiento del langostino gigante (Tabla 6; Fig. 15).

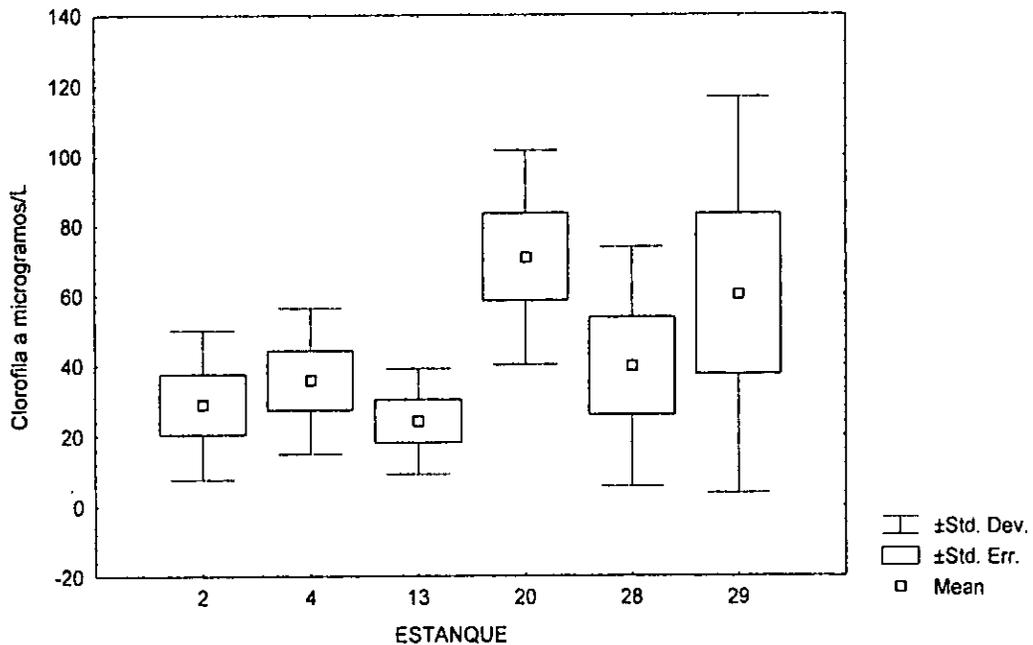


Figura 15. Valores de clorofila "a" ($\mu\text{g}/\text{L}$) registrados en la columna de agua de los estanques durante el presente estudio.

La clorofila es un pigmento propio de los organismos autótrofos, por lo cual su determinación se relaciona con la capacidad fotosintética de las plantas, utilizándose como una medida de productividad primaria (Brower y Zar, 1977). Algunos autores tales como Hall *et al.* (1970) mencionan promedios de 2.9 a 55.5 $\mu\text{g}/\text{l}$ de concentración de clorofila "a" para estanques no fertilizados y fertilizados

respectivamente; Almazán y Boyd (1978) citan valores de 9.0 a 50.0 $\mu\text{g/l}$ para estanques fertilizados químicamente; Melack (1979) considera que una concentración de 5 $\mu\text{g/l}$ de clorofila "a" puede tomarse como una línea divisoria entre aguas oligotróficas (< al valor) y las aguas eutróficas (> al valor).

De acuerdo a Parson *et al.* (1972) se emplea el término eutrofía para señalar tanto la abundancia de nutrimentos como de plancton; al respecto en los estanques que se mantuvieron en estudio para el crecimiento del langostino gigante se observó siempre una fase de eutrofía, coincidiendo en la mayoría de las veces con las altas densidades del fitoplancton. Esto se comprobó a través del índice de Shannon-Weaver que dio como resultado valores promedio de 1.1 a 2.3 bits en las abundancias del fitoplancton; Margalef (1967; 1976) señala que la población de fitoplancton decrece en los ambientes acuáticos debido al envejecimiento y por lo tanto su eficiencia en la asimilación de los nutrimentos es limitada y en consecuencia disminuye la concentración de la clorofila "a".

Productividad primaria

Con relación al método de las botellas claras y oscuras en el agua del estanque 2 se registran valores constantes de productividad primaria gruesa en los primeros meses del periodo de cultivo, con una concentración de 0.52 $\text{mgC/l}^{-1} \cdot 4$ horas en los meses de Agosto y Septiembre y de 0.56 $\text{mgC/l}^{-1} \cdot 4$ horas en el mes de Octubre; en el mes de Noviembre se obtuvo un mejor valor con 0.75 $\text{mgC/l}^{-1} \cdot 4$ horas; posterior a este tiempo los valores fueron disminuyendo significativamente para terminar en el mes de Enero con solo 0.13 $\text{mgC/l}^{-1} \cdot 4$ horas. El promedio final para este estanque fue de 0.443 $\text{mgC/l}^{-1} \cdot 4$ horas (Tabla 6; Fig. 16).

Para el estanque 4 los valores más altos de productividad primaria gruesa se obtuvieron en los meses de Agosto, Septiembre y Diciembre dichos valores oscilaron entre 0.3 y 0.6 $\text{mg C/l}^{-1} \cdot 4$ horas y en cambio en los meses restantes los valores de

la productividad disminuyeron significativamente. El promedio obtenido al final del cultivo fue de $0.326 \text{ mgC/l}^{-1} \cdot 4 \text{ horas}$.

Uno de los valores más altos de la productividad primaria gruesa fue registrado en el estanque 13 en el mes de Octubre con $1.10 \text{ mgC/l}^{-1} \cdot 4 \text{ horas}$; en los meses restantes los valores se mantuvieron casi constantes, los cuales fluctuaron entre los $0.24 \text{ mgC/l}^{-1} \cdot 4 \text{ horas}$ y los $0.16 \text{ mgC/l}^{-1} \cdot 4 \text{ horas}$; obteniendo al final un promedio de $0.346 \text{ mgC/l}^{-1} \cdot 4 \text{ horas}$ y un coeficiente de variación significativamente alto (107%).

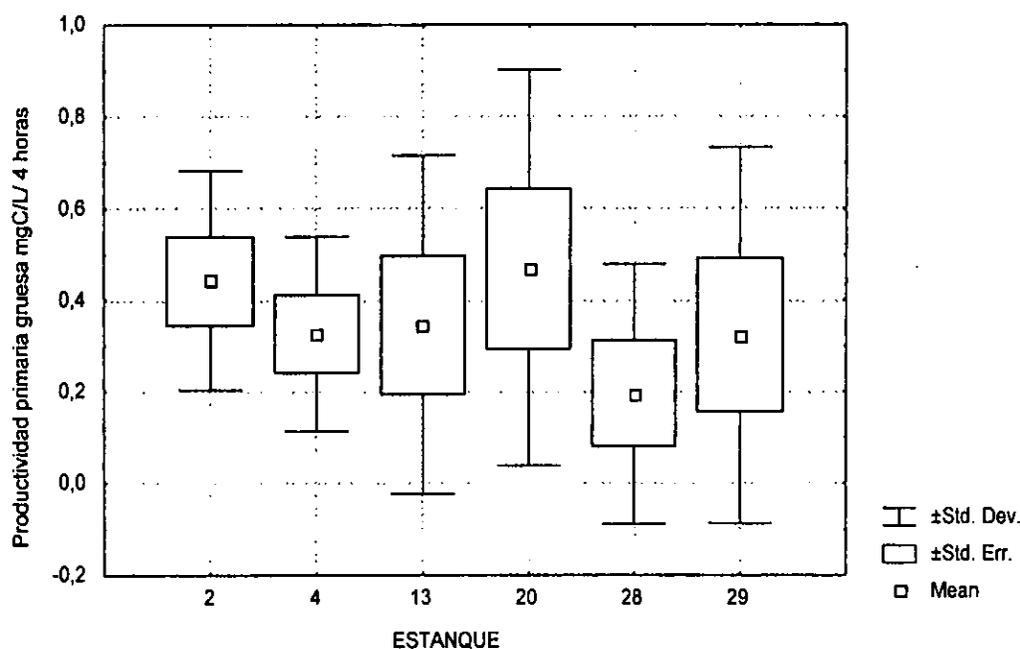


Figura 16. Valores de productividad primaria gruesa ($\text{mgC/L}^{-1} \cdot 4 \text{ horas}$) registrados en la columna de agua de los estanques durante el presente estudio.

En el agua del estanque 20 se registró la mayor concentración de la productividad primaria gruesa con $1.18 \text{ mgC/l}^{-1} \cdot 4 \text{ horas}$ durante el mes de Diciembre de 1991; la concentración en los restantes meses osciló entre 0.09 y $0.78 \text{ mgC/l}^{-1} \cdot 4 \text{ horas}$. Al final se registró un valor promedio de $0.47 \text{ mgC/l}^{-1} \cdot 4 \text{ horas}$ y un coeficiente de variación de un 92%.

Los dos mejores valores de la productividad primaria gruesa evaluados en el agua del estanque 28 correspondieron a los meses de Octubre con $0.76 \text{ mgC/l}^{-1} \cdot 4 \text{ horas}$ y Noviembre con $0.21 \text{ mgC/l}^{-1} \cdot 4 \text{ horas}$, en tanto que en los meses restantes la productividad se mantuvo con solo $0.05 \text{ mg C/l}^{-1} \cdot 4 \text{ horas}$, se considera bajo este valor; con un coeficiente de variación para todo el muestreo de (146%).

El estanque 29 y último del cultivo de langostino, registró niveles altos de la productividad primaria gruesa a la mitad del cultivo y al final del mismo (Octubre y Enero) con concentraciones de $1.01 \text{ mgC/l}^{-1} \cdot 4 \text{ horas}$ y $0.65 \text{ mgC/l}^{-1} \cdot 4 \text{ horas}$ respectivamente; con esto podemos observar que la productividad primaria gruesa en cada estanque se comportó de diferente forma independientemente de los tratamientos de alimentación implementados y solo al inicio se expresó en todos ellos una fase de productividad sostenida. Los estanques 13, 20 y 29 mostraron una tasa de productividad más variable, quizá respondiendo a los procesos de disolución del fertilizante y a la disponibilidad de los nutrimentos tales como el fósforo y el nitrógeno principalmente.

Con relación a los valores de la respiración producto de la incubación de las botellas claras y oscuras en los estanques se aprecia que durante los meses de Agosto, Septiembre, Noviembre y Diciembre los valores fueron significativos, con un coeficiente de variación de 58 % para el estanque 2 (Tabla 6; Fig. 17).

Para el estanque 4, los valores de respiración más altos correspondieron a los meses de Agosto, Septiembre, Noviembre y Diciembre, con concentraciones que oscilaron entre 0.15 y $0.31 \text{ mgC/l}^{-1} \cdot 4 \text{ horas}$ entre estos meses, para luego disminuir al final del periodo y obtener un coeficiente de variación de 79 %.

En el agua del estanque 13 se observaron los más bajos valores correspondientes a la respiración evaluada a través de la técnica de botellas claras y oscuras en los ciclos de 24 horas realizados cada mes en los estanques en estudio, un valor alto se observa en el mes de Octubre con $0.5 \text{ mgC/l}^{-1} \cdot 4 \text{ horas}$ y en todos los demás meses

las concentraciones fueron menores a $0.11 \text{ mgC/l}^{-1} \cdot 4 \text{ horas}$. En promedio el valor fue de $0.211 \text{ mgC/l}^{-1} \cdot 4 \text{ horas}$.

En el estanque 20 el valor de la respiración en los meses de Octubre, Diciembre y Enero fue de 0.31, 0.56 y $0.35 \text{ mgC/l}^{-1} \cdot 4 \text{ horas}$ respectivamente; y en los restantes meses los valores solo fueron 0.05 a $0.07 \text{ mgC/l}^{-1} \cdot 4 \text{ horas}$; el coeficiente de variación fue de 88%.

De una manera general, en el estanque 28 y en el mes de Octubre se obtuvo el valor más alto de la respiración con $0.41 \text{ mgC/l}^{-1} \cdot 4 \text{ horas}$, en los restantes meses los valores fueron de $0.1 \text{ mgC/l}^{-1} \cdot 4 \text{ horas}$; con un coeficiente de variación de 16.8%.

En el estanque 29 se obtuvieron dos valores altos a lo largo de su periodo de estudio; uno fue en el mes de Octubre con $0.56 \text{ mgC/l}^{-1} \cdot 4 \text{ horas}$ y el segundo en el mes de Enero con $0.13 \text{ mgC/l}^{-1} \cdot 4 \text{ horas}$. Los meses restantes no alcanzaron a sobrepasar el valor de $0.1 \text{ mgC/l}^{-1} \cdot 4 \text{ horas}$; el promedio al final fue de $0.128 \text{ mgC/l}^{-1} \cdot 4 \text{ horas}$ y el coeficiente de variación fue de 16.9%.

Por medio de la fotosíntesis los organismos autótrofos convierten la energía luminosa en energía química la cual se almacena en forma de carbohidratos, proteínas y lípidos; la cantidad de materia orgánica producida por los fotosintetizadores por unidad de tiempo (sobre una base de área o volumen), se conoce como productividad primaria; la cantidad de carbono fijado se denomina como productividad primaria gruesa y la cantidad de carbono que queda y es almacenado por la célula, se considera como la productividad primaria neta (Vollenweider, 1974; Marshall, 1987 y Harris, 1988).

Desde 1927 tanto la producción como el consumo de oxígeno se han utilizado como medida de la producción primaria a través del método de las botellas claras y oscuras. Es importante tomar en cuenta que pueden existir varias fuentes de error que van desde la calidad de las botellas, la forma de las mismas, la respiración

bacteriana, incrementos de la población de algas y la toma misma de la muestra (Pratt y Berkson, 1959; Stickland, 1960; Hutchinson, 1967 y Wrobel, 1972). Al respecto Marshall (1987) menciona que dicho método es útil cuando se aplica en aguas con productividad razonablemente alta, pero no es lo suficiente sensible al aplicarse en aguas con características oligotróficas, por lo que es necesario mantener las botellas sumergidas en el agua largos periodos de tiempo con el fin de notar cambios significativos en las concentraciones de oxígeno; sin embargo esto provoca un crecimiento bacteriano que modifica el valor real. En ambientes muy productivos el agua puede sobresaturarse de oxígeno; parte de éste se pierde al añadir los reactivos químicos después del periodo de incubación.

La productividad primaria gruesa obtenida por el método de las botellas claras y oscuras en el estanque 2, indica tasas de productividad sostenidas desde Agosto a Noviembre (de 0.52 a 0.75 mgC/l⁻¹. 4 horas) lo cual coincide con el aumento de las densidades del fitoplancton en los mismos meses; después de este periodo la productividad primaria gruesa disminuye significativamente. La respiración en este lapso representó aproximadamente el 50 % de la actividad metabólica productiva en la mayoría de los meses de cultivo y en el mes de Diciembre se acercó al 100 %. En el estanque 4, de manera semejante al anterior, se obtuvieron durante cuatro meses tasas productivas altas (de 0.30 a 0.60 mgC/l⁻¹. 4 horas); los valores se correlacionaron con los florecimientos de fitoplancton. En promedio los valores de la respiración fueron de 70 % en los meses de Agosto y Septiembre; y de Octubre a Enero se promedió una respiración de 40%.

La productividad primaria gruesa medida en el estanque 13, fue en el mes de Octubre la mas alta con 1.10 mgC/l⁻¹ 4 horas; en relación con la densidad del fitoplancton se pudo apreciar un proceso de maduración en el tiempo, principalmente de Octubre a Enero. En el mes de Diciembre de 1991 no se pudo evaluar la respiración. En el estanque 20 las tasas productivas se fueron intensificando a medida que transcurría el tiempo hasta alcanzar el más alto valor de la productividad primaria gruesa con 1.18 mgC/l⁻¹. 4 horas en el mes de

Diciembre. Los resultados se atribuyen a incrementos en la densidad del fitoplancton. La tasa respiratoria osciló de un 30 a un 40 % de la actividad metabólica sostenida durante el periodo de estudio.

En el estanque 28, las mejores tasas productivas fueron en el mes de Octubre con $0.76 \text{ mgC/l}^{-1} \cdot 4 \text{ horas}$, mostrando poca correlación entre la productividad y los incrementos del fitoplancton; con un valor en la respiración de 60 % en tres de los seis meses de estudio. En el estanque 29 se obtienen valores de productividad primaria gruesa altos en los meses de Octubre y Enero con valores de 1.01 y $0.65 \text{ mgC/l}^{-1} \cdot 4 \text{ horas}$ y que al compararlos con las densidades del fitoplancton se aprecia que no existe correlación; y los valores de la respiración para todo el periodo fluctuaron de 0.01 a $0.56 \text{ mgC/l}^{-1} \cdot 4 \text{ h}$. Boyd (1979b) considera que la respiración tiene un grado de importancia ya que representa de un 40 % a un 50 % de la productividad total, lo que indica que la relación respiración-productividad primaria gruesa, en los ciclos de 24 h tienen una relación directa. Almazán y Boyd (1978) y Li (1987) han señalado que el tiempo de incubación se debe de modificar de acuerdo al sistema de cultivo, ya sea intensivo o semi-intensivo; además tomar en cuenta el efecto que genera el uso de fertilizantes orgánicos o el uso de fertilizantes químicos como componente base para incrementar la productividad primaria de los estanques.

Al respecto Boyd (1973) menciona intervalos de 1.0 a $4.0 \text{ mgO}_2/\text{l}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ (que representa de 0.31 a $1.2 \text{ mgC/l}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) correspondientes a la productividad primaria gruesa: Boyd (1979b), registra para estanques no fertilizados valores de $0.54 \text{ mgC/l}^{-1} \cdot 3\text{h}$; Hall, *et al.*, (1970) obtuvieron para estanques fertilizados de 1 a $3 \text{ gC/m}^2 \cdot \text{día}$ (0.41 a $1.25 \text{ mgC/l}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$); Almazán y Boyd (1978) evaluaron productividades de 0.02 a $3.1 \text{ gC/m}^2 \cdot \text{día}$ (0.42 a $1.29 \text{ mgC/l}^{-1} \cdot \text{h}$); Li (1987), considera valores de 3.58 a $4.92 \text{ mgO}_2/\text{l}^{-1} \cdot \text{h}$ (1.11 a $1.5 \text{ mgC/l}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$); Arredondo (1987) obtiene promedios en estanques fertilizados una fotosíntesis bruta de 0.95 a $1.0 \text{ mgC/l}^{-1} \cdot 3\text{h}$; Quiroz (1990) reporta productividades gruesas de 1.22 a $5.62 \text{ mgC/l}^{-1} \cdot 3\text{h}$ y Molina (1992)

evalúa una productividad primaria gruesa en tres estanques rústicos de 1.83 a 7.35 mgC/l⁻¹. 4h.

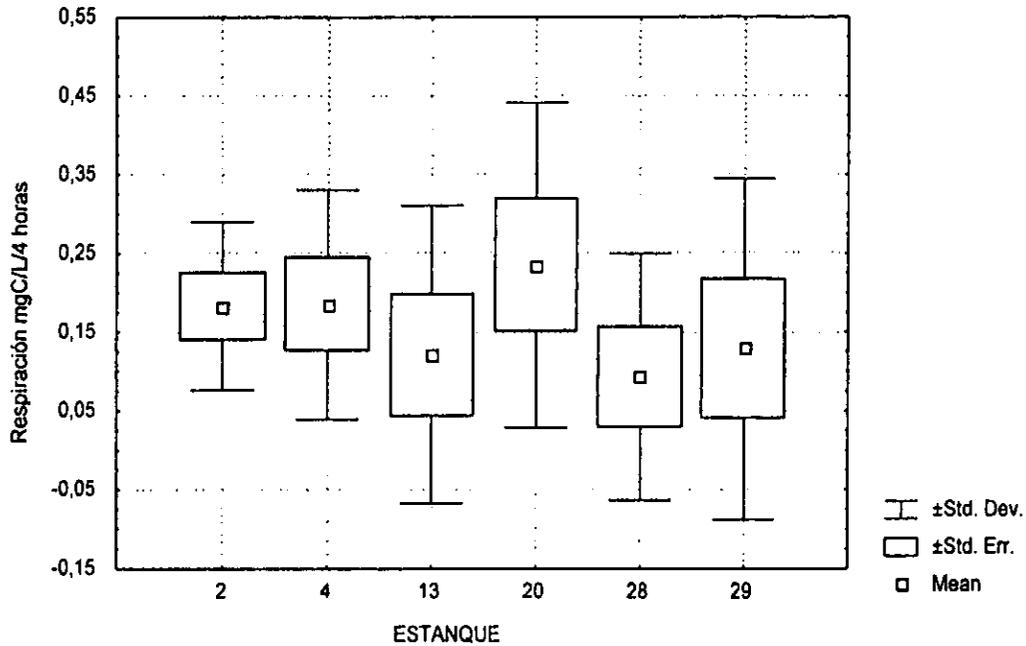


Figura 17. Valores de la respiración del fitoplancton (mgC/L⁻¹. 4 horas), registrados en la columna de agua de los estanques durante el presente estudio.

Los valores evaluados en este trabajo por medio del método de las botellas claras y oscuras son en algunos casos más bajos que los referidos por los autores antes citados, no obstante se aprecia que la productividad primaria evaluada en el presente trabajo se encuentra dentro de los intervalos para estanques fertilizados. Por lo tanto los estanque rústicos utilizados para el trabajo experimental del langostino "Malayo" de la Unidad de Engorde "El Jicarero" sostuvieron una alta tasa productiva, una actividad respiratoria moderada y se comportaron como ecosistemas eutróficos. La biomasa planctónica evaluada fue suficiente para sostener las necesidades de alimentación del langostino durante su etapa inicial y se complementó posteriormente con la adición de alimentos balanceados y mezclas, aprovechando la condición omnívora del organismo en cultivo.

Es importante resaltar que la productividad primaria de un ecosistema ya sea un lago, presa o estanque, está en función de las proporciones y constitución de cada uno de ellos, de la disponibilidad y asimilación de los nutrimentos, de la incidencia solar, de los cambios ambientales, de los reemplazos de agua, de la aplicación de los fertilizantes, del uso y aplicación del alimento, de la hora en que se obtiene la muestra, de los insumos que promuevan el desarrollo de la biocenosis y finalmente la correcta aplicación de la técnica al momento de medir su concentración en el ambiente acuático (Rodríguez y Anzola, 1993).

CRECIMIENTO, PRODUCCION Y EL FACTOR DE CONVERSION ALIMENTICIO

Los resultados de los indicadores de crecimiento, rendimiento, supervivencia y el Factor de Conversión Alimenticia (FCA) de los langostinos sembrados en los seis estanques rústicos, se presentan en la tabla 7.

Tabla 7. Indicadores de crecimiento, rendimiento y supervivencia del langostino gigante (*M. rosenbergii*) durante el cultivo experimental.

Estanque	2	4	13	20	28	29
Longitud inicial promedio (cm)	4.28	4.02	4.60	4.67	5.51	4.81
Longitud final promedio (cm)	8.92	8.45	10.09	8.08	8.52	12.06
Incremento en longitud por semana (cm)	0.23	0.22	0.27	0.17	0.15	0.36
Incremento en longitud promedio (cm)	4.64	4.43	5.49	3.41	3.01	7.25
Peso inicial promedio (g)	4.50	4.50	4.50	4.50	5.81	4.50
Peso final promedio (g)	19.61	17.57	28.78	13.98	19.31	32.23
Incremento en peso por semana (g)	0.75	0.65	1.21	0.47	0.67	1.38
Incremento en peso promedio (g)	15.11	13.07	24.28	9.48	13.50	27.73
% de peso ganado por semana	4.96	4.97	4.98	4.95	4.96	4.98
Tasa instantánea de crecimiento/semana (%)	7.36	6.81	9.27	5.66	6.00	9.84
Tasa de crecimiento específico	1.17	1.13	1.29	1.10	1.17	1.32
Biomasa final kg	107	112	117	60	133	201
Rendimiento kg/ha	1,070	1,120	1,170	600	1,330	2,010
Número de organismos introducidos	8,300	8,000	5,800	6,200	8,600	8,400
Número de organismos cosechados	5,478	6,400	4,067	3,794	5,246	6,224
Supervivencia (%)	66	80	70	61	61	74
Conversión alimenticia	4.3:1	3.8:1	4.1:1	7.5:1	4.8:1	2.3:1
Tiempo de cultivo en días	140	140	140	140	140	140

Crecimiento

Los modelos para determinar el crecimiento de la población de langostino cultivado en estanques son escasos. Al respecto Bardach *et al.* (1986) y Pebles (1980), señalan que existen efectos jerárquicos durante su crecimiento, es decir que aún cultivando especímenes de un mismo tamaño se observa que después de un tiempo hay individuos más grandes que otros lo que refleja una dominancia de los de mayor tamaño, que son más agresivos. Este fenómeno se conoce como el efecto "toro".

Después de 140 días de crecimiento y engorde de los langostinos sembrados en cada uno de los estanques y después de aplicar tres tipos de alimentos a los seis estanques, se puede apreciar que los langostinos sembrados en los estanques 13 y 29 experimentaron un mayor incremento en peso y longitud promedio por semana; así también el porcentaje de peso ganado y la mejor tasa de crecimiento instantáneo. Los langostinos que tuvieron menor incremento tanto en longitud total como en peso total corresponde al estanque 20.

Pretto (1988), señala que los mayores incrementos de peso y de longitud total del organismo se producen en los primeros meses y las ganancias pueden llegar a ser de 25% al 50 % en la longitud total y del 90% al 100% en el peso total o superiores a este dependiendo del alimento disponible. Al respecto Boonyaratpalin y New (1982), indican que la cantidad y calidad del alimento disponible que los juveniles de langostino encuentren al iniciar el cultivo, son importantes para el incremento en peso y longitud; González (1976), Antiporda (1988) y Holtschmit (1988b), han observado que durante y después de la fase de postlarva, que el alimento que prefieren los langostinos es el plancton, pequeños gusanos, larvas de insectos, pequeños moluscos y otros animales o vegetales depositados en el fondo, como granos, semillas y hojas tiernas. En relación a la tasa de crecimiento obtenida en el presente trabajo y la registrada por otros autores se presenta en la Tabla 8.

Tabla 8. Tasa de crecimiento de *M. rosenbergii* cultivado en estanques rústicos, en comparación con los valores mencionados por diversos autores.

AUTORES	ANO	Δ PESO (g/sem)
Willis y Berrigan	1977	0.84
Smith et al.	1978	0.42
Smith et al.	1981	0.77
Smith et al.	1982	0.56
Ra'anan et al.	1984	0.77
Holtschmit	1988b	3.01
Gentier	1989	1.40
García y Espinosa	1992	0.79
García y Espinosa	1992	0.55
Vázquez	1993	0.85
Vázquez	1993	0.74
Este estudio	2000	0.71

El valor mediano de la tasa de crecimiento del langostino gigante fue de 0.71 g/sem, considerando los seis estanques rústicos donde se llevó a cabo el cultivo, con un intervalo de confianza de 0.35 a 1.07 g/sem. Ahora bien, los datos de crecimiento obtenidos para la especie por diversos autores tiene un valor mediano de 0.77 g/sem en un intervalo de 0.65 a 0.89 g/sem. Así no hay diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los datos del presente estudio con la mayoría de los valores obtenidos por los autores mencionados en la Tabla 8. No se tomaron en cuenta los datos de Holschmit (1988b) y Gentier (1989) ya que son muy diferentes a los referidos en 10 de los 12 trabajos enlistados (75 y 45% mayores). Con respecto a los datos del primer autor, la tasa de crecimiento del langostino gigante, en este trabajo, es 71% más baja y 43% menor comparada con los datos del segundo autor.

El diagrama de cajas muestra los límites de la desviación estándar y el error estándar de los datos, con la amplitud de los valores de la muestra. Los valores medios de cada población por estanque, registran una tendencia positiva en cuanto a sus incrementos en peso como en su longitud. Por lo tanto la amplitud y la diferencia de tamaños son la expresión del crecimiento y buen aprovechamiento del alimento disponible por parte del langostino por tratamiento por estanque (Figs. 18 y 19).

De manera general el crecimiento del langostino gigante sembrado en cada estanque, muestra ciertas diferencias de acuerdo a las figuras 18 y 19; y se observa que los langostinos que fueron sembrados en los estanques 13 y 29 muestran los mejores incrementos en peso como en la longitud; así también un alto porcentaje de peso ganado, el mejor incremento en peso promedio y un valor alto en la biomasa final del cultivo con 117 kg y 201 kg respectivamente (Tabla 7). Se considera que los langostinos de los estanques 13 y 29 fueron las poblaciones que mejor se adaptaron al sistema de cultivo y a las condiciones ambientales. Los organismos que registran un menor aprovechamiento del alimento, un bajo crecimiento instantáneo y un porcentaje de peso ganado menor en sus poblaciones corresponde a los langostinos de los estanques 2, 4, y 28; y con los valores que

muestran un bajo incremento en peso y en longitud, resultado de un deficiente aprovechamiento del alimento disponible y una mala adaptación al medio, es el caso de los organismos del estanque 20.

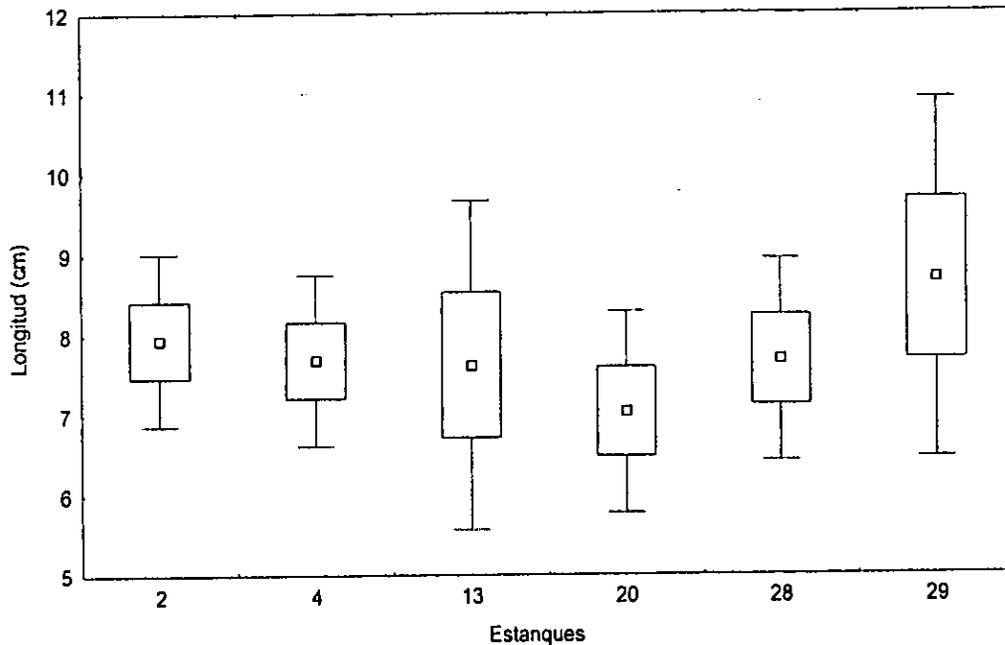


Figura 18. Variación de los valores de longitud total (cm) del langostino cultivado en los estanques durante el presente estudio.

Relación peso-longitud.

Con el propósito de evaluar la relación que existe entre el peso y la longitud como resultado de la función del alimento consumido durante el crecimiento de los langostinos, se procedió a registrar los datos biométricos de los organismos de cada estanque de forma mensual, se calculó la correlación entre el peso y la longitud de los langostinos de cada estanque. La prueba de Kruskal-Wallis muestra que los valores obtenidos en cada uno de los tratamientos, es independiente del tipo de alimento suministrado y no se presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$).

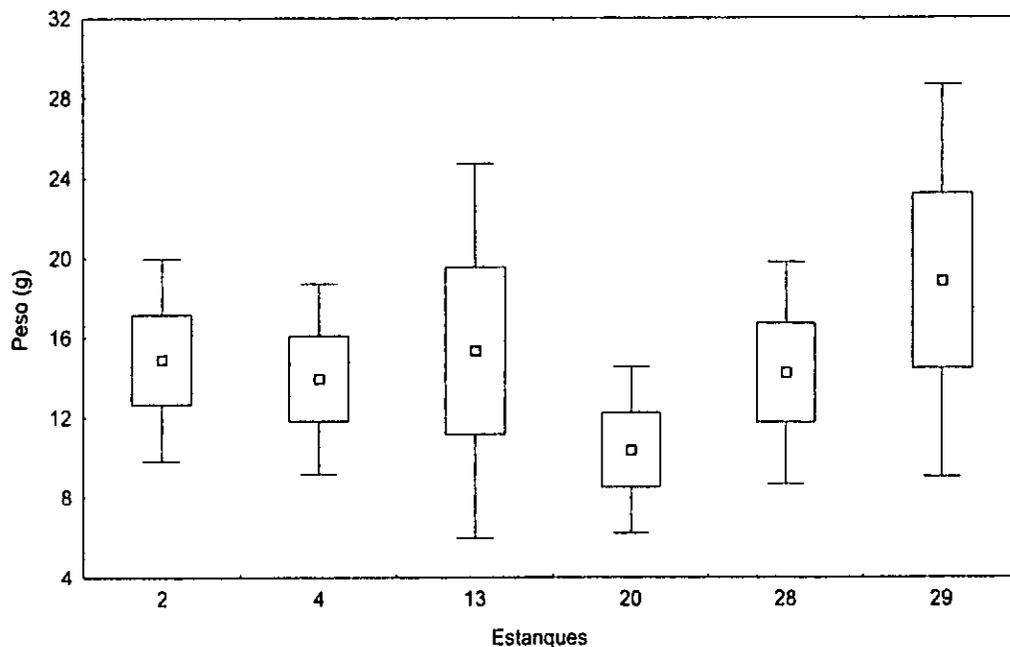


Figura 19. Variación de los valores de peso (g) del langostino cultivado en los estanques durante el presente estudio.

En lo que se refiere a la regresión logarítmica entre las variables, el valor de la pendiente (o coeficiente de regresión) llegó hasta 3.0 (2.6-3.0), lo que indica un crecimiento cercano al tipo isométrico. En las poblaciones de langostino de los estanques 20 y 28 el valor de las pendientes fue de 2.43 y 2.30 respectivamente, por lo tanto su crecimiento fue mas bien con una tendencia al tipo alométrico (organismos alimentados con Alfa Nutrición). Los langostinos de los estanques 2 y 13 registraron valores de la pendiente de 2.88 y 3.04 con una población de langostinos con una fuerte tendencia a mantener un crecimiento de tipo isométrico (organismos alimentados con la mezcla combinada con Albamex) y para los organismos sembrados en los estanques 4 y 29 su valor de la pendiente poblacional muestra una inclinación hacia un crecimiento alométrico, con valores de la pendiente de 2.64 y 2.77 (langostinos alimentados con balanceado "El Pedregal" Almacén "Silver Cup"), figuras 20, 21, 22, 23, 24 y 25.

García y Espinosa (1992), obtuvieron un valor del exponente del peso de 1.5 en su trabajo sobre crecimiento del langostino; de igual forma Vázquez (1993), obtuvo al

final de su cultivo un valor del coeficiente de 1.3 y Granados (1995), obtuvo un valor de 1.8; se considera que en todos estos trabajos el langostino gigante mantuvo un crecimiento de tipo alométrico. La bondad del ajuste de las regresiones entre las variables peso y longitud obtenidas en las seis poblaciones evaluadas fue excelente, con un coeficiente de determinación de 0.83 a 0.93. El valor más bajo de R^2 dio cuenta del 74.5% de la variación observada totalmente.

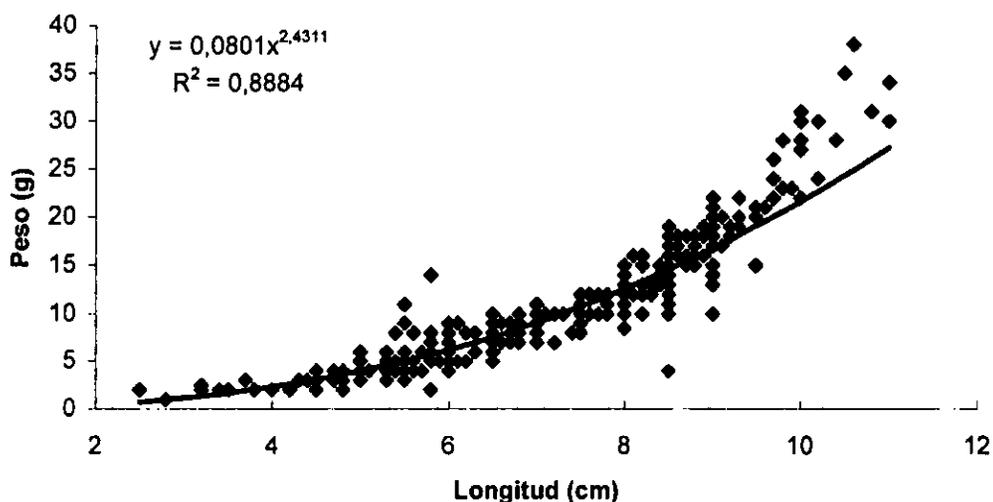


Figura 20. Relación longitud-peso del langostino cultivado en el estanque 20.

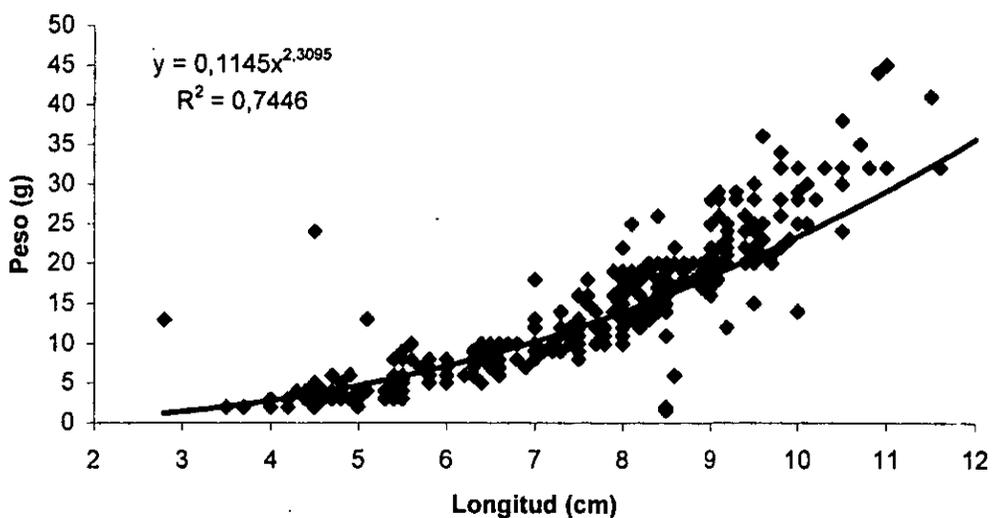


Figura 21. Relación longitud-peso del langostino cultivado en el estanque 28.

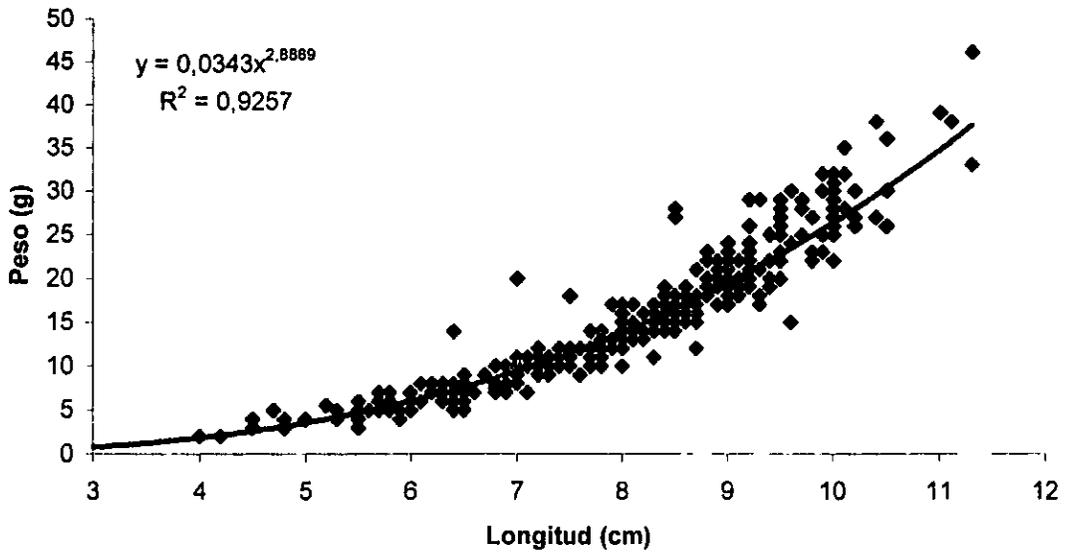


Figura 22. Relación longitud peso del langostino cultivado en el estanque 2.

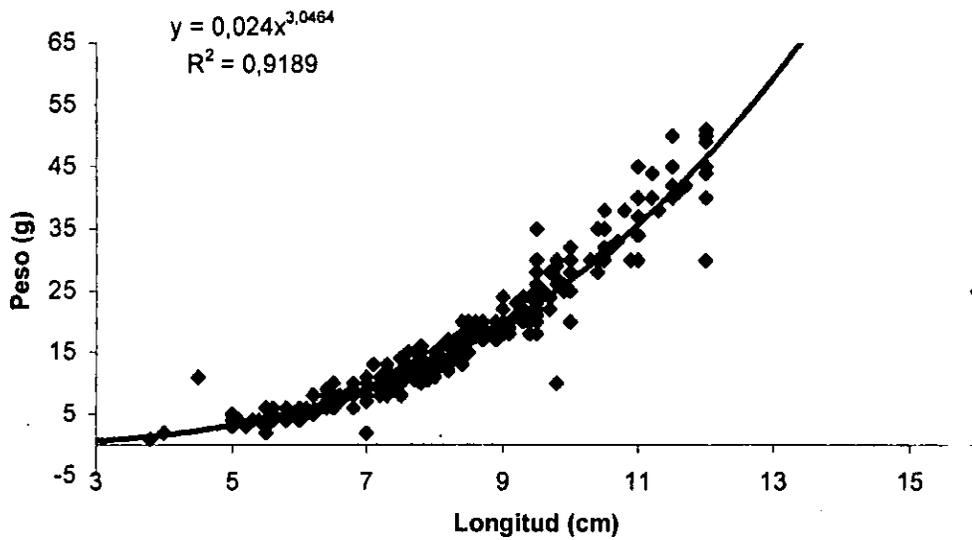


Figura 23. Relación longitud-peso del langostino cultivado en el estanque 13.

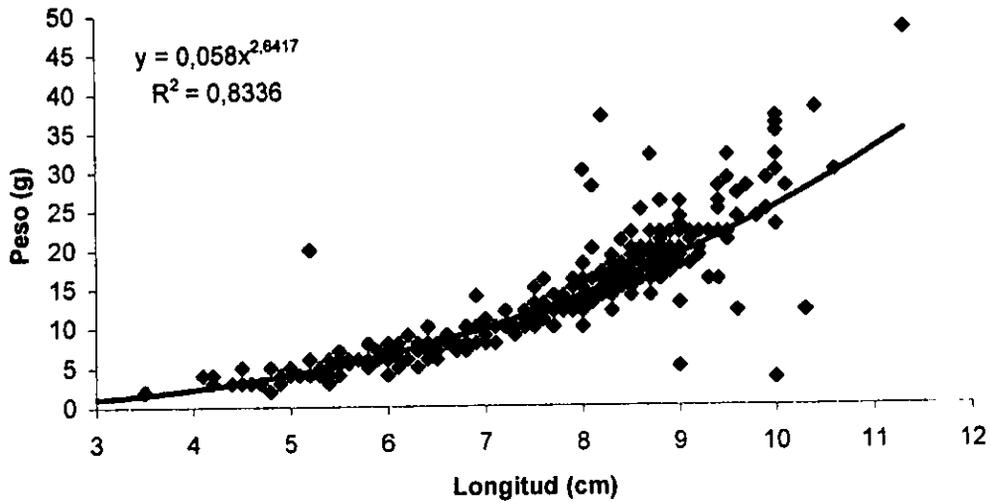


Figura 24. Relación longitud-peso del langostino cultivado en el estanque 4.

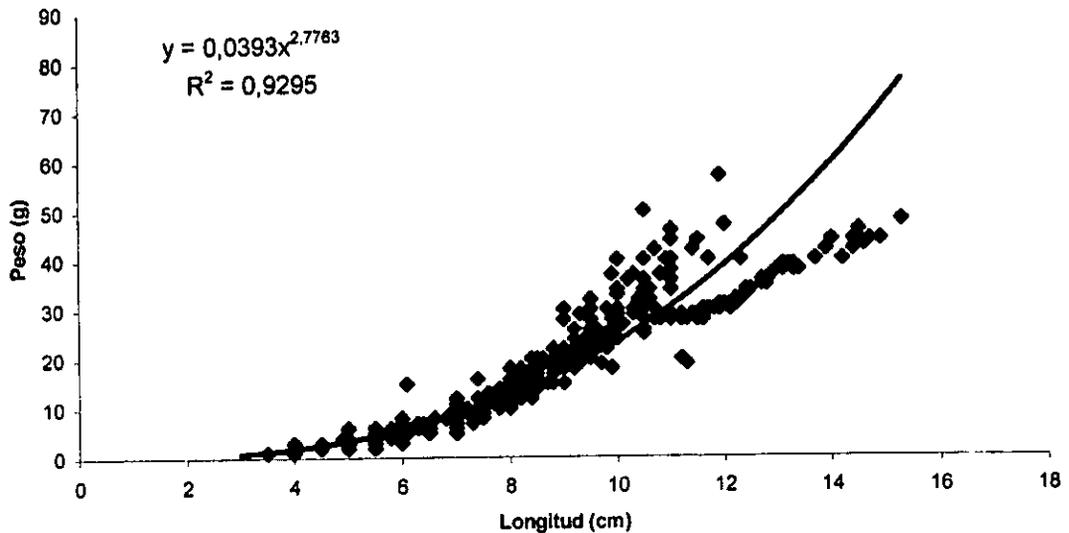


Figura 25. Relación longitud-peso del langostino cultivado en el estanque 29.

Arredondo (1987) considera que es necesario mayor información para poder realizar comparaciones con otros trabajos, sobre todo cuando se trabajan diferentes condiciones ambientales y estrategias de cultivo, y los valores del coeficiente de regresión pueden modificar la interpretación del crecimiento de la población.

Biomasa

En la figura 26 se presenta la variación de la biomasa de langostino en los estanques utilizados en este trabajo. En general es aceptable una tasa instantánea de crecimiento en peso, de 6 a 9% por semana; considerando que el crecimiento de estos organismos es muy heterogéneo y presenta una gran diversidad en pesos y longitudes, tanto en los machos como en las hembras (Martínez y Torres, 1993). Por ejemplo, en Israel se genera una biomasa al final de los monocultivos de 330 kg después de 6 meses de engorde (Griessinger *et al.*, 1991) y en Venezuela, de 150 kg en 5 meses de cultivo (Bermúdez (1992). Rouse y Stickney (1982), en los Estados Unidos, mencionan una producción de 70 a 80 kg de langostino en 5 meses de engorde; en Colombia, Martínez y Torres (1993), citan un promedio de producción de langostino de 200 kg en 6 meses de cultivo. En México y en especial en el Estado de Morelos, Granados *et al.* (1986), refieren que después de 5 meses de engorde se obtuvo una biomasa de 37.5 a 45 kg en un cultivo de langostino dentro de un corral; García y Espinosa (1992) y Vázquez (1993), obtuvieron en monocultivos una biomasa al final de 220.3 kg y 126.3 kg respectivamente. Vergara (1998) registra valores de 31.7 a 62.3 kg en 5 meses de cultivo de langostino combinado con Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*); Alvarado (1999) reporta una biomasa de 93.2 a 135.3 kg de langostino al momento de la cosecha, después de 5 meses de engorde en fase de policultivo. Los autores antes mencionados señalan que la población de langostino mostró una aceptable adaptación y un crecimiento adecuado.

Rendimiento

El langostino gigante *M. rosenbergii* es la especie más empleada en sistemas intensivos de producción acuícola en Asia y recientemente en América Latina debido a que el incremento en peso y longitud es adecuado con lo cual se logra un buen rendimiento al final en la cosecha (New, 1980). Se ha considerado también que la tasa de crecimiento y sobrevivencia del langostino depende de

factores tales como la densidad, alimentación, temperatura, calidad del agua, depredación y competencia (Smith *et al.* 1981; New y Singolka, 1984). Limpadanai y Tansakul (1980), consideran que con un buen tamaño y adecuada densidad de siembra al inicio del cultivo el langostino gigante se obtendrá un mejor rendimiento y un mayor porcentaje de sobrevivencia en el momento de la cosecha.

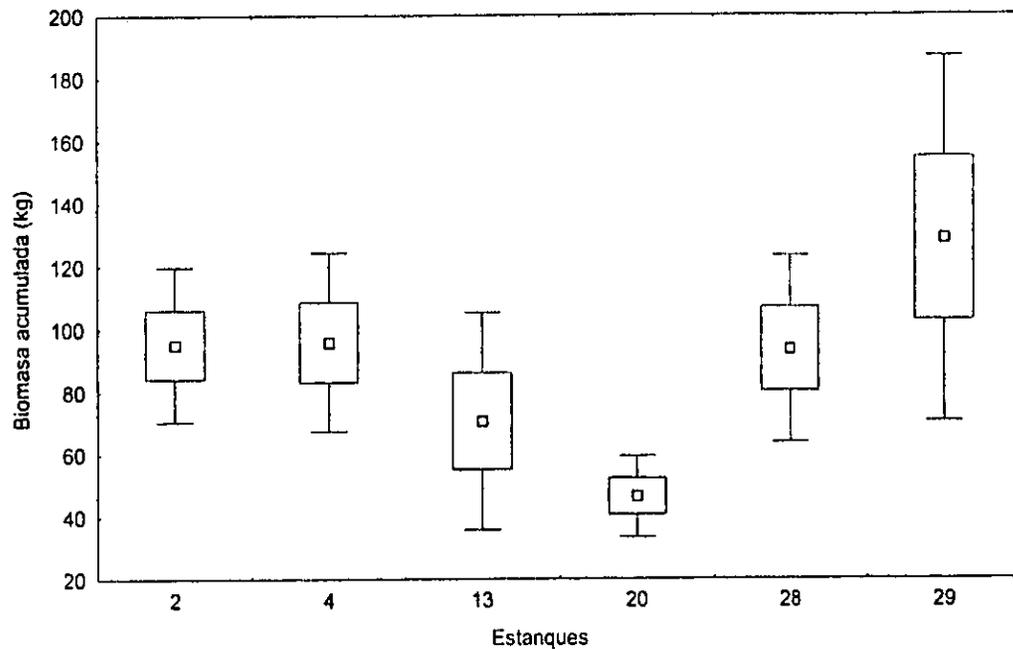


Figura 26. Variación de la biomasa de langostino en los estanques.

New (1990) menciona que si se toman en cuenta los requerimientos fisiológicos de los organismos y los intervalos óptimos de calidad del agua, una buena fertilización sistemática y alimento suficiente, los organismos cultivados a baja densidad pueden alcanzar un adecuado crecimiento, una tasa de sobrevivencia y por lo tanto un mayor rendimiento.

Al comparar las tasas de productividad del langostino gigante, obtenidos por diferentes autores, se observa que son altamente dependientes de la densidad. Con una densidad inicial de 8.6 org/ha, la productividad alcanza en promedio un valor

de 141.84 kg ha⁻¹ año⁻¹ el cual es 27% mayor que el obtenido con una densidad promedio de 10.0 org/m² al inicio del cultivo y 58% más alta que la alcanzada con densidades más bajas de 5.3 org/m².

Con respecto a los datos obtenidos en este trabajo (Tabla 9) las densidades fueron de 5.8 a 8.6 org/m², con valores de producción de 600 a 2,010 kg/ha y una tasa de supervivencia de 61% a 80% en promedio. Si se comparan los resultados en rendimiento y no se consideran los tipos de alimentos complementarios utilizados, se puede señalar que los rendimientos se ubican dentro de los límites propios para este tipo de cultivos.

Tabla 9. Datos de la sobrevivencia (S), el rendimiento (P₁) y la productividad (P₂) de *M. rosenbergii* en función de la densidad de siembra (D) del presente trabajo y otros autores.

D Nº. Org/m ²	Tiempo (días)	S (%)	P ₁ (kg/ha)	P ₂ (kg/ha. año)	Autores
5.0	119	61	557	56.10	Boonyaratpalin y New, 1982
5.0	119	78	719	72.48	Boonyaratpalin y New, 1982
5.8	140	61	600	51.48	Presente trabajo
8.6	140	80	2010	189.36	Presente trabajo
8.6	167	78	1314	94.32	Smith <i>et al.</i> , 1981
10.0	166	74	1498	108.24	Willis y Berrigan, 1977
10.0	182	67	1180	77.76	García y Espinoza, 1992
10.0	182	74	22036	145.20	García y Espinoza, 1992
10.8	180	57	1264	84.27	Vázquez, 1993
4.0	150	71	623	51.82	Vergara, 1998
5.0	150	77	1356	94.41	Alvarado, 1999

Roberts y Bauer (1978), consideran que el rendimiento del cultivo del langostino gigante debe ser satisfactorio ya sea a corto o a largo plazo, además de ser económicamente redituables para el acuicultor. Para cumplir con este objetivo se han mencionado varias estrategias, desde niveles experimentales y en laboratorio así como en el campo (Weidenbach, 1982; Smith, *et al.* 1978 y 1982). También se han utilizado en cultivos a gran escala diferentes tipos de alimentos como los realizados por ACUAQOP(1976) y Antiporda (1988); de igual forma se han variado los sistemas de fertilización y se ha trabajado con diferentes densidades de siembra las postlarvas y los juveniles a mediana y gran escala (Arieli, *et al.* 1981; Smith, *et al.* 1981; Karplus, *et al.* 1986).

Tabla 10. Rendimiento obtenido por varios autores; por medio del uso de diferentes estrategias alimenticias utilizadas como un complemento para el crecimiento del langostino *Macrobrachium rosenbergii*.

AUTORES	TIPOS DE ALIMENTOS	PERÍODO DE CULTIVO EN DIAS	RENDIMIENTO EN KG/HA
Ra'anan y Cohen (1982)	Pellets, pescado picado y desperdicios de pollo	140	1,140.0
Boonyaratpalin y New (1982)	Arroz quebrado, salvado y pescado picado.	140	820.0
Mires (1983)	Desperdicios de pollo	140	1,440.0
García y Espinosa (1992)	Mezclas de harinas vegetales y animales; pescado picado y balanceado para pollo.	140	EST:1=2,203.3 EST:2=1,187.7
Granados, Ciclo 91-92.	EST=2 y 13 (Mezcla Combinada)	140	EST: 2 = 1,070
Este estudio	EST=4 y 29 (Balanceado El Pedregal).	140	EST: 13 = 1,170 EST: 4 = 1,120
	EST= 20 y 28 (Balanceado Alfa Nutrición).	140	EST: 29 = 2,010 EST: 20 = 600 EST: 28 = 1.330

Por otra parte los trabajos sobre la evaluación del crecimiento y rendimiento del langostino en monocultivo, bicultivo y policultivo obtenidos por Malecha, *et al.*, 1981; Malecha, 1983; Rouse y Stickney, 1982; Cohen y Ra'anan, 1983; Cohen, *et al.*, 1983 y Rouse, *et al.*, 1987); se ha llegado a concluir que el cultivo del langostino es económicamente rentable. En la actualidad se han aplicado diferentes modelos de cultivo para obtener mejores rendimientos a nivel piloto, a nivel semi-intensivo y a nivel intensivo, considerando en todos ellos el método de "cosecha continua". En México se emplea frecuentemente el método de la "cosecha final" que es exclusivo para periodos cortos de engorde y crecimiento del langostino (New y Singolka, 1984; Antiporda, 1988; Holtschmith, 1988a; Martínez y Torres, 1993).

Los resultados del rendimiento obtenido en este trabajo con tres diferentes tipos de alimentos en ciclo corto y a un nivel semi-intensivo son comparables con los

valores de otros autores que han utilizando diferentes productos complementarios con el fin de estimular el crecimiento y obtener mejores rendimientos. Independientemente de la diversidad de productos utilizados se aprecia de forma global que la mayoría de los valores registrados no difieren en gran medida de los obtenidos en el presente trabajo (Tabla 10).

Factor de Conversión Alimenticia (FCA)

Los valores de FCA citados para el langostino por algunos autores, son muy variados; para Israel se citan conversiones de 1.7: 1 a 3: 1 y para Tahití de 1.5: 1 a 2.5: 1 con alimento seco granulado (Griessinger, *et al.*, 1991). En Colombia son comunes los valores de 2:1 a 3.5:1 en estanques fertilizados y proporcionando alimento balanceado (Martínez y Torres, 1993). En Morelos Vázquez (1993), obtuvo un FCA de 2.2:1 a 5.8: 1 en las mismas condiciones anteriores; Alvarado (1999) reporta una conversión de 1.2:1 a 2.4:1 en estanques fertilizados al inicio. En el presente trabajo el FCA osciló entre 2.3:1 hasta los 7.5:1. Considerando las diferentes estrategias de alimentación, se puede observar que los valores obtenidos en este trabajo giran alrededor de los promedios antes citados.

Se aprecia de forma general que por la diversidad de los productos utilizados en cada uno de los cultivos experimentales, los diferentes autores han aprovechado la condición omnívora del langostino disminuyendo los costos de inversión en los alimentos peletizados. Así este organismo además de consumir el alimento natural disponible, puede aprovechar diferentes productos como complemento de su alimentación.

Por tales razones y con el fin de estimular el crecimiento del langostino, el piscicultor rural ha usado a los fertilizantes orgánicos, a los productos agrícolas y pecuarios de forma individual o en mezcla como alimento complementario. Antiporda (1988), señala que el conocimiento que se tiene sobre el requerimiento alimenticio del langostino es limitado lo que ha dado lugar a la

instrumentación de diferentes técnicas con el uso de productos balanceados comerciales acuícolas y pecuarios. Debido a su condición omnívora se considera que el langostino gigante depende principalmente del alimento natural aunque es necesario introducir diversos componentes nutritivos al sistema de cultivo para la optimización económica del producto.

MODELOS MULTIVARIADOS DESCRIPTIVOS Y PREDICTIVOS

Tomando en cuenta la teoría de sistemas (Lenng, 1986), se considera que el cultivo del langostino gigante realizado en este estudio esta formado de varios compartimentos que interactúan de manera compleja; tales interacciones pueden ser analizadas a través de modelos multivariados descriptivos y predictivos, que permitan una mejor comprensión del comportamiento total del sistema, así como el análisis de la factibilidad económica de la operación.

En este trabajo se analizaron 17 variables las que se separaron en tres compartimentos: a) las relacionadas con la calidad del agua (10 variables), b) las relacionadas con la productividad primaria (4) y c) las variables relacionadas con el crecimiento y el rendimiento acuícola (3). Los valores estadísticos generales de estas variables se muestran en la tabla 11.

Tabla 11. Valores estadísticos de las 17 variables obtenidas de cada uno de los estanques, separadas en compartimentos.

Variable	n	Media	Mediana	Valor Mínimo	Valor Máximo	Rango	Varianza (S ²)	Desviación estd (S)	Error estándar
Crecimiento y rendimiento									
Longitud	28	7.8	8.06	4.6	12.06	7.46	2.3	1.5	0.29
Biomasa	28	89.6	93.4	26.1	201.2	175.10	1651.6	40.6	7.68
Peso	28	14.8	14.9	4.5	32.3	27.8	46.4	6.8	1.28
Calidad del agua.									
Temp. °C	30	27.4	27.7	22.7	30.6	7.900	4.6	2.1	0.39
O. D.	30	6.5	5.5	0.60	15.0	14.400	15.1	3.9	0.71
Alcalinidad	30	136.2	131.0	65.0	276.0	211.000	1675.9	40.9	7.5
Dureza	30	393.9	397.0	213.0	565.0	352.000	6673.7	81.7	14.9
Conducti.	30	1026.6	1035.0	879.0	1138.0	259.000	4049.2	63.6	11.6
pH	30	8.4	8.6	7.5	9.3	1.800	0.24	0.486	0.08
Cloruros	30	180.3	174.9	99.9	243.2	143.30	1470.8	38.35	7.0
TSD	30	0.615	0.59	0.51	0.83	.319	0.01	0.08	0.01
Nitrógeno T.	30	1.5	1.2	0.90	2.3	1.430	0.29	0.54	0.09
Fósforo T.	30	0.89	.920	.600	1.100	.500	.02	.1234	0.022
Productividad primaria									
Densidad fito.	30	162.	81.2	11.3	743.6	732.3	40276.9	200.6	36.6
Clorofila "a"	30	38.8	28.1	7.6	169.5	161.9	1309.6	36.189	6.6
PPG.	30	0.37	0.22	0.03	1.18	1.15	.11	.3386	.0618
Respiración	30	0.15	0.06	0.0	0.56	0.56	.03	.1606	.0293

O.D. = Oxígeno disuelto; TSD = Total de sólidos disueltos; PPG = Productividad primaria gruesa.

Análisis de Factor (AF)

Los resultados del AF muestran que los cuatro primeros factores acumulan el 72.45% de la varianza total (Tabla 12). La extracción de los factores indica que en el primer factor las variables con mayor peso ($> .70$) fueron en orden decreciente : la longitud total, el peso, la biomasa y el total de sólidos disueltos (TSD) (Tabla 13); también se señala que en este nivel existe una fuerte tendencia a expresar las variables relacionadas con la producción o el rendimiento acuícola, ya que agrupa a elementos relacionados con el crecimiento (longitud y peso), el rendimiento (en términos de biomasa) y una variables que tiene importancia en los procesos de la productividad primaria, ya que el TSD pueden ser una expresión de la biomasa del plancton en los estanques de estudio.

En el segundo factor se expresaron dos parámetros estrechamente relacionados entre sí; la productividad primaria gruesa y la respiración que son indicadoras de la capacidad productiva del sistema de estanques. En el tercer factor se engloba el pH, la densidad del fitoplancton y la dureza total. Las variables de este factor representan por una parte la capacidad amortiguadora del sistema, expresada por su composición iónica que se encuentra en estrecha relación con los procesos de concentración de las sales disueltas en el agua, así también ésta, esta fuertemente asociada con la biomasa de la comunidad fitoplanctónica, que en esta ocasión se encuentran asociadas de manera natural, ya que la biomasa del fitoplancton ejerce un efecto sobre el pH y este a su vez se puede afectar la dureza total del agua.

Tabla 12. Resultados del Análisis Factorial (AF), con el valor específico de cada componente y su variación.

Factores	Valor Propio o Especifico	% total de la Varianza- S^2	% Acumulado
Primer	5.69932	33.525	33.525
Segundo	2.98708	17.571	51.096
Tercero	2.16044	12.708	63.805
Cuarto	1.46909	8.642	72.447

Finalmente en el factor cuatro destaca por encima de las otras variables la conductividad, la cual se encuentra asociada a los procesos de mineralización del agua y que ha sido considerada como un indicador del rendimiento en relación a la morfometría de los estanques.

En la figura 27 se presenta la relación de los tres primeros factores que comprenden el 63.80% de la varianza total. Destacan en el lado negativo del primer factor una nube de variables estrechamente relacionadas (longitud, peso y biomasa) y hacia el extremo derecho del lado positivo se localiza el total de sólidos disueltos (TSD). En el Factor 2 es posible observar en el fondo a dos variables que sobresalen por sus elevados coeficientes (la productividad primaria gruesa y la respiración). Finalmente en el factor 3 destacan por encima de las otras variables la densidad del fitoplancton, la dureza total y el pH.

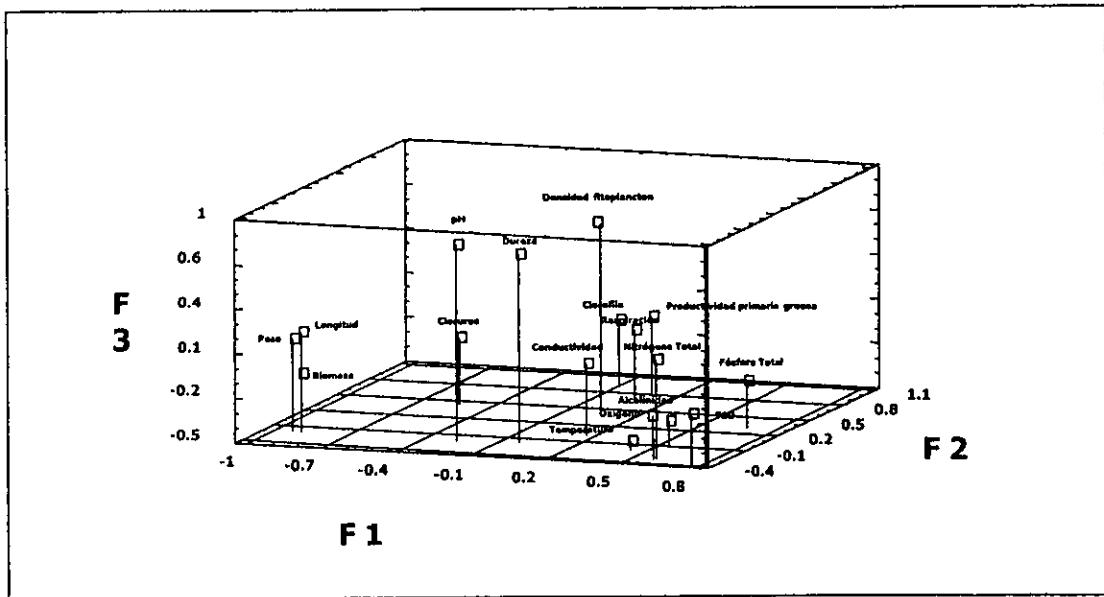


Figura 27. Expresión gráfica del Análisis de Factor de las 17 variables registradas en los estanques.

Costa-Pierce *et al.*, (1984) citan que la complejidad de los organismos en cultivo y su interacción con el ambiente del estanque hace más estrecha la relación de variables altamente correlativas. El pH y la dureza total están estrechamente

relacionadas con el sistema de los carbonatos y el pH en particular define el sistema amortiguador del estanque y al mismo tiempo funciona como un regulador del material fotosintético (Arrignon, 1991). En la parte positiva del primer factor se observa en la figura 27 un conglomerado de variables que incluyen a la densidad del fitoplancton, la concentración de la clorofila "a", la productividad primaria gruesa, la respiración, el nitrógeno total y la conductividad, todas estas variables están estrechamente relacionadas con la productividad de los estanques. De hecho se ha demostrado que la respiración se relaciona linealmente con la actividad metabólica de los productores primarios, incluyendo la concentración de la clorofila "a" (Madenjian, *et al.*, 1987).

Por otra parte en el lado inferior derecho positivo se encuentra otro grupo de variables como la alcalinidad total, el total de sólidos disueltos, el fósforo total, la temperatura y el oxígeno disuelto. Todas ellas representan de alguna manera una estrecha vinculación con la productividad primaria. Hartland (1964), considera que por la poca profundidad que presentan los estanques la mezcla de agua hace que se vean modificados los valores de la temperatura, el oxígeno disuelto, el nitrógeno total y la alcalinidad, considerándolos fundamentales en el desarrollo de los organismos en cultivo; por su alta correlación estas dos últimas variables se han citado como indicadores en la productividad de los cuerpos de agua continentales (Cole, 1975 y Goldman, 1983). Es interesante destacar que dos variables que presentan poca afinidad y que aparecen aisladas en la figura, que son el fósforo total y los cloruros; ambas variables al parecer no guardan grandes afinidades, aunque se les ha relacionado con factores de tipo climáticos (Gibbs, 1970); actualmente se les ha incluido como parte de los factores limitantes en los sistemas lacustres, principalmente el fósforo (Margalef, 1976 y Arredondo, 1990).

Tabla 13. Resultados del Análisis Factorial (AF). Matriz de peso de las variables después de la rotación Varimax. Sólo se muestran los coeficientes con un valor > a 0.70.

Variables	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
Longitud	-0.947745*			
Biomasa	-0.871029 *			
Peso	-0.922981 *			
Temperatura				
Oxígeno Disuelto				
Alcalinidad				
Dureza Total			0.776229*	
Conductividad				0.906323*
PH			0.829467*	
Clorinidad				
Total de sólidos disueltos	0.773051*			
Nitrógeno Total				
Fósforo Total				
Dens. del fitoplancton			0.786704*	
Clorofila "a"				
Productividad Primaria Gruesa		0.922497*		
Respiración		0.803625*		

ESTA TESTS NO DEBE
 SALIR DE LA
 BIBLIOTECA

En términos generales se puede suponer que las 17 variables analizadas representan en forma global las interrelaciones que se generan en un estanque de cultivo en cuanto a los requerimientos del langostino gigante ya mencionadas. Por una parte la calidad del agua, la sobrevivencia y el crecimiento de los organismos se mantuvo durante todo el experimento dentro de los límites adecuados para el cultivo; por otra parte la productividad primaria que sostiene los diferentes niveles tróficos y que contribuye a cubrir los primeros requerimientos nutricionales de los organismos durante su crecimiento también se mantuvo a niveles adecuados, estas variables son consideradas de mayor peso en el sistema ya que juegan un papel importante en el rendimiento de los organismos en los estanques.

Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) y Discriminante (AD)

A las 17 variables obtenidas en cada uno de los estanques estudiados y considerando el tipo de alimento balanceado utilizado como una variable

independiente (tratamiento), se aplicó el Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) y el Discriminante (AD).

Los resultados del ACC se muestran en la Tabla 14, donde es posible observar que las variables con mayor diferenciación por estanque y por tipo de alimento fueron la biomasa y el peso de los organismos.

Con estos valores acumulados se integro la matriz de variables correlativas y por medio del ACC se generaron los resultados que se describen a continuación. En la tabla 15 se muestra que la raíz principal esta constituida por las siguientes variables correlativas; la longitud y el peso como variables principales que definen el aprovechamiento del alimento disponible en cada estanque; entre los factores ambientales el oxígeno disuelto es considerado como un factor fundamental en los procesos de regulación metabólica (Boyd, 1979a); los cloruros son parte del sistema amortiguador del agua que tiene un efecto benéfico para el crecimiento de los organismos (Arredondo, 1987); el fósforo total es la variable reguladora del sistema fotosintético y de productividad del ambiente donde se desarrollaron los langostinos (Boyd, 1973). En la raíz secundaria como variables correlativas la alcalinidad total, que junto con los cloruros forman parte del sistema amortiguador y el total de sólidos disueltos (TSD) que son parte indicadora de la concentración del plancton en cada uno de los estanques estudiados. Tales relaciones refuerzan el papel que desempeña la alcalinidad, en las fluctuaciones de la productividad primaria (Goldman, 1983; Cole, 1975; Margalef, 1976) considerada como un indicador de la variación estacional del fitoplancton, debido a que representa la disponibilidad de carbón inorgánico el cual es un factor esencial en el metabolismo de los productores primarios.

En la figura 28 se aprecia que el mejor crecimiento considerado por su ganancia en peso y en longitud, ocurrió en los langostinos a los que se proporcionó una dieta complementaria de alimento balanceado Silver Cup (El Pedregal). Se observó una correlación positiva entre las variables bióticas y abióticas; sus puntos se ubican

en la parte superior de la gráfica, donde se aprecia una tendencia de los puntos hacia la parte central de la raíz primaria y de la raíz secundaria.

Tabla 14. Resultados del Análisis Discriminante, agrupando las 17 variables y los tres tipos de alimentos suministrados al cultivo del langostino (Mezcla con Albamex; El Pedregal-Silver Cup y Alfa Nutrición- de Purina).

Variables	Wilks' Lambda	Lambda parcial	F- remove (2, 9)	p- level	Toler	1-Toler	(R ²)
Longitud	.067710	.799042	1.131746	.364387	.011446	.988554	
Biomasa	.166373	.325190	9.338072	.006377 *	.021301	.978699	
Peso	.111511	.485181	4.774890	.038598 *	.005175	.994825	
Temperatura	.058163	.930194	.337703	.722071	.368676	.631324	
Oxígeno disuelto	.060328	.896818	.517743	.612588	.217596	.782404	
Alcalinidad	.054995	.983774	.074221	.929029	.162204	.837796	
Dureza total	.095248	.568024	3.422200	.078460	.236302	.763698	
Conductividad	.074630	.724951	1.707315	.235174	.194985	.805015	
PH	.071240	.759443	1.425396	.289887	.120536	.879464	
Cloruros	.067672	.799492	1.128573	.365312	.234051	.765949	
T.S.D.	.055670	.971852	.130333	.879430	.078856	.921144	
Nitrógeno total	.060061	.900804	.495537	.624937	.247227	.752773	
Fósforo total	.078048	.693197	1.991658	.192245	.107736	.892264	
Densidad fito.	.100077	.540612	3.823898	.062804	.106857	.893143	
Clorofila "a"	.056197	.962743	.174145	.842940	.378504	.621496	
P.P.G.	.058045	.932079	.327915	.728682	.089051	.910949	
Respiración	.055476	.975247	.114218	.893336	.131736	.868264	

Tabla 15. Resultados del análisis de las variables correlativas de la Raíz Canónica donde se muestran los grupos correlativos de cada raíz.

Variables	Raíz primaria	Raíz secundaria
Longitud	-.006783 *	.150345
Biomasa	-.065939	.298764
Peso	.019085 *	.165784
Temperatura	.145802	.210721
Oxígeno Disuelto	-.015637 *	.025761
Alcalinidad Total	-.020567	-.001281 *
Dureza Total	.056606	.036211
Conductividad	.118584	.133612
PH	-.041837	-.157345
Cloruros	.007697 *	.013497 *
Total de Sólidos Disueltos	.047176	.018783 *
Nitrógeno total	-.031042	-.039797
Fósforo total	.012378 *	-.045019
Densidad del Fitoplancton	-.050704	-.238086
Concentración de la Clorofila "a"	-.207959	-.044575
Productividad Primaria Gruesa.	.036197	-.052592
Respiración	.06569	-.157360

El alimento mezclado con Albamex obtuvo un aceptable consumo por parte de los langostinos, y por lo tanto registró un buen incremento en peso y en longitud, apreciando en la gráfica una variación más amplia en los valores de correlación, de los parámetros bióticos y abióticos en sus dos raíces canónicas de este tratamiento, agrupando sus puntos al lado derecho, en los segmentos positivos en la figura 28.

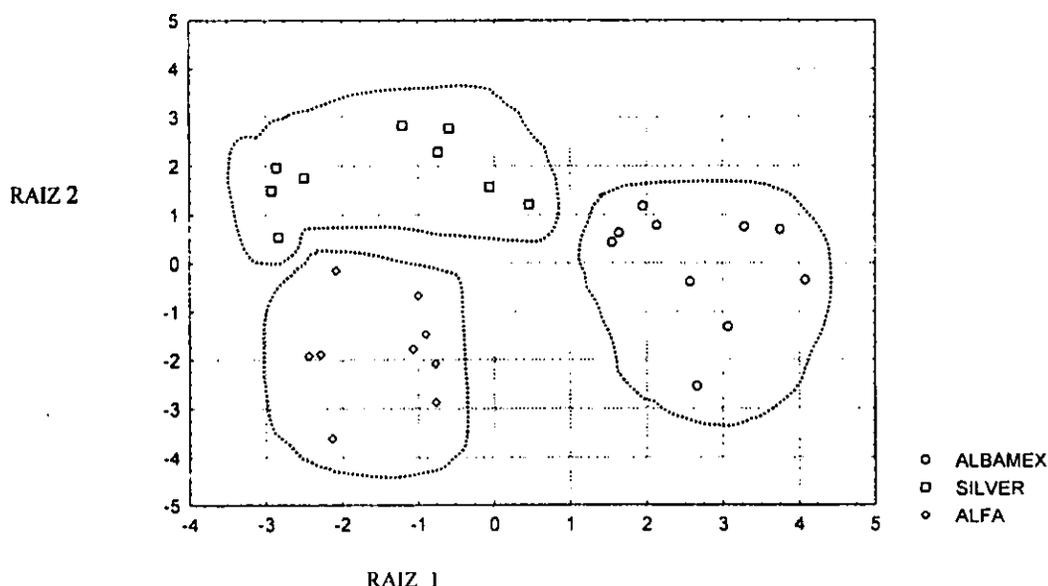


Figura 28. Expresión gráfica de la raíz canónica uno y dos, en la cual se muestra la clara separación entre los tratamientos (alimentos utilizados en el presente trabajo).

Para los langostinos alimentados de forma complementaria con el balanceado Alfa-Nutrición, la dispersión de sus valores corresponde a una baja correlación y poco aprovechamiento del alimento suministrado. La baja correlación de sus variables bióticas y abióticas que interactuaron en los dos estanques definieron el resultado del comportamiento poblacional y circunscribieron su crecimiento y rendimiento en una ganancia poco positiva, si comparamos sus resultados con los anteriores estanques. Los ubicamos en el extremo inferior de la figura 28, con una tendencia negativa los valores graficados.

La misma figura muestra que los tres tipos de alimentos utilizados para hacer crecer y engordar al langostino en los estanques rústicos de la Unidad Acuícola de El Jicarero, cada uno de ellos correlativamente se ubicó de acuerdo a las ganancias obtenidas en el peso de los organismos y a las condiciones ambientales desarrolladas durante el crecimiento del langostino.

El Análisis Discriminante por su parte señaló que al utilizar las 17 variables antes mencionadas, se obtuvo una función discriminante con una $p < 0.05$ siendo estadísticamente significativa para separar a los tres grupos de estanques alimentados con Albamex, Alfa y El Pedregal (λ de Wilks = 0.0523093; j_i cuadrada = 50.1599, grados de libertad = 34).

En la tabla 16 se observa que cada tratamiento tuvo un cien por ciento de clasificación.

Tabla 16. Tabla de clasificación.

Tratamiento	Tamaño del grupo	Albamex	Alfa	Pedregal
Albamex	10	10 (100%)	0 (0%)	0 (0%)
Alfa	9	0 (0%)	9 (100%)	0 (0%)
Pedregal	9	0 (0%)	0 (0%)	9 (100%)

El porcentaje de casos correctamente clasificados = 100%.

En la figura 29 se aprecia al igual que en la figura 28 la perfecta separación de los tres grupos con base al tipo de alimento utilizado en el presente trabajo.

Los valores logrados en este trabajo, comparativamente se ubican dentro de un nivel medio de rendimiento acuícola; dadas las condiciones y las densidades que se manejaron es aceptable su crecimiento. No obstante todos estos resultados demuestran que el cultivo del langostino en el sistema rural puede sostener una dinámica de crecimiento aceptable siempre y cuando se ponga más atención por parte del campesino a mantener una calidad del agua adecuada para él organismo;

una cantidad suficiente de alimento natural, basada en una buena fertilización orgánica y un adecuado manejo del alimento complementario, utilizando de forma alternante los diversos productos agrícolas y pecuarios de la región, o en el mejor de los casos la aplicación de balanceados comerciales que bien suministrados de acuerdo a su tamaño y a la biología de la especie se vean mejor aprovechados por el langostino, y poder traducir esto en un mejor crecimiento dentro del ecosistema estanque.

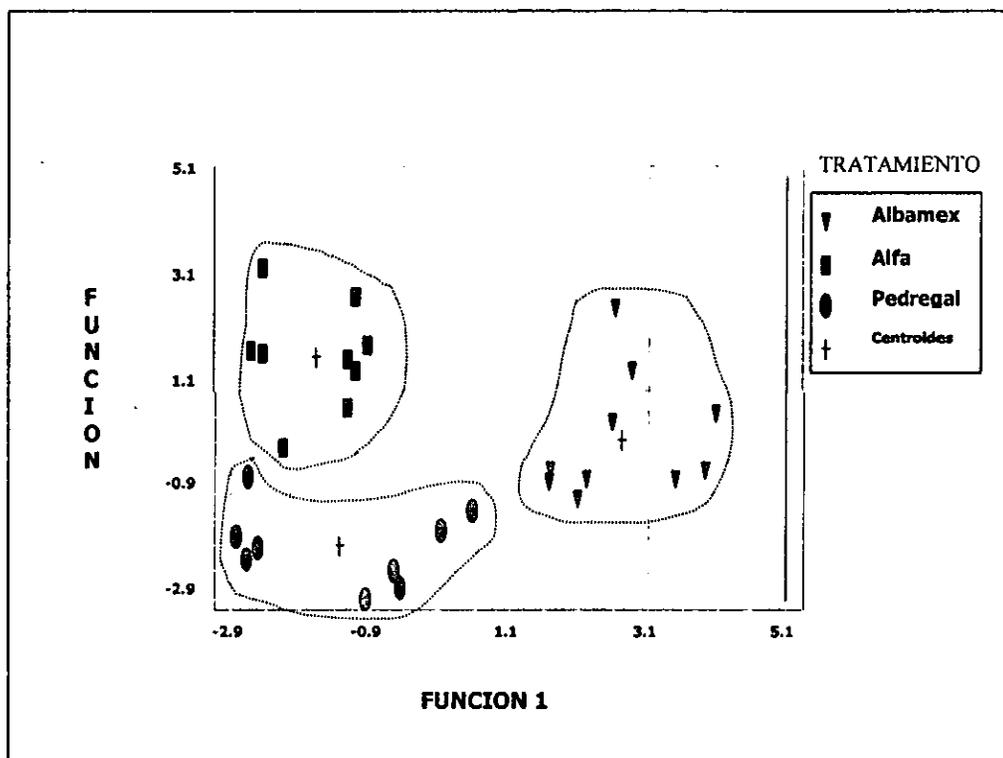


Figura 29. Expresión grafica de las funciones discriminantes 1 y 2.

Es importante señalar que la acuicultura rural es considerada como una actividad secundaria para el campesino. En México el poco desarrollo existente sustenta las bases principales para el cultivo de peces, mientras que en el cultivo del langostino no se han podido lograr valores de crecimiento satisfactorios. Esto representa un problema serio en el manejo de la especie en regiones donde se carece de estudios experimentales tanto básicos como aplicados que proporcionen las condiciones en

las que se desarrollan las post-larvas y juveniles de los langostinos y que además refieran las condiciones ambientales y nutricionales desde la siembra hasta su cosecha. Por otra parte la producción en México de langostino *M. rosenbergii* hasta 1987 de acuerdo a Griessinger *et al.* (1991), era de 360 toneladas anuales de una superficie total de cultivo de 500 hectáreas y para el año de 1998 su producción se redujo a solo 9.899 toneladas por acuicultura (Pesca, 1998) y su cultivo se ve limitado en el medio rural, y los mejores rendimientos que actualmente se registran corresponden a datos en las granjas de la Iniciativa Privada (IP), donde es considerada como una especie fina, con alto valor nutritivo y con un valor comercial importante.

VII. CONCLUSIONES

Considerando que el estanque es una entidad totalmente independiente como ecosistema, directamente influenciada por un cierto número de factores que condicionan las características fisicoquímicas y biológicas, su productividad, es decir su potencialidad, su capacidad para producir una cierta cantidad de biomasa por unidad de tiempo, llamada producción, se refiere siempre a una cantidad inicial de materia viviente (New y Singolka, 1982; Bardach *et al.*, 1986). Todos los cambios que experimenta el medio se ven significativamente expresados en el estanque, en donde la luz, la temperatura, la pluviosidad, el suelo y el aire, son los parámetros ambientales que más influencia tienen en la dinámica hidrobiológica (Boyd, 1982; Rodríguez y Anzola, 1993).

La preparación de los estanques es considerada como fundamental; la simple adición de calhidra (que sirve para elevar y regular el pH del agua y eliminar algunos microorganismos perjudiciales) y la fertilización (actividad que estimula el desarrollo del plancton y la fauna y flora béntica) ayudan a generar el alimento natural necesario para las postlarvas de langostino. En este trabajo se utilizó 0.5 Kg/m² de estiércol de vaca.

El método que se utilizó en el estudio fue la cosecha final que consiste en sembrar las postlarvas en los estanques rústicos y dejar que los langostinos crezcan hasta alcanzar la talla comercial promedio o hasta la cosecha final.

Por sus características fisicoquímicas, el agua de los estanques es extremadamente dura (promedio de 564.6 mg CaCO₃/l); tiene una elevada conductividad (1,138 µmhos/cm); el pH alcalino de 8.9 a 9.4; la temperatura entre los meses de Agosto y Noviembre fue en promedio 29 °C y entre los meses de Diciembre y Enero en promedio llegó a 23 °C, además, no se apreciaron diferencias significativas entre la temperatura del agua de los seis estanques ($p > 0.05$).

La concentración de sólidos totales disueltos en el agua no fue superior a 0.829 g/l, valor que corresponde a una visibilidad cercana a los 60 cm. Por otra parte la clorinidad o los cloruros mantuvo un promedio de 195 mg/l Cl^- , esto se debe principalmente al origen geológico e hidrológico de la región; por otra parte, también se atribuye al uso diverso que le dan al agua antes de llegar a la unidad de engorde.

De los factores que determinan el éxito de los trabajos en acuicultura, se mencionan la alcalinidad y la dureza total del agua, por su importancia en la productividad planctónica en la columna y en el fondo. Holschmit (1988) trabajó en crecimiento y engorde del langostino gigante en aguas con mayores valores de alcalinidad y dureza que en este trabajo y no tuvo problemas durante su cultivo; por lo tanto los promedios registrados de alcalinidad (276 mg CaCO_3/l) y dureza total (564.6 mg CaCO_3/l) se pueden considerar aceptables ya que generan una productividad primaria sostenida, lo cual se traduce en un buen crecimiento para el langostino.

El oxígeno disuelto es considerado como la variable más crítica dentro de las actividades acuícolas. Martínez y Torres (1993) consideran que una concentración de 5 a 8 mg/l, es suficiente para tener un desarrollo normal en el cultivo del langostino. Por lo consiguiente los valores de la concentración del oxígeno disuelto en cada uno de los estanques, en promedio se mantuvieron dentro de este intervalo de 5.2 a 7.6 mg/l; la falta de agua en el canal de abastecimiento por espacio de más de un mes permitió registrar valores críticos en los estanques 13 y 20 principalmente.

Especial importancia tiene en la acuicultura intensiva así como en la semi-intensiva, la presencia de compuestos nitrogenados; de forma particular se mencionan los nitritos y el amoníaco. Las concentraciones de nitritos no deben de sobrepasar de 0.1 mg/l (Hepher, 1976); para los nitratos la concentración no

debe superar los 20 mg/l (New y Singolka, 1985). Es importante hacer notar que los nitratos como el nitrógeno total no muestran un ciclo definido o regular. Los valores observados en este trabajo fueron desde 1.40 mg/l hasta 1.73 mg/l de nitrógeno total, por lo que se considera que la concentración se encuentra dentro de un intervalo normal, si tomamos en cuenta la fertilización y el tipo de alimento suministrado.

El fósforo total en los diferentes estanques, fue en promedio de 0.82 mg/l a 0.99 mg/l de $P-PO_4^{3-}$; para New (1990) la concentración de fósforo en los sistemas donde se utiliza fertilización han sobrepasado los valores de 0.90 mg/l. Por otra parte Boyd (1982) y Arrignon (1991) consideran importante mantener concentraciones sobre 0.5 mg/l y evitar la disminución de oxígeno en el agua para incrementar la productividad en el estanque. De forma general se pueden apreciar que los valores obtenidos están ligeramente altos, pero no mostraron efecto adverso ya que no se encontraron cambios significativos en la estructura de la comunidad del plancton ni en el momento de la cosecha de los langostinos.

El fitoplancton presentó densidades totales promedio de 354,610 cél/ml hasta 2,749,380 cél/ml en los diferentes estanques; estos valores se mencionan entre las densidades esperadas para estanques fertilizados (Rappaport *et al.*, 1977; Arredondo, 1987). Las variaciones de concentración de la clorofila "a" fueron de 37.8 $\mu\text{g/l}$ a 68.24 $\mu\text{g/l}$ lo que concuerda con Hall *et al.* (1970) los autores obtuvieron valores de 2.9 $\mu\text{g/l}$ de clorofila "a" para estanques no fertilizados y concentraciones de 55.5 $\mu\text{g/l}$ para estanques fertilizados, lo cual concuerda con los resultados del presente trabajo. La productividad primaria gruesa muestra tasas sostenidas de 0.01 $\text{mgC/l}^{-1} \cdot 4$ horas hasta 1.18 $\text{mgC/l}^{-1} \cdot 4$ horas. Boyd (1979) en estanques sin fertilizar obtuvo concentraciones de 0.5 $\text{mg C/l}^{-1} \cdot 3$ horas, mientras que para Hall *et al.* (1970) un estanque fertilizado puede tener una tasa de productividad de 1 a 3 $\text{gC/m}^2 / \text{día}$; de manera general se aprecia que los valores son aceptables para este tipo de cultivo.

El crecimiento que experimentaron los langostinos en cada estanque, durante el periodo de estudio fueron los siguientes: en los organismos alimentados con la combinación de Albamex y pulido de arroz (estanques 2 y 13) se observó un incremento en peso por semana de 0.75 y 1.21 g/sem en promedio y en longitud de 0.23 a 0.27 mm en los estanques 2 y 13, respectivamente. Al momento de la cosecha los promedios fueron de 19.6 g/sem en el estanque 2 y 28.7 g/sem en el estanque 4; la longitud promedio fue de 89 mm en el primero y 101 mm para el segundo. La tasa de crecimiento específico fue de 1.29 la cual significaría un adecuado aprovechamiento del alimento y adaptación al sistema.

Los langostinos alimentados con la dieta balanceada "El Pedregal" (Silver Cup) sostuvieron una tasa de crecimiento de 0.65 g/sem y de 1.38 g/sem en los estanques 4 y 29; al momento de la cosecha se obtuvo un peso por langostino de 17.57 g en el estanque 4 y en el estanque 29 de 32.23 g. La mejor tasa de crecimiento específico y mejor aprovechamiento del alimento correspondió a los langostinos del estanque 29 con un valor de 1.32 g.

Los más bajos rendimientos en el cultivo se obtuvieron con los langostinos alimentados con dieta balanceada "Alfa Nutrición"; los langostinos sembrados en el estanque 20 obtuvieron una tasa de crecimiento promedio de 0.47 g/sem y para los langostinos del estanque 28 una ganancia de 0.67 g/sem, se puede inferir que los especímenes de ambos estanques fueron los que menos aprovecharon el alimento disponible y también tuvieron una tasa de crecimiento específico menor que la obtenida en otros estanques.

La mayor biomasa obtenida en los seis estanques correspondió al estanque 29, con un total de 201 kg y una tasa de sobrevivencia de 74%. A este estanque se proporcionó alimento complementario Silver Cup; en segundo lugar se encontró el estanque 28, con una biomasa general de 133 kg y una sobrevivencia de 61% y en último lugar el estanque 20, con sólo 60 kg y una tasa de sobrevivencia de

61%. La biomasa final por estanque representa el mejor aprovechamiento de la concentración de proteína disponible en los alimentos por los langostinos.

El mejor rendimiento y conversión alimenticia de los organismos en cultivo se obtuvo en los estanques 4 y 29 con valores de 1,120 y 2,010 kg/ha y 3.8:1 y 2.3:1 respectivamente; los resultados muestran que sus poblaciones mantuvieron un ritmo de crecimiento de tipo isométrico. Una dinámica muy parecida se apreció entre los langostinos de los estanques 2 y 13 al registrar valores de conversión alimenticia de 4.3:1 y 4.1:1 y rendimientos de 1,070 y 1,170 kg/ha respectivamente, ocupando entre los dos estanques el segundo lugar en rendimiento.

El Análisis de Factor mostró como variables principales en la dinámica de cultivo de los seis estanques a la longitud, el peso de los langostinos y la biomasa, así como el total de sólidos disueltos dentro del primer factor. En el segundo factor sólo se encontró la productividad primaria y la respiración; en el tercer factor englobó el pH, la densidad del fitoplancton y la dureza total, y el cuarto factor agrupó a la conductividad. Todas estas variables participan de forma directa en el crecimiento y rendimiento del langostino.

Los análisis de correspondencia canónica y discriminante mostraron de forma directa que las variables que influyeron en los resultados obtenidos con las tres dietas fueron la longitud y el peso en la raíz canónica uno y en la raíz secundaria la alcalinidad total, junto con los cloruros y el total de sólidos disueltos. Estas variables permitieron separar las tres grupos considerando el tipo de alimento complementario que fue suministrado durante el experimento.

En las figuras 28 y 29 se aprecia la dispersión de los puntos y se puede notar con mejor asociación los resultados de los langostinos de los estanques 4 y 29 que fueron alimentados con dieta balanceada "El Pedregal"; en segundo lugar la asociación de las variables de los langostinos alimentados con la mezcla Albamex

y pulido de arroz y en una posición de menor asociación a los valores de los langostinos alimentados con Alfa-Nutrición. Con esto se define en gran medida la importancia que tienen los alimentos complementarios durante el crecimiento y engorde del langostino *M. rosenbergii* y la estrecha correlación que existe con los factores fisicoquímicos del agua de los estanques rústicos. Los resultados obtenidos en el presente trabajo, se ubican dentro de un nivel medio de rendimiento acuícola.

Es importante señalar que el presente trabajo se basó en las estrategias que utilizan los acuicultores del Estado de Morelos durante el crecimiento y engorde del langostino gigante *Macrobrachium rosenbergii* en diferentes unidades rurales de la entidad. A pesar de los esfuerzos realizados por el Gobierno, los resultados obtenidos no han sido los esperados, probablemente debido al desconocimiento de la biología básica para el cultivo de la especie. La presente investigación muestra los resultados ya discutidos y analizados, haciendo resaltar que la condición omnívora que desarrolla el langostino durante su crecimiento debe de ser aprovechada; es necesario utilizar los diferentes productos agrícolas y pecuarios de la región con el fin de obtener mejores resultados en lo referente a la tasa de crecimiento del langostino, sustentados en el desarrollo de alimento natural suficiente dentro del estanque desde su siembra hasta su cosecha y poder así obtener un mejor rendimiento y una elevada tasa de rentabilidad económica de este producto, que tiene un importante valor nutritivo y un alto valor comercial.

VIII. BIBLIOGRAFIA

- ALMAZAN, G. y BOYD, C.E., 1978. Plankton production and tilapia yield in ponds. *Aquaculture*, 15:75-77.
- ALVARADO, S.A.E., 1999. Policultivo experimental de langostino *M. rosenbergii* (De Man) con carpa herbívora *C. idellus* y tilapia *O. niloticus* en tres estanques rústicos de la unidad ejidal el Jicarero Mpio. de Jojutla-Morelos. Tesis profesional. U.A.E.M. 66 p.
- ANTIPORDA, J., 1988. Requerimientos nutricionales del langostino malayo (*Macrobrachium rosenbergii*). *Acuavisión*. Año III. No. 15: FONDEPESCA 10-12 Julio-Agosto.
- APHA, AWWA and WPCF., 1994. Standar methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, American Water Works Association and Water Polution Central Federation, Washington, D.C. 874 pp.
- AQUACOP, 1976. Incorporation de protéines végétales dans un aliment composé pour crevettes *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquaculture*, 8: 71-80
- AQUACOP, 1983. Intensive larval rearing in clear water of *Macrobrachium rosenbergii* (DE MAN) Anuenue stock at the Centre Oceanologique du Pacifique, Tahiti. In: CRC. Handbook of mariculture Vol. 1, Crustacea Aquaculture Ed. por d. P.Mavey. CRC. Press. Inc. Boca Ratón, Florida, pp. 179-187.
- ARANA, M.F., 1980. Datos sobre el cultivo del langostino asiático *Macrobrachium rosenbergii* (De Man), en México. Memorias Zo. Simposio Latinoamericano de Acuicultura. Tomo II. Depto. de Pesca. México, D.F.
- ARIELI, Y., SARING, S. and BEJARANO Y., 1981. Observations on pond growth of *Macrobrachium rosenbergii* at the Ginosar Fish Culture Station in 1978 and 1979. *Bamidgeh*. Staff. Vol. 33, No. 2: 57-68.
- ARMSTRONG, D.A., M.J. STEPHENSON and KNIGHT A.W., 1976. Acute toxicity of nitrite to larvae of the giant malaysian prawn, *M. rosenbergii*. *Aquaculture*, 9:39-46.
- ARREDONDO, F.J.L., 1976. Especies acuáticas de valor alimentario en México. Tesis. Fac. de Ciencias, UNAM. 129 p.

- ARREDONDO, F.J.L., 1986. PISCICULTURA: Breve descripción de los criterios y técnicas para el manejo de calidad de agua en estanques de piscicultura intensiva. Secretaria de Pesca. 182 p.
- ARREDONDO, F.J.L., 1987. Policultivo experimental de ciprinidos asiáticos en México. Tesis Doctoral. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología UNAM. México. 128 p.
- ARREDONDO, F.J.L., 1990. La aplicación del análisis de cúmulos y de componentes principales en el estudio limnológico de estanques temporales. En: La Acuicultura en México: de los conceptos a la producción. Primera edición. México, pp. 229-248.
- ARREDONDO, F.J.L., 1993. Fertilización y Fertilizantes. Su uso y su manejo en la Acuicultura. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa, Primera edición, México, pp. 202.
- ARREGUIN, F.J.L., 1988. Los Estados de Colima y Jalisco como zonas potenciales para el cultivo de especies del género *Macrobrachium spp.* Memorias Seminario Nacional de Cultivo y Comercialización del Langostino. Acapulco, Gro. Secretaría de Pesca. México.
- ARRIGNON, J., 1991. Aménagement piscicole des eaux douces. 4a. Edición, Tec. Doc. Lavoisier. New York, 631 p.
- AVILES, Q.S. y GARCIA, S.A., 1987. Situación actual del cultivo de langostino asiático. Memorias Ier. Simposio Nacional de Acuicultura, Pachuca-México: Pesca. 127 p.
- BARDACH, E. J. RITHER, H. J. y MCLARNEY W. O., 1986. Acuicultura crianza y cultivo de organismos marinos y de agua dulce. A.G.T. Editor. México, D.F. 741 p.
- BARDACH, E.J., 1986. Constraints polyculture. *Aquacultural engineering*, 5: 287-300.
- BARTLETT, P. y EUKERLIN E., 1983. Growth of the prawn *M. rosenbergii* in asbests asphalt ponds in hardwater and on a low protein diet. *Aquaculture*, 30(1): 353-356.
- BAUTISTA, P.C., 1988. Crustáceos. Tecnología de cultivo. Edit. Mundi Prensa. Madrid, España. 129 p.

- BERMUDEZ, D., 1992. Algunos aspectos económicos en el cultivo mixto de langostino (*Macrobrachium rosenbergii*) con tilapia roja. En resúmenes del VII simposio Latinoamericano de Acuicultura y II encuentro Venezolano de Acuicultura Barquisimeto-Venezuela, pp. 44.
- BOONYARATPALIN, M. and NEW B.M., 1982. Evaluation of diets for *Macrobrachium rosenbergii* rear in concret ponds giant praw. Farming Developments in Aquaculture and Fisheries Science In: M.B. New Editor. Elsevier Scientific.
- BOYD, C.E., 1973. Summer algal communities and primary productivity in fish ponds. *Hydrobiologia*, 41:357-390.
- BOYD, C.E and SOWLES J.W., 1978. Nitrogen fertilization of ponds. Trans. Am. Fish. Soc. 107(5):737-741.
- BOYD, C.E. 1979a. Water quality in warmwater fish ponds. Auburn, Alabama. 359 p.
- BOYD, C.E., 1979b. Comments on the development of techniques for management of enviromental quality in Aquaculture. *Aquacultural Engineering*. 5: 13-146.
- BOYD, C.E., 1982. Water quality management for pond fish culture. Elsevier Scientific Publishing Company. New York. 318 p.
- BRICK, R. W. and DAVIS J.T., 1987. El cultivo del langostino. FONDEPESCA, "extensionismo". B:1 . 11 p.
- BROWER, J .E . and ZAR J.H., 1977. Field and laboratory methods for general ecology. Wm. C. Brown Co. Publishers. 183 p.
- CARO, C.C.I. y SOSA, C.E., 1997. La acuicultura en el sureste mexicano. ECOSUR, Quintana Roo. 192 p.
- CHEN, LO-CHAI., 1990. Aquaculture in Taiwan. Fishing News Books. 271 p.
- COHEN, D. and RA'ANAN, Z., 1983. The production of the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* in Israel: III. Density effects of all male *Tilapia* hybrids on prawn yield characters in polyculture. *Aquaculture*, 35: 57-71.

- COHEN, D., RA'ANAN, Z. and BARNES A., 1983. Production of the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* in Israel. I. Integration into fish polyculture systems. *Aquaculture*, **31**: 67-76.
- COLE, G.A., 1975. Textbook of limnology. St. Louis. Mosby. Company. 283 p.
- COLT, E.J. and AMSTRONG, A.D., 1981. Nitrogen toxicity to crustaceans, fish and mollusc. In: Bio-engineering Symposium for Fish Culture. FSC. *Fish culture section of the american fisheries society*. Pub. 1:34 -47.
- COSTA-PIERCE, B. A., CRAVEN, D. B., KARL, D. M. and LAWS, E. A., 1984. Correlation of *in si tu* respiration rates and microbial biomass in prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) ponds. *Aquaculture*, **37**: 157-168.
- CRIPPS, C.M. and NAKAMURA, R.M., 1979. The effect of CaCO_3 in the water on growth of *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquacultural Engineering*, **5**: 64-69.
- CURTS, J.B. 1986 . El diagrama de tallo y hoja en biología. *Biótica* 9 (3):7-12.
- D'ABRAMO, L.R., J.M. HEINEN, H.R. ROBINETTE and COLLINS J.S., 1989. Production of the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* stocked as juveniles at different densities in temperate zone ponds. *Journal. of the World Maricul. Soc.* 20 (2):81-89.
- DE LA LANZA, E. G., 1990. Calidad del agua y modelos. En: La acuicultura en México: de los conceptos a la producción. Instituto de Biología, U.N.A.M. 181-199.
- DE LA GARZA, C., 1988. El Agua: Determinante para el éxito del langostino. *Acuavisión*. FONDEPESCA. Año II No. 15:6-9 Julio-Agosto.
- DE LA TORRE, E.R. y TAMAYO A.M., 1986. Situación Actual de la Engorda del Langostino Malayo en la Región del Valle de Tecomán, Colima (Reporte Técnico) Universidad de Colima en Convenio con la Empresa Aquagranjas (Inédito).
- DOMINGUEZ, M.J.P., 1980 Estrategias para la optimización del cultivo del langostino *M. rosenbergii* De Man. Memorias del 2o. Simposio Latinoamericano de Acuicultura. Tomo I. Depto. de Pesca. México, D.F.
- ENVIRONMENT PROTECTION AGENCY (EPA)., 1972. Water quality criteria. E.P.A. Washington, D.C., U.S.A. 594 p.

- EQUIHUA, Z.M. y BENITEZ, B.G., 1987. Dinámica de las comunidades ecológicas. Ed. Trillas, México, 120 p.
- FRANCO, L.J., DE LA CRUZ, A.G., CRUZ, G.A. Y OTROS. 1985. Manual de Ecología. Ed. Trillas. México. 266 p.
- FUJIMURA, T. and OKAMOTO H., 1972. Notes in progress made in developing a mass culturing technique for *Macrobrachium rosebergii* in Hawaii. In: Coastal aquacultura in the Indo Pacific Región, editado por T.V.R. Pillay west. By fleet, England, Fishing News Books Ltd., for IPFC/FAO, pp. 313-27.
- FUJIMURA, T., 1974. Development of a prawn culture industry in Hawaii, Job Completion Report for Project H-14-D, (period from 1 July - 1969 - 30 June, 1972), Departament of Land and Natural Resources, State of Hawaii (internal report) 25 pp.
- GARCIA, E., 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). México, D.F. 217 p.
- GARCIA, R.J. y ESPINOZA, O.A., 1992. Crecimiento de langostino *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) bajo cultivos en estanques rústicos y su factibilidad socio-económico en la granja "El Jicarero" Mpio. de Jojutla Morelos, México. Tesis. Prof. de Lic. UAEM. 95 p.
- GENTIER, G.M.C., 1989. Perspectivas biológicas y económicas de un proyecto de granja comercial del langostino *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) en México. Tesis Maestro en Ciencias, Fac. de Ciencias, U.N.A.M. 99 p.
- GIBBS, R. J., 1970. Mechanism controlling world water chemistry. Science 180: 1088-1090.
- GRANADOS, R.J.G., TRUJILLO, P. y FERNANDEZ, G., 1986. Evaluación del crecimiento en la fase de engorda del langostino *M. rosenbergii* en un corral dentro de un estanque de policultivo. Resultado de las investigaciones realizadas en el laboratorio de Hidrobiología. Serie Investigaciones. UAEM.(5): 1- 16.
- GRANADOS, B.A., 1995. Análisis de la calidad del agua en un bicultivo comercial de langostino gigante *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) y tilapia africana *Oreochromis niloticus* en estanquería semi-rústica del Estado de Morelos. Tesis profesional, U.A. de Puebla. Escuela de Biología. 89 p.

- GRIESSINGER, J.M., LACROIX, D. and P. GONDOUIN., 1991. L'élevage de la crevette tropicale d'eau douce. IFREMER. 371 p.
- GOLDMAN, CH. R., 1983. Limnology. Mc Graw-Hill, S.A., New York. USA. 625 p.
- GONZALEZ, A. M., 1976 Contribución al conocimiento de la biología de *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836) en Laguna de Chila, Panuco Veracruz, México. Tesis profesional, U.A.N.L. 48 P.
- HALL. J.D., COOPER, E.W. and WERNER, E.E., 1970. An experimental approach to the production dynamics and structure of freshwater animal communities. *Limnol & Oceanogr.* 15: 339-929.
- HARRIS, G.P., 1988. Phytoplankton . Ecology. Chapman and Hall USA 384 p.
- HARTLAND, R. R., 1964. The fauna and ecology of temporary pools in Western Canada. *Verh Internat. Verein. Limnol.* 10: 577-584
- HAWKES, H.A., 1979. Invertebrates as indicators of river water quality. In: James, A. y L. Evison (de.). Biological indicators of water quality. John Wiley and Sons. Pub. New York, U.S.A. pp 2-45.
- HERNANDEZ, O.D., 1989. Hábitos alimenticios del langostino malayo *Macrobrachium rosenbergii* (Juvenil-Adulto) en estanques rústicos. Tesis Profesional de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UAEM. 47 p.
- HEPHER, B., 1976. On the limnology of fish ponds. *Fish Culture Research Station, Dor, Israel.* 54 p.
- HEPHER, B. and PRUGININ, Y., 1985. Comercial fish farming with special reference to fish culture in Israel. *John Wiley and Sons, New York.* 261 p.
- HOLTHIUS, L. A., 1980. A general revision of the palaemonidae (Crustacea, Decapoda, Natantia) of the Americas. II. The subfamily Palaemonidae. The University of Southern California Press. Los Angeles, California.
- HOLTSCHMIT, K. H., 1988a. Especies de langostino cultivables en México, con énfasis en *Macrobrachium rosenbergii*. Memorias Seminario Nacional de Cultivo y Comercialización del Langostino. Acapulco, Gro. FONDEPESCA. 23-25
- HOLTSCHMIT, K. H., 1988b. Manual técnico para el cultivo y engorda del langostino malayo. FONDEPESCA. México, D.F. 132 p.

- HUTCHINSON, G. E., 1957. A treatise on limnology . Vol. I. Geography, physics and chemistry . *Jhon Wiley and Sons*, New York. 1015 p.
- HUTCHINSON, G. E., 1967. A treatise on limnology. Vol. II. Introduction to lake biology and the limnoplanton. *Jhon Wiley and Sons*, New York. 1135 p.
- I.N.E.G.I., 1981. Síntesis Geográfica del Estado de Morelos. 80 p.
- INFORME DE GOBIERNO., 1987. Programa piscícola y pecuario del Gobierno del Edo. de Morelos. 32 p.
- KARPLUS, I., HULATA, G., WOHLFARTH, G.W. and HALEVY, A., 1986. The effect of density of *Macrobrachium rosenbergii* raised in earthen ponds on their population structure weight distribution. *Aquaculture*, 52: 307-320.
- KURI-NIVON, E., 1979. Determinación del factor de condición múltiple (KM). Manuales técnicos de acuicultura. Departamento de Pesca, México, 1(1): 13-21
- LENGG, P., 1986. Applications of system modeling in Aquaculture. *Aquaculture Engineering*, 5: 171-182.
- LI, S., 1987. Energy structure and efficiency of a typical chinese integrated fish farm. *Aquaculture*, 65: 105-118.
- LIMPADANAI, D, and R. TANSAKUL., 1980. Culture of giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) in a small reservoir. Giant praw farming Developments in Aquaculture and Fisheries Sciencien in: M.B. New Editor. Elsevier Scientific Co. The Netherlands. 20: 257-260
- MADENJIAN, C. P., ROGERS, G. L. and FAST, A. W., 1987. Predicting night time dissolved oxygen loss in prawn ponds of Hawaii. Part. I. Evaluation of traditional methods. *Aquaculture Engineering* 6: 191-208.
- MALECHA, S.R., BUCK, D.H., BAUR, R.J. and ORIZUKU, D.R., 1981. Polyculture of the freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*, chinese and common carps in pond enriched with swine manure. I. Initial trials. *Aquaculture*, 25: 101-116.
- MALECHA, S.R., 1983. Comercial and production of the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*, in Hawaii. En Mc Vey, J.P. (Ed). CRC Handbook

- of Mariculture. Vol. 1, *Crustacean Aquaculture*. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, pp. 231-259.
- MARGALEF, R., 1967. Las algas inferiores. In: Fundación La Salle de Ciencias Naturales. *Ecología Marina: Monografía No. 14*. Caracas. 711 pp.
- MARGALEF, R., 1976. *Limnología de los embalses españoles*. Dir. Gral. de Obras Públicas. Madrid. 325 p.
- MARGALEF, R., 1977. *Ecología*. Edición Omega. S.A. Barcelona, España. 951 p.
- MARGALEF, R., 1983. *Limnology*. Ediciones Omega. S.A. Barcelona. 1010 p.
- MARSHALL, D.W., 1987. *Biología de las Algas*. Ed. Limusa, México. 236 p.
- MARTINEZ, M., 1987. Análisis del crecimiento del langostino *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) durante un ciclo anual de cultivo en estanques rústicos. Reporte anual. Programa piscícola. Informe de Gobierno. Morelos. 20 p.
- MARTINEZ, S.L.E. y M.J. TORRES V., 1993. Cultivo de camarón de agua dulce *Macrobrachium rosenbergii* In: *Fundamentos de acuicultura continental*. INPA. Rep. de Colombia. 286 p.
- MELACK, J.M., 1979. Photosynthesis and growth *Spirulina platensis* in an equatorial lake (lake simbs, Kenia). *Limnol. & Oceanogr.*, (24): 753-760.
- MIRES, D., 1983. The Development of Freshwater Praw *Macrobrachium rosenbergii* Culture in Israel. *Bamidgeh*. Vol. 35. No. 3:63-72.
- MOLINA, A.F.I., 1992. Evaluación de las tasas de productividad primaria desarrollados en tres estanques rústicos de producción con policultivo sostenido bajo fertilización orgánica realizado en la Unidad Piscícola "El Jicarero" Jojutla, Morelos, México. Tesis profesional, UAEM. 50 p.
- MOLINA, A.F.I., 1998. Dinámica de las relaciones del fito y zooplanton en estanques rústicos con fertilización orgánica y combinada en el Estado de Morelos. Tesis de Maestro en Ciencias (Biología), UNAM. 43 p.
- NEW, B.M., 1980. El Potencial de cultivo de *Macrobrachium rosenbergii* en Latinoamérica. *Revista Latinoamericana de Acuicultura*. SELA, Editor. México, D.F. No. 6: 1-40.

- NEW, B.M. Y S. SINGHOLKA. 1984. Cultivo del camarón de agua dulce. Manual para el cultivo de *Macrobrachium rosenbergii*. FAO. Doc. Tec. Pesca, (225): 118 p.
- NEW, B.M., 1990. Freshwater prawn culture: a review. *Aquaculture* 88: 99-143.
- NORIEGA-CURTIS, P., 1979. Primary productivity and related fish yield intensely manured fish. *Aquaculture*. 17: pp 335-344.
- OPUSZYNSKI, K., 1979. Silver carp *Hypophthalmichthys molitrix* (Val.) in carp pond. III, influence in ecosystem. *Ekol. pol.*, 27 (1): 117-133.
- OWHEN, T.L., 1985. Handbook of common methods in limnology. 2a. Ed. Kendall/ Hunt. Dubuque, Iowa. 199 p.
- PALACIOS, O. y ACEVES, E.N., 1994. Clasificación de suelos de acuerdo a la salinidad, sodicidad, pH, profundidad, textura, estructura y materia orgánica. C. P. Univ. Autón. de Chapingo. México. 49 p.
- PARSON, T.T., STEPHENS, K. and TAKAHASHI, M., 1972. The fertilization of great central lake. I. Effects of primary production. *Fishery Bulletin*, 70 (2) : 13-23.
- PEEBLES, B.J., 1980. Competition and habitat partitioning by the giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) (Decapoda-Palemonidae). *Crustaceana*. 38 (1): 49-54.
- PESCA., 1988. Manual técnico para la operación de los centros acuícolas productores de langostino. Secretaria de Pesca. México, D. F. 212 p.
- PESCA., 1998. Anuario Estadístico del Instituto Nacional de la Pesca. 127 p.
- PORRAS, D.D., 1981. Sobre la utilización en acuicultura de fertilizantes orgánicos (Desechos y Excretas). *Rev. Lat. Acui. CELA*. No. 9: 6-10.
- PORRAS, D.D., 1985. Fertilizantes orgánicos. *Biotécnica Acuícola*. U.A.E.M. 17 p
- PRATT, D.M. and BERKSON, H., 1959. Two sources of error in the oxygen light and dark bottle method. *Limmol. Oceanogr.*, 4:328-334.
- PRETTO, M.R., 1988. Manual de cultivo del camarón de río gigante de malasia . Centro de documentación e información de acuicultura. CEDIA. Santiago de Veraguas, Panamá. 29 p.

- PROGRAMA PISCICOLA DEL ESTADO DE MORELOS., 1984. Gobierno del Estado-Pesca, 26 p.
- PILLAY, T.V., 1997. Acuicultura. Principios y Prácticas. Ed. Limusa. México, pp. 699.
- QUIROZ, C.H., 1990. Fertilización intensiva en estanques rústicos de producción ejidal con policultivo piscícola; como estrategia de integración de procesos agropecuarios en la acuicultura en el estado de Morelos, México. Tesis Maestría. Fac. de Ciencias, UNAM. 85 p.
- RA'ANAN, Z. and COHEN D., 1982. Productions of the freshwater praw *Macrobrachium rosenbergii* in Israel . Activities 1980/1981. *Bamidgeh*, Vol. 34: No. 2 p 47-58.
- RA'ANAN, Z., COHEN, D., RAPPAPORT, U. and ZOHAR D., 1984. The production of the freshwater praw *Macrobrachium rosenbergii*, in Israel: The effect of added substrates on yields in a monoculture system. *Bamidgeh*. Vol. 36: No 2: p 35-40.
- RAPPAPORT, U., SARING, S. and BEJARANO, Y., 1977. Observations on the use organic fertilizers in intensive fish farming at the Ginosar Station en 1976. *Bamidgeh*, 29: 57-70.
- RICKER, W.E., 1975. Computation and interpretation of biological. Statist fish, population fish. Res. Board. Can. Bull. USA.
- ROBERTS, K.J. and BAUER, L.L., 1978. Cost and returns for *Macrobrachium* growout in South Carolina, U.S.A. *Aquaculture*, 15: 383-390.
- RODIER, J., 1981. Análisis de aguas, aguas naturales, aguas residuales y aguas de mar. Edit. Omega. Barcelona. 1059 p.
- RODRIGUEZ DE LA CRUZ, M.C., 1985. Palaemonidos del Atlántico y vertiente oriental de México, con descripción de dos especies nuevas. S.I.C., Dir. Gral. de Pesca. Inst. Nac. de Invest. Biol. Pesqueras. Anales Vol. 1, 112 p.
- RODRIGUEZ, G.H. y ANZOLA, E., 1993. Calidad del agua en Acuicultura continental. En: Fundamentos de Acuicultura continental. I.N.P.A. Rep. de Colombia. 286 p.

- ROUSE, D.B. and STICKNEY, R.R., 1982. Evaluation of the production potential of *Macrobrachium rosenbergii* in monoculture and in polyculture with *Tilapia aurea*. *J. World Maric. Soc.* 13: 73-85.
- ROUSE, D.B., EL NAGGAR, G.O. and MULLA, M.A., 1987. Effects of stocking size and density of tilapia and *Macrobrachium rosenbergii* in polyculture. *J. World Aquacult. Soc.*, 18(2): 57-60.
- RZEDOWSKI, J., 1978. Vegetación en México. Primera Edición. Edit. Limusa, S. A. México. D.F.
- SCHWOERBEL, J., 1975. Métodos de Hidrobiología. Edit. H. Blume. Madrid. 262 p.
- SECRETARIA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGIA., 1990. Criterios ecológicos de calidad del agua. *Gaceta Ecológica* 2 (6): 26-54.
- SMITH, T.I.J., SANDIFER P.A and SMITH M.H., 1978. Populations Structure of Malasyan Praws, *Macrobrachium rosenbergii* (De Man). *Proc. World Maricul. Soc.* 10:369-384.
- SMITH, T.I.J., SANDIFER P.A., JENKINS W.E. and STOKES A.D., 1981. Effect the Population Structure and Density at Stocking on Production and Commercial Feasibility of Praw (*Macrobrachium rosenbergii*) Farming in Temperate Climates *J. World Maricul. Soc.* 12 (1) . 233-250.
- SMITH, T.I.J., W.E. JENKINS and SANDIFER, P.A., 1982. Growth and survival of praws *Macrobrachium rosenbergii* pond reared at different salinities. In: Giant Prawn Farming. Ed. por M.B. New. Amsterdam, Elsevier: 191-202.
- SOKAL, R.R. and ROHLF, J.F., 1969. Biometría principios y métodos estadísticos en la investigación biológica. Universidad del Estado de Nueva York, Story Brook. Ed. H. Blume, pp. 819.
- STICKLAND, J.D.H., 1960. Measuring the production of marine phytoplankton. *Bull. Fish. Res. Board. Ca.*, 122: VII. 172 p.
- STICKNEY, R.R., 1994. Principles of Aquaculture. John Willer and Sons, Inc. New York, 562 pp.
- STRAUS, L.D., RANDALL, R. and HEINEN, M.J., 1991. Toxicity of un-ionized ammonia and high pH to post-larval and juvenile freshwater shrimp *Macrobrachium rosenbergii*. *Journal of the World Aquaculture Society*. Vol. 22: No. 2: 128-133.

- TESHIMA, S., OJEDA, G. and CANAZAWO, A., 1978. Nutrition requirements of tilapia utilization on dietary protein by *Tilapia zillii*. Fac. Kogoshima University, Vol. 27: No. 1: 49-57.
- TUCKEY, J. W., 1977. Exploratory data analysis. Addison-Wesley Publishers, Co. 688 p.
- VALENCIA, E.M., 1980. Resultados de la introducción de langostino "Malayo" *Macrobrachium rosenbergii* (De Man), en el estado de Guerrero, México. Memorias del 2o. Simposio Latinoamericano de Acuicultura. Tomo I : Depto. de Pesca, México.
- VAZQUEZ, E., ROUSE, D.B. and ROGERS W.A., 1989. Growth response of *Macrobrachium rosenbergii* to different levels of hardness. *J. of World Mariculture Society* 20 (2): 90-92.
- VAZQUEZ, B.L.G., 1993. Rendimiento del langostino *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) bajo cultivo en estanques rústicos y su factibilidad socio-económica en la granja "El Jicarero" Mpio. de Jojutla, Morelos-México. Tesis Profesional de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UAEM 95 p.
- VERGARA, Y.V. y BARRERA, V.B., 1987. El langostino Malayo. *Acuavisión* . FONDEPESCA. Año II- No. 7:25-28
- VERGARA, A.H., 1998. Cultivo experimental de la tilapia *O. niloticus* y el langostino gigante *M. rosenbergii* en estanques rústicos de la Unidad El Hospital, Cuautla, Morelos. Tesis profesional de Licenciatura, Facultad de Ciencias, U.A.E.M. 59 p.
- VILLALOBOS, F.A., 1982. Evaluación de la disponibilidad de post-larvas de *Macrobrachium tenellum* (Smith) y determinación de sus posibilidades de semicultivo en las microrregiones PIDER, Costa Grande y Atoyac del estado de Guerrero. Informe Final; Programa PIDER. Pesca, Estado de Guerrero. 121 p.
- VILLALOBOS, F.A, 1982a. DECAPODA. In: Aquatic Biota of México. Central America and the West Indies Ed. Por S. Hulbert y A. Villalobos, F: Aquatic Biota. SDSU Foundation. Dept. of Biology, San Diego, St. Univ. USA.
- VILLALOBOS, H.J.L., A. CANTU y E. LIRA., 1993. Los crustáceos de agua dulce de México. *Rev. Soc. Mex. de Hist. Nat.* Vol. (XLIV): 267-290.

Bibliografía

- VOLLENWEIDER, R.A., 1974. A manual on methods for measuring: Primary production in aquatic environments. 2a. edition. IBP. *Handbook No. 12*: 225 p.
- WEATHERLEY, A.H., 1972. Growth and ecology of fish populations. Academic Press. INC. London. 293 pp.
- WEATON, W.F., 1982. Acuicultura (diseño y construcción de sistemas). Edit. AGT. Editores. S.A. de C.V. 704 P.
- WEIDENBACH, R.P., 1982. Dietary Components of Freshwater Prawns Reared in Hawaii in Ponds. Giant Prawn Farming Developments in Aquaculture and Fisheries Science in: M.B. New editor. Elsevier Scientific Publishing Co. *The Netherlands*. 10:387-388.
- WETZEL, R.G. and LIKENS, E.G., 1979. Limnological Analysis. W.B. Saunders Co. Philadelphia. 357 p.
- WETZEL, R.G., 1981. Limnología. Edit. Omega, S.A. Barcelona. 679 p.
- WILLIS, S.A. and BERRIGAN, M.E., 1977. Effects the stocking size and density on growth and supervival of *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) in ponds. *Proc. of The World Maricul. Soc.* 8: 251-264.
- WROBEL, S., 1972. Comparison of some methods of determining the primary production of phytoplankton in pond: In: Zaczaj, J. and Hillbricht - illkoswa A. (eds.) Productivity problems of Freshwater. P.W.N. *Polish Scientific Publishers*, Warsaw, 918 p.
- ZARUR, M.A., 1982. *Macrobrachium rosenbergii* Culture Projects in México. Giant Prawn Farming Developments in Aquaculture and Fisheries Science in: M.B. Editor. Elsevier Scientific Publishing Co. *The Netherlands*. 10: 387-388.