

03067



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES  
UNIDAD ACADÉMICA DE LOS CICLOS  
PROFESIONAL Y DE POSGRADO

ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN UNA GRANJA CAMARONICOLA SEMI-INTENSIVA: FLUJO DE MATERIALES Y NUTRIMENTOS, PRODUCCION DE OXIGENO POR FOTOSINTESIS Y CONSUMO POR RESPIRACION

## T E S I S

Que para obtener el grado de:  
**MAESTRO EN CIENCIAS DEL MAR**

P r e s e n t a:

**LIBB. Saúl Rogelio Guerrero Galván**

**TESIS CON FALLA DE ORIGEN**

Asesor: Dr. Federico Páez Osuna

Mazatlán, Sin.

1993



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **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 está 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.

## Indice

	Pág
Introducción.	1
Antecedentes históricos.	3
Biología del camarón.	5
Ciclo biológico.	5
Ciclo migratorio.	7
Generalidades del cultivo de camarones peneidos.	8
Problemática de la camaronicultura en México.	14
Perspectivas de desarrollo en la investigación.	19
Objetivos.	22
Materiales y métodos.	24
Area de estudio.	24
Descripción de la granja.	27
Datos climáticos.	27
Muestreo	28
Medición de parámetros <i>in situ</i> .	30
Temperatura.	30
pH.	30
Toma de las alícuotas para los análisis.	30
Determinación de la concentración de oxígeno disuelto.	31
Análisis de nutrimentos.	33
Nitrógeno amoniacal.	33
Nitrito.	36
Nitrato.	37
Fosfato reactivo soluble.	39
Material suspendido.	39
Sólidos totales y materia orgánica en el particulado.	39

Clorofilas a, b, c y feopigmentos.	40
Material disuelto.	41
Salinidad.	41
Alcalinidad.	41
Parámetros biológicos y de manejo de la granja.	41
Talla del camarón (peso).	42
Determinación del porcentaje de recambio de agua en los estanques.	43
Manejo de la granja	45
Resultados y discusión.	49
I. Oxígeno disuelto.	49
I.1. Fluctuaciones en la concentración de oxígeno disuelto.	49
I.2. Respiración de los camarones peneidos.	53
I.3. Efecto de los niveles de concentración de oxígeno disuelto en el camarón.	54
I.4. Predicción de los valores mínimos de oxígeno disuelto.	55
I.5. Respiración y fotosíntesis.	58
I.5.1. Advección.	59
I.5.2. Estimación del valor de intercambio por difusión de oxígeno entre la atmósfera y el agua de los estanques.	59
I.5.3. Producción por fotosíntesis (Pf) y consumo por respiración (Cr).	67
I.6. Flujos de oxígeno en el estero Confites.	72
II. Temperatura.	75
II.1. Efecto de la temperatura en peneidos.	75
II.2. Variación de la temperatura.	76

III. Salinidad.	77
III.1. Efecto de la salinidad en peneidos.	77
III.2. Variaciones de la salinidad.	78
III.2.1. Factores que afectan la salinidad.	79
IV. pH.	81
IV.1. Efecto del pH sobre peneidos.	81
IV.2. Factores que afectan el pH.	82
IV.3. Variación del pH.	83
V. Alcalinidad.	83
V.1. Efecto de la alcalinidad en animales marinos.	83
V.2. Alcalinidad específica.	84
V.2.1. Cálculo de la concentración de los componentes del sistema carbonatos.	85
VI. Nutrimentos.	90
VI.1. Nitrógeno.	92
VI.1.1. Nitrógeno amoniacal ( $\text{NH}_4^+ + \text{NH}_3$ ).	93
VI.1.1.1. Efecto de la concentración de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) en peneidos.	98
VI.1.1.2. Factores que afectan la concentración de nitrógeno amoniacal ( $\text{NH}_4^+ + \text{NH}_3$ ).	100
VI.1.1.3. Variaciones del nitrógeno amoniacal ( $\text{NH}_3 + \text{NH}_4$ ).	101
VI.1.2. Nitrito y nitrato.	105
VI.1.2.1. Efecto de la concentración de nitrito y nitrato en peneidos.	106
VI.1.2.2. Variación en la concentración de nitrito.	107
VI.1.2.3. Variación en la concentración de nitrato.	109
VI.2. Fósforo.	112

VI.2.1. Variaciones en la concentración de fósforo.	113
VI.3. Relaciones estequiométricas entre los nutrimentos.	116
VII. Material suspendido.	125
VII.1. Sólidos totales en el agua.	125
VII.2. Variación del contenido de sólidos suspendidos totales y materia orgánica.	126
VII.3. Variación en los niveles de clorofilas.	128
VIII. Flujo de materiales.	130
VIII.1. Comportamiento general de los estanques con recambios lentos.	130
VIII.2. Funcionamiento del canal reservorio.	131
VIII.3. Flujo de materiales entre el cuerpo lagunar y la granja.	133
IX. Crecimiento y rendimientos del camarón.	138
Conclusiones	142
Bibliografía	146
Tablas y figuras	162

## INTRODUCCIÓN

En una población humana que está cerca de rebasar sus reservas naturales, la búsqueda por comida tiene una alta prioridad: mientras grandes sectores de la humanidad han tenido éxito en controlar el hambre, el incremento espectacular de la población (debido principalmente a la medicina moderna y a los servicios sanitarios), está superando las expectativas de eliminar la escasez de alimento. Así, el hambre permanece con nosotros.

Las limitaciones en los recursos naturales de alimentos son el motor para el cultivo comercial y, es por ello, que durante las últimas décadas, la necesidad de cultivo comercial de animales marinos se ha incrementado considerablemente (Kinne, 1977).

Hasta hace algunos años se consideró al mar como una fuente inagotable de alimento; sin embargo, hoy en día la mayor parte de las pesquerías se encuentran en el máximo de su rendimiento, lo que indica que la explotación del mar ha llegado a su límite y que el aumento en la producción de alimento de origen marino, tendrá que ser a partir del maricultivo (Kinne, 1977).

La crianza de animales ha sido, desde tiempo inmemorial, la forma de obtención de algunas especies para su aprovechamiento; en el caso de los animales acuáticos, la práctica de su cultivo en estanques costeros data de varias centurias atrás: los romanos probablemente aprendieron este arte de los etruscos, quienes a su vez lo adoptaron de los fenicios. El maricultivo se ha demostrado también en el arte egipcio; sin embargo, el cultivo de peces y camarones en

estanques de agua salada a gran escala tiene sus inicios en el sudoeste de Asia, a consecuencia de las condiciones favorables para la construcción de estanques, disponibilidad de semilla, el clima y la propia inclinación a la tarea de los asiáticos (Cifuentes Lemus et al, 1990).

En nuestro país, hasta hace poco, la acuicultura no se consideraba como actividad económica viable: el éxito o fracaso de la industria de la maricultura mundial ha dependido de su habilidad para producir alimento a precios competitivos y, no es sino a partir del desarrollo de las técnicas de cultivo en otros países, en los que su rentabilidad ha sido probada (en particular en especies de alto valor comercial como los crustáceos), que en México se vislumbra la posibilidad de adoptar la camaricultura como una opción para intentar resolver sus problemas de alimentación y crecimiento económico. El desarrollo de la camaricultura en nuestro país es impulsado por el gobierno y por lo menos dos han sido los factores responsables del creciente interés en esta rama productiva: i) los costos de la actividad pesquera se han incrementado desventajosamente frente al rendimiento productivo de nuestros mares. Los elevados esfuerzos pesqueros requeridos a la fecha para mantener la rentabilidad de las capturas de camarón implican grandes costos de operación, que los industriales pesqueros solventan cada vez con mayor dificultad, sobre todo en el ámbito del cooperativismo; ii) la necesidad de proveer fuentes de empleo a un número cada vez mayor de pescadores que no han podido enfrentar exitosamente la crítica condición del sector pesquero en la actualidad.

Adicionalmente, el desarrollo de la acuicultura, representa una opción potencial de uso a los terrenos que no



son aptos para la agricultura como son: los suelos pantanosos, los impermeables, los salinos, etc.

#### **Antecedentes históricos**

El cultivo de camarón en nuestro país, aparentemente se inició en la época prehispánica, cuando los indígenas hacían encierros en las lagunas de lo que actualmente son los estados de Nayarit y Sinaloa; sin embargo el comienzo de la camaricultura ya con ciertas bases técnicas se da en este siglo en los años sesentas, cuando el Biól. Héctor Chapa en conjunto con las cooperativas de los estados de Sinaloa y Nayarit y con métodos rudimentarios, abrieron las bocas de las lagunas litorales de Huizache y Caimanero y conectaron los ríos Presidio y Baluarte; estas acciones permitieron que la producción en estos cuerpos lagunares se elevara considerablemente (Cifuentes Lemus et al, 1990).

Se puede decir que la biotecnología del cultivo de camarón en México es de reciente desarrollo y, dentro de los primeros proyectos realizados exitosamente, se encuentra el desarrollado por los técnicos del Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora, en la unidad Experimental de Puerto Peñasco; en este laboratorio se logró el cultivo intensivo del camarón azul *Penaeus stylirostris* con el método de estanques de corriente rápida.

Corresponde a la Sociedad Cooperativa "Acuacultores del Norte de Sinaloa" S.C.L., ser los primeros en instalar a nivel comercial una granja de producción camarícola rentable.

Dentro del contexto internacional, México es un país con una situación privilegiada para el desarrollo de la camaronicultura; sin embargo, en comparación con otros países latinoamericanos, esta actividad económica permaneció rezagada, debido fundamentalmente a la política gubernamental, que definió al camarón como una especie cuyo aprovechamiento estaba reservado exclusivamente a las sociedades cooperativas de producción pesquera y a los ejidatarios (Cifuentes Lemus, 1990; Gámez Eternod y de la Lanza 1992). Ambos sectores se avocaron fundamentalmente a las actividades de captura, ya que al tratar de incursionar en el cultivo, se enfrentaron a dificultades económicas y técnicas que fueron incapaces de enfrentar (Gámez Eternod y de la Lanza 1992). Adicionalmente, la falta de continuidad de los programas camarónicos iniciados por dependencias gubernamentales, impidió que se les brindara la asesoría adecuada y oportuna que el caso ha requerido a través de los años.

Las modificaciones hechas a la Ley Federal de Pesca publicadas en el Diario Oficial de la Federación el 30 de Diciembre de 1989, permitieron al sector privado ingresar a las actividades de explotación del camarón, lo que se tradujo en un crecimiento rápido de la camaronicultura; así, en 1985 se contaba solamente con dos granjas y una producción de 120 toneladas, mientras que para 1990 se contaba ya con 199 con una producción de 5,500 toneladas, situando a México como el segundo productor de camarón cultivado en América (Gámez Eternod y de la Lanza, 1992).

## Biología del camarón (Camarones peneidos).

Los crustáceos son artrópodos acuáticos con respiración branquial típica; poseen 2 pares de antenas, 3 pares de bocas primarias y numerosos apéndices en tórax y abdomen (Dall et al, 1991), cuya clasificación taxonómica se describe en la Tabla A. Sus ciclos biológico y migratorio se describen a continuación:

**Ciclo biológico.** Los camarones peneidos son crustáceos anfígónicos/bisexuados, entre los cuales hay marcado dimorfismo sexual, donde la hembra alcanza mayor tamaño que los machos en el estado adulto (Flores Campaña, 1990). Aunque la reproducción es normalmente continua en los peneidos, se puede apreciar en general una clara fluctuación estacional que puede ser asociada a la abundancia de hembras maduras o con postlarvas con una duración de 2 á 3 meses. El encuentro de un macho y una hembra depende de la densidad de la población, por lo que los camarones han desarrollado una migración de tipo reproductivo, mediante la cual se reúnen en los meses de primavera y verano, para asegurar los encuentros y fertilización de los huevos (Hudinaga, 1981). La migración reproductiva se sucede desde aguas profundas hacia aguas someras, como una adaptación que proporcionará a las larvas la oportunidad de entrar a las bocas del litoral o de desarrollarse en aguas más someras (Chapa S., 1975).

La edad de primera reproducción ocurre a los ocho meses, en hembras de 40 g de peso corporal; los machos, que maduran sexualmente primero que las hembras, presentan esperma eventualmente a los 10 g de peso corporal (Flores Campaña, 1990; Kitani, 1986). La cópula ocurre entre individuos con cutícula endurecida, posterior al cortejo

persecutorio del macho, el cual adhiere el espermátforo al tético de la hembra (Flores Campaña, 1990). El esperma es liberado del espermátforo simultáneamente con la expulsión de los óvulos. La fertilización es externa, con desoves repetidos (Rodríguez de la Cruz, 1981).

En general los huevecillos viables son esféricos y translúcidos, con un diámetro de 0.25-0.32 mm promedio. Al eclosionar la larva nauplio (N) rompe la membrana coriónica mediante un par de espinas caudales, 12 á 15 horas después del desove. El estadio naupliar presenta 6 sub-estadios (N1 a N6), desarrollados a lo largo de 38-40 horas, a temperaturas normales de 28-29 °C; sus dimensiones van de 0.35 á 0.6 mm de longitud total y se alimenta de la yema de su cuerpo (reservas vitelinas). El estadio protozoa (PZ) tiene una duración de 120 hrs, pasando por 3 sub-estadios (PZ1 a PZ3), cuyo tamaño va de 0.48 á 2.77 mm de longitud total y se alimentan mediante filtración de microalgas.

El siguiente estadio Mysis (M) tiene una duración de 120 horas, y comprende tres sub-estadios (M1, M2 y M3) que miden de 3 á 4 mm de longitud total, y sus hábitos alimenticios se modifican gradualmente de fitoplanctófago a zooplanctófago. El tamaño de la primera postlarva (P11) es de 5.00 mm en promedio y su aspecto es virtualmente el de un adulto, de modo que tiene ya las características necesarias para poder modificar su hábitat pelágico incidental a hábitat bentónico, aproximadamente en los primeros 6 días. La edad de primer maduración sucede entre 6 y 7 meses (Kitani, 1984).

Los camarones peneidos costeros se encuentran en zonas intertropicales y subtropicales; viven la mayor parte del

tiempo en zonas influenciadas por deltas, estuarios o lagunas, sobre fondos fangosos o fango-arenosos, ricos en materia orgánica (García S. y Le Reste, 1987).

**Ciclo migratorio.** El desove tiene lugar en el mar; las larvas y primeras postlarvas son planctónicas. Después de unas 3 semanas de vida pelágica en el mar, las postlarvas en migración se aproximan a la costa o inician el proceso de entrada a sistemas estuarinos (los cuales operan como áreas de crianza), merced a las corrientes que prevalecen en la zona por los efectos de marea (Macías Regalado y Calderón Pérez, 1980); cuando ésta aumenta, desplazando agua salada hacia los esteros y lagunas, las postlarvas dejan el fondo en respuesta al incremento de salinidad y son llevadas por la masa de agua salada a las partes más alejadas del estero; cuando la marea desciende en el reflujó, las postlarvas vuelven al fondo en respuesta al descenso de salinidad (García S. y Le Reste, 1987). Su comportamiento será cada vez más bentónico. En las áreas de crianza se desarrollan los juveniles rápidamente debido a la gran disponibilidad de alimento (pequeños crustáceos, poliquetos, micro y meiofauna usualmente asociada con detritus) (Chapa S., 1975; García S. y Le Reste, 1987).

Después de la entrada a los estuarios, las postlarvas se concentran en las zonas de poca profundidad (inferior a 1 m), su distribución es muy heterogénea, pues se encuentra influenciada por factores como salinidad, fuentes de alimentación, cobertura vegetal, naturaleza del sedimento, corrientes, etc. Cuando los preadultos crecen (100-200 mm) migran hacia las zonas más profundas para su engorda y maduración sexual, y se forma un gradiente de tallas creciente desde el interior del estuario hacia su

desembocadura. Regresan al mar cuando alcanzan una talla de unos 10 cm y es ahí en donde el ciclo termina (D' Croz, 1979; García S. y Le Reste, 1987).

La talla media de los camarones en migración sigue igualmente una variación estacional, a consecuencia de los factores que determinan el crecimiento y reclutamiento, debido a competencia por la alimentación y duración variable de la estancia en la zona estuarina por cambios de salinidad o de temperatura (condiciones tróficas y térmicas durante el crecimiento), los individuos más pequeños en la zona costera, los adultos más grandes en zonas de mayor profundidad (García S y Le Reste, 1987).

#### Generalidades del cultivo de camarones peneidos

Los procedimientos acuícolas pueden dividirse en dos grandes grupos:

1) Semicultivo, en el cual las postlarvas o juveniles de camarón son obtenidos del medio natural en alguna fase de su desarrollo, y son "engordados" en la granja. Tiene la desventaja de que depende definitivamente de las poblaciones naturales, además de presentar una serie de problemas y limitaciones para el control de depredadores y de parásitos en el organismo cultivado; sin embargo, en nuestro país es el más ampliamente utilizado. Algunos autores denominan a este tipo de procedimiento como cultivos de ciclo abierto (Cifuentes Lemus et al 1990)..

2) Cultivo, en el que todo el ciclo de vida del organismo cultivado se lleva a cabo en el interior de la

granja. También se le denomina cultivo de ciclo cerrado y es un procedimiento prácticamente independiente de las poblaciones naturales.

El ciclo productivo del camarón se puede dividir en tres etapas: 1) obtención de postlarvas (captura o producción); 2) pre-engorda (hasta llegar a juveniles) y 3) engorda.

1) Obtención de postlarvas.

a. Los criaderos. La forma mas sencilla de obtener postlarvas consiste en utilizar criaderos o campos nodriza, que las alberguen después de su captura en los esteros durante su primera migración. Estos criaderos son en realidad estanques rústicos de grandes dimensiones, también denominados encierros, en los que la captura se mantiene a bajas densidades de población en agua no tratada, hasta que alcanza mayores tamaños, momento en el cual las postlarvas son trasladadas a los estanques de engorda (Gámez Eternod y de la Lanza, 1992).

b. Los laboratorios de producción de postlarvas. Estas instalaciones representan otra alternativa para la obtención de semilla; en ellos es posible llevar a cabo inclusive todo el ciclo de vida del camarón o cuando menos una gran parte.

Comparados con el sistema de encierros, son muy costosos puesto que utilizan alta tecnología para producir grandes cantidades de semillas en ambientes controlados: se manejan grandes densidades de población con alimentación artificial, en tanques pequeños y con agua de un alto grado de pureza.

La obtención de larvas es un factor limitante para el desarrollo de las granjas camarónicas, ya que no siempre es factible conseguir juveniles o hembras maduras en la naturaleza en el momento preciso, por ello, los laboratorios vienen a ser la mejor opción para asegurar su oportuna disponibilidad. Adicionalmente, ya que es en las primeras etapas de desarrollo del camarón cuando el organismo es más susceptible a enfermedades, el ambiente de los laboratorios permiten un mejor control de su calidad sanitaria.

### 2) Preengorda

Esta segunda etapa puede o no ser utilizada en los ciclos de cultivo, pero se recomienda para fortalecer aquellas postlarvas que se han mantenido en precría en altas densidades de población. En esta etapa intermedia, se mantiene los camarones a una densidad mayor que la de la engorda pero menor a la del almacenamiento en la precría. Países como Taiwan no utilizan esta fase; sin embargo, otros como Ecuador, siempre la incluyen en sus ciclos de cultivo.

### 3) Engorda

Una vez que el camarón entra a su etapa juvenil, le toma entre 3 y 6 meses llegar a la talla comercial, por tanto, en la mayoría de los países se pueden obtener mas de una cosecha al año; incluso, en algunos países como Ecuador, se han llegado a obtener hasta tres cosechas en un año (se considera que la velocidad de crecimiento del camarón es mayor en climas calurosos) (Kinne 1977).

Para la etapa de engorda, pueden utilizarse algunos de los tres tipos de sistemas típicos de cultivo: extensivo, semi-intensivo e intensivo, cuyas características se describen a continuación:



- A) Cultivos extensivos. Tradicionalmente se llevan a cabo en cuerpos de agua naturales en los que, con algún tipo de modificación topográfica, se establece un encierro de camarones con densidades de población muy bajas (hasta 4 camarones por metro cuadrado). En general se requiere de la explotación de grandes áreas de terreno, pero también de altos niveles de productividad; pueden tolerarse inclusive ciertos niveles de contaminación local, cuyo impacto sea relativamente poco determinante sobre la biocenosis establecida (Dutrieux y Givelorget, 1988). La postlarva se obtiene del medio natural y se le suministra poca o nula alimentación; el control de las condiciones de cultivo es escaso y su productividad es baja (de 90 á 250 Kg/ha). En 1990 se reportó que, en este tipo de sistema de cultivo, se obtuvieron de 100 á 433 Kg/ha en el Estado de Sinaloa.

En nuestro país el sistema de cultivo extensivo se aplica en cuerpos de agua cuyas dimensiones varían desde 2 hasta 306 hectáreas, con una superficie promedio de 107 has. Las tallas producidas en este sistema alcanzan de 36 á 50 camarones por libra (SEDUE, 1991).

- B) Cultivos semintensivos. En este tipo de sistema, se emplean estanques construídos por medio de bordos en las marismas, cuyas dimensiones pueden variar entre 6 y 20 has. En México se tienen registradas granjas con estanques con áreas que van desde las 4 hasta las 360 has (con una superficie promedio de 69 has), lo que se ha traducido en problemas de manejo que conllevan mortandades superiores al 20% y, en algunos casos, hasta del 40%).

La densidad de siembra es baja (hasta 20 camarones por metro cuadrado), el control de las condiciones de cultivo es rutinario y se basa en un recambio de agua del 0.1 al 10% diario. Las larvas se obtienen del medio natural o de laboratorio y se les proporciona alimento balanceado a lo largo de todo el ciclo de cultivo, además de las fertilizaciones al inicio del mismo. Los niveles de producción para este sistema oscilan entre 700 y 1200 kg/ha en peso vivo por ciclo de cultivo y se recomiendan dos cosechas por año para hacer mas costearable la actividad (aunque en algunos casos se pueden lograr hasta 3 ciclos anuales. La producción registrada en el Estado de Sinaloa en 1990 alcanzó entre 410 y 781 kg/ha, que si bien superan la producción promedio obtenida en promedio en el Ecuador (600 kg. por ha por año) se encuentran muy lejos de la producción alcanzada por los países asiáticos (Gómez Eternod y de La Lanza, 1992).

El intervalo de tallas estimado para los camarones cultivados con este sistema fluctúa entre los 41 y 50 camarones por libra, aunque en algunos casos, si se realizan recambios de mayor porcentaje en volumen de agua en los estanques y se les suministra una adecuada fertilización y alimentación, pudieran alcanzarse de 36 á 40 camarones por libra (Gómez Eternod y de la Lanza 1992).

- C) Cultivos intensivos. Dentro de este rubro se incluyen a dos subtipos de sistemas: a) intensivos y b) superintensivos. Ambos se circunscriben dentro de los sistemas de más alta tecnología y rendimiento; son los más costosos y requieren de una infraestructura

tecnológica y de personal sumamente especializada. Los porcentajes de recambio de agua son altísimos, desde el 25 al 30% (en la denominada intensiva) y hasta el 200% diario (en la superintensiva); se trabaja con densidades de siembra que varían de 20 a 40 organismos por metro cuadrado, en el interior de estanques más bien pequeños, cuyas superficies fluctúan entre un cuarto a 4 hectáreas como máximo; áreas más bien limitadas en comparación con los sistemas de cultivo extensivo e incluso semi-intensivo. Se requiere del suministro de agua de buena calidad ya que el impacto de cualquier nivel de polución localizada sobre la biocenosis establecida puede ser significativo (Dutrieux y Givelorget, 1988). SEPESCA incluye en sus registros granjas de cultivo intensivo con estanquería de 3 a 108 has de superficie, con un promedio de 29.71 has. En estos sistemas de cultivo se proporciona alimento con un contenido proteico mínimo del 30 al 40%. Los sistemas de cultivo intensivo se practican en las granjas taiwanesas y sus registros de producción oscilan entre 6 y 26 toneladas por hectarea por año, aunque se han logrado obtener hasta tres cosechas por año. No obstante, en 1990 se informó una producción promedio de 2.9 ton por ha, que para los rendimientos característicos de este sistema resulta por demás reducido, lo cual pudiera ser debido a un mal manejo que ocasionó problemas de enfermedades (FONDEPESCA 1990).

En todos los sistemas de cultivo de camarón y en particular en el semi-intensivo e intensivo es necesario realizar un estricto control de las condiciones de cultivo para evitar alcanzar niveles

críticos de parámetros determinantes como la salinidad que, en estiaje puede alcanzar concentraciones mayores a las 50 ppm y en época de lluvias, disminuir inclusive hasta 3 ppm; estos son extremos que no son recomendables para el rendimiento óptimo del cultivo (SEDUE, 1991).

#### Problemática de la camaronicultura en México

La situación actual de la camaronicultura en nuestro país es compleja y presenta posibilidades de desarrollo limitados debido a razones diversas que van desde el ámbito cultural hasta el técnico-científico.

Del número total de granjas registradas, que representaban una superficie de 2,308 ha, hasta 1991 un 30% se encontraba fuera de operación, siendo notable el caso de Sinaloa, con un 41.3% (Gámez Eternod y de la Lanza, 1991).

Del total de granjas fuera de operación, el 46% pertenecen al sector ejidal, 37% al social y 25% a grupos privados (Gámez ,Eternod y de la Lanza, 1992). A partir de las encuestas realizadas por la Secretaría de Pesca, fue posible dilucidar que los problemas a los cuales se han enfrentado los productores, se inician desde la fase de establecimiento y se continúan durante la producción y comercialización, estos son de naturaleza múltiple y pudieran ennumerarse como sigue: organizativo-financieros (49.15%), organizativos (16.94%), financieros (22.03%) y técnico-organizativos (11.87%).

En la fase de establecimiento de las granjas la burocracia ha sido un factor limitante. Aún cuando la Secretarías de Pesca ha puesto en marcha el Programa de Simplificación Administrativa con la instalación de un sistema de "Ventanilla Única", la falta de coordinación entre las dependencias involucradas ocasiona considerables retrasos.

Otro problema de orden administrativo se refieren a la tenencia de la tierra ya que, en algunos casos, la situación irregular emanada del rezago en el catastro de la Reforma Agraria, impide que las instituciones bancarias otorguen créditos y/o que las dependencias federales se nieguen a autorizar el funcionamiento de la granja por la falta de expedientes completos y en orden (Gámez Eternod y de la Lanza, 1992). Los problemas relacionados con la tenencia de la tierra se presentan con mayor intensidad en las granjas que pertenecen al sector social.

En virtud de que gran parte de las tierras aptas para el establecimiento de la granjas camaronícolas se encuentra en terrenos de propiedad ejidal, los inversionistas privados se ven obligados a rentar los predios por tiempo indefinido, lo cual no incentiva la inversión necesaria para el establecimiento de las granjas. Por otro lado, los ejidatarios dueños del terreno no son capaces de hacer la inversión que se requiere para el desarrollo de la maricultura en nuestro país.

Con la desaparición de BANPESCA, entidad que se encargaba de otorgar créditos para la acuicultura, la falta de créditos oportunos se convierte en otra limitante para el establecimiento de las granjas camaronícolas. La banca

privada no ha logrado otorgar créditos congruentes con las necesidades de inversión. Debido a la falta de personal capacitado para la evaluación de los proyectos, estos no son estudiados a profundidad ni con certeza y los elevadas sumas requeridas provocan la desconfianza de las instituciones crediticias. En el caso de las granjas del sector social, este problema se agrava con la escasez de las garantías que les son solicitadas para respaldar la solicitud de los créditos.

Aunado a lo anterior, la situación se hace más crítica con la falta de coordinación interna de las sociedades cooperativas a nivel horizontal y vertical; además, el excesivo número de socios que las compone ocasiona que los proyectos se vuelvan carísimos.

En la fase de producción, la falta de personal técnico capacitado para llevar a cabo las operaciones en las granjas, y la carencia de consultores profesionales en el ramo, se refleja en deficiencias críticas en la infraestructura de los estanques, ya que la falta de conocimiento sobre las necesidades específicas en la realización de los proyectos de acuicultura, ha ocasionado que factores importantísimos en la construcción de la granja se descuiden (i.e. la nivelación de los suelos, la compactación de bordos, la orientación de la estanquería, etc.) y que a otros menos importantes se les aplique una parte considerable del presupuesto.

En este sentido un ejemplo a considerar pudiera ser la experiencia de los acuacultores orientales quienes con la intensificación incorrectamente planeada de las actividades acuícolas en regiones del suroeste asiático han creado

algunos impactos negativos sobre el ecosistema costero y el ambiente (particularmente la conversión de áreas de manglar y tierras pantanosas a pozas); esto ha dado por resultado la pérdida de hábitats críticos para algunas especies comercialmente importantes (Chua Y Paw, 1987); además, la proliferación de estructuras de pesca y de cultivo de moluscos han alterado el régimen hidrológico de algunas bahías han provocado un aumento considerable en la carga de nutrientes con los consecuentes efectos de eutroficación (Beveridge 1984). Por otra parte las mismas granjas acuícolas han sido ampliamente afectadas por el deterioro en la calidad de agua costera que les abastece resultado de descargas adicionales de efluentes agrícolas, industriales y domésticos (Knox y Miyabara, 1984). Sin embargo, y a pesar de que la elección de un sitio apropiado para el establecimiento de una granja acuícola es un requerimiento fundamental, muchas de las granjas se han establecido dentro de áreas de intensa actividad agrícola, doméstica e industrial, sufriendo por ello las consecuencias de una mala elección.

Otro factor importantísimo que ha limitado determinadamente el desarrollo de la actividad camaronícola en nuestro país es la carencia de postlarvas. Casi tres cuartas partes de las postlarvas utilizadas en el año de 1991 se obtuvieron del medio natural y solo la tercera parte restante se obtuvo de la producción de los laboratorios. Esta dependencia de postlarva del medio natural se ha convertido en una razón importante para que las granjas no trabajen a su máxima capacidad en los ciclos que no coinciden con los arribos estacionales de postlarvas a los esteros o cuerpos lagunares (SEPESCA 1991). Además la extracción de postlarvas del medio natural está provocando

conflictos de tipo social entre las cooperativas cuyos campos pesqueros se encuentran en alta mar con aquellas con las que se localizan en los esteros y bahías, ya que mutuamente se culpan del desplome en la explotación del recurso pesquero.

El desarrollo de los laboratorios y la optimización de su funcionamiento, aun cuando es considerado como parte de la ruta crítica para el desarrollo de la camaronicultura, ha sido por demás escaso: la aparición de enfermedades, la escasa asesoría técnica calificada y las dificultades para conseguir y manejar a los reproductores, han obstaculizado la resolución de los problemas de abasto de post-larvas. Las fallas técnicas más comunes en el manejo del recurso en el estanque se deben al desconocimiento de las densidades de siembra óptimas de acuerdo con las condiciones de cultivo, a la falta de procedimientos adecuados en el traslado de los organismos del medio natural a la granja y para la transferencia de los especímenes en las instalaciones internas, así como la aplicación indiscriminada de fertilizantes sin estudios previos que fundamenten sus necesidades y beneficios.

Otra de las fallas técnicas mas frecuentes en la operación de granjas de camaronícolas es el suministro de alimento de buena calidad y en cantidades adecuadas. Merece la pena hacer notar que la inversión en el alimento representa del 30 al 75% del costo total de operación (Gámez Eternod y de la Lanza, 1992). Sin embargo, pese al importante desembolso que significa, el control de su calidad alimenticia y el conocimiento cabal de las necesidades nutricionales del camarón son tópicos que aún hoy en día son difíciles de abordar (Dall et al, 1990).



Por último de las cuarenta y seis instituciones que desarrollan proyectos de acuaculturas registradas en el Sistema de Referencia para la Investigación en Acuacultura, 16 de ellas inciden en el área de la camaronicultura (Gámez Eternod y de la Lanza, 1992). Pese a este número considerable de iniciativas de desarrollo la desvinculación prevaleciente entre los diferentes sectores involucrados en la actividad acuícola, impide la cooperación e intercambio consistentes que les permita la posibilidad de desarrollo.

#### Perspectivas de desarrollo en la investigación

La eficiencia de la recolección de organismos acuáticos a partir de las poblaciones silvestres está llegando a su límite y, en algunos casos, este ha sido sobrepasado; esto aunado a problemas de contaminación; ha dado como resultado que algunas poblaciones naturales se encuentren en vías de extinción: dentro de este grupo de especies se encuentran algunas de camarones peneidos.

El cultivo de organismos marinos conlleva la necesidad de conocimiento básico de sus ciclos de vida y de reproducción, sus necesidades alimenticias y requerimientos nutricionales, conocimientos que deben ser generados para lograr el desarrollo de una biotecnología eficiente y costeable.

Los primeros aspectos fundamentales cuyo conocimiento y difusión provenientes del trabajo realizado por los acuicultores orientales, son los relacionados con las

condiciones fisicoquímicas óptimas de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto para el cultivo de crustáceos peneidos y éstas, junto con los procedimientos de cultivo desarrollados por los cultivadores orientales para especies de esta región, se han implantado sin gran modificación y con éxito variable en la acuicultura latinoamericana. Cabe mencionar que las primeras granjas de cultivo de camarón en nuestro país fueron manejadas por técnicos centroamericanos capacitados en oriente.

El control de la calidad del agua influye directamente sobre la producción y rendimiento de un estanque e incluso en condiciones críticas, en la sobrevivencia de los organismos. Por lo tanto es de suma urgencia encontrar las medidas de manejo adecuadas para mitigar el deterioro de la calidad del agua costera y los impactos ambientales adversos del desarrollo de la acuicultura ya que la actividad acuícola, puede afectar la calidad del agua del cuerpo de abastecimiento, debido al incremento en la carga de nutrientes de las aguas de desecho, su elevada turbidez e incluso la descarga de sustancias químicas (i.e. drogas y biocidas) usadas para prevenir y combatir enfermedades en el cultivo, además las aguas eutrofizadas pueden provocar mareas rojas y muerte masiva de peces (Mok, 1982; Phillips et al 1985).

Debido al desarrollo potencial de la actividad camarónica en México, y en particular en el estado de Sinaloa, donde actualmente operan unas 3,651.5 ha (Secretaría de Pesca, 1989) y existen planes de inversión mayor para establecer granjas camaroneras, es de importancia primordial iniciar estudios sobre la calidad del agua,

investigar el efecto de parámetros fisicoquímicos como pH, O<sub>2</sub>, P, N, Carbono organico, H<sub>2</sub>S, etc. sobre la cosecha y la sobrevivencia de postlarvas.

La conveniencia de facilitar el diagnostico de los parámetros de calidad del agua y del estado de salud de los camarones en las granjas implica la necesidad imperiosa de investigación para elaborar "Kits" de determinación y diagnostico de uso práctico (Luedeman et al, 1992).

Por todo lo anterior y, en un intento por contribuir al conocimiento básico de referencia de algunos parámetros determinados para el cultivo de las especies nacionales de camarón, el presente trabajo se desarrollo con los siguientes objetivos.

## Objetivos

1) Conocer las características fisicoquímicas del agua en los estanques en una granja de cultivo semi-intensivo de camarón a través de la determinación de los siguientes parámetros: salinidad, temperatura, pH, alcalinidad, oxígeno disuelto, nitritos, nitratos, nitrógeno amoniacal (amonio más amoniaco) fosfato soluble, sólidos en el agua, materia orgánica en el particulado, clorofilas a, b y c y feopigmentos.

2) Buscar la relación existente entre los parámetros fisicoquímicos evaluados con la producción de la granja.

3) Estimar la variación de los parámetros fisicoquímicos evaluados con respecto al avance de los ciclos de cultivo, durante dos ciclos consecutivos: primavera-verano y otoño-invierno.

4) Evaluar la influencia de los cambios estacionales en el medio ambiente sobre los parámetros estudiados

5) Analizar comparativamente las características fisicoquímicas del agua utilizada en la granja a su ingreso y a su salida.

6) Estimar la magnitud de las descargas realizadas (por ciclo por hectárea), mediante un balance general de componentes, con el fin de cuantificar el impacto de la granja sobre su fuente de abastecimiento y descarga.

7) Conocer el balance entre el consumo de oxígeno disuelto (tasas respiratorias) y su producción (tasa fotosintética) con el objeto de evaluar el estado trófico del agua en los estanques.

## MATERIALES Y METODOS

### AREA DE ESTUDIO

El presente estudio se llevó a cabo en las instalaciones de la granja camaronícola de la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera "La Clementina", que se encuentra localizada a la orilla de un cuerpo lagunar conocido como Estero Confite.

El Estero Confite se localiza a la cabeza de una laguna costera denominada Estero de Urías. Este último se encuentra en la porción sur del estado de Sinaloa y es en esta laguna donde se sitúa el puerto de  $106^{\circ}20'00''$  y  $106^{\circ}25'35''$  al oeste del meridiano de Greenwich y entre los paralelos  $23^{\circ}10'36''$  y  $23^{\circ}13'00''$  de latitud norte, en la entrada del golfo de California (Plano 1).

Teniendo en cuenta solamente el cuerpo lagunar principal, éste posee una superficie aproximada de 18 Km<sup>2</sup>; dentro de los tres primeros kilómetros adyacentes a la boca se localiza la zona portuaria; entre los 3 y 7 kilómetros restantes se encuentra el sitio donde llegan las principales descargas urbanas, industriales y de enfriamiento de la termoeléctrica, los kilómetros restantes de la cabeza lagunar se encuentran rodeados por bosques de manglar (Páez Osuna et al, 1990).

Dentro de la clasificación de las lagunas costeras de México, se le considera del tipo III B (III A), es decir, laguna costera con barrera de plataforma interna, en la cual los ejes de orientación son paralelos a la línea de costa (Lankford, 1977). De acuerdo a la clasificación de estuarios (Pritchard, 1967), puede considerarse como un estuario

negativo, puesto que la entrada de agua dulce fue drásticamente reducida con motivo del aislamiento del río Presidio, por procesos naturales de asolvamiento y por la construcción del Aeropuerto Internacional de Mazatlán.

El Estero de Urías recibe la descarga doméstica e industrial del Puerto y la ciudad de Mazatlán; esta última cuenta además con el Parque Industrial Alfredo V. Bonfil en el cual se desarrolla procesamiento industrial de alimentos marinos, que aporta grandes cantidades de desechos orgánicos a la laguna.

El régimen climático de la región es tropical y subtropical, lluvioso en verano y con una temporada de sequía muy marcada (García A., 1964). Sobre la planicie costera se manifiesta un clima semi-cálido, semi-seco con temperatura media anual de 25 °C los registros meteorológicos de 43 años muestran un promedio anual de 148 mm de lluvia (con máximos anuales de 215.4 mm en el mes de octubre en 24 horas y 94 mm en una hora) frecuentemente acompañada a finales del verano por huracanes y tormentas tropicales, con un índice anual de evaporación, durante este periodo, de 2146 milímetros (Dirección de Estadística y Servicios Económicos, 1985).

Temporalmente y sobre todo en la época de lluvias, el cuerpo lagunar recibe aguas de escurrimiento, mediante un complejo sistema de esteros -Pichines, Confite, Barrón, Cacafé y del Caimán- situados en la parte más meridional del sistema. La salinidad superficial presenta cambios notables, con un rango de 32.9 a 38.7‰, observándose un promedio de 34.5‰ para el otoño y de 34‰ para el invierno. La salinidad del agua de fondo tiene muy pocas variaciones con

respecto a la de superficie, manteniéndose diferencias máximas de 0.3‰ (Alvarez León, 1970; Heredia L. et al, 1988).

Alvarez León (1970), concluye que las aguas del estuario se renuevan en un tiempo relativamente corto, lo que permite que la mayoría de las aguas negras, los desechos industriales, las aguas sobrecalentadas y de sentina, sean reemplazadas en un período de tiempo corto. Sin embargo, en las áreas tranquilas como canales meándricos, marismas, zonas de manglares y muelles se acumula una cantidad apreciable de materiales y contaminantes vertidos al Estero de Urías, representando potencialmente un peligro para la ecología del sistema.

El Estero de Urías tiene una tasa de productividad primaria elevada comparada con otros ecosistemas similares. Su productividad neta diaria es del orden de  $2.36 \text{ gC m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$  equivalente a un valor anual de  $0.86 \text{ kg C} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{año}^{-1}$ . Con una distribución estacional bimodal, con máximos en primavera-verano ( $5.34 \text{ gCm}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ ) y mínimos en invierno ( $0.1 \text{ gC} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ ). La elevada productividad de esta laguna puede atribuirse al exceso de material orgánico de origen antropogénico que recibe, conduciendo a niveles elevados de nutrientes durante la remineralización de la materia orgánica, lo cual favorece la productividad primaria de una amplia diversidad de especies fitoplanctónicas estuarino-lagunares y marinas, predominando diatomeas y dinoflagelados, así como la de macroalgas bentónicas en las que predominan *Rhizoclonicem sp*, *Hydrocoleum sp*, y *Chaetomorpha sp*. (Alvarez León, 1980).



### Descripción de la granja.

La granja camaronícola "la clementina" esta compuesta de cinco estanques de cultivo y dos "viveros" cuyas dimensiones se dan a continuación.

Estanque	Superficie <sup>1</sup> (ha.)	Profundidad <sup>2</sup> (cm)	Volumen(m <sup>3</sup> )
1	7.3	40	29,200
2	4.8	60	28,800
3	6.6	60	39,600
4	4.0	60	24,000
5	8.3	80	66,400

Espejo de agua (superficie del estanque que queda cubierta de agua)

Con referencia a una profundidad de un metro en la compuerta de salida del estanque

La granja recibe abastecimiento de agua del Estero Confites de una cárcamo construido a la orilla de este, en el cual se encuentra el tubo de la bomba que sube agua al canal reservorio. El canal reservorio cumple básicamente dos funciones que son: el conducir el agua hacia las compuertas de entrada de los diferentes estanques y de almacen de la misma para la granja. El movimiento de agua en el interior de la granja se lleva a cabo en su totalidad por la fuerza de gravedad.

### Datos climáticos

Los datos climatológicos usados en el presente estudio fueron amablemente proporcionados por el responsable de la estación meteorológica del Aeropuerto Internacional de Mazatlán, Sr. Jose Luis Velázquez, los cuales se obtienen como se explica a continuación:

1) La dirección del viento se determina por medio de una veleta.

2) La velocidad de viento por un anemómetro de cazueletas, colocado a una altura de 7 metros. La velocidad del viento resultante es un promedio de las observaciones a una hora determinada.

3) La temperatura ambiente se mide a través de un termómetro electrónico a la sombra.

Estos datos se leen en una consola central en la estación meteorológica del mismo aeropuerto; todo el equipo tiene la marca Weather measure.

4) La nubosidad se determina de manera visual y se proporciona en base a la siguiente escala la cual se basa en una estimación de la parte de cielo cubierta por nubes.

Tipo de cielo	Parte de cielo cubierta por nubes en porcentaje
Despejado	0
Medio nublado	del 10 al 50
Nublado	del 60 al 90
Obscurecido	del 90 al 100

#### Muestreo

Los sitios de muestreo dentro de la granja se muestran en el plano de la granja (Plano 1), estas estaciones de muestreo se localizan como sigue:

- 1) En el centro de los estanques.
- 2) En las compuertas de salida de los estanques.
- 3) En el canal reservorio.

Para la toma de la muestra en el centro de los estanques, se llegó hasta el mismo en una balsa de vinil inflable con capacidad para dos personas; desde ahí y con una botella Niskin horizontal, se colectaron las muestras a una profundidad entre 20 y 40 cm. (centro del tirante de agua).

Al conjunto de muestras obtenidas en el centro de los diferentes estanques se les denominó: E1, E2, E3, E4 y E5 (E1 muestra del estanque 1, etcétera) cuya localización dentro de los estanques se encuentra en el plano de la granja (Plano 1).

Para la toma de la muestra en las compuertas de salida (Sal1 y Sal5 Plano 1), el procedimiento consistió en lanzar la misma botella "Niskin", con el mecanismo de cierre automático preparado, pendiendo de una línea, a una distancia aproximada de la cresta de agua en la compuerta de un metro y, a una profundidad de 40cm. Una vez colocada la botella en esa situación, se arrojaba el mensajero para accionar el mecanismo de cierre.

Para la obtención de las muestras en el canal reservorio los procedimientos fueron:

- a) En la estación denominada IN ( Ingreso) la botella Niskin fue sumergida a la orilla del canal, a una distancia

de diez metros del chorro de agua, que proviene del tubo de la bomba que introduce el agua del estero Confites a la granja, donde se le cerró manualmente.

b) Para la estación denominada CR (Canal Reservorio) el procedimiento fue igual al descrito anteriormente en las compuertas de salida, ya que esta estación se localizó en la compuertas de salida del canal reservorio, en algunos casos en la que provee agua al estanque número 4 y en otros la del número 3.

#### Medición de parámetros *in situ*

##### Temperatura.

La temperatura de los estanques se midió directamente del agua colectada en la botella Niskin con un termómetro de capilar.

##### pH

El pH se determinó utilizando un potenciómetro marca Orion research analyzer, modelo 407A, el cual se estandarizó con amortiguadores de referencia con pH= 7.0 y 4.0 de la misma marca.

##### Toma de las alícuotas para los análisis.

Una vez obtenida la muestra como se describió anteriormente, se dividió como sigue:

1) Alícuotas para la determinación de gases (oxígeno disuelto y amoníaco).

Estas alícuotas se tomaron tan pronto como fue posible, de la botella Niskin a través de una manguera sujeta al

sistema de llave que posee la botella, con el fin de evitar burbujeos y turbulencias fuertes a la muestra.

2) Muestras para la determinación de nutrimentos las cuales se prepararon en el campo para su posterior análisis en el laboratorio.

La preparación de la muestra consistió en filtrarla inmediatamente después de colectada (dentro de un lapso de tiempo de máximo de dos horas) para ello se emplearon membranas de fibra de vidrio (filtro de fibra de vidrio Tipo A-E Gelman Sciences, Inc.).

Una vez filtrada la muestra se almacenó en frío (a  $\approx 8^{\circ}\text{C}$ ), para enseguida transportarlas al laboratorio.

3) Muestras para la determinación de materiales suspendidos. (clorofilas, pigmentos, sólidos totales en agua y materia orgánica en el particulado).

A los filtros utilizados en la preparación de la muestra se les llevó registro de los volúmenes que pasaron por ellos y se les almacenó en una caja de petri seca; para el caso de las clorofilas, el filtro se almacenó en un frasco pequeño de 20ml de capacidad de los denominados "viales", que contenía metanol el cual se almacenó para su transporte, en frío, y en el laboratorio a ( $\approx -20^{\circ}\text{C}$ ) en un congelador, para su posterior análisis.

#### Determinación de la concentración de oxígeno disuelto.

El análisis para la determinación de oxígeno disuelto en el agua se llevó a cabo como lo describe Strickland y Parsons (1968).

Este método consiste en añadir a la muestra una solución de manganeso divalente, seguida de una solución alcalina muy fuerte, lo cual provoca la formación de un precipitado.

El precipitado de hidróxido manganoso se dispersa a través de toda la muestra de agua, así cualquier oxígeno disuelto en el agua, rápidamente oxida una cantidad equivalente de manganeso divalente a hidróxidos de valencias más altas.

Esta disolución se acidifica con ácido sulfúrico, en presencia de ión yoduro, haciendo que el compuesto de manganeso se disuelva y se oxide cuantitativamente de yoduro a yodo.

El contenido de yodo es equivalente al oxígeno encontrado originalmente en la disolución y se determina por una titulación con una solución estándar de tiosulfato de sodio.

Durante el desarrollo del presente trabajo la determinación de oxígeno disuelto se llevó a cabo en su totalidad, a pocos minutos de tomada la muestra, por lo que se realizó en la misma granja.

Para este trabajo en particular, el coeficiente de variación de las determinaciones fue de 2.31 %

## Análisis de nutrimentos.

### Nitrógeno amoniacal (ion amonio mas amoniaco).

La determinación de nitrógeno amoniacal se realizó en base a la descripción de Solórzano L. (1969). El método consiste en: Al agua de la muestra se le trata en un medio alcalino de citrato con hipoclorito de sodio y fenol, en presencia de nitroprusiato de sodio como catalizador. El azul de iodofenol formado con el amoniaco se mide por su absorbancia a 640 nm. Este método se aplicó, con modificaciones en los volúmenes y en el procedimiento.

#### Volúmenes:

Muestra	5 ml
Reactivo fenol alcohol	2.5 ml
Reactivo Nitroprusiato de sodio	2.5 ml
Solución oxidante	5 ml

#### Procedimiento:

Como el  $\text{NH}_4^+$  (amonio) es un producto de degradación de la materia orgánica y además puede ser consumido como nutrimento por los microorganismos, la determinación se llevó a cabo en el campo, para evitar posibles modificaciones en la concentración con respecto al tiempo; la lectura de las absorbancias se realizó tan pronto como fue posible en el laboratorio.

En la técnica descrita por Solórzano L. (1969) se indica que para calcular la concentración de amonio en la muestra, es necesario preparar una serie de estándares con concentraciones conocidas de cloruro de amonio de 0 a 1 mM. y después efectuar el procedimiento analítico.

Con este método fue imposible calcular las concentraciones de  $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$  en las muestras ya que el valor de la absorbancia del blanco (reactivos de la determinación en agua de mar artificial), resultó con una absorbancia similar a la de las muestras; además, la desviación estándar para los valores calculados de las concentraciones a partir de la ecuación de la recta de regresión, fue mayor que los mismos valores y por consiguiente las concentraciones calculadas para las muestras fueron mucho menores al límite de detección calculado como  $2\sigma_{n-1} = 2.17$  mg/l

Por lo anterior, se decidió preparar una serie de estándares en agua de la granja de la estación denominada ingreso y en base a éstos calcular las concentraciones de las muestras de la siguiente manera:

A una muestra para la determinación de amonio se le dividió en 5 alícuotas; se les añadió a cada una cantidades conocidas de cloruro de amonio, se les practicó la determinación y, a los valores de absorbancia y las cantidades añadidas, se relacionó con la ecuación de una recta de regresión, obtenida por el método de mínimos cuadrados; con esta ecuación se obtuvo el valor de la concentración cuando la absorbancia es cero y ésta fue la concentración para la muestra el cual se añadió a los valores de las adiciones y con este se recalculó la recta de regresión.

Para calcular el valor de la concentración de las otras muestras, se interpoló en la recta obtenida como se explica



en el parrafo anterior con las absorbancias de su determinación.

De esta manera se obtuvieron desviaciones estándares mas pequeñas y así el limite de detección definido como  $2\sigma_{n-1}$  calculado alcanzó valores desde 3.4  $\mu\text{g/l}$  a 28.9  $\mu\text{g/l}$ .

Desafortunadamente este método de cálculo presentó en ocasiones problemas, ya que a concentraciones de amonio similares a las del agua de la granja, se observaron interferencias en la determinación, por ejemplo: falta de desarrollo de color, desarrollos disparejos de color en estándares de igual concentración, dependiendo de qué muestra se tomara para añadirlos, por lo que se llegó a la conclusión de que algun componente del agua de los estanques, así como del estero, estaba interfiriendo de manera muy importante y diferente para cada muestra en la determinación; razón por la que se decidió realizar el cálculo de la concentración de las muestras por el método de adición de estándares.

El método de adición de estandares permite la obtención de la concentración de un componente en una muestra. a partir de 2 suposiciones:

1) Que cualquier tipo de interferencia afectará uniformemente sin importar la cantidad de estándar añadido.

2) Que la técnica, a cero de concentración, no desarrolla color (cero de absorbancia), o que el mismo es insignificante.

La aplicación del método de adición de estándares consistió en la adición de cantidades conocidas de cloruro

de amonio a triplicados de cada muestra; se obtuvo la recta de ajuste a los puntos de absorbancia medida contra concentración añadida para cada una de las muestras y con ésta se calculó el valor de la concentración cuando la absorbancia es cero.

Este método de cálculo tuvo para las concentraciones y condiciones del presente estudio las siguientes características un coeficiente de variación del 68.9% y un límite de detección de 0.27 mg/l.

Cabe hacer mención por último a lo que se refiere esta técnica de determinación, que a la fecha no se ha desarrollado alguna otra que sea satisfactoria (Millero y Sohn, 1992)

#### Determinacion de Nitrito

La determinación de la concentración de nitrito se realizó con el método colorimétrico que describe Strickland y Parsons (1968), en el cual el nitrito se le hace reaccionar con sulfanilamida en solución ácida, al compuesto así formado se le hace reaccionar con N-1-naftilendiamina (NED), produciendo un tinte altamente coloreado debido a un compuesto azoico.

En el presente trabajo se utilizaron las concentraciones de reactivos descritas por Strickland pero con modificaciones en los volúmenes.

#### Volúmenes empleados:

Muestra	5 ml
Sulfanilamida (1%)	0.5 ml
NED (0.1%)	0.5 ml

Esta técnica presentó las siguientes características en los niveles de 0.25  $\mu\text{M}$ :






Límite de detección $2\sigma_{n-1}$	0.122 $\mu\text{M}$ a 0.220 $\mu\text{M}$
Coefficiente de variación	8.51 %

El cálculo de la concentración se realizó llevando a cabo la determinación a estándares de nitrito de sodio en agua de mar artificial. Con los valores conocidos de la concentración y los obtenidos de absorbancia con la determinación, se calculó una recta de regresión con el método de mínimos cuadrados, en base a un modelo lineal, en la que se interpolaron los valores de concentración para las muestras.

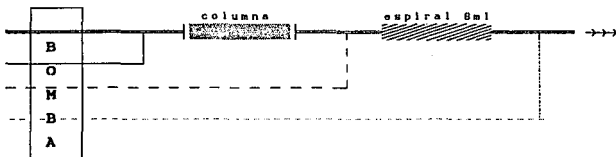
#### Nitrato

La concentración de nitrato se obtuvo reduciendo la muestra con una columna de cadmio-cobre y usando la técnica de determinación de nitritos descrita en Strickland y Parsons (1968).

Para hacer el paso de la muestra por la columna de manera expedita, se utilizó una bomba peristáltica para impulsar la muestra; de esta manera la determinación se semi-automatizó al añadir los reactivos de la determinación como se muestra en el siguiente diagrama.

Símbolo		flujo
	Columna de Cadmio-Cobre	
	Muestra	0.8 ml/min
	NED (0.1%)	0.05 ml/min
	Sulfanilamida (1%)	0.05 ml/min
	Cloruro de amonio (1.5%)	0.05 ml/min

→→→ Medición de la absorvancia



Para obtener el valor de la concentración de nitrato en la muestra se utilizó el método descrito anteriormente para nitrito, con la diferencia que los estándares se prepararon con nitrato de potasio.

El valor obtenido representa la suma del nitrito mas el nitrato de la muestra, así que para obtener la concentración del último, solo se resta a éste el valor de la concentración del nitrito.

En el presente trabajo el límite de detección evaluado fue del orden de  $0.345 \mu\text{M}$  y el coeficiente de variación de una muestra cuya concentración es  $0.625 \mu\text{M}$  fue del 50% evaluado como  $100 \sigma_{n-1}/\bar{x}$ .

### Fosfato reactivo soluble.

La determinación de fosfatos se hizo como la describen Strickland y Parsons (1968) por el método colorimétrico con molibdato de amonio; el cual en el presente trabajo presentó las siguientes características:

Un límite de detección de  $0.065\mu\text{M}$  y un coeficiente de variación de 6.5 % para una muestra con una concentración de  $0.25\mu\text{M}$ .

### Material suspendido

Sólidos totales y materia orgánica en el particulado.

Los sólidos totales (ST) y materia orgánica en el particulado (MOP) se determinaron utilizando los filtros descritos en "muestras para materiales suspendidos". Estos filtros antes de su uso se les "quemó" en la mufla (4 h a  $400^{\circ}\text{C}$ ) para garantizar que estuvieran libres de materia orgánica.

Para conocer el peso del filtro antes de usarlo (tara) se llevó a cabo el siguiente procedimiento.

A los filtros se les secó a  $60^{\circ}\text{C}$  por un tiempo mínimo de 8 horas, en una estufa de temperatura controlada; al sacarlos de ésta se colocaron a enfriar en un desecador para que en el proceso de enfriamiento los filtros no adquiriesen humedad, incrementando de esta manera su peso. Una vez a temperatura ambiente se les pesó en una balanza analítica.

Una vez en el laboratorio los filtros se pesaron nuevamente al peso obtenido se le restó el peso de la tara y

al valor resultante dividido entre el volumen filtrado se le denominó sólidos totales (mg/l). El valor obtenido con esta técnica tiene un coeficiente de variación que se estima de un 4 %.

Una vez realizado lo anterior a los filtros, se les "quemó" nuevamente en la mufla por un tiempo de 8 horas a una temperatura de 400°C (Páez-Osuna et al 1985); se les pesó y al valor obtenido, se le restó el peso antes de quemarlos y el resultado, el peso perdido por ignición, fue atribuido a que la materia orgánica de la muestra se había transformado en CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O que se pierden del filtro y dejan de contribuir a su peso. A este valor de pérdida por ignición divide entre el volumen filtrado se le denominó materia orgánica particulada (MOP).

#### Clorofilas a, b, c y feopigmentos.

La determinación y cálculo de la concentración de clorofilas se realizó como se describe en Rodier (1981) con la modificación sugerida por Osmund (1978) en cuanto utilizar como solvente metanol, en lugar de acetona.

#### Material disuelto.

##### Salinidad

La salinidad se obtuvo midiendo la razón de conductividad  $r$  en un salinómetro de inducción marca Beckman modelo RS/10. El valor de la salinidad se obtuvo directamente de las tablas de la UNESCO (UNESCO 1981)

### Alcalinidad

La determinación de la alcalinidad se llevó a cabo como lo indica Culberson (1970) con modificación de los volúmenes de la muestra (50 ml) y la concentración del ácido clorhídrico, (que una vez preparado se le llevo a cabo su valoración con borato de sodio ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ) y con indicador de rojo de metilo; la concentración obtenida fue de 0.0786N).

El calculo de la alcalinidad total se llevo a cabo con la expresión:

$$AT = \frac{10^3}{V_s} VN - \frac{10^3}{V_s} (V_s+V) \frac{\delta H}{f_H}$$

Donde:

AT =Alcalinidad total

V = ml de ácido clorhídrico

V<sub>s</sub> = ml de agua de mar (Muestra)

N = normalidad del ácido clorhídrico

$\delta H = 10^{-pH}$

$f_H = 0.741 \pm 0.005$

### Datos de parametros biológicos y manejo de la granja

Los parámetros biológicos y de manejo de la granja son registrados y controlados por el personal de la misma. El responsable de la granja el Biólogo Ramón Espinoza, proporcionó muy amablemente los registros, e informo de

manera verbal los métodos de obtención de los datos los cuales se exponen a continuación:

#### Talla del camarón (Peso en gramos por camarón)

La talla se determina de la siguiente manera:

##### 1) Obtención de la muestra de camarones:

Los camarones se sacan del estanque de cultivo por medio de una arte de pesca denominada "atarrallar". Esta arte consiste en pescar arrojando y recogiendo una red "la atarralla", la cual tiene forma de círculo cuando se le tiene extendida, y tiene en el centro de la misma una cuerda, con la cual la red se recoge, cuando la cuerda es jalada, por medio de hilos que van desde el perímetro de la red hacia la cuerda, esta adquiere la forma de una bolsa en la que queda atrapada la pesca.

Una muestra de camarones es compoene de las capturas de varios "atarrallazos" en diferentes puntos de un mismo estanque normalmente 4 a 5 que capturan un total de entre cincuenta y cien animales.

##### 2) Determinación de la talla

Una vez reunida la muestra se le pesa en su totalidad, se cuentan los camarones, se separa por tallas de manera visual en chico, mediano y grande; y a los grupos separados se les pesa nuevamente.

El promedio de peso del total de los camarones se le considera la talla promedio del estanque y con los pesos de los diferentes tallas se calcula la dispersión de las tallas con respecto al promedio. Esta dispersión tiene valores



entre el quince y el treinta por ciento del valor del promedio.

**Determinación del porcentaje de recambio de agua de los estanques.**

Para llevar a cabo el control del recambio de agua en la granja el responsable, lleva un registro y controla la profundidad de los estanques, y con estos calcula el volumen de los estanques. Con la altura de la cresta de agua en los vertederos, se refiere a tablas (tabla de flujo en una compuerta con extremos contraídos (Wheaton, 1982)) para calcular los gastos de agua, y conjuntamente con los volúmenes calcula el porcentaje de recambio diario de agua en los estanques.

Para el presente trabajo el cálculo de la tasa recambio de agua en los estanques se llevó a cabo en base a los datos de cresta de agua, profundidad del estanque y longitud de la compuerta de la siguiente manera:

1) Volúmenes de los estanques ( $V_e$ ):

$V_e = AP$

A = Área del estanque

P = Profundidad del estanque

Los volúmenes de los estanques se dan en la sección de descripción de la granja, que como se mencionó en la misma, la profundidad de los estanques se calcula midiendo el tirante de agua en la compuerta de salida.

2) Cálculo del flujo de agua por la compuerta de salida:

El flujo de agua en un vertedero está dado por (Degrémont 1991):

$$Q = \mu l h \sqrt{2gh}$$

Donde:

Q = descarga, en  $m.s^{-1}$

$\mu$  = Coeficiente de la compuerta

l = longitud de la cresta de agua en la compuerta (m.)

h = alto de la cresta de agua (m.)

g = aceleración de la gravedad  $9.8 m.s^{-2}$

El valor del coeficiente  $\mu$  para verederos con extremos contraídos, es decir, cuya longitud es mucho menor que el canal corriente arriba, puede ser calculado:

$$\mu = \left[ 0.385 + 0.025 \left( \frac{l}{L} \right)^2 + \frac{2.410 - 2 \left( \frac{l}{L} \right)^2}{1000h + 1.6} \right] \left[ 1 + 0.5 \left( \frac{l}{L} \right)^2 \left( \frac{h}{h+P} \right)^2 \right]$$

Donde

L = longitud del canal arriba de la compuerta.

P = Profundidad del canal arriba de la compuerta.

Para los valores de la granja donde:

$$P \geq 0.3 m$$

$$l \geq 0.31L$$

$$0.025 \frac{L}{l} \leq h \leq 0.8m$$

$$h \leq P$$

La fórmula se puede simplificar (Wheaton 1982):

$$Q = 1.83 (1 - 2h) (h)^{3/2}$$

Debido a que

$$Q = m/seg$$

Para tener el gasto diario:

$$Q_{\text{diario}} = Q \times 86400 \text{ seg.}$$

Las dimensiones de los vertederos de los estanques son:

$$l = 1.05 \text{ m}$$

$h = 2.0 \text{ cm.}$  Del inicio a la séptima semana de cultivo.

$h = 4.5 \text{ cm.}$  De la séptima al final del ciclo de cultivo.

Dado que cada estanque cuenta con dos vertederos para salida y dos para suministro, el gasto del estanque será:

$$Q_{\text{estanque}} = 2(Q_{\text{diario}})$$

Y el recambio diario del estanque ( $r$ ) se calculó (en porcentaje):

$$r = \frac{Q_{\text{estanque}}}{V_{\text{estanque}}} \times 100$$

### Manejo de la granja

La descripción del funcionamiento de la granja camaronícola "La Clementina" se resume de la siguiente manera:

Antes de iniciar el ciclo de cultivo se realizan rutinariamente labores de mantenimiento que consisten en: renivelación del fondo de los estanques, reconfiguración de los bordos, limpieza de los organismos incrustados en las paredes de las compuertas, así como la substitución y/o reparación de las tablas de las mismas.

El ciclo primavera-verano 1992 se inició con el llenado de los estanques con agua, comenzando con los estanques 2, 3 y 4 durante los días del 11 al 13 de marzo y los estanques 1 y 5, del 21 al 23 del mismo mes. Paralelamente al llenado los estanques fueron fertilizados usando una dosificación de 6.5 kg/ha de urea (Fertimex) y 1.5 kg/ha de superfosfato triple (Fertimex), una vez cada día, durante el tiempo de llenado (tres dosis de fertilizante en cada estanque de la granja).

El ciclo de cultivo otoño-invierno se comenzó con el llenado de los estanques: el día 8 de agosto para los 1 y 2 el día 12, para el estanque 3, el 15 para el estanque 4 y el día 18 para el estanque 5. En este ciclo la fertilización se inició después del llenado de los estanques y, al igual que en primavera-verano, se fertilizó una vez al día durante tres días, pero a diferencia del primer ciclo se añadieron dosis subsecuentes de fertilizantes, después de transcurridos 15 días a partir de la última dosificación. Por lo tanto, los estanques recibieron un total de seis dosis.

El número de dosis de fertilizantes a aplicarse durante un ciclo de cultivo en particular, se calcula en base a la turbidez del agua, y se añadirá el fertilizante necesario hasta conseguir una visibilidad del disco de Sechi de 35 cm, y un color verde característico en el agua del estanque. Una vez alcanzadas estas características están listos para sembrarse.

Como el inicio del ciclo de cultivo otoño-invierno coincide con el arribo de las postlarvas hacia los esteros y lagunas en la costa de Sinaloa (Edwards, 1978) las postlarvas fueron obtenidas del medio natural (alrededores de la granja y boca del río Presidio) e inmediatamente puestas en el estanque de engorda; una parte de las postlarvas capturadas se colocaron en pequeños estanques denominados viveros, en los que se les coloca a densidades de aproximadamente 100 camarones por metro cuadrado, y debido a estas condiciones, el crecimiento del camarón se ve drásticamente reducido. Este procedimiento es considerado una alternativa en el almacenamiento de "Semilla".

Los camarones utilizados para "sembrar" durante el ciclo primavera-verano provenían de los viveros de la granja, y tenían aproximadamente 100 días de almacenamiento.

Durante el ciclo de cultivo primavera-verano la densidad de siembra fue de 14 camarones por metro cuadrado; la talla promedio de la cosecha fue de 16g por camarón y se obtuvo un rendimiento promedio de 1,800 kg por hectárea

Durante el ciclo de cultivo otoño-invierno la densidad de siembra fue de 20 camarones por metro cuadrado; la talla promedio de cosecha fue de 12g por camarón y se alcanzó un rendimiento promedio de 2,100 kg por hectárea.

El alimento suministrado a lo largo de ambos ciclos de cultivo fue el denominado Nutrión 35 que es elaborado específicamente para camarón y contiene un 35 % de proteína; la cantidad total de alimento suministrado por hectárea de estanque, en el ciclo de cultivo primavera-verano, fue de 2

toneladas y, en otoño-invierno, de 2.5 toneladas. La dosificación del alimento a lo largo del ciclo de cultivo es información confidencial en el manejo de la granja.

El recambio del agua en los estanques fue ininterrumpido a lo largo de los dos ciclos de cultivo estudiados; en ambos ciclos, el recambio fue del 3% diario del inicio del ciclo hasta la quinta semana (ciclo primavera-verano) y hasta la séptima semana en el ciclo otoño-invierno, a partir de entonces el recambio aumentó a 5% diario.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### I. Oxígeno disuelto.

#### I.1 Fluctuaciones en la concentración de oxígeno disuelto

La determinación de los valores de oxígeno disuelto en las aguas de la granja se realizó en base a dos estrategias:

- 1) En muestreos nocturnos quincenales, que se llevaron a cabo para conocer los valores de oxígeno disuelto mínimos que ocurren en la granja a lo largo del ciclo de cultivo, ya que en cualquier agua natural estos se presentan durante la noche (entre las 2 y 6 horas), cuando la respiración, sin una contraparte de producción por fotosíntesis, abate los niveles de oxígeno disuelto.
- 2) En muestreos durante ciclos diurnos para conocer como varían los niveles de concentración de oxígeno disuelto en el agua de los estanques, como consecuencia de los procesos biológicos físicos y químicos que ocurren en la misma a lo largo del día.

Por medio de la ecuación de Weiss (Grasshof et al, 1986) y utilizando los datos de salinidad y temperatura medidos para la misma muestra se estimó la concentración de saturación de oxígeno, que sirvió como valor de referencia para comparar los obtenidos en nuestras mediciones.

La fig.1 presenta las gráficas que relacionan los valores de oxígeno disuelto medidos durante la noche con el número de semanas de cultivo, en los diferentes estanques

de la granja, durante el ciclo primavera-verano del año 1991.

En estas gráficas (fig. 1) se puede observar que para todas los estanques de la granja el valor de oxígeno disuelto durante la noche es menor al calculado de concentración de saturación en la mayor parte del ciclo de cultivo. Es importante hacer notar que en el agua del Estero Confites, que surte de agua a la granja, las concentraciones de oxígeno disuelto se encuentran también por abajo de esta estimación.

Asimismo la concentración de oxígeno disuelto en los estanques tiende a ser menor conforme avanza el ciclo de cultivo, esta misma tendencia se aprecia tanto en el estero aledaño como en el canal reservorio que es el que surte directamente de agua a los estanques aunque los valores de oxígeno disuelto son siempre mas bajos en los estanques (entre un 80% y un 20%). Este comportamiento similar sugiere que la calidad dentro y fuera de la granja esta determinada por los mismos factores.

El hecho de que la concentración de oxígeno disuelto durante la noche sea menor en el agua de los estanques que en el agua que ingresa a la granja evidencia que dentro de los estanques, el consumo de oxígeno es mayor que en el estero.

A lo largo del ciclo de cultivo primavera-verano 1991, se llevaron a cabo cuatro muestreos en ciclos diurnos, dos de ellos en la estación denominada E1, correspondientes a los días del ciclo de cultivo 36 y 78 (4-5 mayo y 15-16 junio), uno en la E5 correspondiente al día 64 del ciclo de



cultivo (1-2 junio) y uno mas en la estación denominada IN muy cercano al final del ciclo de cultivo el día 92 del mismo (29-30 junio). En todos estos ciclos se realizó a la vez un muestreo en la estación denominada Sal (vertederos de salida) con el fin de obtener datos que nos permitieran hacer comparaciones entre los niveles de concentración de oxígeno disuelto en el agua del centro de los estanques y la del mismo gas en el agua de los vertederos de salida.

Para eliminar los valores extremos en las variaciones diurnas de oxígeno disuelto y, además obtener las curvas diurnas sin aristas, a los datos de las gráficas se les practicó una "suavización" por el método de movimiento de promedios con dos vecinos (Sheid, 1972) utilizando la fórmula:

$$P_i = \frac{1}{3} ( Y_{i-1} + Y_i + Y_{i+1} )$$

En la figura número. 2 se muestran las gráficas con los datos de oxígeno disuelto relacionados con la hora del día en el estanque 1 durante los días 4 y 5 de mayo de 1991, antes del proceso de suavización (A) y después del mismo (B), como se puede observar, el procedimiento no altera importantemente los valores determinados y se obtiene una poligonal con menos aristas que es muy útil para visualizar tendencias en los valores con claridad.

Con la finalidad de evaluar en que magnitud el proceso de suavización altera los datos medidos de oxígeno disuelto, se calculó el porcentaje del valor original que representa el valor suavizado; con estos datos se realizó el gráfico que se muestra en la figura 3. En él se observa que en los valores extremos, menores a la media de todas

las concentraciones, el valor suavizado representa hasta un 200% del valor original y en los valores extremos más grandes que la media, el valor suavizado representa hasta un 80% del original. Asimismo en el mismo gráfico se aprecia que en general el valor suavizado representa entre un 90 y un 110% del original.

La fig. 4 muestra los gráficas de los valores de oxígeno disuelto en función de la hora del día en el estanque 1 y su vertedero de salida, los días 4-5 de mayo y 15-16 de junio.

En las curvas mencionadas de las figuras números 2 y 4 se presenta un máximo de concentración en las horas cercanas al mediodía y un mínimo en las horas de la madrugada; esto último corrobora la suposición en la que se basó la estrategia del muestreo nocturno.

Asimismo, al comparar las curvas de oxígeno disuelto de un día en particular, obtenidas con datos del centro de los estanque y con datos de los vertederos de salida (figura 4a contra 4b y 2b contra 4c), se puede observar que las tendencias, las horas de valores máximos y mínimos, así como las concentraciones en general son muy similares (todos los valores de la compuerta de salida representan entre un 92 a un 120 del valor de centro del mismo estanque); lo anterior permite entonces aseverar que el comportamiento de los valores de oxígeno disuelto en el agua de los estanques es aproximadamente uniforme entre el centro del estanque y su salida. Esto, obviamente será entonces válidos para estanque con dimensiones entre 4 y 8 hectáreas y que poseen una morfología trapezoidal y con el fondo plano.

## I.2. Respiración de los camarones peneidos

Aunque en el caso particular el camarón *P. vannamei* no se han realizado estudios para determinar su tasa de consumo de oxígeno, se ha demostrado que en *Penaeus esculentus* es independiente de la tensión de oxígeno cuando ésta presenta un valor menor al 40% de la saturación (Dall et al, 1990).

Por otro lado las tasas respiratorias de *P. esculentus*, han sido determinadas (Dall, 1986) y se ha observado que varían con respecto a la tasa respiratoria del animal en reposo dependiendo de:

1) Temperatura del agua. Las tasas respiratorias de *P. esculentus* tienen valores de 0.1 y 0.45 mg de  $O_2/g$  peso fresco por hora a temperaturas de 18 °C y 33 °C respectivamente.

2) Tamaño del organismo. En el caso de *P. esculentus* la tasa respiratoria de un animal de 1g de peso es a 33°C, aproximadamente, de 0.6 miligramos de oxígeno por gramo (en peso fresco), en el periodo de una hora y la tasa de uno de 20g en las mismas condiciones es de 0.3 mg $O_2/g$  cam/h.

3) Actividad metabólica. Se observado en *P. esculentus* que la tasa respiratoria aumenta después de que el organismo es alimentado, (presumiblemente debido a la digestión); además cuando se les priva de alimento a los organismos por 24 horas, lo que provoca una disminución en el

metabolismo del animal, el consumo de oxígeno decae en un 24 %

- 4) Actividad del animal. En *P. esculentos* se encontró que al desplazarse caminando y alimentarse, se incrementa el consumo de oxígeno en un 45 % y que al nadar se aumenta el consumo en un 130 %.

### I.3 Efecto de los niveles de concentración de oxígeno disuelto en el camarón

La influencia de la concentración de oxígeno disuelto en el cultivo de camarón puede ser resumida de acuerdo con Boyd (1989) de la siguiente manera:

Concentración de Oxígeno disuelto	Efecto
Menor a 1 mg/l	Letal si la exposición d algunas horas
De 1 a 5 mg/l	El crecimiento es lento exposición es continua
De 5 mg/l a la saturación	Óptimo para el crecimien
Mayor que la saturación	Puede llegar a ser dañin las condiciones de sobre ración ocurren a lo larg todo el estanque, aunque ralmente no presenta pro

Las exposiciones continuas a bajos niveles de concentración de oxígeno disuelto provocan que el camarón tenga una mayor susceptibilidad a enfermedades infecciosas, que tiene como consecuencia un aumento en la mortandad. Por citar un ejemplo, en condiciones bajas de oxígeno disuelto se han encontrado infestaciones muy abundantes de *Zoothamnium spp* que causan "stress" y eventualmente la

muerte de *P. japonicus*. Cabe mencionar que *Zoothamnium spp* es un ciliado ectocomensal de los camarones que no lo daña en condiciones normales (Oversreet, 1973).

Como se menciona anteriormente la concentración de oxígeno disuelto en los estanques presenta una variación diurna, la influencia de este ciclo diurno sobre el crecimiento del camarón es pobremente entendida aunque autores como Boyd mencionan que un buen crecimiento puede ser obtenido cuando las concentraciones de oxígeno disuelto no caen por debajo de un 25 a un 30% del valor de la saturación durante la noche, y este valor no permanece por mas de 1 ó 2 horas. En el caso particular del presente estudio se obtuvieron registros de insaturaciones menores al 30% con permanencia de 3 horas en el estanque 1, y valores menores al 30 % durante las madrugadas al final del ciclo de cultivo en el estanque 5 con una permanencia de tres horas, obteniendo en este ciclo en particular para ambos estanques una cosecha aceptable de un promedio de 1.25 toneladas por hectarea. Sin embargo, el crecimiento de los organismos, alcanzo una talla de 16g por camarón.

#### I.4 Predicción de los valores mínimos de oxígeno disuelto.

Debido a que bajos niveles de concentración de oxígeno disuelto son dañinos y hasta mortales para los camarones, es importante prevenir que estos niveles mínimos se presenten, lo que hace necesario poder predecir el momento en la que ocurrirán y su magnitud.

Como se mencionó anteriormente, y puede ser observado en las figuras Nos. 2 y 4, a lo largo de un día ocurre un mínimo en la concentración de oxígeno disuelto en el agua de los estanques; éste ocurre en la madrugadas, por lo que

se puede predecir que en condiciones normales, el mínimo de concentración de oxígeno puede ocurrir cotidianamente en las madrugadas.

Para predecir la magnitud del valor del mínimo de oxígeno en las madrugadas en el agua utilizada en los estanques acuícolas se han elaborado métodos de predicción que van desde muy sencillos de fácil aplicación, hasta algunos que conllevan la construcción de un modelo basado en las mediciones de flujos de oxígeno en el estanque y su consumo (Boyd et al, 1978 y Romaine et al, 1978).

La construcción de un modelo de predicción de la concentración mínima de oxígeno, que ocurre en las madrugadas basado en los flujos y consumos de oxígeno disuelto en el estanque fue imposible, dado a que es necesario el conocer una serie de valores sobre los parámetros en el cultivo, a saber: las tasas respiratorias del camarón *P. vannamei*, del fitoplancton y de la fauna de acompañamiento en el estanque, así como el consumo de oxígeno por el sedimento, información que se desconoce en la granja donde se realizó el presente estudio.

Uno de los métodos de mas sencilla aplicación es el mencionado por autores como Ponce Palafox (1990) y Boyd (1989), el que consiste en medir la concentración de oxígeno al atardecer y algunas horas después; estas dos mediciones se relacionan gráficamente donde las ordenadas son la hora del día en la que se realizó la medición y las abscisas, el valor medido de la concentración de oxígeno disuelto. Al trazar una recta que una los puntos obtenidos, el valor de la concentración en el punto sobre la recta

correspondiente a las horas de la madrugada, será el valor predicho de oxígeno.

La predicción de los datos producidos por este último método fue evaluada al utilizar los datos de las mediciones realizadas durante los ciclos de 24 horas de la siguiente manera:

Con los valores de concentración de oxígeno disuelto determinadas al atardecer y en horas subsiguientes, se construyo la recta de predicción de manera analítica, por el método de mínimos cuadrados, con la ecuación de esta recta se obtuvieron los valores de predicción de concentración de oxígeno disuelto en las madrugadas.

Los valores de oxígeno disuelto predichos y medidos se muestran en la tabla 1. En ésta tabla 1 se puede apreciar que el método de predicción obtiene valores muy cercanos a los medidos en la mayoría de los casos, aunque es importante el hacer notar que si se hace la suposición de que el valor de la concentración para la madrugada sera igual al de la madrugada anterior se obtiene valores de predicción con la misma precisión que con este método.

Por lo anterior, se puede decir que es mejos como estrategia de manejo de las granjas camaronícolas el evaluar el oxígeno disuelto en la madrugada y suponer que el día posterior tendrá un valor similar.

Por todo lo anterior, se puede concluir que el método de predicción de valores de oxígeno disuelto en las madrugadas, en el agua de los estanques utilizados en el cultivo del camarón, basado en mediciones de oxígeno

disuelto después del atardecer permite conocer con una precisión bastante alta el valor del oxígeno disuelto en la madrugada, teniendo además el inconveniente que el valor de predicción se conoce cuando faltan cuando mucho seis horas para que ocurra.

#### **I.5. Respiración y fotosíntesis:**

**Estimación de la producción de oxígeno por fotosíntesis (productividad primaria) y su consumo por respiración**

En aguas naturales se ha establecido que la cantidad de oxígeno disuelto está en función de los procesos biológicos que en ella se lleven a cabo como son la fotosíntesis y respiración, además de procesos físicos, como el intercambio de gases con la atmósfera por difusión y el transporte horizontal de oxígeno (advección) (Kemp y Boyton 1980).

A partir de los valores encontrados de oxígeno disuelto (OD) se estimó el consumo por respiración y producción por fotosíntesis de oxígeno en los estanques de la granja en los días en los que se llevaron a cabo los ciclos diurnos con el siguiente procedimiento:

Inicialmente a los datos medidos se les aplicó el método de suavización mencionado anteriormente (Sheid, 1972).

El incremento en la concentración de oxígeno disuelto por unidad de tiempo ( $\Delta OD$ ) estará dado por:

$$\Delta O_2D = O_2D_r - O_2D_i \dots\dots\dots(1)$$

y para el tiempo (t) su incremento  $\Delta t$  se define por:



$$\Delta t = t_r - t_i \dots\dots\dots(2)$$

los subíndices  $i$  y  $r$  indican inicial y final, respectivamente.

Siendo así, los niveles de concentración de oxígeno disuelto (OD) estarán definidos por los diferentes aportes (fotosíntesis, difusión y advección) y consumos (respiración, difusión y advección) que ocurren en un sistema natural, por tanto su cambio en un instante ( $dO_2/dt$ ) será de acuerdo con Odum (1956):

$$\frac{dO_2}{dt} = Pr - Cr + Dr + Adv \dots\dots(3)$$

Donde:

- $Pr$  = Tasa de producción por fotosíntesis
- $Cr$  = Tasa de consumo por respiración
- $Dr$  = Tasa de intercambio por difusión con la atmósfera.
- $Adv$  = Tasa de intercambio por advección

### I.5.1 Advección (Adv).

Como primera suposición para el cálculo de producción de oxígeno por fotosíntesis y consumo por respiración se consideró que la tasa de transporte horizontal de oxígeno (advección), para el caso de los estanques es despreciable. Debido a que la velocidad de recambio de agua en la granja fue del 3 % al día a lo largo de la mayor parte del ciclo de cultivo, tal consideración es razonable y por lo tanto:

$$Adv = 0.$$

### I.5.2 Estimación del valor de intercambio por difusión de oxígeno entre la atmósfera y el agua de los estanques

La estimación del intercambio gaseoso entre el agua del

estanque y de la atmosfera se evaluó de la siguiente manera:

1) El valor de la tasa de intercambio gaseoso entre la atmósfera y el agua de los estanques se estimó a partir del método descrito por Odum y Hoskin (1958), que se expone a continuación.

La tasa de intercambio del gas por difusión entre el agua y la atmósfera es proporcional a la razón del valor de la concentración de oxígeno disuelto y el de la saturación de oxígeno en el agua así que:

$$Df \propto S$$

donde

$$S = 1 - \frac{[O_2D]}{[Sat]}$$

S = fracción del déficit de oxígeno disuelto con respecto a la concentración de saturación

Df = Tasa de intercambio de O<sub>2</sub> dis por difusión

[O<sub>2</sub>D] = Concentración de Oxígeno disuelto

[Sat] = Concentración calculada de saturación de O<sub>2</sub> dis

O bien

$$S = \frac{[Sat] - [O_2D]}{[Sat]}$$

Para convertir la expresión en una función se introduce una constante denominada constante de difusión K<sub>air</sub>:

$$Df = K_{air} S \dots \dots \dots (4)$$

Para obtener el valor de la constante de difusión a partir de la ecuación 3, podemos calcular el valor de D<sub>r</sub> a partir de:

$$D_r = -P_r + C_r + \frac{dO_2}{dt} \dots\dots\dots(5)$$

Debido a que en el agua de los estanques de la granja la tasa de cambio de oxígeno disuelto ( $dO_2/dt$ ) es función solamente de las tasas de fotosíntesis, respiración e intercambio por difusión; y considerando que en ciertos instantes del día el valor de la tasa de respiración y fotosíntesis son iguales ( $P/R = 1$ ), por la ecuación cinco se concluye: que la tasa de cambio de oxígeno será para estos instantes función exclusiva del intercambio por difusión.

Los instantes en que las tasas de respiración y de fotosíntesis se igualan son al atardecer y amanecer, en el caso del primero, debido a que la disminución de energía luminosa necesaria para llevar a cabo la fotosíntesis disminuye, lo que provoca que la tasa de producción de oxígeno por esta decaiga, además los fotosintetizadores en esta condición consumen oxígeno por respiración provocando que la tasa de esta última aumente; dado que el aumento de la tasa respiración y el decremento de la fotosíntesis ocurren de manera gradual, en algún instante del atardecer las tasas de fotosíntesis y respiración se igualan. Por otro lado al amanecer ocurre el proceso inverso del atardecer, porque el aumento de la luz provoca que los organismos fotosintetizadores reinicien su producción de oxígeno y detengan su consumo, teniendo como consecuencia un aumento en la tasa de producción de oxígeno vía fotosíntesis y un decremento en la tasa de consumo de oxígeno por respiración; ya que el aumento en la intensidad luminosa es gradual, los cambios en éstas dos tasas ocurren de manera similar, por lo que en algún momento del amanecer las tasas de producción y consumo se igualan también.

Por todo lo anterior y en base a la ecuación (4)

$$K_{dir} = \frac{D_r}{S}$$

y

$$K_{dir} = \frac{\left[ \frac{dO_2}{dt} \right]_{P_f=C_r}}{S_{P_f=C_r}} \dots\dots\dots (6)$$

Dado que las tasas de cambio de concentración de oxígeno se calcularon a partir de determinaciones de la concentración del mismo y como estas no se realizaron de manera continua, es imposible el asumir que las tasas calculadas contengan los valores en las que condiciones al amanecer y atardecer previamente mencionadas se cumplan, por esto y debido a que la constante de difusión es igual a lo largo de día. Se puede suponer que la diferencia entre los valores calculados de  $dO_2/dt$ , en la madrugada y en la tarde, corresponde al valor de difusión.

Entonces se tiene que:

$$D_r = \left[ \frac{dO_2}{dt} \right]_{A_m} - \left[ \frac{dO_2}{dt} \right]_{P_m}$$

Y utilizando la igualdad 6:

$$K_{dif} = \frac{\left( \frac{dO_2}{dt} \right)_{Am} - \left( \frac{dO_2}{dt} \right)_{Pm}}{S_{Am} - S_{Pm}} \quad (7)$$

Donde

$K_{dif}$  = Constante de difusión

$\left( \frac{dO_2}{dt} \right)_{Am}$  = Tasa de cambio de oxígeno disuelto al amanecer

$\left( \frac{dO_2}{dt} \right)_{Pm}$  = Tasa de cambio de oxígeno disuelto al atardecer

$S_{Am}$  = Déficit de oxígeno al amanecer

$S_{Pm}$  = Déficit de oxígeno al atardecer

Utilizando la ecuación 7 se calculó el valor de la constante de difusión para cada ciclo diurno, a partir de combinar todas las tasas de cambio calculadas a partir de los valores de oxígeno disuelto en la madrugada con todas las de la tarde, con estos valores así calculados se corrigieron las tasas de cambio de oxígeno del mismo ciclo de la siguiente manera:

$$\left( \frac{dO_2}{dt} \right)^* = \left( \frac{dO_2}{dt} \right) - D_r \dots (8)$$

\* tasa corregida por el intercambio a través de difusión

Para cada ciclo diurno el valor de la constante de difusión se escogió de todas las obtenidas por las diferentes combinaciones de tasas de cambio de oxígeno, al seleccionar aquellos valores de  $dO_2/dt$  a los que al aplicarles la corrección (ecuación (8)) se obtenían resultados cercanos a cero, de esta manera se refuerza la confianza de estar utilizando tasas de cambio en las cuales

la tasa de producción de oxígeno por fotosíntesis es igual a la tasa de consumo por respiración (Reyes Gómez, 1988).

Para cerciorar la validez de las constantes de difusión elegidas, estas se compararon con los valores de las constantes obtenidas en las dos estaciones de muestreo que se realizaban simultáneamente en los ciclos diurnos, ya que para un mismo día la difusión debe ser igual en dos estaciones del mismo cuerpo de agua.

En la tabla 2 se muestran los valores de  $K_{air}$  y de la velocidad promedio del viento.

Como se puede observar en la tabla 2, los valores estimados para la  $K_{air}$  (constante de difusión) son muy similares para dos estaciones realizadas el mismo día en el mismo cuerpo de agua; y, a lo largo del ciclo de cultivo, están comprendidos en un rango de valores muy estrecho.

El fenómeno de intercambio de gases por difusión es favorecido por la presencia del viento; que al generar turbulencias, incrementa la superficie de contacto entre el agua y el aire debido a la formación de rugosidades en la superficie de la misma (Kanwisher, 1963 y Kester, 1975 ). Estos valores de velocidad promedio del viento (tabla 2), a lo largo de todo el ciclo de cultivo muestran, al igual que la constante de difusión, un intervalo de valores estrecho, lo que refuerza la confianza de las estimaciones de la constante de difusión.

En la tabla 3 se presentan los valores para la constante de difusión calculada por el método de Odum para otros cuerpos de agua durante ciclos diurnos. Como se puede

apreciar el valor de la constante es muy cercano para el cuerpo de agua mas próximo geográficamente (laguna del verde), el que se caracteriza por ser un cuerpo de agua somero y de dimensiones relativamente pequeñas (Flores Verdugo, 1985); y para los estanques de profundidad similar 0.4 m. (Shell Shop Pond).

La similitud en las constantes de difusión del estero El Verde y la estanqueria de la granja en la donde se realizó el presente estudio, confirma que la constante de difusión es función del régimen de vientos (de esta época del año) y el hecho de que en estanques de profundidad similar se obtengan valores iguales a los encontrados en el presente estudio indica que la capacidad de aereación de un estanque esta muy relacionados con su profundidad.

Otro método para conocer el valor del intercambio de oxígeno por difusión entre la atmósfera y el agua está dado por la siguiente ecuación (Ponce Palafox, 1990):

$$D_r = \frac{K_l}{P} \left[ \text{sat}(T^{\circ}K, S' / \dots) - OD \right] \dots (9)$$

donde

P = profundidad del estanque (m)  
sat(T°K, S' / ..) = nivel de saturación de oxígeno en  
función de temperatura y salinidad (µmoles/l)  
Kl = coeficiente de transferencia de oxígeno (m/h)

El valor del coeficiente Kl se estima a partir de la velocidad de viento con la siguiente expresión (Banks, 1977):

$$Kl = 0.0036 ( 8.43W^{0.5} - 3.67 W + 0.43W^2 ) \dots (10)$$

Donde

W = velocidad del viento (m/h)

Cabe mencionar que estos dos métodos de cálculo tienen, dentro de sus suposiciones, diferencias y similitudes importantes que se mencionan a continuación:

- 1) Ambos métodos suponen que el intercambio de gases por difusión es función de la relación existente entre la concentración de oxígeno y la saturación del mismo gas.
- 2) El método de Odum (Odum et al, 1956) supone que la constante de difusión para un día es invariable a lo largo de un mismo día y que los cambios en el valor de la tasa de difusión serán únicamente función del porcentaje de saturación que tenga el agua en un momento dado.
- 3) Otra suposición en la que se basa el método de Odum, es que la tasa de consumo de oxígeno por respiración se considere constante, a falta de elementos suficientes para valorar como cambia a lo largo del día (Odum, 1956), esta suposición aunque útil para el cálculo no es del todo válida, ya que se ha demostrado que la concentración de oxígeno determina la tasa de consumo del mismo en algunas plantas y animales (Owens, 1965).

En la fig. 5 se presentan las curvas de los valores de la tasa de intercambio por difusión, calculados por el método de Odum y el expuesto por Ponce Palafox (1990), relacionados con la hora del día 15 de junio en el estanque 1; adicionalmente se presenta la curva de los valores de la velocidad de viento.



Las tasas de difusión obtenidas a través de las ecuaciones (9) y (10) denotan que en ausencia de viento la tasa es nula (fig. 5); es obvio que en condiciones en las que la concentración del oxígeno disuelto sea diferente a la de saturación habrá una difusión para igualar estas concentraciones, aunque la tasa de difusión en estas condiciones debe ser muy baja y los cambios en los niveles de la concentración de oxígeno disuelto estarán determinados por otros parámetros.

Por otro lado, las tasas de difusión calculadas por medio de las ecuaciones (9) y (10) denotan claramente la influencia del viento en la tasa de difusión; En la figura 4 se puede visualizar que los flujos de oxígeno ocurren en momentos específicos como consecuencia al soplido del viento.

Dado que la presencia de viento en momentos en que la concentración de oxígeno es muy baja, con respecto a la calculada de saturación, promueve el intercambio de gases entre la atmosfera y el agua del estanque; la presencia o ausencia de viento debe de tomarse en cuenta en la aplicación de procedimientos preventivos o correctivos de bajos niveles concentración de oxígeno. Por ejemplo si se tiene una predicción para el valor de oxígeno disuelto en la madrugada, y despues de calculada esta, hay presencia de vientos fuertes; el valor real de la concentración de oxígeno será entonces mayor al predicho.

### **I.5.3. Producción por fotosíntesis (Pf) y consumo por respiración (Cr)**

Para determinar el consumo de oxígeno por respiración y su producción por fotosíntesis, a partir de la ecuación 8

se obtuvieron las variaciones de concentración de oxígeno disuelto con respecto al tiempo ( $dO_2/dt$ ).

Los valores correspondientes de  $dO_2/dt$  para los ciclos diurnos de los días 4-5 mayo y 15-16 de junio se presentan en la fig. 6

Ahora bien, si:

$$\int_{t_1}^{t_2} \frac{\delta OD}{\delta t} dt = OD \dots\dots\dots (11)$$

y definimos a  $t_1$  y  $t_2$  como los puntos donde  $\delta OD/\delta t = 0$ , tendremos que el valor de la integral (área bajo la curva) para todos los puntos de  $dO_2/dt$  mayores a cero podrá considerarse como la cantidad de oxígeno producido por fotosíntesis y, el área de la curva para puntos con valores negativos, podrá considerarse como la cantidad de oxígeno consumido por respiración.

El valor del área bajo la curva se obtuvo aplicando el método de la regla trapezoidal (Sheid, 1972). En las gráficas de la fig. 6 se muestran las áreas bajo la curva y los valores calculados para las mismas.

La estimación de la producción bruta de oxígeno se realizó calculando el valor de la respiración promedio durante la noche, se asumió que este valor es constante para todo el día y se le sumó geoméricamente al área de producción neta (Reyes Gómez, 1988).

Los valores obtenidos de consumo de oxígeno por respiración y de producción neta y producción bruta de

oxígeno por fotosíntesis se presentan, en la tabla 4; en ésta se observan los niveles de producción y de consumo de oxígeno calculados con las tasas de cambio de concentración de oxígeno disuelto corregidas con los valores de difusión.

Para evaluar la situación metabólica que guarda el ecosistema se puede utilizar la razón P/R (Odum, 1956 y 1962): Si el consumo de oxígeno es mayor que su producción ( $P/R < 1$ ), los procesos catabólicos son superiores a los anabólicos y, por el contrario si es la producción de oxígeno mayor a su consumo son los procesos anabólicos los que tienen el valor más alto en el metabolismo del ecosistema. De esta manera podemos decir que:

si  $P/R > 1$  el ecosistema es autótrofo, y  
si  $P/R < 1$  el ecosistema es heterótrofo.

En la tabla No 5 se muestran los promedios de producción y consumo de oxígeno por unidad de área, en base a los obtenidos con los dos tipos de correcciones por difusión.

En los diferentes muestreos del agua de los estanques de la granja, en los valores calculados de P/R se aprecia una variación en un rango pequeño de valores a lo largo del ciclo de cultivo, pero en todos los casos se presentan rangos heterotróficos.

El hecho de que a lo largo del ciclo de cultivo sea el consumo de oxígeno mayor a su producción, explica el por qué, conforme avanza el ciclo de cultivo, los niveles de la concentración de oxígeno disuelto son cada vez menores.

Para comparar los datos de producción y consumo de oxígeno con otros de estudios similares, se transformaron

nuestros valores de producción y consumo de oxígeno obtenidos en unidades de volumen a unidades de área.

En la literatura se señala que en cuerpos de agua someros y claros para transformar los datos obtenidos en unidades de volumen a unidades de superficie, sólo se multiplica el valor de oxígeno producido o consumido, por el valor de la profundidad, ya que se considera que los aportes y pérdidas de oxígeno son uniformes a lo largo de la columna de agua (Reyes Gómez, 1988; Murphi et al, 1983; Joint y Ponroy, 1981).

En el presente estudio las determinaciones de oxígeno se realizaron a mitad del tirante de agua y como éste es muy pequeño (E-1  $\approx$  0.4m E-5  $\approx$  0.8 m) y las velocidades promedio de viento que se presentan son suficientes para mezclar uniformemente estos tirantes de agua, el oxígeno disuelto medido se consideró ser representativo del valor en la totalidad de la columna de agua. Por esto para el obtener el valor de producción de oxígeno por unidad de área se multiplico por el tirante de agua.

Dada la turbidez del agua del estanque se puede asumir que la producción primaria esta dada principalmente por fitoplancton, ya que la luz no puede penetrar hasta el fondo del estanque imposibilitando la fotosíntesis en el bentos, aunque en las orillas de los bordes de los estanques de la granja en el ciclo primavera verano, ocurrió un afloramiento muy abundante de macroalgas verdes, identificadas como *Enteromorpha intestinalis* y *Enteromorpha clathrata*, en la septima semana del cultivo.

En la tabla 6 se presentan los valores de producción y consumo de oxígeno obtenidos con el método de la curva diurna de Odum en diferentes cuerpos de agua citados en la literatura.

Como se mencionó anteriormente el cálculo de P/R nos ofrece la posibilidad de clasificar las comunidades acuáticas en dos grandes: grupos comunidades autótrofas y heterótrofas. Odum (1956) sugiere utilizar un diagrama de P vs R y en este, además de localizar las comunidades arriba mencionadas, definir también de manera cuantitativa a las comunidades distróficas, como son las comunidades con agua de color húmico y un  $P/R > 1$ , por ejemplo, estanques con polución orgánica.

En la figura 7 se muestra el diagrama de P vs R en el que se presentan los valores obtenidos en el presente estudio y algunos de los reportados en la literatura.

Como se puede observar en este diagrama los estanques de la granja, la Clementina se encuentran localizados alrededor del eje en el cual  $P/R=1$ , quedando clasificados en algunos días en particular dentro de zona de las comunidades distróficas aunque, se puede decir que esta no es una condición prevalectente.

Para mantener una comunidad en estado heterotrófico es necesario que ésta reciba aportes externos de materia orgánica, por tal razón es factible argumentar que los aportes de materia orgánica en los días en que los estanques presentaron una P/R menor a uno, fueron excesivos y el consumo de oxígeno, consecuencia de la degradación de

este excedente, podrá ser la causa o bien el factor agravante de anoxia que se presentan en las aguas de los estanques en las madrugadas.

#### 1.6 Flujos de oxígeno disuelto en el estero Confites

Para tener un patrón de comportamiento de referencia de las variaciones de oxígeno disuelto de la granja, se llevó a cabo un muestreo durante un ciclo diurno el día 29 de junio de 1991 en la estación denominada In, en el margen del estero Confites.

En la fig. 8 se muestra la curva obtenida con las concentraciones de oxígeno disuelto de la salida del estanque 5 y de la estación denominada IN, relacionadas con la hora del día; adicionalmente se presenta la curva obtenida con los valores de altura de la marea, medida a un lado del cárcamo de bombeo que provee de agua a la granja.

En la figura 8 los niveles de concentración de oxígeno disuelto en la salida del estanque 5 presentan una curva diurna "típica", con un valor máximo de concentración durante el día y un valor mínimo en la madrugada; es importante hacer mención que el día 29 de junio fue un día nublado con cielo cerrado, lo cual limita la producción de oxígeno por fotosíntesis; El único momento del día en que el estanque recibió los rayos del sol directamente fue, alrededor de las 14:00h durante media hora. Este punto se muestra indicado con una flecha en la gráfica.

Por otro lado, la curva presentada por los valores medidos de concentración de oxígeno disuelto en el estero Confites (IN) muestra un máximo de concentración alrededor

de las 22:00 h, lo que difiere del comportamiento del estanque 5 el mismo día, aunque después de la ocurrencia de este máximo, el comportamiento y los niveles de oxígeno disuelto en el estero y en el estanque son prácticamente los mismos.

La observación de que los niveles de oxígeno disuelto en el estero Confites resultaran en un comportamiento relacionado de una manera directamente proporcional a la altura de la marea nos llevó a la hipótesis de que los niveles de oxígeno disuelto están influenciados por el transporte horizontal de oxígeno, más que por algún otro proceso en el cuerpo de agua.

Para corroborar esta hipótesis se calcularon los cambios de concentración de oxígeno disuelto con respecto al tiempo ( $dO_2/dt$ ) del estero y los cambios en la altura de la marea con respecto al tiempo  $dh/dt$ : Y se les realizó un análisis de regresión lineal. A la curva obtenida se les aplicó un examen de significancia basado en la distribución de T Student. Los resultados de estos análisis fueron: Coeficiente de correlación  $r= 0.855$  con una  $n=12$  con una  $t$  calculada de 5.28, y por lo tanto un nivel de significancia del 99% por lo que la hipótesis puede ser considerada como válida.

Dado que el transporte horizontal de oxígeno disuelto en el cuerpo lagunar resultó ser el factor que controla fundamentalmente los niveles de concentración de oxígeno disuelto y, como no se realizaron mediciones encaminadas a su determinación, las estimaciones de consumo de oxígeno por respiración y su producción por fotosíntesis no se pudieron realizar.

Como se mencionó anteriormente, durante el día 29 de junio los niveles de oxígeno disuelto en el agua de los estanques y los del brazo del cuerpo lagunar denominado el estero Confites, que es el que provee de agua a la granja, resultaron muy parecidos durante la noche, esto permite suponer: que si en algún momento de la noche se presentan condiciones críticas debido a bajas concentraciones de oxígeno, el incremento en la tasa de recambio de agua a expensas del estero puede ser o no la solución, dependiendo de los niveles de concentración de oxígeno disuelto en el agua con la que se pretende hacer el recambio. Puesto que, si se tienen condiciones como las ocurridas este día en particular, el recambio podría ser realizado con agua de igual o hasta de peores condiciones oxicas.

Aunque, como estas observaciones estan hechas solamente a lo largo de un día no se puede generalizar, pero se puede decir que, el tomar el agua de estos sistemas representa algunos riesgos, sobre todo si no se conocen las variaciones naturales de oxígeno disuelto en ellos.

Además como se observa en la misma figura 8, los niveles de oxígeno disuelto en el agua del estero son menores en baja mar que en pleamar en este día en particular. Esto indica que, en estas condiciones, en el caso que sea posible o necesario realizar el bombeo de agua hacia la granja de manera intermitente, es recomendable hacerlo durante la marea alta.



## II. Temperatura

### II.1. Efecto de la temperatura en peneidos.

La temperatura es una variable que influye importantemente en muchos procesos biológicos, físicos y químicos; sus efectos en peneidos se han observado en: tasas respiratorias (Dall, 1986) y metabólicas (Arosamena M., 1976), duración e intensidad de las actividades del camarón como: nadar, caminar, alimentarse, etc. (Fuss y Ogren, 1966; Hill, 1985).

La influencia de la temperatura sobre el tiempo de duración de la emergencia nocturna (el tiempo en el que el camarón se desentierra del sedimento para llevar a cabo su alimentación) es directamente proporcional en condiciones de laboratorio (Hill, 1985) y en el campo (Fuss y Ogren, 1966); además, Arosamena M (1976) muestra variaciones en la duración del proceso digestivo en los camarones debido a cambios de temperatura: de 6 horas a 25°C a 10 horas a 11°C.

Para obtener un crecimiento óptimo en el cultivo de camarón *P. vannamei*, Lawrence (1983) indica 23°C de temperatura en el agua del estanque de 8 a 12 horas por día, en condiciones de cultivo en jaula. En el medio natural se ha encontrado que el intervalo de temperaturas de máxima velocidad de crecimiento es de 24.9 a 31.5°C (Pastén Nuñez, 1988).

En el cultivo de camarón a nivel comercial, un factor importante a controlar es la variación diurna de temperatura debido a que, cuando la diferencia entre las temperaturas máxima y mínima es muy grande, el camarón se ve sometido a

un "stress" innecesario que tendrá como consecuencia una velocidad de crecimiento baja y un debilitamiento general, que lo hace susceptible a enfermedades. La variación máxima de temperatura indicada por Villalón R. (1991) es de 4°C. La manera de controlar la variación diurna de temperatura es a través de la profundidad del estanque, ya que la variación de temperatura en un estanque de cultivo es inversamente proporcional a la profundidad del mismo.

## II.2 Variación de la temperatura.

A lo largo de los ciclos de cultivo primavera-verano y otoño-invierno de 1991-1992, se llevaron a cabo registros de temperatura en el estero Confites (canal que se comunica con la laguna costera que surte de agua a la granja objeto del presente estudio) así como en los estanques de la misma.

La variación de la temperatura en el agua de los estanques muestra un patrón estacional típico, con incremento de la temperatura conforme se aproxima el verano y una disminución al llegar el invierno (fig No.9 A y B). Como se puede notar en los datos presentados en los gráficos de la figura No 9, la temperatura máxima (35°C) encontrada en los estanques se presentó durante el mes de agosto en el inicio del ciclo otoño-invierno y la temperatura mínima (19.6°C) se presentó durante el mes de enero durante el mismo ciclo.

Como se puede observar en la fig No. 9, en ambos ciclos de cultivo, los intervalos de temperatura medidos en la granja se encuentran la mayor parte del tiempo, dentro de los indicados como óptimos para el crecimiento, aunque los valores mínimos de temperatura (por debajo de 22°C) que se

observaron al final del ciclo otoño-invierno, se señalan como valores entre los que el crecimiento del camarón es lento (Edwards R., 1977)

En la figura No. 10 se muestra la temperatura del estanque 1 los días 15 y 16 de junio y del estanque 5 los días 1 y 2 del mismo mes; como se puede observar, la oscilación de la temperatura en el estanque 1 es mayor que la del estanque 5, teniendo una diferencia entre la temperatura máxima y la mínima de 3.5°C y 2.6°C, respectivamente. Por lo anterior, se puede decir que la variación de la temperatura en el agua de los estanques se encuentra dentro del intervalo considerado como óptimo.

### III. Salinidad

#### III.1. Efecto de la salinidad en peneidos

Los camarones del género *Penaeus* son eurihalinos, lo que los habilita para crecer y desarrollarse dentro de un intervalo amplio de salinidades, *P. monodon* y *P. merguensis* en Asia, son cultivados en salinidades de 15'.. a 25'.., valores considerados óptimos para el crecimiento del crustáceo (Chen, 1984), aunque pueden crecer a salinidades mayores (50'..); además, son capaces de sobrevivir hasta por un mes, en condiciones de salinidad mínima de 0.1 a 1.0'.. (agua dulce) (Boyd 1989). Por otro lado, en condiciones del laboratorio no se han encontrado diferencias entre la velocidad de crecimiento para camarones de la especie *P. monodon* cultivados a 16 y 32'.. (Geoff y Greb, 1992).

En el caso de *P. monodon*, se ha encontrado que a pH de 4.9, la salinidad llega a tener efecto sobre la velocidad de crecimiento, muy probablemente porque a este pH extremo, la osmoregulación está siendo afectada (Geoff y Greb, 1992).

Aunque *P. vannamei* puede sobrevivir en salinidades que varían desde agua dulce hasta 70‰ (al igual que *P. monodon*), el intervalo de salinidad considerado como óptimo es de 15 a 25‰. En las lagunas de Huizache y Caimanero, localizadas al sur del estado de Sinaloa, se han realizado estudios de velocidad de crecimiento tanto en el medio ambiente natural (Pastén Nuñez, 1988) como en jaulas dentro de la misma laguna (Edwards R., 1977), en ambos trabajos se ha indicado que las mayores velocidades de crecimiento ocurren durante la temporada de lluvias, donde la salinidad alcanza valores de 15‰, aunque cabe señalar que Edwards R. (1977) señala que el efecto de la salinidad sólo es evidente a temperaturas extremas.

Por otro lado, se recomienda que los cambios bruscos de salinidad deben evitarse para no someter a los camarones a "stress" innecesario; así, para la transferencia de camarones juveniles o de postlarvas, se indica que durante el periodo de aclimatación, el cambio de salinidad en el agua no debe exceder 1 ó 2‰ por hora (Boyd, 1989).

### III.2 Variación de la salinidad

Los valores de salinidad en la granja durante el ciclo de cultivo primavera verano estuvieron muy lejos de lo que se considera óptimo para el cultivo del camarón en condiciones semintensivas (fig 11 A); en cambio durante la

mayor parte del ciclo de cultivo otoño-invierno en el estanque 5, se registraron salinidades entre 15/.. y 25/.., intervalo que se considera como óptimo para el cultivo de este crustáceo. Hay que señalar que la velocidad de crecimiento y el crecimiento total del camarón durante este ciclo de cultivo fueron menores a los del primavera-verano. Esto indica que la salinidad es una variable de menor peso ante otras, como temperatura, ya que durante el ciclo primavera-verano, la temperatura se encontró dentro de los intervalos indicados como óptimos y en otoño-invierno, en intervalos que provocan crecimiento lento al final del ciclo de cultivo. Además, Geoff y Greb (1993) sugieren que el efecto de la salinidad en el cultivo comercial de camarón, es mas fuerte sobre otros componentes en la biota del estanque (fito y zooplancton) los cuales promueven o afectan al crecimiento del camarón ya que ambos son utilizados como fuente natural de alimento.

### III.2.1 Factores que afectan la salinidad

La salinidad de las aguas de estanquería varía en función de dos fenómenos fundamentales: el aporte de agua por lluvia que disminuye la salinidad, y la evaporación debida a la insolación que la incrementa. En la figura No. 11 se presentan los registros de salinidad obtenidos durante los ciclos de cultivo primavera-verano de 1991 y otoño-invierno 1991-92, relacionados con el tiempo de cultivo (días) de ambos ciclos.

Como se puede observar en los gráficos A y B de la figura No. 11, la salinidad de los estanques aumenta paulatinamente a lo largo del ciclo de cultivo. Aunque esta misma tendencia puede observarse durante el ciclo otoño

invierno, en este caso se encuentran caídas abruptas de la salinidad en ciertos días en particular; estos descensos en salinidad se relacionan de manera inversa con los aportes por lluvia registrados por el Servicio Meteorológico Nacional "Estación meteorológica de Mazatlán" (comunicación personal) para las mismas fechas.

Para analizar la influencia de la evaporación y de la precipitación pluvial sobre la salinidad en los estanques, se calcularon las diferencias entre los valores de salinidad del agua de ingreso a la granja y la que se encontró en el interior de los estanques ( $S_{\text{estanque}} - S_{\text{ingreso}} = \Delta S$ ). En la figura No. 12 A se muestran los resultados obtenidos de este análisis relacionados con el tiempo de duración del ciclo primavera-verano. Como se puede observar en todo este ciclo de cultivo, la diferencia entre la salinidad del estanque y la del estero fue siempre positiva, esto indica que la evaporación es el proceso que influyó más fuertemente en las diferencias de salinidad; el hecho de que la diferencia aumente del inicio a más o menos la mitad del ciclo de cultivo, se puede explicar en base al aumento en la tasa de evaporación que sufren los estanques a consecuencia del aumento en la intensidad y duración de la insolación al llegar el verano. El descenso, tanto en la salinidad como en la diferencia entre el estanque y el estero, que se observa a partir de la séptima semana del cultivo, se debe a que el recambio de agua en los estanques fue incrementado en la quinta semana.

Por otro lado, durante el ciclo otoño-invierno la presencia de lluvias torrenciales a todo lo largo del ciclo de cultivo, explican el hecho de encontrar salinidades bajas en el sistema lagunar que surte de agua a la granja, que

como se mencionó en las sección de materiales y métodos es un estuario negativo (Pritchard, 1967).

En la figura 12 B se observa que, en ausencia de lluvia, la evaporación es el proceso que más influye en la salinidad de la granja; adicionalmente, se puede observar que la diferencia de salinidades entre el estero y los estanque es mayor que en el ciclo primavera-verano; esto se explica por el hecho que en el estero las variaciones en salinidad fueron muy amplias con respecto a los estanques, dando como resultado que sus diferencias, en un momento dado, sean muy marcadas.

#### IV pH

##### IV.1 Efecto del pH sobre peneidos

El efecto del pH en camarones Peneidos puede ser resumido como sigue (Boyd, 1989; Chen 1984):

pH	Efecto
<4	Muerte ácida
4-6	Crecimiento lento
6-9	Óptimo
9-11	Crecimiento lento
>11	Muerte alcalina

En el caso de *Penaeus monodon*, en experimentos de laboratorio, se ha establecido un máximo aceptable de acidez en el agua como 5.9, que es el punto en el cual el crecimiento se ve reducido en un 5% con respecto al crecimiento en un pH de 7.8 (Geoff y Greb, 1992).

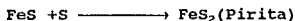
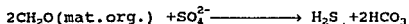
El hecho de que el pH afecte de manera inversamente proporcional la frecuencia de las mudas pero no parece tener influencia en la velocidad de crecimiento (Geoff y Greb,

1992).

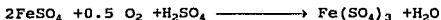
#### IV.2 Factores que afectan el pH

Uno de los factores que afectan más importantemente al pH en el agua de la estanquería de las granjas, es el pH del suelo (Geoff y Greb, 1992). Cuando las granjas camaronícolas se construyen en áreas que alguna vez fueron cubiertas por aguas salinas, en planicies de inundación por mareas, o en lugares que alguna vez estuvieron poblados por bosque de manglar, la descomposición anaeróbica de la materia orgánica en presencia de agua de mar da origen a ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S) por la reducción bacteriana de los sulfatos (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) o bien, se puede formar sulfuro ferroso (FeS<sub>2</sub>). Ambos compuestos permanecen en el suelo al prevalecer las condiciones anaeróbicas, pero en el momento de secar estos suelos y someterlos a condiciones aeróbicas oxidantes, se llevan a cabo las siguientes reacciones (ILRI 1972; Boyd 1989; Boyd, 1990):

en condiciones anaeróbicas



y en condiciones aeróbicas



con la consecuente formación de ácido sulfúrico el cual acidifica el suelo del estanque. Por otro lado el hidróxido férrico Fe(OH)<sub>3</sub> se cristaliza en la superficie del



sedimento, dando un color cafe rojizo a la superficie del sedimento en el estanque (Boyd, 1989); ésta coloración puede ser usada como indicador de suelos ácidos o potencialmente ácidos.

Otro fenómeno que provoca cambio en el pH son las variaciones en la concentración de  $\text{CO}_2$ , (que es un componente en el sistema amortiguador de pH en el agua de mar); así, al haber una alta producción de este gas por respiración, el pH tenderá a bajar y en el caso opuesto: el pH se incrementará cuando este gas sea retirado del agua de mar (por ejemplo como resultado de la fotosíntesis o por la acción de sistemas mecánicos de aereación).

#### IV.3 Variación de pH.

Los valores medidos de pH a lo largo de los dos ciclos de cultivo en los que se desarrolló el presente trabajo, presentaron muy poca variación y se mantuvieron dentro de los rangos considerados como óptimos para el crecimiento de camarón en cultivo. (Fig No.13 A y B).

Como se observa en la figura No.13 B, la variación diurna de pH, aunque es pequeña, refleja claramente el efecto de la fotosíntesis con el aumento de pH y la disminución del mismo como consecuencia de la respiración.

#### V Alcalinidad.

##### V.1 Efecto de la alcalinidad en animales marinos.

El efecto de las variaciones en la alcalinidad sobre animales marinos se encuentra estudiado conjuntamente con las variaciones en el pH; de esta manera la contribución

particular de la alcalinidad no es explícita. En el caso particular del cultivo de camarón se recomienda que tanto la dureza (concentración total de iones divalentes) y la alcalinidad, tengan valores superiores a 20 mg/l como CaCO<sub>3</sub>. Aunque se hace mención que, como en general los valores de estas variables son mayores a este valor, su importancia en el manejo del agua para cultivo es poca (Boyd, 1989)

Por otro lado, en peces de agua dulce se sabe que el aumento en la alcalinidad provoca una menor susceptibilidad a algunos tóxicos y metales: por ejemplo la concentración de Zinc donde el 50% de la población muere (LC<sub>50</sub>) para la trucha arco iris se incrementa ocho veces cuando la dureza aumenta de 12 a 320 mg/l como CaCO<sub>3</sub> (Hellowell, 1989).

## V.2 Alcalinidad específica

La alcalinidad específica se define como la alcalinidad total expresada en miliequivalentes por litro, dividida entre la salinidad en partes por mil ‰ (Koczy, 1956):

$$\text{Alcalinidad específica} = \frac{\text{Alc (meQ/l)}}{\text{Sal (‰)}}$$

Este parámetro nos permite distinguir las variaciones de la alcalinidad debidas al mezclado de agua, de las debidas a procesos que modifican la concentración de carbono inorganico total.

En la figura No 14 A se presentan las variaciones de la alcalinidad específica del estanque No. 5 durante el ciclo de cultivo primavera-verano de 1991, y en la figura 14 B,

los valores de alcalinidad específica relacionados con la hora del día del 1 al 2 de junio de 1991 del mismo estanque. Como se puede observar, la alcalinidad específica no es constante a lo largo del ciclo de cultivo, ni en un ciclo diurno, lo cual indica la presencia de procesos que alteran el carbono total. En el caso particular de la variación diurna, que sigue un patrón de disminución en el día y aumento durante la noche, indica que los procesos respiratorio y fotosintético están modificando el contenido de carbono inorgánico total en el agua (Fig No. 14 B).

#### V.2.1. Cálculo de la concentración de los componentes del sistema carbonatos

Para poder estimar las concentraciones de carbono total a partir de las mediciones de alcalinidad total, y conocer la tasa de cambio  $dCO_2/dt$ , como primer paso se procedió a calcular las constantes de equilibrio que intervienen en las reacciones del sistema carbonatos en agua de mar, utilizando los polinomios proporcionados por UNESCO (1987):

Para la reacción en agua pura:

$$K_1^0 = \frac{[H^+][HCO_3^-]}{[CO_2]}$$

$$pK_1^0 = 6320.81/T - 126.3405 + 19.568 \ln T \quad (14)$$

y en agua de mar:

$$pK_1^* = pK_1^0 + (19.8984 - 840.39/T - 3.0189 \ln T)S^{1/2} + 0.0068$$

$$S \quad (15)$$

para la constante de equilibrio en agua pura

$$K_2^* = \frac{[H^+][CO_3^{2-}]}{[HCO_3^-]}$$

$$pK_2^0 = 5143.69/T - 90.1833 + 14.613 \ln T \dots (16)$$

y en agua de mar:

$$pK_2^s = pK_2^0 + (17.176 - 690.59/T - 2.6719 \ln T) S^{1/2} + 0.0117 S \dots (17)$$

para la disociación de boratos en agua pura:

$$\ln K_b^0 = 148.0248 - 8966.90/T - 24.4344 \ln T \dots (18)$$

para la disociación de los boratos en agua de mar

$$\ln K_b^s = \ln K_b^0 + (0.5998 - 75.25/T) S^{1/2} + 0.01767 S \dots (19)$$

S = salinidad (ppm) y

T = temperatura absoluta ( $^{\circ}K$ )

A partir de las mediciones de temperatura, salinidad y alcalinidad y con las constantes de equilibrio, obtenidas con los polinomios arriba expuestos, (ecuaciones 14 a la 16) se calculó la concentración de carbono total de la siguiente manera (Millero 1992):

$$\text{Carbono total} = [HCO_3^-] + 2[CO_3^{2-}] + [CO_2]$$

y para los constituyentes:

$$[HCO_3^-] = \text{Alc. carb} / (1 + 2K_2^s / [H^+])$$

$$[CO_3^{2-}] = \text{Alc. carb} K_2^s / ([H^+] + 2K_2^s)$$

$$[CO_2] = (\text{Alc. carb} [H^+] / K_1^s) / (1 + 2K_2^s / [H^+])$$

Dado que la alcalinidad total es:

$$\text{Alc. total} = [HCO_3^-] + 2[CO_3^{2-}] + [B(OH)_4^-] + [OH^-] + [H^+]$$

la alcalinidad de carbonatos será:

$$\text{Alc. Carbonatos} = \text{Alcalinidad total} - \sum B_i$$

donde  $\sum B_i = [B(OH)_4^-]$  + la suma de todas las bases que no

son carbonatos. Y como en el agua de mar los boratos se encuentran en su totalidad como  $B(OH_4^-)$  se puede decir que:

$$\Sigma B_i = [B(OH_4^-)]$$

y como

$$[B(OH_4^-)] = \frac{K_{Hb} [B]_T}{K_{Hb} + [H^+]}$$

donde

$$[B]_T = 1.212 \times 10^{-5} \text{ S.}$$

$$\text{Alc. Carbonato} = \text{Alcalinidad total} - [B(OH_4^-)]$$

Para poder calcular los cambios de  $CO_2$  a partir de las estimaciones de concentración de carbono inorgánico total disuelto en el agua, se utilizó la ecuación desarrollada por Axelsson (1988), la cual contempla los cambios de pH como consecuencia de los cambios de  $CO_2$ .

$$\Delta pH(\text{como } CO_2) = \Delta[\text{Carbono total}] + \frac{[\text{carbono total}]}{[HCO_3^{2-}] + 2[CO_3^{2-}]} \Delta pH$$

$$\Delta pH(\text{como pH}) = \Delta[H^+] + \frac{[HCO_3^{2-}] + 2[CO_3^{2-}]}{[\text{carbono total}]} \Delta[\text{carbono total}]$$

Con los valores de cambio en niveles de carbono total se obtuvo el carbono producido y consumido por respiración y fotosíntesis, respectivamente, a través de la obtención del área bajo la curva de  $dCt/dt$ , por el método de la regla trapezoidal (Sheid, 1972).

Así el valor de la integral:

$$\int_{t_r}^{t_i} \frac{dCt}{dt} dt$$

donde todos los valores de  $dCt/dt > 0$  representan al carbono

total producido por respiración y los valores de  $dCt/dt < 0$  el carbono total consumido por fotosíntesis. Los puntos  $t_1$  y  $t_2$  son donde  $dCt/dt$  es cero.

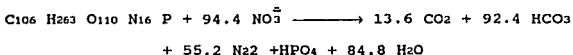
Los valores de tasa de cambio de carbono total concordaron con los valores de tasa de cambio de oxígeno para los ciclos diurnos realizados en el estanque 1 los días 4 y 5 de mayo (fig No. 15 A) y para el estanque 5 los días 1 y 2 de junio. Así mismo las estimaciones de carbono total inorgánico, producido y consumido son similares a las de oxígeno disuelto por lo que el parámetro de carbono consumido entre carbono producido, producción entre respiración (P/R) coincide con el calculado con oxígeno tabla No.7. y tabla No 4.

En los otros dos ciclos de medición realizados, los valores de la tasa de producción de oxígeno y de consumo de  $CO_2$  no presentan tendencias similares, es decir, se encuentran desacoplados por lo que los valores de carbono fijado y oxígeno producido no concuerdan (Fig 15 B).

Como se puede observar en el gráfico de la figura No. 15 B, en el cual se relacionan la tasa de producción de oxígeno y la tasa de consumo de carbono total (Ct) con la hora del día, en los momentos en los que ocurre producción de oxígeno puede o no, haber consumo de carbono total y viceversa: en el momento de que hay aumento en el carbono total, puede o no haber una disminución en oxígeno disuelto.

Cabe hacer mención que los dos ciclos diurnos en los que concuerdan los datos de tasa de producción de oxígeno y la de consumo de carbono total, se encuentran ubicados temporalmente al inicio del ciclo de cultivo. Los ciclos

diurnos en los que las tasas se encuentran desacopladas ocurren de la mitad al final del cultivo, dado que las condiciones óxicas de los estanques se van deteriorando conforme transcurre el ciclo de cultivo. Esto permite sugerir que, al final del ciclo de cultivo, la demanda de oxígeno para respiración es tan grande que éste es consumido tan pronto es producido por fotosíntesis. Y el hecho de que haya consumo de CO<sub>2</sub> durante la noche sugiere que éste es utilizado como último aceptor de electrones en la degradación de materia orgánica a través de la reacción de reducción de nitratos siguiente:



Lo cual corrobora que el aporte de materia orgánica a los estanques es tan grande que el oxígeno disponible y que se produce en el agua de los mismos, a través de fotosíntesis o por fenómenos físicos (advección y difusión) es insuficiente para oxidarla.

## VI. Nutrientes.

Se definen como nutrientes a los elementos químicos que son esenciales para el desarrollo de los seres vivos, cuya carencia en el medio limita en mayor o menor escala el desarrollo de la biota. Estos son principalmente: carbono, hidrógeno, nitrógeno, fósforo, azufre y silicio; aunque esta lista bien puede contener una multitud más de elementos de todos ellos con requerimientos muy bajos.

En aguas marinas naturales, particularmente costeras, debido a la influencia humana, ocurre un incremento en la concentración de uno o varios de estos elementos, que provoca cambios en la composición biótica y abiótica del agua; a este fenómeno se le denominará a lo largo del presente trabajo como eutroficación que puede ser definido como una "alimentación aumentada" (UNESCO, 1990).

Cabe señalar que la eutroficación de aguas naturales, siempre tiene consecuencias aunque en algunos casos no sean necesariamente indeseables. La mayoría de las veces la magnitud de éstas consecuencias dependen del aporte de nutrientes y muy importantemente de la naturaleza del cuerpo de agua que los recibe. Así, en ambientes someros, los nutrientes se incorporan a un ciclo de consumo y regeneración de los mismos y rápidamente se transforman en biomasa, que es degradada provocando que los nutrientes se integren a la columna de agua o a la interfase agua-sedimento. Por esto, el impacto que tiene el aporte de nutrientes a este tipo de cuerpos de agua dependerá en gran medida del tiempo de residencia del nutriente en el sistema.



Todos los sistemas sujetos a eutroficación presentan características comunes, éstas se presentan gradualmente conforme se desarrolla el fenómeno y pueden enumerarse como:

Incremento en la turbidez

Abatimiento de los niveles de oxígeno disuelto.

Incremento de la concentración de los nutrientes.

Incremento de la materia orgánica.

Incremento de la población del fitoplancton, y por lo tanto, de la concentración de clorofilas

La distribución de las macrofitas bentónicas se ve limitada

La producción primaria se va incrementando al inicio hasta que la luz se convierte en el factor limitante, o bien, los niveles de oxígeno disuelto (inhibición de la fotosíntesis por sobresaturación de oxígeno durante el día y mortandades altas de fitoplancton durante la noche en las anoxias muy marcadas)

Se establece una sucesión en la composición del fitoplancton que puede llegar a tener consecuencias adversas por la presencia de especies tóxicas que es posible sean favorecidas por este tipo de condiciones.

La composición y densidad de la fauna bentónica se ve alterada

La composición del sedimento se ve alterada

La composición y densidad de la fauna se ven alteradas de manera general, y en casos muy graves, se modifican en su totalidad las poblaciones originales, ya sean naturales o introducidas (UNESCO 1990).

En el caso del agua empleada para la camaronicultura, ésta debe ser capaz de mantener una productividad primaria suficiente para que se desarrolle una biota que sirva de alimento al camarón, como son pequeños crustáceos,

fitoplancton, zooplancton, etc.; por esto, para incrementar los nutrimentos en el agua, uno de los procedimientos mas empleados es la fertilización.

Para la fertilización, se pueden utilizar fertilizantes orgánicos e inorgánicos; los primeros generalmente son a base de estiércol y los segundos son algunas sales preparadas. En general, los fertilizantes inorgánicos promueven más rápidamente el desarrollo de comunidades fitoplanctónicas, así como la productividad primaria en el agua, pero en algunos cultivos, en particular peces, el crecimiento de los organismos cultivados se ve promovido por el estiércol por ser este utilizado directamente como alimento (Diana et al, 1991; Hansen-Knud et al, 1991).

En la granja la Clementina objeto del presente, estudio se fertiliza con inorgánicos: urea 6.5 kg/ha (urea Fertimex) y fosfatos 1.5 kg/ha (superfosfatos triple Fertimex), el cual contiene  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  y  $\text{P}_2\text{O}_5$ . El procedimiento de fertilización consiste en esparcir en la superficie del agua una solución de los fertilizantes mencionados al principio de cada ciclo de cultivo. Este procedimiento se repite hasta que se desarrolla una comunidad fitoplanctónica suficiente para provocar un aumento en la turbidez tal, que las lecturas con el disco Secchi sean de 35 a 40 cm.

### VI.1. Nitrógeno

El nitrógeno es un elemento esencial para los seres vivos, ya que es indispensable para llevar a cabo las funciones de crecimiento y el mantenimiento de sus funciones vitales, puede ser tomado del medio ambiente por los organismos de diferentes moléculas. Las plantas, en general

utilizan las sales de nitrógeno (nitrato y nitrito) como fuente del mismo, los microorganismos pueden, en cambio, utilizar desde compuestos orgánicos complejos como la urea y los aminoácidos, hasta sales de nitrógeno, nitrito, nitrato y amonio.

Los camarones peneidos utilizan aminoácidos como fuente de nitrógeno de los cuales 10 son esenciales en su dieta: arginina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano y valina (Dall et al, 1990). Ya que la oxidación de los aminoácidos es su principal fuente de energía (Barclay et al, 1983). Esta oxidación tiene como primer subproducto al ácido urico, el que es convertido a urea y finalmente a amonio, que es excretado al ambiente (Claybrook, 1983).

#### VI.1.1. Nitrógeno amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ + $\text{NH}_3$ ).

El nitrógeno amoniacal puede existir en dos formas químicas dependiendo de las condiciones fisicoquímicas, principalmente del pH; como ión amonio  $\text{NH}_4^+$  y como amoniaco. El método empleado en el presente estudio, para la determinación de amonio, mide indistintamente amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) y amoniaco ( $\text{NH}_3$ ), por lo tanto los valores obtenidos representan la suma de ambas especies químicas que en lo sucesivo se denominará nitrógeno amoniacal, al ión amonio y al amoniaco por su nombre.

Como se detalla en la siguiente sección, el amoniaco, tiene efectos tóxicos para los camarones peneidos, así como para la biota en general, en cambio como se mencionó anteriormente, el amonio es utilizado como nutriente por los

microorganismos; debido a esto es importante conocer que fracción del total de nitrógeno amoniacal está constituida por amoníaco.

El cálculo de la fracción de nitrógeno amoniacal que corresponde a amoníaco, se realizó de acuerdo al procedimiento propuesto por Whitfield (1974), con modificaciones para incluir los valores de temperatura y salinidad registrados en el presente estudio y que el autor no contempla.

Para la reacción:



La proporción de las especies del nitrógeno amoniacal (amonio y amoníaco) es función del pH del medio, y una constante de equilibrio ( $K_a$ ):

$$K_a = \frac{a_{\text{NH}_3} a_{\text{H}^+}}{a_{\text{NH}_4^+} a_{\text{H}_2\text{O}}} \dots\dots (20)$$

Donde  $a$  representa la actividad de las especies involucradas.

Si suponemos que la concentración de nitrógeno amoniacal es constante ( $[\text{NH}_3] + [\text{NH}_4^+] = \text{cte}$ ) entonces la concentración de amoníaco al equilibrio estará dada por la concentración de iones hidrógeno es decir, el pH y la constante de equilibrio.

Ahora bien, si definimos una fracción de la actividad de las especies como  $\gamma$  entonces podemos decir:

$$K_a = \frac{[\text{NH}_3] [\text{H}^+]}{[\text{NH}_4^+]} \frac{\gamma_{\text{NH}_3} \gamma_{\text{H}^+}}{\gamma_{\text{NH}_4^+} + a_{\text{H}_2\text{O}}} \dots\dots (21)$$

Esta ecuación puede ser simplificada redefiniendo una constante estequiométrica:

$$K_a^* = \frac{[\text{NH}_3] [\text{NH}_4^+]}{[\text{NH}_4^+] [\text{H}_2\text{O}]} \dots\dots (22)$$

y un coeficiente de actividad

$$\Gamma_a^* = \frac{\gamma_{\text{NH}_3} \gamma_{\text{H}^+}}{\gamma_{\text{NH}_4^+} + a_{\text{H}_2\text{O}}} \dots\dots (23)$$

Substituyendo los valores de las ecuaciones 22 y 23 en la 21, despejamos el valor de  $K_a^*$ , en términos logarítmicos:

$$\log K_a^* = \log K_a - \log \Gamma_a^* \dots\dots (24)$$

Para agua dulce es válido hacer la suposición de que  $\Gamma_a^*$  es igual a uno ya que la actividad de los componentes será función solo de la concentración por esto:  $K_a^* = K_a$ ; sin embargo en agua de mar, el valor del coeficiente de actividad, además de la concentración, será resultado de los efectos de la fuerza iónica sobre la actividad de los componentes.

Aunque en la definición de  $\Gamma_a^*$  se utilizan actividades de iones simples, es posible tratarlas como razones, de la manera siguiente:

$$R = \frac{\gamma_{\text{H}^+}}{\gamma_{\text{NH}_4^+}} \dots\dots (25)$$

Ahora bien el coeficiente de actividad (ecuación 23) puede ser rearrreglado:

$$\Gamma_a^n = \left[ \frac{\gamma_{\text{NH}_3}}{a_{\text{H}_2\text{O}}} \right] R \dots (26)$$

Entonces sustituimos el valor de  $\Gamma_a^n$  en la ecuación 24 y tenemos que:

$$\log K_a^n = \log K_a - \log \left[ \frac{\gamma_{\text{NH}_3}}{a_{\text{H}_2\text{O}}} \right] - \log R \dots (27)$$

El valor de  $K_a$  se ha determinado experimentalmente para un rango de temperaturas y los valores encontrados se ajustan a la ecuación en un rango de temperatura de 0 a 35°C (Bates et al, 1949):

$$pK_a = pK_a^{(298^\circ\text{K})} - 0.0324 T^\circ\text{K} \dots (28)$$

Debido a que los coeficientes de actividad están relacionados con la fuerza iónica del medio en el cual se encuentre el componente, se calculó la fuerza iónica del agua de mar de acuerdo a la ecuación de Whitfield (1973):

$$I = \frac{19.9273 S'..}{1000 - 1.005109 S'..} \dots (29)$$

El valor de la actividad del agua se obtuvo a partir de su coeficiente osmótico( $\phi$ ), con la relación (Whitfield, 1973):

$$\ln a_{\text{H}_2\text{O}} = -0.018 \phi \sum m_i \dots (30)$$

donde  $\sum m_i$  es la sumatoria de las molalidades del componentes  $i$  del agua en cuestión; el valor de esta sumatoria se calculó a partir de la ecuación (Millero, 1992):

$$\frac{1}{2} \sum m_i = \frac{28.9102 \text{ Cl}}{1000 - 1.81537 \text{ Cl}} \dots (31)$$

donde Cl es la clorinidad. Dado que en el presente trabajo se determinó salinidad directamente, el cálculo de la clorinidad se realizó con la relación (Millero 1992):

$$S = 1.80655 \text{ Cl} \dots (32)$$

El valor de el coeficiente osmótico se calculó a partir de la expresión (Millero, 1976):

$$\phi = 0.90799 - 0.07221 I + 0.11904 I^2 - 0.0383 I^3 - 0.00092 I^4 \dots (33)$$

Los valores del coeficiente de actividad del amoniaco ( $\gamma_{\text{NH}_3}$ ) y R son los presentados por Whitfield (1974). Los valores de estos parámetros, en los intervalos de fuerza iónica no presentados por el autor, se estimaron a partir de una recta de regresión obtenida por el método de mínimos cuadrados, con los datos publicados por el mismo. Este procedimiento se justifica, de la siguiente manera:

1. En caso de  $\gamma_{\text{NH}_3}$ . Debido a que Withfield (1974) obtiene los valores de una recta de regresión obtenida a partir de datos experimentales; y

2. En el caso de R. Las muestras de agua analizadas en el presente estudio presentan un intervalo de fuerza iónica que va de 0.7 a 1.0 y dentro de este intervalo la variación de R con respecto a este parametro, muestra ua tendencia casi lineal, con un coeficiente de correlación 0.998 con un nivel de significancia mayor al 95%.

El valor de la fracción de amoniaco se estimó a partir de la constante de equilibrio estequiométrica calculada y con la relación (Bower et al, 1978):

$$f = \frac{1}{1 + 10^{(pK_s - pH)}} \dots (34)$$

Un análisis de los resultados obtenidos a través del método aquí descrito, revela que los efectos de la temperatura, salinidad y pH, sobre el valor de la fracción del nitrógeno amoniacal, que es amoníaco, son los siguientes:

1) El aumento en la salinidad a una temperatura y pH constantes provoca un decremento en la fracción de amoníaco.

2) El incremento de la temperatura a pH y salinidad constantes tiene como consecuencia un incremento en el valor de la fracción de amoníaco.

3) La influencia del valor del pH sobre la fracción de amoníaco, a temperatura y salinidad constantes es mucho mayor que el de las otras dos variables.

#### VI.1.1.1. Efecto de la concentración de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) en Peneidos.

La toxicidad del amoníaco es un fenómeno estudiado en gran variedad de especies acuáticas, utilizadas en cultivos comerciales; por citar un ejemplo, las concentraciones letales medias del amoníaco en la trucha Arco Iris, han sido evaluadas para casi la totalidad de su ciclo biológico (Solbé et al, 1973); así como la relación que guardan algunos parámetros fisicoquímicos con la toxicidad y los efectos aditivos con otros tóxicos (Hellawell, 1989; Cairns et al, 1990; Servizi et al, 1990).

Los efectos tóxicos del amoníaco en los camarones no han sido estudiados con detalle a nivel histológico o bioquímico, aunque sí en peces, en estos últimos los efectos



pueden ser resumidos de la siguiente manera:

A la par de que la concentración de nitrógeno amoniacal se incrementa en el agua donde se cultivan peces, la excreción del ión amonio disminuye y sus niveles en sangre y tejidos se incrementan. A consecuencia de esta elevación se presenta un incremento en el pH de la sangre, que tiene efectos deletereos en las reacciones enzimáticas, en la estabilidad de las membranas, en la permeabilidad de las branquias y reduce la habilidad de la sangre para transportar oxígeno (Boyd 1989).

En el caso particular de los peneidos, los efectos específicos del amoníaco no se encuentran documentados, aunque las concentraciones letales en función del tiempo ( $LC_{50-t}$ ); han sido ya estimadas en algunas especies asiáticas; y se muestran en la tabla 8. Como se puede observar en esta tabla, la  $LC_{50-t}$  es mayor conforme avanza el grado de madurez del organismo, esto indica que la resistencia al amonio se incrementa con la edad (Chen et al, 1990).

El hecho de que el tiempo de exposición necesario para que a una concentración dada se muera el cincuenta por ciento de los camarones ( $LT_{50-c}$ ) aumente al disminuir la concentración indica que el efecto del amoníaco en los camarones es acumulativo al igual que en los peces, lo que hace suponer que los mecanismos por los cuales el amoníaco es tóxico para ambos tipos de organismos son los mismos.

Las consecuencias que tiene someter a los peneidos a las concentraciones subletales, no se encuentran

documentadas; así, el efecto de éstas en la velocidad de crecimiento, es algo que se cree probable, aunque no ha sido cuantificado en magnitud (Chen et al, 1990).

#### VI.1.1.2. Factores que afectan la concentración de nitrógeno amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ + $\text{NH}_3$ ).

En las aguas naturales costeras, los aportes principales de nitrógeno amoniacal son: 1) la excreción de amonio de los animales, 2) la amonificación bacteriana y 3) la descomposición de la materia orgánica, en particular en los estanques acuícolas la descomposición del alimento no consumido, que en general, contiene un alto contenido protéico (Krom et al 1993). Otro aporte importante de nitrógeno amoniacal al agua de los estanques lo provocan las altas mortandades de fitoplancton

Por otro lado, la concentración de nitrógeno amoniacal es afectada por la utilización de amonio como fuente de nitrógeno, la utilización de esta especie del nitrógeno en particular, es preferida por el fitoplancton en comparación con otras especies de nitrógeno, como el nitrito y el nitrato. Strickland et al (1969) y Eppley et al (1969) estudiaron la utilización de fuentes de nitrógeno de cuatro especies fitoplanctónicas, cultivados en medio de cultivo conteniendo nitrato y amonio como fuentes, estos autores encontraron que el amonio es consumido preferentemente al nitrato. La utilización preferencial del amonio como fuente de nitrógeno, parece ser universal a los fitoplanctónicos, ya que la captura del nitrato es también reducida por la presencia de amonio en casi todos los cultivos fitoplanctónicos a la fecha estudiados (Morris, 1989). Esto probablemente por el mayor costo energético que implica la

utilización de nitrato y nitrito, con respecto a la utilización de amonio

Como se mencionó anteriormente, los peneidos son amnotélicos, es decir excretan amonio, como producto de desecho metabólico. Las tasas de excreción de algunos camarones peneidos se muestran en la tabla 9. En ésta como se puede observar, las tasa de excreción de amonio de los peneidos varían con respecto al tamaño del camarón, siendo las tasas de excreción más bajas, las de los camarones grandes. Por todo esto, los niveles de concentración de nitrógeno amoniacoal en el agua donde se cultivan los camarones, estan influenciadas por su densidad y estado metabólico (Dall et al, 1990).

Un factor que influye fuertemente en la concentración del nitrógeno amoniacoal en el agua, es el potencial redox, ya que éste es el que determina en que especie química, se encontrará la mayor parte del nitrógeno (Stumm y Morgan, 1970). Por esta razón, durante la noche cuando los niveles de oxígeno disuelto alcanzan valores mínimos al igual que el potencial redox, la concentración de nitrógeno amoniacoal se incrementa (Mires et al, 1990)

#### VI.1.1.3. Variaciones del nitrógeno amoniacoal ( $\text{NH}_3 + \text{NH}_4$ )

En la figuras 16 A y B se muestran los valores de concentración de nitrógeno amoniacoal y de amoniaco, relacionadas con el tiempo de cultivo en semanas durante el ciclo primavera-verano (A) y en hora del día durante un ciclo diurno (B). En ambas figuras se puede apreciar como los valores de la concentración de amoniaco se encuentran muy por debajo de los determinados como letales para el

camarón, así como para sus estadíos iniciales (tabla 8). El valor más alto de concentración de amoníaco corresponde, aproximadamente, a una tercera parte de la concentración letal para los nauplios de *P.monodon*, la que es la etapa de mayor sensibilidad del camarón al amoníaco (Chen et al 1988).

Por otro lado se puede observar en la fig. 16 (A) que la concentración tanto de nitrógeno amoniacal como la de amoníaco aumentan a lo largo del ciclo de cultivo. Esto, conjuntamente con la observación de que la concentración de oxígeno disuelto en el agua va disminuyendo a lo largo del ciclo de cultivo (sección I.1) y el consumo de  $CO_2$  por reacciones diferentes a las fotosintéticas (sección V.2.1.), evidencia que las condiciones redox del agua en los estanques disminuyen conforme avanza el ciclo de cultivo.

En la fig. 16 (B) se muestran los valores de la variación diurna en los días 64 y 65 del ciclo de cultivo primavera-verano (1 y 2 de junio) en el estanque 5 como se puede observar el valor máximo de nitrógeno amoniacal ocurre en la madrugada, y el nivel más alto de concentración de amoníaco ocurre entre las 15 y las 17 Hrs.. El hecho de que ocurran valores máximos de nitrógeno amoniacal en la madrugada se explica en base a las condiciones redox, ya que a esta misma hora se registran los valores mínimos de oxígeno disuelto (véase sección I.4 y fig 4(A)). Además que durante el día la utilización de amonio como fuente de nitrógeno por el fitoplancton, contribuye a abatir los niveles de nitrógeno amoniacal. Esta utilización, es fotodependiente ya que la captura del amonio es función de la luz. Mac Issac et al (1972) indican que la dependencia de la asimilación de amonio con la luz puede ser descrita por

las del tipo de Michaelis-Menten, por lo cual han definido  $K_{LT}$  la cual es análoga a la constante de saturación al 50 %.

Como se mencionó anteriormente el valor del pH es el que tiene mayor peso en el valor de la fracción de nitrógeno amoniacal que se encuentra como amoniaco por esta razón, alrededor de mediodía cuando se encuentran los valores de pH más altos como consecuencia del consumo de  $CO_2$  por la fotosíntesis (figs 13(B) y 14(B)); el valor de la concentración de amoniaco alcanza un máximo. Aunque en la madrugada la concentración de nitrógeno amoniacal es mas alta, la fracción de éste que se encuentra como amoniaco (que es la forma tóxica) es muy pequeña, ya que el pH favorece presencia de amonio.

En la figura 17 se muestran los niveles de concentración de nitrógeno amoniacal del estanque 1 durante: (A) el ciclo otoño-invierno y (B) el día 30 de enero. Los niveles de concentración de nitrógeno amoniacal presentan valores mayores a los medidos en el ciclo primavera-verano (fig. 16), sin embargo la fracción de nitrógeno amoniacal que es amoniaco, representa un valor muy lejano a los determinados como letales en 24 horas para nauplios de *P. monodon* que como se mencionó anteriormente es el estadio más sensible a este compuesto (Tabla 6).

Por otro lado, en las figura 18(A) y 18(B) se presentan los valores de concentración de nitrógeno amoniacal en el estero Confites, relacionados con el tiempo de cultivo para los ciclos primavera-verano y otoño-invierno. En ambos casos se puede observar como los valores de concentración de nitrógeno amoniacal en el estero son mayores en el ciclo

otoño-invierno, así como las variaciones en su concentración.

La similitud del comportamiento de los niveles de concentración de nitrógeno amoniacal, entre el estero y los estanques de la granja a lo largo de los dos ciclos de cultivo estudiados (niveles mas altos durante el ciclo otoño-invierno que en primavera-verano) confirma lo anteriormente observado con los niveles de concentración de oxígeno disuelto, que es el hecho: que la calidad del agua de los estanques de la granja esta fuertemente influenciada por la calidad del agua del estero.

Dado que la velocidad de recambio del agua de los estanques es baja (el 3% diario), la similitud de comportamientos, en las concentraciones de oxígeno disuelto y de nitrógeno amoniacal, entre el estero y los estanques no se puede explicar solamente con el hecho de que se trata de la misma agua y que es el transporte advectivo de materiales lo que provoca tal similitud. Dado que el tiempo de renovación del agua es aproximadamente un mes se puede decir que: hay una multitud de procesos que están ejerciendo influencia a las aguas tanto dentro como fuera de la granja en la misma magnitud y sentido.

Al igual que para la concentración de oxígeno disuelto, los niveles de nitrógeno amoniacal en el estero se encuentran fuertemente relacionados con la altura de la marea, como se observa en la fig. 18C.

### VI.1.2. Nitrito y Nitrato.

El nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) se encuentra en aguas naturales como un intermediario en los procesos de nitrificación bacteriana del amonio a nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) y la desnitrificación del nitrato a nitrógeno elemental ( $\text{N}_2$ ). Solo en condiciones muy particulares se pueden alcanzar niveles de concentración elevadas de nitrito, una de ellas es en ausencia de una comunidad fitoplanctónica suficiente para consumir el amonio, lo que provoca que las bacterias nitrificantes utilicen el amonio como aceptor de electrones en sus cadenas respiratorias y lo oxiden, inicialmente a nitrito y subsecuente a nitrato.

En los estanques utilizados para el cultivo comercial de especies acuáticas, los niveles de concentración de nitrito y nitrato son regularmente bajos y, sólo en determinadas condiciones, pueden ocurrir aumentos considerables; por citar un ejemplo:

Al término del ciclo de cultivo, al finalizar la cosecha, el estanque se desagua y seca, como un medio de desinfección y de oxidación de la materia orgánica acumulada en el sedimento a lo largo del ciclo que acaba de finalizar (Villalón 1991). La oxidación del nitrógeno contenido en la materia orgánica tiene como producto final nitrato. Cuando el estanque es llenado para el siguiente ciclo de cultivo, se provoca una disolución del nitrato contenido en el suelo, que es llevado a nitrógeno molecular ( $\text{N}_2$ ) por las bacterias desnitrificantes y por tanto ocurre una elevación de la concentración de nitrito, que es un intermediario en este proceso (Krom, et al 1993)

#### VI.1.2.1. Efecto de las concentraciones de nitrito y nitrato en peneidos.

El efecto tóxico del nitrito ha sido estudiado en algunos peces. En el caso de *Salmo gairdneri*, se evaluó el efecto de intoxicaciones agudas y establecido las concentraciones letales medias. A concentraciones menores a las encontradas como letales, el nitrito provoca una intoxicación crónica que tiene como síntoma principal la metahemoglobinemia que, aunque no es mortal causa una disminución de la capacidad de acarreo de oxígeno por la sangre, lo cual reduce el crecimiento normal de los peces. Al igual que la intoxicación por amoníaco, el nitrito provoca daños en las branquias, reduciendo su capacidad de intercambio gaseoso (Wedemeyer et al, 1978).

La toxicidad de los nitritos es función de otros factores fisicoquímicos característicos del medio. En el caso de la salinidad, especialmente la concentración de iones cloruro, se ha demostrado que altas concentraciones de estos, reduce la toxicidad de los nitritos (Krom et al, 1993).

En la tabla 10 se presentan los valores estimados de concentración letales del nitrito para el caso particular de los camarones peneidos, en esta tabla se puede apreciar que la susceptibilidad de los camarones al nitrito es menor conforme aumenta la edad del mismo (Chen et al, 1988; Jayansankar et al, 1983).

En la tabla 11 se muestran los resultados encontrados por Mevel et al (1991), en la relación existente entre los niveles de concentración de nitrito en el agua del acuario



donde se mantuvieron camarones de la especie *P. japonicus* y su tasa de mortalidad, como se puede observar en la mencionada tabla, el valor más alto encontrado de concentración de nitrito es aproximadamente 10 veces menor al estimado como letal para nauplios de *P. monodon*.

Los efectos de los niveles de concentración de nitrato sobre los peneidos, no se encuentran documentados en la literatura, lo que hace suponer que esta especie de nitrógeno en particular no presenta efectos tóxicos, a las concentraciones a las cuales se encuentra en la naturaleza, como en las estanqueras de cultivo. Sin embargo, en condiciones naturales se ha encontrado una correlación lineal negativa, entre la concentración de nitrato del agua y la abundancia de algunos ciliados ectocomensales en *P. japonicus* (Hudson et al, 1992), la abundancia de estos ectocomensales puede llegar a tener en algunos casos efectos dañinos para los camarones (Oversreet, 1973).

#### VI.1.2.2. Variación en la concentración de Nitrito

Los niveles de concentración de nitrito encontrados en el estanque 1 (en la granja aquí estudiada) en función del tiempo, en días, en los ciclos de cultivo primavera-verano y otoño-invierno se muestran en las figuras 19 (A) y 19 (B) respectivamente; en ambos ciclos se observa una variación estrecha en los niveles de concentración de los nitritos que no presentan ningún tipo de tendencia, es decir, las concentraciones no aumentan o disminuyen a lo largo del ciclo de cultivo; además, los valores de concentración máximos alcanzados distan mucho de los estimados como

letales para los nauplios del camarón *P. monodon*, que en esta fase, son más sensibles a los efectos tóxicos de sustancias como el amoníaco y los nitritos.

En la figura 19 (B) se observa que a lo largo del ciclo de cultivo otoño-invierno, se presentan algunos máximos de concentración en ciertos días en particular en los cuales se registrarán copiosas lluvias (vease figura 11B sección III.2.1.), Debido a que el agua de lluvia acarrea y disuelve materiales del suelo hacia los estanques, dentro de la composición de estos materiales, es muy probable que se encuentren disponibles nitratos y nitritos que expliquen estos máximos.

Los niveles de concentración de nitrito encontrados en el estanque 5, a lo largo de los ciclos de cultivo primavera-verano y otoño-invierno, se presentan en la figura 20 (A) y (B) respectivamente, en el ciclo otoño-invierno se puede apreciar que los niveles de concentración de nitrito se encuentran dentro de un intervalo de valores estrecho y sin una aparente tendencia; sin embargo, para el ciclo primavera-verano, en el estanque 5, los niveles de concentración de nitrito presentan una clara tendencia de aumento en la concentración conforme transcurre el ciclo de cultivo. No obstante los incrementos en la concentración de nitrito, observados en el estanque 5, no alcanzan los valores de concentración determinados como letales para los camarones peneidos (Tabla 10).

La variación de los niveles de concentración de nitrito a lo largo de un día se presentan en la figuras 21 A (para

el día 4 de mayo que corresponde al número 36 en el cultivo primavera-verano) y 21 B (para el día 30 de enero que corresponde al día 163 del ciclo de cultivo otoño-invierno); al igual que para el ciclo de cultivo en general los niveles de concentración en ambos días, presentan una variación muy estrecha y no alcanzan un valor tóxico, ya que se mantienen aproximadamente en una proporción 1000 veces menor que la concentración letal más baja encontrada para el camarón *P. monodon* (Tabla 10).

#### VI.1.2.3. Variación en la concentración de nitrato

En la figura 22 (A) se presentan los niveles de concentración de nitrato en el agua del estanque 1, durante el ciclo de cultivo primavera-verano en función del tiempo (en días) de duración del cultivo; al igual que para los nitritos, los niveles de concentración son muy bajos en comparación con los de amonio (figuras 16 y 17), y presentan variaciones dentro de un rango de valores muy estrecho.

En la figura 22(A) se presentan los valores de nitrato detectado en el estanque 5 durante el ciclo de cultivo primavera-verano y, como se puede observar, los niveles de concentración de esta especie nitrogenada son bajos al inicio de cultivo; después de la segunda a la sexta semana de cultivo ocurre un aumento y posteriormente un abatimiento de la concentración. Este caída en el nivel de la concentración coincide con el aumento en la concentración de nitritos (figura 20 A) lo cual parece indicar que el nitrato está siendo transformado a nitrito, muy probablemente por las bacterias desnitrificantes.

Los niveles de concentración determinados durante el ciclo de cultivo otoño invierno se presentan en la gráfica de la figura 22 (B) relacionados con el tiempo (en días) de duración del cultivo. En este ciclo de cultivo, se puede observar una tendencia al aumento en la concentración de nitrato conforme transcurre el ciclo de cultivo; además, al igual que para los nitritos, para ciertos días en particular, se observan valores altos de la concentración de nitratos, con una baja subsiguiente. Como se explicó en la sección anterior (sección VI.1.2.2.), para los nitritos, estos días coinciden con aquellos que registran precipitación pluvial; ahora bien, la tendencia a aumentar la concentración de nitrato en el agua de la granja puede ser explicada en base a que fue al final del ciclo de cultivo cuando las lluvias tuvieron una mayor intensidad y frecuencia.

Los valores encontrados de nitratos en variaciones diurnas fueron siempre muy bajos y, en la mayoría de los casos, se encontraron por abajo del límite de detección calculado para la técnica. En algunos días en particular, y sobre todo al inicio del ciclo de cultivo, se pudieron detectar nitratos a lo largo de todo el día; estos se muestran en la figura 23 (A), que presenta los niveles de concentración de nitratos para los días 36 y 37 del ciclo de cultivo primavera-verano (4 y 5 mayo). Como se puede observar en estas figuras el nivel de concentración de nitrato, presenta a lo largo de un día variaciones en su valor, dentro de un intervalo de valores muy estrecho, registrándose los valores máximos en las horas cercanas al mediodía, lo que coincide con los valores mas altos de concentración de oxígeno disuelto, por lo que se puede decir

que la presencia de esta forma de nitrógeno, es favorecida por las condiciones redox oxidantes, ya sea directamente por provocar la oxidación química del amonio o del nitrito, o por favorecer las condiciones, la presencia de bacterias nitrificantes y desnitrificantes (Mevel et al 1981).

En las figuras 24 y 25 se muestran los valores de nitrito y nitrato registrados en el agua del estero Confites en los ciclos primavera-verano (figura 24 (A)) y otoño-invierno (figura 25) relacionados con el tiempo de cultivo. Como se puede observar en ambas figuras los niveles de nitrito son siempre más bajos a los de nitrato, alrededor de unas diez veces.

Las variaciones en los niveles de concentración de ambas especies de nitrógeno a lo largo del ciclo de cultivo primavera-verano son aparentemente inversas, figura 24 A, dado que al aumentar la concentración de nitrato hay una disminución en la concentración de nitrito, esto puede deberse a que estas dos formas de nitrógeno se esten interconvirtiendo ya sea por procesos químicos y/o biológicos.

Por otro lado en la figura 25, se puede observar que los niveles de nitrito y nitrato presentan una gran similitud en sus comportamiento ya que para ciertos días los niveles de concentración se elevan a la par, como se discutió anteriormente en las variaciones de estos parámetros en los estanques, estos aumentos en la concentración ocurren en los días en los cuales se tiene registro de lluvias; por lo que estos aumentos en la concentración se deben a la disolución de materiales acarreados por el agua de lluvia.

En la figura 24 (B) se muestran los niveles de concentración estimados de nitrito y nitrato, en el estero Confites durante el día 29 de junio; adicionalmente se presenta la variación en la altura de la marea. Al igual que para los estanques las variaciones en la concentración de nitrito y nitrato a lo largo de un día fueron en un intervalo de valores estrecho y en la mayoría de los casos las concentraciones de nitrato estuvieron por abajo de el límite de detección para la técnica.

Los niveles de concentración de nitrito y de nitrato en el agua de los estanques de la granja, comparados con los del estero Confites, presentan valores muy similares. Por esto se puede decir que la calidad del agua en el interior de la granja en lo que se refiere a estas dos formas de nitrógeno, es prácticamente la misma dentro y fuera de la granja.

## VI.2 Fósforo

El fósforo es un constituyente fundamental de los seres vivos debido a sus dos tipos de funciones principales: 1) estructurales, en el caso de moléculas como el ADN (ácido desoxirribonucleico), algunas enzimas y varios cofactores de las mismas, o bien, 2) de manejo de energía en los procesos celulares en el ATP (adenosin trifosfato) (Pierru, 1979). Sin embargo su utilización como nutriente por los productores primarios, está limitada a su disponibilidad en forma reactiva (orto-fosfato) (Heyman et al, 1988).

Aun cuando los niveles de concentración de fósforo no tienen algún efecto en particular sobre los camarones peneidos, la importancia de su determinación y control en el cultivo de estos crustáceos se debe principalmente al efecto que tiene sobre el resto de la biota, en particular sobre el fitoplancton (Pierru,

1979). Aunque a la fecha no existe respuesta a la recurrente pregunta sobre ¿qué limita la producción del fitoplancton en las aguas naturales, la disponibilidad de nitrógeno o de fósforo?, es obvio que en ausencia o deficiencia de fósforo, el desarrollo del fitoplancton estará limitado (Morris, 1980; Heyman et al, 1988).

#### VI.2.1. Variaciones en la concentración de fósforo.

En la figura 26 se presentan las variaciones en los niveles de concentración de fósforo reactivo disuelto en el agua, durante el ciclo primavera-verano en el estero Confites y canal reservorio (A), en los estanques 1 y 5, y en el agua de salida de la granja (B). En ella se puede observar que el agua suministrada a la granja presenta niveles de concentración variables, con un máximo en la séptima semana de cultivo, después del cual, los niveles de concentración descienden paulatinamente; en el canal reservorio se observó también este máximo de concentración, pero hasta en la decima semana de cultivo. Como se mencionó en el capítulo de Materiales y métodos, el sitio de muestreo denominado canal reservorio, corresponde al punto más alejado del mismo respecto a la entrada de agua de la granja (estación IN), por esto, se puede hipotetizar que el desfase observado en el máximo de concentración de fosfatos entre el agua de ingreso y del canal reservorio, se debe al tiempo que tarda una masa de agua del ingreso al final del canal reservorio.

En la figura 26 (B) se presentan los niveles de concentración de fosfato en el agua de los estanques 1 y 5 durante el ciclo de cultivo primavera-verano. En esta figura se puede apreciar que los niveles de concentración en el agua de los estanques va en aumento paulatino a lo largo del ciclo; hacia el final de éste, en la decima semana se presenta un máximo con un subsecuente descenso. Este comportamiento es muy parecido al de las concentraciones en el canal reservorio, por lo que puede

decir que es el agua que ingresa a los estanques lo que provoca el aumento mencionado en la concentración de fosfatos.

Por otro lado, en la misma figura 26 (B), se muestran los niveles de concentración de fosfatos en el agua de salida de la granja durante el ciclo de cultivo primavera-verano. Estos niveles presentan también un máximo en la séptima semana que es mayor a los registrados en las aguas de ingreso y de interior de los estanques; además, ocurre al mismo tiempo que el máximo registrado en el agua de ingreso a la granja. Este conjunto de datos lleva a la hipótesis de que, entre el estero y la granja se da un circuito de reuso del agua debido a que, aparentemente el agua vertida por la granja, tiene una concentración mayor de fosfatos que la del estero (lo que puede considerarse como un trazador de esta masa de agua). Esta agua es incorporada nuevamente y a consecuencia de esto se observa el incremento en la concentración de fosfatos en el agua de ingreso. Esta hipótesis, se ve reforzada al examinar el trazo de la granja (Plano 1), ya que la localización del cárcamo de bombeo a través del cual se introduce el agua hacia el canal reservorio de la granja está a aproximadamente a 10m. de la salida de un canal de desagüe, que recoge el agua de las compuertas de salida.

La variación en función del tiempo de los niveles de concentración de fosfatos en el agua de los estanques 1 y 5 así como en el agua de suministro a la granja durante el ciclo otoño-invierno, se presentan en la figura 27. En ésta figura se observa que los niveles de concentración, encontrados en este ciclo de cultivo, se mantienen en un intervalo de valores similar al observado durante el ciclo primavera-verano, pero sus variaciones son más frecuentes y no presentan alguna tendencia en el comportamiento.



Al igual que la salinidad, y las concentraciones de nitritos y nitratos, los niveles de concentración de los fosfatos en el agua son fuertemente influenciados por la presencia de lluvia, ya que se registran concentraciones más altas de este nutrimento después de precipitaciones pluviales.

La influencia de las lluvias en los niveles de concentración de los fosfatos, al igual que para casi todos los materiales hasta aquí discutidos, se observa más claramente en el agua de ingreso que en el agua de los estanques de la granja, ya que en ésta los máximos de concentración alcanzan valores mayores y el retorno a las condiciones de concentración originales es más rápido. Lo primero se debe a que el estero de Urías representa una cuenca de captación de agua muy amplia (comparada con la granja) por lo que el aumento en la concentración de materiales es más drástico; el posterior abatimiento en los niveles puede deberse a que el cuerpo lagunar tiene comunicación constante con el mar, y dado que, en la época del año donde se lleva a cabo el ciclo otoño-invierno, se presentan las variaciones más amplias en la altura de la marea de todo el año, como consecuencia el recambio del agua del cuerpo lagunar debe ser rápido, lo que provoca que las condiciones marinas en el agua del estero del cuerpo lagunar prevalescan.

En la figura 28 se presentan las variaciones de concentración de fósforo relacionados con la hora del día en los ciclos diurnos del 4 de mayo (A) y 15 de junio (B) correspondientes respectivamente a los días 36 y 78, del ciclo de cultivo primavera-verano. En esta figura se puede observar que los valores se mantienen dentro de un mismo intervalo de concentraciones de fosfatos para ambos ciclos diurnos, aunque sus valores máximos y mínimos no coinciden. Así por ejemplo el día 4 de mayo el nivel mínimo de la concentración ocurre después de

mediodía y para el 15 de junio aproximadamente a la misma hora, se presenta un nivel máximo.

El comportamiento observado en la concentración de fosfato para el ciclo diurno del día 4 de mayo se puede explicar de la siguiente manera: durante el día ocurre un mínimo en la concentración despues del mediodía debido al consumo de fosfatos por el fitoplancton en horas de insolación (Heyman y Lundgren, 1988), además de un posible atrapamiento de fosfato por los sedimentos, ya que se ha demostrado que las condiciones óxicas que se presentan al mediodía, influyen de manera determinante en el flujo de este nutrimento, de la columna de agua hacia el sedimento (Furamai et al, 1989). El aumento posterior en la concentración de fosfatos puede explicarse como una liberación desde los sedimentos, ya que las condiciones anóxicas que se presentan, en particular durante la madrugada, favorecen el flujo de fosfatos de los sedimentos hacia la columna de agua (Furamai et al, 1989).

El comportamiento en la concentración de fosfatos observado el día 15 de junio no presenta el patrón esperado de bajas concentraciones durante horas de insolación, y/o un aumento en los niveles de concentración durante la noche lo cual podría ser consecuencia de que alguno de estos dos procesos, el consumo por el fitoplancton y/o los flujos desde los sedimentos, está siendo determinantemente influenciado por algún proceso que no se puede explicar con los datos obtenidos en el presente estudio.

### VI.3. Relaciones estequiométricas entre los nutrimentos.

La relación estequiométrica entre el fosfato y el nitrógeno en la composición de la materia orgánica y, en particular del fitoplancton, ha sido sujeto de numerosas investigaciones, que

han evidenciado que el valor de esta relación es muy variable, consecuencia de varios factores entre los que se pueden enumerar:

- 1) Factores genéticos: ya que en las mismas condiciones de cultivo (en laboratorio y en medio ambiente natural) diferentes especies de fitoplancton, poseen una composición distinta que se refleja en la razón N:P.
- 2) Factores fisiológicos: se ha encontrado que una misma especie de fitoplancton, en diferentes condiciones ambientales, (tanto en el campo como en el laboratorio) i.e. la composición del medio de cultivo y el régimen de iluminación producen diferentes valores de la razón N:P (Morris 1980).

Con el fin de conocer la relaciones que guardan los niveles de concentración de los diferentes nutrimentos entre si y con los otros parámetros fisicoquímicos evaluados en las aguas de la granja se les realizó un análisis de regresión y correlación; cuyos resultados estadísticamente significativos (de acuerdo con la prueba de student, Miller et al, 1988) se muestran en las tablas 12 a 17.

Las relaciones entre las concentraciones de nutrimentos en el estero durante los ciclos primavera-verano y otoño-invierno se muestran, respectivamente, en las tablas 12 y 13, donde se observa solamente una relación estadísticamente significativa entre las concentraciones de nitrato y nitrito en ambos ciclos. Esta relación en el ciclo primavera-verano es inversamente proporcional en contraste con el ciclo otoño-invierno donde la relación es directamente proporcional. Una posible explicación a estas aparentemente contradictorias relaciones, pudiera ser la siguiente: 1) Cuando la relación entre las concentraciones de nitrito y nitratos es directamente proporcional, se debe al aumento neto en la concentración de nitrógeno total en el agua,

como se mencionó anteriormente en las secciones Variación en la concentración de nitritos (VI.1.2.2.) y Variación en la concentración de nitratos (VI.1.2.3), este incremento se observó durante el transcurso del ciclo otoño-invierno. 2) Cuando la relación observada entre las concentraciones de nitrito y nitratos es inversamente proporcional, ocurre que la concentración de nitrógeno total en el agua es mas o menos constante y las variaciones en las concentraciones de las diferentes especies de este elemento se deben a la interconversión de unas especies en otras, por lo que al producirse una será siempre a expensas de la concentración de otra.

Entre los niveles de concentración de fosfato soluble en el agua y el nitrógeno total se observó solamente una relación estadísticamente significativa durante el ciclo de cultivo otoño-invierno. La relación estequiométrica P:N encontrada fue de aproximadamente 1:12; sin embargo, en ninguno de los dos ciclos de cultivo se encontró relación entre los fosfatos y la materia orgánica en el particulado, ni con los pigmentos fotosintéticos (tablas 12 y 13).

En el estero Confites, durante el ciclo de cultivo primavera-verano, los niveles de concentración de nitrito y materia orgánica presentaron una relación inversamente proporcional, al igual que las concentraciones de nitrógeno amoniacal y de clorofila (tabla 12).

Dado que no se encontró una relación estadísticamente significativa entre los niveles de concentración de los fosfatos solubles en el agua del estero Confites y materia orgánica o los pigmentos fotosintéticos, y que las relaciones encontradas con estos parámetros y las especies del nitrógeno fueron inversamente proporcionales, se puede sugerir que para las aguas del estero

Confites: (1) la disponibilidad del fosfato no es limitante para la producción primaria ya que de ser así, debiera de haber una relación entre la concentración de éste y los niveles de pigmentos fotosintéticos, ya que se ha encontrado en aguas naturales una relación entre los nutrimentos y los niveles de pigmentos fotosintéticos (Heyman y Lungren, 1988); y (2) la disponibilidad del nitrógeno tampoco es una limitante para la productividad primaria, ya que se encuentran relaciones inversamente proporcionales entre las concentraciones de este elemento y los niveles de pigmentos fotosintéticos. Por lo anterior podría decirse que el estero del Confites se encuentra eutroficado y se puede hipotetizar que el factor limitante es la luz.

Los resultados del análisis de correlación entre los parámetros medidos en el estanque 5 durante los ciclos de cultivo primavera-verano (Tabla 14) y otoño-invierno (tabla 15), únicamente muestran correlaciones entre las concentraciones de nitratos y fosfato soluble, durante ambos ciclos. Es importante hacer notar que en ambos ciclos de cultivo la relación fue directamente proporcional, aunque la relación estequiométrica P:N entre estos elementos difiere grandemente entre un ciclo y otro (en el ciclo primavera-verano es 3:1 y en otoño-invierno 1:3), lo anterior implica una abundancia de fosfatos, ya que la relación fósforo-nitrógeno en la composición de la materia orgánica en el fitoplancton, no alcanza valores tan grandes.

En el estanque 5 los niveles de concentración de las especies nitrogenadas presentaron una relación directamente proporcional con los pigmentos fotosintéticos y la materia orgánica en el particulado. De aquí se concluye que en la estanquería la adición de sales de nitrógeno o de nitrógeno orgánico (del alimento suministrado al camarón), promueve el desarrollo fitoplanctónico; en este sentido se puede decir que en

este estanque el nitrógeno, es elemento limitante para el desarrollo del fitoplancton, aunque esto se debe fundamentalmente a la abundancia de fosfato soluble y se puede decir adicionalmente que la luz no es un factor limitante.

Las correlaciones encontradas entre los parámetros estimados en el agua del estanque 1 durante los ciclos de cultivo primavera-verano y otoño-invierno, se presentan en las tablas 16 y 17 respectivamente. En ellas se puede apreciar que en ambos ciclos de cultivo los niveles de concentración de fosfatos y los pigmentos fotosintéticos tiene una relación estadística significativa, que indica una clara influencia del fosfato soluble en la producción primaria, aunque, como en el ciclo primavera verano se encontró correlación entre las concentraciones de clorofila a y las de nitrato, es difícil afirmar que este elemento sea el limitante en la producción primaria.

Para comparar los niveles promedio de los parámetros evaluados en los diferentes cuerpos de agua en el presente estudio, con datos de otros estudios similares, se procedió a calcular los valores promedio de nuestros datos para cada parámetro, eliminando los valores extremos cuyo valor se situaba a una distancia de 1.5 veces el recorrido del intercuartil, del cuartil mas próximo (Ignatiades L. et al, 1992).

Con los promedios obtenidos y utilizando la prueba de comparación de medias de t-Student (Miller et al, 1988) se analizaron inicialmente los valores de los diferentes cuerpos de agua, objeto del presente estudio, en función de la estación de cultivo. En la tabla 18 se presentan los promedios obtenidos para los parámetros medidos en el Estero Confites durante el ciclo de cultivo primavera-verano (abril a junio de 1991) y durante el ciclo otoño-invierno (septiembre 1991 a febrero 1992), así como

los resultados y conclusiones de la prueba de diferencia de medias.

En la tabla 18 se puede apreciar que los valores promedio de la mayoría de los parámetros contemplados no son significativamente diferentes entre las diferentes épocas del año comparadas y las excepciones mas importantes se observan en la salinidad, nitratos, pigmentos fotosintéticos y la materia orgánica particulada. Las diferencias encontradas pueden ser explicadas en base a los lluvias torrenciales que caracterizaron al ciclo otoño-invierno, y que originaron un abatimiento en la salinidad en el estero y un aumento en la concentración de nitratos, debido al arrastre y disolución de materiales terrígenos.

En la tabla 25 se muestran los intervalos de concentración estimados de algunos parámetros fisicoquímicos en diferentes cuerpos de agua naturales en nuestro país, en la que se observa que la salinidad es un parámetro cuyo valor promedio en las lagunas costeras es sumamente variable, inclusive en el interior de un mismo cuerpo de agua, ya que se ve afectada por diferentes procesos naturales como la evaporación y el aporte de agua por lluvias.

Con excepción del nitrógeno amoniacal, los valores promedio de los nutrimentos encontrados en el estero Confites coinciden con los encontrados para los diferentes cuerpos de agua naturales incluidos en la tabla 25. El valor promedio de nitrógeno amoniacal en el estero Confites es mayor al extremo superior de los intervalos que se presentan para los demás cuerpos de agua y la razón de esto pudieran ser las descargas domésticas e industriales del Puerto de Mazatlán y que posiblemente influyen sobre el estero Confites a través de los esteros del Infiernillo y Urías.

Para evaluar las diferencias generales entre los estanques de la granja la Clementina dentro de un mismo ciclo de cultivo, se realizó un ejercicio de comparación de medias, similar al descrito anteriormente, cuyos resultados se presentan en la tablas 19 y 20 para los ciclos primavera-verano y otoño-invierno, respectivamente. En la tabla 19, con excepción de los nutrimentos, ninguno de los demás parámetros presenta diferencias estadísticamente significativas entre un estanque y otro. Ahora bien, en lo que concierne a los nitritos y nitratos, las diferencias encontradas entre los niveles promedio de concentración, son menores al coeficiente de variación de las técnicas de determinación de ambos, por lo que pudieran ser consideradas sólo una diferencia aparente.

En la tabla 20, a excepción de las clorofilas a y c y los sólidos totales, el resto de los parámetros fisicoquímicos determinados no muestran diferencias estadísticamente significativas. En cuanto a los sólidos totales, las diferencias entre un estanque y otro, pueden atribuirse a una influencia distinta de la lluvia para cada estanque en este ciclo de cultivo, de conformidad a lo mencionado anteriormente en el capítulo de Materiales y Métodos, en el que se informa que el volumen del estanque 5 casi duplica el del estanque 1, por lo que el efecto de dilución por lluvias en el primero es menor.

En las tablas 23 y 24 se presentan los resultados del análisis estadístico de comparación de medias, ahora evaluando las diferencias entre los valores promedio de los parámetros medidos en los estanques 1 y 5, respectivamente, entre un ciclo de cultivo y otro.

En la tabla 23 se observa que en el estanque 1, a excepción



de las concentraciones de nitratos y fosfatos, las diferencias entre las medias de todos los demás parámetros entre un ciclo y otro, fueron estadísticamente significativas; sin embargo, en la tabla 24 se muestra que para el estanque 5 únicamente los niveles de concentración de nitrógeno amoniacal no presentan diferencias significativas entre un ciclo de cultivo y otro.

Del análisis de comparación de valores promedio de los parámetros fisicoquímicos evaluados en cada estanque estudiado, se desprende la evidencia de que estos se comportan de manera distinta entre un ciclo y otro.

Adicionalmente, se llevó a cabo un análisis de comparación de medias entre los valores promedio calculados para los parámetros evaluados en el estero y el agua del estanque 1 durante los ciclos primavera-verano y otoño-invierno. Los resultados de estos análisis se muestran en las tablas 21 y 22.

En la tabla 21 se muestran las conclusiones obtenidas en el análisis para el ciclo primavera-verano, y en ella se observa que en la mayoría de los parámetros involucrados, las diferencias entre las medias comparadas son estadísticamente significativas y, con excepción del nitrógeno amoniacal y los fosfatos solubles, las concentraciones de los materiales en el agua del estanque 1 son mayores que en la del estero; no obstante, entre estos valores promedio de concentración, los de nitritos, nitratos, fosfatos, clorofila a y salinidad se encuentran dentro de los intervalos de concentración observados en las aguas de los otros cuerpos de aguas naturales en México, mostrados en la tabla 25.

Por lo anterior, se puede decir que aunque los niveles de ciertos nutrimentos son mayores en el agua de los estanques que en el estero en la misma época del año, en realidad no están superlativamente aumentados y, pese a parecer altos, se

encuentran dentro de los intervalos de concentración encontrados para otros cuerpos de aguas naturales, incluso no afectadas por actividades humanas.

En la tabla 22 se muestran los resultados del análisis de comparación de medias de los parámetros estudiados, entre el estanque 1 y el agua del estero, durante el ciclo de cultivo otoño-invierno. En este ciclo no se encuentran diferencias significativas entre las medias de concentración de los nitritos y el nitrógeno amoniacal del estanque 1 y del estero. Los niveles promedio de concentración de nitratos y fosfatos solubles en estero Confites fueron mayores que los del estanque y los de pigmentos fotosintéticos son mas bien menores.

Al igual que en el ciclo primavera-verano, los niveles de concentración de los nutrimentos en los estanques de la granja, permanecen dentro de los intervalos de concentración mostrados en la tabla 25 para varios de los cuerpos lagunares costeros de nuestro país, en los cuales se ha generado información al respecto.

En la tabla 26 se muestran los valores de algunos parámetros fisicoquímicos determinados en granjas camaronícolas semi-intensivas en México, así como los valores considerados como óptimos. Para la mayoría de los parámetros evaluados en el presente estudio no se cuenta con información sobre niveles óptimos ya que, en general, se basan en la experiencia de granjas semi-intensivas orientales que cultivan especies diferentes a las de nuestro país.

## VII. Material Suspendido.

### VII.1. Sólidos totales en el agua .

En el presente trabajo se denominó sólidos totales en el agua, al material que queda contenido en el filtro de fibra de vidrio (A-E Gelman Sciences). Cabe señalar que en el filtro además de material suspendido, queda material disuelto por el procedimiento de colecta, debido a que el filtro queda humedecido con agua de la muestra, por lo que al momento de secar el filtro para su procesamiento, las sales disueltas contenidas en el agua quedan retenidas.

Los altos valores de la salinidad registrados en el agua de la granja durante todo el ciclo primavera-verano y parte del otoño-invierno, tanto en el agua de suministro como en la de los estanques hacen necesario el considerar en el peso final del filtro el aporte de las sales retenidas en él a consecuencia del método de muestreo.

En el agua de origen estuarino en que se cultivan los camarones en estanquería normalmente tiene una carga alta de material suspendido compuesta principalmente de partículas de sedimento y materia orgánica; dentro de esta última se encuentran las partículas fitoplanctónicas (Boyd, 1989).

En la granja la Clementina donde se realizó el presente estudio, la turbidez se mantiene entre 35 y 40 cm. a través de recambio de agua o adiciones de fertilizantes en una lectura de sechi entre 35 y 40 cm.

Se ha encontrado que la fracción de sólidos particulados cuyo tamaño fluctúa entre 0.5 a 5.0µm, estimula

el crecimiento de los camarones en un 53% comparado con aquellos cultivados en aguas libres de particulado (Moss et al, 1992). Aunque las velocidades máximas de crecimiento obtenidas se dan cuando el particulado no es retirado del agua donde se cultivan los camarones, el hecho de retirar la fracción del particulado mayor a 5.0  $\mu\text{m}$  provoca un descenso de aproximadamente un tercio en la velocidad de crecimiento. El particulado de diámetro mayor a 0.5 $\mu\text{m}$  se compone principalmente por diatomeas y agregados de detritos cubiertos de bacterias (Moss et al, 1992), que son utilizados por los camarones como alimento (Boyd, 1989).

La utilización del fitoplancton como alimento de los camarones, es uno de los incentivos mas importantes para promover su desarrollo: la fertilización es el procedimiento más frecuentemente utilizado para promover el crecimiento de la población fitoplanctónica; sin embargo este aumento no debe ser indiscriminado ya que los niveles de concentración de oxígeno disuelto en los estanques están fuertemente influenciados por estas poblaciones, ya que durante el día este grupo de organismos produce oxígeno a través del proceso fotosintético, pero durante la noche consumen oxígeno a por respiración (Boyd et al, 1978).

## VII.2. Variación del contenido de sólidos suspendidos totales y materia orgánica.

En la figura 29 se muestran los niveles de sólidos totales en el agua de los diferentes cuerpos en la granja, relacionados con el tiempo de cultivo en semanas de ciclo primavera-verano (A) y otoño-invierno (B). En el primero de

los ciclos la mayor parte del tiempo los niveles de sólidos totales en el agua son mayores en los estanques de la granja que en el estero por lo que se puede afirmar que la granja representa un aporte de sólidos totales al estero; como se puede observar en la misma figura, este aporte representa un incremento del 100% aproximadamente en los niveles de referencia.

Durante el segundo ciclo, al igual que en el anterior, los niveles de sólidos totales son mayores en el agua de los estanques que en la del estero aunque, en ciertos días en particular, se observan incrementos repentinos en los niveles de sólidos totales tanto en el estero como en los estanques, pero no de forma proporcional ni equilibrada, ya que en algunas ocasiones el nivel de sólidos totales en el estero es superior a los detectados en el agua de los estanques; estos incrementos abruptos de materiales suspendidos en el agua, pueden ser explicados por la presencia de lluvias.

En la figura 30 se muestra la cantidad de materia orgánica en el particulado del agua de la granja y el estero Confites durante el ciclo primavera-verano (A) y otoño-invierno (B). En ambas figuras se puede observar que la concentración de materia orgánica en el particulado presenta un comportamiento similar al de los sólidos totales en el agua, y representan siempre entre un 15 y un 20% del peso de los sólidos totales, por lo que se puede decir que las composición de los sólidos totales en el agua de la estanquería de la granja y del cuerpo lagunar que los abastece es aproximadamente constante.

#### VII.4 Variación en los niveles de concentración de clorofilas.

Los niveles de concentración de clorofila A, B Y C y feopigmentos en el agua del estero Confites (A), estanque 1 (B) y estanque 5 (C) durante el ciclo primavera-verano, se presentan en la figura 31 en función del tiempo de cultivo. Para ambos estanques, las gráficas demuestran una franca tendencia al aumento de las concentraciones de clorofila a conforme avanza el ciclo de cultivo, mientras que para el estero, estas concentraciones mas bien se mantienen a niveles constantes. En relación a la concentración encontrada de clorofila b en los dos estanques y el estero, ésta se mantiene fluctuando en un intervalo entre 0 y 6  $\mu\text{g/l}$  a lo largo del ciclo.

En la figura 32, se presentan los niveles de clorofila A relacionados con los días de cultivo en los estanques 1 (A) y 5 (B) durante el ciclo de cultivo otoño-invierno. Como se puede observar en esta figura, los niveles de concentración de clorofila A presentan un aumento conforme transcurre el ciclo de cultivo, al igual que en el ciclo primavera-verano, pero en el ciclo otoño-invierno los niveles de concentración de los feopigmentos tuvieron la mayor parte del tiempo concentraciones detectables en los estanques de la granja, y en algunos casos mayores a las de la clorofila A. Las marcadas variaciones en las concentraciones de clorofila A y feopigmentos observadas durante este ciclo de cultivo se pueden explicar debido a la presencia de aguaceros torrenciales ya que, después de ocurridos, se incrementaba la concentración de ambos pigmentos figuras 32 y 33.

Aún cuando gráficamente no se pudo observar una tendencia en los comportamientos de las clorofilas B y C, a través del análisis estadístico se encontró una relación directamente proporcional entre los niveles de clorofila A y las clorofilas B y C (tabla 17). Este dato indica que estos pigmentos fotosintéticos, al igual que la clorofila A, tienen una tendencia al aumento conforme transcurre el ciclo de cultivo y que sus concentraciones fueron influenciadas por las lluvias torrenciales.

En la figura 33 se muestran las concentraciones de clorofila A en el estero Confites relacionadas con el tiempo, en días, del ciclo de cultivo otoño-invierno. En esta gráfica los niveles de concentración de clorofila A y de los feopigmentos presentaron variaciones muy marcadas, pero dentro de un intervalo de valores mas angosto comparado con el de los estanques de cultivo de la granja (figura 32). Las variaciones en los niveles de concentración de la clorofila A y de los feopigmentos en el estero se relacionaron al igual que en los estanques con la presencia de aguaceros torrenciales. Cabe hacer mención que el aumento en la concentración de los feopigmentos y de las clorofilas con respecto a la ocurrencia de aguaceros torrenciales, no pudo ser establecida una relación entre los niveles de concentración y la cantidad de agua en milímetros precipitada en cada aguacero.

con el de los estanques de cultivo de la granja (figura 32). Las variaciones en los niveles de concentración de la clorofila A y de los feopigmentos en el estero se relacionaron al igual que en los estanques con la presencia de aguaceros torrenciales. Cabe hacer mención que el aumento

en la concentración de los feopigmentos y de las clorofilas con respecto a la ocurrencia de aguaceros torrenciales, no pudo ser establecida una relación entre los niveles de concentración y la cantidad de agua en milímetros precipitada en cada aguacero.

## VIII Flujo de materiales.

### VIII.1 Comportamiento general de los estanques con recambios lentos

Los estanques en los que la velocidad de recambio del agua es muy baja (del 1 al 5 %) se comportan en general como cultivos de algas en "Batch". Dado que los nutrientes, metabolitos, comida y materia orgánica son añadidos al cultivo y solo una pequeña cantidad de estos salen de él, la acumulación paulatina de materiales provoca, en cierto sentido, un envejecimiento del agua que da origen a una disminución de la capacidad del medio para proveer de las condiciones ambientales adecuadas al organismo cultivado (capacidad de carga). Así, el comportamiento de un estanque de esta naturaleza puede ser resumido como sigue:

Al principio la concentración de los nutrientes y de los metabolitos tóxicos y no tóxicos es baja; conforme transcurre el ciclo de cultivo las concentraciones de nutrientes se incrementan y se promueve el crecimiento de la biomasa fitoplanctónica hasta el momento en que este desarrollo empieza a ser limitado por otros factores como la disponibilidad de oxígeno disuelto durante la noche, la intensidad luminosa, etc. Al ser muy grande la masa fitoplanctónica la tasa de consumo de oxígeno del estanque



aumenta y origina condiciones anóxicas en todo el estanque o en importantes regiones de éste (como en la interface agua-sedimento) lo que provoca la formación de metabolitos tóxicos como el amoníaco y el ácido sulfhídrico (Krom et al 1993).

En este sentido se puede decir que el agua en la estanquería de la granja la Clementina presenta un comportamiento típico, ya que el oxígeno disuelto efectivamente va disminuyendo a lo largo del ciclo de cultivo y, al final de éste, las concentraciones de oxígeno disuelto en las madrugadas son cada vez mas bajas (figura 1). Con lo que respecta a las clorofilas, éstas presentan un incremento a lo largo del ciclo de cultivo (figuras 29 y 30). El aumento en las concentraciones de metabolitos se observó para casos como el del amonio (figura 16) y el nitrito (figura 20), aunque en algunos otros como los nitratos, no presentan una tendencia definida (figura 22).

#### VIII.2. Funcionamiento del canal reservorio.

El canal reservorio, además de su evidente función como almacén y conducción del agua de ingreso a la granja, otorga un tratamiento al agua previo a su introducción a los estanques. Este tratamiento ocurre solamente por el hecho de almacenar el agua lejos de los aportes de materiales del estero y parece tener cierta influencia sobre los siguientes parámetros:

- 1) Nitrógeno amoniacal. En la figura 34 se muestran los niveles de concentración del nitrógeno amoniacal en el canal reservorio y en el ingreso de la granja. En esta figura se observa que los niveles de concentración de

ésta especie de nitrógeno en particular, son mayores en el agua de ingreso que en la del canal reservorio hasta aproximadamente la novena semana de cultivo, después de la cual ocurre un aumento en la concentración hasta igualarse. La razón de este comportamiento tan peculiar puede deberse a que, en la novena semana de cultivo, se inició el vaciado de los estanques de la granja disminuyendo entonces el consumo del agua en el canal reservorio así como su recambio, lo cual dió origen a proceso de estancamiento que provocó que se favorecieran condiciones anóxicas en su interior. Por lo anterior, se puede decir que el canal reservorio logra su objetivo de eliminación de materiales indeseables cuando menos para el nitrógeno amoniacal, siempre y cuando se mantenga cierto grado de recambio.

- 2) El fosfato soluble, también parece ser removido aunque no en su totalidad del agua en el canal reservorio (Figura 26).
- 3) Nitrito y nitrato En el caso de ambas especies químicas nitrogenadas, sus niveles de concentración en el agua de ingreso fueron siempre mucho mayor a los encontrados en el canal reservorio, por lo que se puede asegurar que éste cumple adecuadamente su función secundaria de tratamiento de agua (figura 35).
- 4) Materia orgánica un aporte muy grande del agua en las lagunas costeras lo constituyen la caída de hojas de los arboles del manglar en el agua (Flores Verdugo, 1985), por lo que al evitar la caída de éstas, se disminuirá el contenido de materia orgánica del agua. Como se observa en la figura 36, los valores encontrados de materia

orgánica particulada en el ingreso de la granja y al final del canal rervorio, muestran que en ciertos días los niveles de materia orgánica particulada son mayores en el canal reservorio que en el ingreso y en otros se presenta la situación contraria, esto indican que la materia orgánica en el particulado no está siendo sujeta a un tratamiento que la disminuya.

### VIII.3. Flujos de materiales entre el cuerpo lagunar y la granja.

Con el objeto de conocer en qué magnitud la granja aporta materiales al cuerpo lagunar del cual se surte de agua y, a la vez desagua, se calcularon los flujos de materiales entre la granja y el estero y viceversa, de la siguiente manera:

Con los valores del gasto de agua, calculados como se explicó en la sección: "Determinación del porcentaje de recambio de agua en los estanques"; en el capítulo de Materiales y Métodos, y con los niveles de concentración estimados en los ciclos diurnos para los componentes del agua estudiados en el presente trabajo, se calculó el flujo de materiales del cuerpo lagunar hacia la granja y de ésta hacia el estero

En la Tabla 27 se muestran los valores calculados para el flujo de materiales (en unidades de masa) por día para el ciclo de 24 horas del 29 de junio de 1992, uno de los últimos días del ciclo de cultivo primavera-verano. Este día pertenece a la parte final del ciclo, por lo que resulta razonable el que presente los niveles de concentración más elevados, de casi todos los materiales evaluados durante el

ciclo de cultivo completo. Lo anterior puede explicarse considerando que, ya que se ha trabajado en una granja con estanques de recambio lento de agua, las concentraciones de los materiales disueltos y en suspensión, se incrementan gradualmente conforme avanza el ciclo de cultivo.

En esta tabla 27 se puede observar que la diferencia entre lo que aporta la granja al estero Confites con respecto a lo que a ella ingresa de nitratos y feopigmentos, es negativa, por lo que se puede decir que la granja representa una trampa de algunos materiales; sin embargo para el resto de los parámetros evaluados y, en particular clorofilas A, B y C y materia orgánica particulada, la diferencia es positiva y considerable. En el caso de los pigmentos fotosintéticos, el aporte de la granja hacia el estero es aproximadamente 10 veces mayor al flujo de ingreso a la misma y para la materia orgánica es del doble; para el resto de los materiales en este día en particular, el aumento no es mayor al 50% con respecto al ingreso.

En la tabla 28 se presenta el flujo de materiales en unidades de masa de la granja hacia el estero Confites del día 31 de enero de 1992 (número 163 del ciclo de cultivo otoño-invierno). en esta tabla puede observarse que al igual que el día 92 del ciclo primavera verano, de los materiales aportados de la granja hacia el estero, las clorofilas A, B, C, los feopigmentos y la materia orgánica en el particulado y solidos totales, son los de mayor contribución.

En comparación con los aportes calculados de la granja hacia el estero para el día 92 del ciclo primavera-verano (tabla 27) los valores de flujo de las especies nitrogenadas en el día 163 del ciclo otoño-invierno resultan

considerablemente diferentes (tabla 28); esto puede deberse a que los niveles de concentración de estas especies, comparadas con otros días aún del mismo ciclo otoño-invierno, eran irregularmente altas en el agua del estero (ver también figura 18 (B)), debido probablemente, como se explicó anteriormente, a la influencia de las lluvias.

En la tabla 29 se presentan los aportes de materiales del estanque 1 durante los ciclos diurnos del día 36 (4 y 5 de mayo), y 78 (15 y 16 de julio), así como el de los días 64 (1 y 2 junio del estanque 5), del ciclo de cultivo primavera-verano. Como se puede observar, los aportes brutos de la granja van en aumento conforme transcurre el ciclo de cultivo por dos motivos fundamentales: el aumento en la tasa de recambio en la sexta semana del 3 al 5 por ciento del volumen de agua de los estanques y el incremento en la concentración de materiales en el agua de los estanques conforme transcurre el ciclo de cultivo, lo cual indica que el aumento en el aporte bruto es consecuencia del aumento en el aporte neto, ya que las concentraciones de materiales en el estero aunque presentan variaciones, no muestran la misma tendencia de aumento conforme transcurre el ciclo de cultivo.

Debido a que la localización de las granjas de camaricultura en nuestro país, y en particular en Sinaloa, se dan en lagunas costeras naturales es importante evaluar en qué medida la presencia de estas granjas puede afectar las condiciones de estas lagunas. En un intento por estimar el aporte total del material disuelto y suspendido de la granja a la laguna durante un ciclo de cultivo por unidad de área (hectárea de espejo de agua en los estanques) se utilizó el procedimiento a continuación descrito:

### Suposiciones para el cálculo

- 1) Los aportes del estero hacia la granja son más o menos constantes a lo largo del ciclo de cultivo
- 2) Durante un ciclo de cultivo el comportamiento de las concentraciones de los materiales en todos los estanques es relativamente constante. Esta suposición se sustenta en base al análisis estadístico de comparación de medias entre los estanques 1 y 5 (Miller et al, 1988) que muestran que las concentraciones de materiales tanto disueltos como suspendidos en la mayoría de los casos no son significativamente diferentes (tablas 19 y 20).

Con el objeto de hacer la estimación lo más precisa posible, se dividió al ciclo de cultivo primavera-verano en tres etapas:

- 1) Etapa inicial con concentraciones bajas de la mayoría de los parámetros medidos y con recambio del 3% diario. Se consideraron estas condiciones del inicio hasta la quinta semana del ciclo de cultivo y se tomó como modelo de aporte, los valores obtenidos durante el ciclo de 24 horas del día 36 del ciclo de cultivo (4 de mayo de 1991).
- 2) Etapa intermedia con una tasa de recambio de agua del 5% diario y con concentraciones intermedias entre los valores máximos registrados al final del ciclo de cultivo, y los mínimos estimados en la parte inicial del ciclo de cultivo; para el cálculo de estos valores se utilizaron los flujos registrados durante el ciclo de 24 horas del día 64 del ciclo de cultivo (1 de junio de

1991). Se consideraron estas condiciones de la sexta a la décima semanas del ciclo de cultivo.

- 3) Etapa final del ciclo de cultivo con un recambio del 5% diario y utilizando como base los datos de flujos netos obtenidos en el estanque 5 durante el ciclo diurno del día 92 del ciclo de cultivo (29 de junio), se consideraron estas condiciones de la undécima semana al final del ciclo de cultivo.

Los resultados de este procedimiento se presentan como flujo neto en la tabla 30; en la que se puede observar que algunos de los parámetros medidos representan un aporte de materiales al estero; este es el caso de la materia orgánica particulada, los pigmentos fotosintéticos, el fosfato soluble, los nitritos y el oxígeno disuelto.

Por otro lado, en la misma tabla 30 se puede observar que en algunos de los parámetros mostrados se encontraron flujos con signo negativo, es decir, la granja esta atrapando materiales del estero hacia su interior. En el caso particular del flujo neto de los sólidos totales, el resultado indica que aparentemente la granja esta depurando el agua del estero Confites de sólidos totales, lo que es falso, ya que como se puede observar en las tablas 27, 28 y 31, los sólidos totales siempre representan un aporte neto de la granja al estero, aunque siempre en un porcentaje bajo comparado con los de los pigmentos fotosintéticos. Una posible fuente de error en este cálculo esta dada por el coeficiente de variación del método de cuantificación de los sólidos suspendidos el cual tiene un valor de aproximadamente el 10%; en otras palabras el error analítico no permite diferenciar los flujos y por lo tanto puede

conducir a resultados erróneos. Por lo anterior la utilización de este método y la interpretación de sus resultados debe realizarse con precaución.

La suposición de que el estero presenta, en general, las mismas concentraciones de materiales disueltos y suspendidos a lo largo de todo el ciclo de cultivo, aunque necesaria ante la carencia de un mayor número de datos, es probablemente una de las fuentes mas importantes de error en el valor calculado ya que, como se muestra en la tablas 28 y 31 ambas con flujos del ciclo otoño invierno, los flujos de una semana a otra difieren grandemente. Otro factor que parece además el controlar la concentración de sólidos suspendidos en el agua del estero es la variación de la marea y dado que ésta no es constante a lo largo de un ciclo de cultivo esto constituye otra fuente de error.

Por todo lo anterior se puede afirmar que la granja la Clementina aporta los siguientes materiales al estero Confites: materia orgánica particulada, clorofilas A, B y C, fosfatos solubles y en menor proporción nitritos, la evaluación del posible efecto de este aporte debe ser objeto de futuras investigaciones.

#### IX. Crecimiento y rendimientos de camarón.

En la figuras 37 y 38 se muestran el crecimiento del camarón (en gramos) relacionado con el tiempo de cultivo (en días) durante los ciclos primavera-verano y otoño-invierno en los estanques 1 (A) y 5 (B), en las que se puede observar que las tallas del camarón, registradas a todo lo largo del ciclo de cultivo primavera-verano fueron mayores a las del ciclo otoño-invierno.



En ambos ciclos, el ritmo de crecimiento presenta un comportamiento de tipo sigmoideal, con bajas velocidades de crecimiento al principio, una velocidad máxima subsiguiente y por último una baja en la velocidad.

Los valores registrados de crecimiento de camarón fueron tratados con tres tipos de ajustes estadísticos:

a) una curva de regresión polinomial (Sheid, 1972):

$$Y = ax^3 + bx^2 + cx + d.$$

donde a, b, c y d son constantes; x es el tiempo transcurrido en días y Y es el peso en gramos de los camarones estudiado.

b) con la ecuación de von Bertalanfy (Pastén Nuñez, 1988):

$$W_t = W_{\infty}(1 - e^{-k(t-t_0)}) + W_0$$

donde  $W_t$  es el peso de los organismos estudiados en función del tiempo,  $W_{\infty}$  es la talla máxima alcanzada, k es la constante metabólica de crecimiento,  $t_0$  es el tiempo de inicial, t es el tiempo al cual se requiere conocer el peso alcanzado de los organismos y  $W_0$  es el peso inicial.

c) con regresión lineal.

$$y = mx + b$$

donde y es el peso de los organismos, x es el tiempo de cultivo, m es la velocidad de crecimiento y b el peso inicial.

La regresión polinomial y las tallas de camarón calculadas a partir de ésta, se realizaron en computadora con el paquete estadístico Statgrafics y los valores de los parámetros de la ecuación de von Bertalanfy se calcularon por aproximaciones sucesivas, con un programa desarrollado en lenguaje Pascal.

Para elegir qué tipo de ajuste, caracteriza mas eficientemente el comportamiento de los datos registrados, se calcularon los coeficientes de regresión para cada una de las curvas de ajuste y los resultados se muestran en la tabla 32. Como se puede observar en esta tabla, los valores del coeficiente de regresión son muy altos para los tres tipos de curvas de ajuste y al aplicarles la prueba de significancia de Student todos sobrepasan valores del 98 % de confianza.

Los modelos de ajuste polinomial y de Von Bertalanfy para ajustar el crecimiento del camarón en la granja se utilizaron para suavizar los datos registrados y así poder calcular las variaciones en las velocidades de crecimiento. Los valores de la velocidad de crecimiento relacionados con el tiempo de cultivo se presentan en las figuras 37 y 38, en las que se puede observar que la velocidad de crecimiento se incrementa a partir del inicio del ciclo del cultivo, presentando un máximo a la mitad y un decaimiento posterior.

Las velocidades máximas calculadas del ciclo primavera-verano duplican las del ciclo otoño-invierno y, como se puede notar en la figuras 39 A y B, independientemente del modelo de ajuste que se utilice (polinomial o Von

Bertalanfi), durante el ciclo primavera-verano los cambios de velocidad de crecimiento son más marcados en comparación a los del ciclo otoño-invierno.

A nivel producción, el ciclo primavera-verano presentó un rendimiento promedio en la granja de 1800 kg por hectárea y el otoño-invierno de 2000 kg por hectárea (Tabla 26), y la diferencia entre ellos puede atribuirse principalmente a que no se utilizaron las mismas densidades de siembra en ambos ciclos de cultivo. Cabe hacer mención que durante el ciclo otoño-invierno el camarón presentó tallas menores dado que la densidad de siembra fue mayor.

### Conclusiones

-Los niveles mínimos de oxígeno y su duración, registrados en la granja se encuentran dentro de los límites indicados por Boyd (1989), como no letales pero que si afectan el crecimiento del camarón.

-El valor de la concentración de oxígeno disuelto es función de:

La producción por fotosíntesis, consumo por respiración, intercambio por difusión con la atmósfera y advección. En el agua de los estanques de la granja el balance total, indica un consumo de oxígeno superior a su producción o suministro; lo cual tiene como consecuencia un abatimiento paulatino en los niveles de oxígeno disuelto a lo largo de todo el ciclo de cultivo.

-En función de su producción y consumo de oxígeno. La condición trófica de los estanques se clasifica como eutrófica con variaciones en algunos días a distrofica, siendo esta condición una consecuencia del aporte excesivo de materia orgánica a los estanques.

-Las temperaturas registradas durante el ciclo primavera-verano indican que en la granja "La Clementina", éstas se encuentran dentro del intervalo considerado como óptimo para el crecimiento de camarón. Sin embargo durante el ciclo de cultivo otoño-invierno los valores de la temperatura presentan valores menores a los considerados como óptimos al final del ciclo de cultivo, siendo esto una explicación al menor crecimiento observado, tanto en velocidad como en tallas alcanzadas durante este ciclo.

-Los valores de salinidad registrados en el agua de la estanquería de la granja durante el ciclo primavera-verano, son mayores a los considerados como óptimos para el cultivo, y durante el ciclo otoño-invierno, se encuentran dentro del intervalo de valores considerado como óptimo. Ambos datos son aparentemente paradójicos, con el hecho de que el ciclo de cultivo más productivo, fue el primavera-verano. Por esto se puede argumentar que la salinidad, aunque es un parámetro importante para evaluar la calidad del agua empleada para la camaricultura, es de importancia secundaria frente a otros como la temperatura y el oxígeno disuelto.

-El valor del pH registrado en el agua de la estanquería de la granja se encuentra dentro del intervalo de valores considerado como óptimo para el cultivo de camarón.

-Las alcalinidades registradas en el agua de los estanques de la granja se encuentra dentro del intervalo considerado como óptimo.

-Los niveles de concentración de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) y nitrito  $\text{NO}_2^-$ , medidos en el agua de los estanques de la granja, se encuentran lejos de las concentraciones letales determinadas para los nauplios de camarones peneidos (Chen *et al.*, 1984; 1990), y en el caso particular del nitrito por debajo de la concentración en las que se ha observado se incrementa la tasa de mortandad, con respecto a la natural (Mevel *et al.*, 1981). por lo que se puede afirmar que la calidad del agua al respecto de las concentraciones de estas dos especies nitrogenadas es buena.

-La influencia de las lluvias en los niveles de concentración de muchos componentes del agua del estero y en los estanques de la granja queda de relieve con el hecho de que los valores máximos encontrados para parámetros como: sólidos totales, nitrógeno total, fosfatos, clorofilas a y pigmentos fotosintéticos en general, a lo largo del ciclo otoño-invierno coinciden con la presencia de lluvias.

-Entre la granja y el cuerpo lagunar que provee de agua a la misma se da un circuito de reuso del agua.

-Los valores de los parámetros fisicoquímicos en la granja la Clementina presentan el comportamiento típico de estanquería con recambio lentos, característicos de la producción semiintensiva del camarón.

-La granja la Clementina aporta al estero Confites, del cual toma agua para su funcionamiento y es además receptor de sus desechos, materia orgánica particulada, clorofilas a, b y c, fosfatos solubles y en menor proporción nitritos.

-Los niveles de concentración de nitrito, nitrato, fosfato soluble y nitrógeno amoniacal no tiene una relación aparente y directa con los diferentes rendimientos y tallas máximas alcanzadas por el camarón en los dos ciclos de cultivo analizados en el presente estudio .

-Los niveles de concentración de todos los nutrimentos determinados en los estanques se encuentran en intervalos de valores que se presentan en las lagunas costeras mexicanas en las que no hay una influencia antrópogenica importante.

-Durante el ciclo primavera en los estanques el factor limitante para la producción primaria fue el nitrógeno y durante el ciclo otoño-invierno la limitación fue por la luz.

## BIBLIOGRAFIA

- Alvarez León R. 1970 Estudio Hidrológico de los esteros del Astillero, Urias y La Sirena adyacentes a Mazatlán, Sinaloa México Tesis de Maestría UACPyP, CCH, UNAM pp. 131.
- Armstrong D. A. 1979 Nitrogen toxicity to crustacea and aspects of its dynamics in culture systems Biennial Crustacean Health Workshop, Texas A & M Sea Grant, TAMM-SE-79-114 p. 329.
- Arosamena M. 1976 Ritmo alimenticio y digestión en los camarones *P. stylirostris* y *P. californiensis* en relación con la temperatura Memorias. Simposio sobre Biología y Dinámica Poblacional de Camarones de 8 al 13 de agosto de 1976 Guaymas Sonora Instituto Nacional de Pesca p 89-95.
- Arredondo Figueroa José Luis 1990 Análisis del cultivo de camarón en México al termino de 1989 en La Acuicultura en México de los conceptos a la producción Guadalupe de la Lanza Espino, José Luis Arredondo Figueroa; compiladores Instituto de Biología U.N.A.M.
- Axelsson 1988 Changes in pH as measure of photosynthesis by marine macroalgae Marine Biology 97: 287-294.
- Banks, R.B. de Herrera F.F. 1977 Effect of wind and rain on surface reiterations ASCE, EE3 p 489.
- Barclay M.C, Dall, W y Smith D. M. 1983 Changes in lipid and protein during starvation and the moulting cycle in tiger prawn *Penaeus sculentus* Haswell Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 68 p. 229.
- Bates R.G. y Pinching G.D. 1949 Acidic dissociation constant of ammonium ion at 0 to 50 C, and base strength of ammonia Journal of Research of the National Bureau of Standards 4 p 723.
- Betrán Ochoa 1988 Contribución al estudio biológico pesquero del camarón del género *Penaeus* en el sistema



lagunar Las Escopamas. Mazatlán Sin. Méx. 1986-1987 Memoria de Servicio Social UAS/ECM.

-Berdegué S. F. 1986 Descripción de los sistemas de cultivo de camarones del género *Penaeus* spp. en la costa de Ecuador. Tesis Profesional Facultad de Ciencias UNAM pp 94.

-Beveridge, M.C.M. 1984 Cage and pen fish farming. Carrying capacity model and environmental impact. FAO Fish. Tech p 255.

-Blake B.F., Bowers A.B. y Naylor 1981 Ecology and *Penaeus* fishery of a coastal lagoon system in W. México. Report on the University of Liverpool/National Autonomous University of México Lagoon Research project 1973 - 1979.

-Blackburn Henry T. Sørensen Jan 1988 Nitrogen cycling in coastal marine Environments SCOPE No. 33.

-Bower Carol E y Bidwell P. Joseph 1978 Ionization of ammonia in sea water: Effects of temperature, pH and salinity Journal of Fisheries Research Board of Canada 35: 1012-1016.

-Boyd Claude E., Romaine Robert P. y Johnson Ellen 1978 Predicting early morning dissolved oxygen in channel catfish ponds. Trans. American Fish Society 107 (3) p. 484.

-Boyd Claude E. 1989 Water quality management and aeration in shrimp farming Fisheries and allied aquacultures departamental series No. 2 University of Alabama.

-Boyd Claude E. 1992 Water quality in ponds for aquaculture Birmigham Publishing Co. pp 482

-Cairns John Jr., Niederlehner B.R. y Pratt James R. 1990 Evaluation of joint toxicity of chlorine and ammonia to aquatic communities Aquatic toxicology 16: 87-100.

-Chapa S. Héctor Notas sobre el comportamiento de los camarones del género *Penaeus*. 1975 II Simposio Latinoamericano. Oceanografía Biológica Venezuela, Nov. 1975 p. 109.

- Carman R. y Wulff F. 1989 Adsorption capacity of phosphorus in Baltic sea sediments Estuarine and Coastal Shelf Science 29 p. 447.
- Chen H. C. 1984 Water quality criteria for farming grass shrimp *Penaeus monodon* Proceedings of the first international conference on the culture of penaeid prawns and shrimps, Iloilo City Phillipines p. 165.
- Chen Jiann-Chu y Chin Tzong-Shean 1988 Acute toxicity of nitrite to tiger prawn, *Penaeus monodon*, larvae Aquaculture 69: 253-262.
- Chen Jiann-Chu, Ping-Chung Liu y Shun Chiang Lei 1990 Toxicities of ammonia and nitrite to *Penaeus monodon* adolescents Aquaculture 89: 127-137.
- Chen Y., Jackson D. A. y Harvey H.H. 1992 A comparison of von Bertalanffy and polynomial functions in modeling fish growth data. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 49 p. 1228.
- Chua, T.E. and Paw, J.N. 1987 Aquaculture development and coastal zone management in southeast Asia: conflicts and complementary in Coastal zone Proceedings of the 5th Symposium on Coastal and Ocean Management, Seattle, Washington, USA. O.T. Magoon, M. Converse, D. Miner, L.T. Tobin, D. Clark & G. Domuart, Eds pp 2007-2021.
- Cifuentes Lemus Juan Luis, Torres García Pilar y Frias M. Marcela 1990 XI. Acuicultura El Oceano y sus Recursos Secretaría de Educación Pública Fondo de Cultura Económica Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Claybrook D.L. 1983 Nitrogen metabolism. The Biology of The Crustacean Internal Anatomy and Physiological Regulation. Vol 5 Academic Press p. 163.
- Contreras E.F. 1981 Algunos índices de la productividad primaria en la laguna de Tamiahua, Ver., Mex. VII Simposio Latinoamericano sobre oceanografía Biológica Acapulco Gro.

México. p. 183.

-Contreras E. y F. Gutierrez 1989 Hidrología, nutrientes y productividad primaria en lagunas costeras Cap. 3 En: Temas de Oceanografía Biológica en México Rosa Vélez y Gonzales Farias Editores Universidad Autonmoma de Baja California. pp 337.

-Contreras E.F., Nagayaga García A. 1991 Hidrología nutrientes y productividad primaria en la laguna San Jose Manialtepec, Oaxaca Mex. Hidrobiológica 1(1): 65-72.

-Culberston C., R.M. Pytkowicz y J.E. Hawley 1970 Sea water alkalinity determination by the pH Method Journal of Marine Research.

-D'Croz 1979 Observaciones sobre la biología y pesca del camarón blanco (*Penaeus* spp.) en el Pacífico de Panamá Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología Universidad Nacional Autónoma de México 6 (2) p. 45.

-Dall W. 1986 Estimation of routine metabolic rate in panaeid prawn *Penaeus esculentus* Haswell Journal of experimental marine biology and ecology 96 p. 57.

-Dall W., Hill B.J., Rothlisberg P.C. y Sharples D.J. 1990 The biology of the penaeidae Advances in Marine Biology Vol 27 pp 489.

-De la Lanza Espino 1991 Análisis hidrológico y de contaminación en Bahía/Ensenada del Pabellón-Altata Sinaloa en Ecología de los manglares, productividad acuática y perfil de comunidades en ecosistemas lagunares-estuarinos de la costa norccidental de México Informe Técnico Final CONACyT Clave: IN-202389.

-Degrémont 1991 Water Treatment Handbook Lavoisier Publishing 6° Ed. Paris.

-Diana James S, Kwei Lin C. , Schneeberger Phillip J. 1991 Relationships among nutrient inputs, water nutrients concentrations, primary production, and yield of *Oreochromis*

- niloticus in ponds Aquaculture 92 p. 325.
- Dirección de Estadística y de Estudios Económicos de la Secretaría de Hacienda Pública y Tesorería del Gobierno del Estado de Sinaloa 1985 Síntesis Monográfica del Municipio de Mazatlán. p 92.
- Dutrieux E y Giverlorget O. 1988 Ecological planning: a possible method for the choice of acuacultural sites. Ocean & Shoreline Management, Seattle, Washington USA.
- Edwards R.R.C. 1977 Field experiments on growth and mortality of *Penaeus vannamei* in Mexican coastal lagoon complex Estuarine and Marine Science 5 p. 107.
- Edwards R.R.C. 1978 Ecology of a coastal lagoon complex in México Estuarine and Coastal Marine Science 6 p. 75.
- Edwards R.R.C. 1978 The fishery and fisheries biology of penaeid shrimp on the pacific coast of México. Oceanography Marine Biology Annual Review 16 p. 145.
- Eppley R.W., Coatsworth J.L. y Solorzano L. 1969 Studies of nitrate reductase in marine phytoplankton Limnology and Oceanography 14 p 194.
- Flores Campaña L.M. 1990 Laboratorio de producción de postlarvas de camarón azul *Panaeus stylirostris* Stimpson UAS/ECM/CGIP.
- Flores Verdugo Francisco Javier 1985 Aporte de materia orgánica por los principales productores primarios a un ecosistema lagunar estuarino de boca efímera Tesis Doctoral en Ciencias del Mar UACPyP, UNAM, México. pp. 202
- FONDEPESCA 1990 Análisis de la problemática de las granjas camaronerías del estado de Sinaloa FONDEPESCA. Informe.
- Fox I., Malati M.A., y Perry R. The adsorption and release of phosphate from sediments of a river receiving sewage effluent Water Research 23(6): 725-732.
- Furamai H., Kondo T., y Ohganki 1989 Phosphorus exchange kinetics and exchangeable phosphorus forms in sediments

Water Research 23(6) 685-691.

-Fuss C.M. y Ogren L.H. 1966 Factors affecting activity and burrowing habits of the pink shrimp *P. duorarum* Burkenroad Biological Bulletin. Marine biological laboratory Woods Hole, Mass. 130 p 170.

-Gámez Eternod Sándra y de la Lanza E. Guadalupe 1992 Análisis del estado actual de la camaronicultura en México hasta el año de 1991 México D.F.

-García. A. E. 1964 Modificación al sistema de Clasificación Climático de Köppen. Offset Larjos. México p 71.

-García S. y Le Reste 1987 Ciclos vitales, dinámica, explotación y ordenación de las poblaciones de camarones peneidos costeros FAO Consejo Técnico de Pesca No. 203.

-Geoff L. Allan y Greb B. Maguirre 1992 Effects of pH and salinity on survival, growth and osmoregulation in *penaeus monodon* Fabricius. Aquaculture 107: 33-47.

-Geoff L. Allan y Greb B. Maguirre 1992(b) Effects of stocking density on production of *Penaeus monodon* Fabricius in model farming ponds. Aquaculture 107 p. 49.

-Gerhard H.V. 1980 Nitrogen excretion by the juvenile prawn *Penaeus indicus* Milne Edwards at various temperatures South African Journal of Science 76 p.39.

-Gilmartin Malvern y Revelante Noella 1978 The Phytoplankton characteristics of the barrier islands lagoons of the gulf of California Estuarine and Coastal Science 7: 29-74.

-Grasshof K, Ehrhardt M. y Kremling K. 1976 Methods of sea water analysis. Verlag Chemie Alemania p 62.

-Hellawell J.M. Kenneth Mellanby 1989 Biological indicators of freshwater pollution and environmental management Elsevier applied Science pp 459.

-Heredia L. G., J. H. Mejía y L. M. Hernández. 1988. Estudio de la contaminación por plaguicidas en camarón *Penaeus sp.* y en agua del Estero de Urías, Mazatlán, México. Memoria

profesional. Escuela Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa.

-Heyman Ulf y Lundgren Alf 1988 Phytoplankton biomass and production in relation to phosphorus. Some conclusions from field studies Hydrobiologia 170: 211-227.

-Hill B.J. 1985 Effect of the temperature on duration of emergence, speed movement and catchability of the prawn *Penaeus esculentus* Second Australian National Prawn Seminar p. 73.

-Holm-Hansen O. y Riemann 1989 Chlorophyll a determination: improvements in methodology. OIKIOS 30 p 438.

-Hudinaga Motosaku Reproduction, development and rearing of *Penaeus Japonicus* Bate. Japanese journal of Zoology 10(2) 305-493.

-Hudson Darryl. y Lester Robert J.G. 1992 Relationships between water quality parameters and ectocomensal ciliates on prawns (*Penaeus japonicus* Bate) in aquaculture Aquaculture 105 p. 269.

-Hudinaga Motosaku 1981 Reproduction, development and rearing of *Penaeus japonicus* Bate Japanese Journal of Zoology 10 (2) p. 305.

-Ignatiades L., Karydis M. y Vounatsou P. 1992 A possible method for evaluating oligotrophy and eutrophication based on nutrient concentration scales Marine Pollution Bulletin 24 No. 5 p. 238.

-ILRI 1972 Acid sulfate soils Proceedings of the international symposium 13-20 August 1972 International Institute for land reclamation and improvement Wageningen.

-Jayansankar P. y Muthu M.S. 1983 Toxicity of nitrite to the larvae of *Penaeus indicus* H. Milne Edwards. Indian Journal Fisheries 30 (2) p. 231.

-Joint I.R. Pomroy A.J. 1981 Primary production in a turbid estuary Estuarine, Coastal and Shelf Science 13: 303-316.

- Kemp W. M. y Boyton W. R. 1980 Influence of biological and physical processes on dissolved oxygen dynamics in an Estuarine system: implications for measurement of community metabolism. Estuarine and Coastal Marine Science 2: 407-431.
- Kanwisher John 1963 On the exchange of gases between the atmosphere and the sea Deep-Sea Research 10: 195-207.
- Kenneth Emeron, Russo Rosemarie C., Lund Richard E. y Thurston Robert V. 1975 Aqueous ammonia equilibrium calculations: Effect of pH and temperature Journal of Fish Research Board of Canada 32(12): 2379-2383.
- Kester Dana R. 1975 Dissolved gases other than CO<sub>2</sub> en Chemical Oceanography Vol 1 editor J.P. Riley Academic Press.
- Kinne Otto 1977 Marine ecology 3(3) pp. 1511.
- Kitani Matsuo Hiroshi 1984 Guía Ilustrada del cultivo del camarón Serie de Textos Didácticos en Ciencia y Tecnología del Mar. México SEP/SEIT/DG Ciencia y Tecnología.
- Knox, G.A. and T. Miyabara 1984 Coastal zone resource development and conservation in southeast Asia UNESCO Indonesia.
- Knud-Hansen Christopher F., Baterson Ted R. Mc Nadd Clarence D., Harahat Irwan S., Sumantadinata Komar y Eidman Muhammed H. 1991 Nitrogen input, primary productivity and fish yield in fertilized freshwater ponds in Indonesia Aquaculture 94 p. 49.
- Koczy F.F. 1956 The specific alkalinity Deep sea Research 1956 3: 279-288.
- Krom M. D. Neori A. van Rijn J. 1993 Importance of water flow rate in controlling water quality processes in marine and freshwater fish ponds The Israeli Journal of Aquaculture Vol. 41 No. 1 p. 23.
- Lankford, R.A. 1977 Coastal Lagoons of México. Their origin and classification. En Willey M, (Ed) Estuarine processes.

Academic Press. 11: 183-215.

-Lawrence, A.M. John y Griffin W. 1983 Shrimp mariculture (state of the art) Texas A&M. Sea grant program Shrimp mariculture college station.

-Luedeman René a. y Lightner Donald V. 1992 Development of an in vitro primary cell culture from the penaeid shrimp, *Penaeus stylirostris* and *Penaeus vannamei* Aquaculture 101 p. 205.

-Mac Issac J.J. y Dugdale R.C. 1972 Interactions of light and inorganic nitrogen uptake in the sea Deep sea Research 19 p. 209.

-Macías Regalado y Calderón Pérez 1980 Talla de inmigración de postlarvas de camarón al sistema lagunar Huizache-Caimanero Sinaloa, Mex. (Crustacea: Decapoda: penaeidae) Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. p. 99.

-Maguirre G.B. 1979 A report of prawn farming industries of Japan, the Philippines and Thailand. New South Wales State Fish. Australia pp. 110.

-Marín López Sergio Eduardo y Trejo Monroy Manuel 1991 Crecimiento del camarón blanco *Penaeus vannamei* y sus relaciones con algunas variables fisicoquímicas en la granja camaronera "Clementina" en el municipio de Mazatlán, Sinaloa durante el periodo de 1989 a 1990 Memoria de Servicio Social Universitario Universidad Autónoma de Sinaloa pp. 64.

-Margolles Sierra Margarita y Velazquez Cuadras Ma. del Cármen 1991 Influencia de la calidad del agua en los patrones de crecimiento del camarón del genero *Penaeus* en cultivo semi-intensivo en la granja estero del cuervo de enero de 1989 a marzo de 1990 Memoria de Servicio Social Universitario Universidad Autónoma de Sinaloa. pp. 62

-Martínez Cordova Luis R. 1988 Culture of the blue shrimp (*Penaeus stylirostris*) in floating cages The progressive



fish culturist. 50 p. 36.

-Martínez Palacios Carlos, Chavez de Martínez Cristina, Rojas García Carlos, Gamino Cármen y Harfush Martha 1991 Optimización de los alimentos utilizados en una granja comercial de cultivo del camarón blanco *P. vannamei* Program Research on farm FAO-Roma.

-Mevel G. y Chamroux S. 1981 A study on nitrification in the presence of prawns (*P. japonicus*) in marine closed systems Aquaculture 23 p 29.

-Millán Nuñez E. Ortiz Cortéz F. y Alvarez Borrego S. 1981 Variabilidad temporal y espacial de nutrientes y fitoplancton en una laguna costera a finales del verano Ciencias Marinas 7(1) p. 103.

-Miller J. C. y Miller J.N. 1988 Statistics for analytical chemistry Ellis Horwood Series in Analytical Chemistry John & Sons Limited pp 227.

-Millero Frank J. y Leung Wing H 1976 The thermodynamics of the sea water at one atmosphere American Journal of Science 276: 1035-1077.

-Millero Frank J. Sohn Mary L. 1992 Chemical Oceanography CRC Press pp 531.

-Mires Dan, Amit Yshai, Avnimelech Yoram, Diab Sharer y Kochava -Malka 1990 Water quality in a recycled intensive fish culture system under field conditions. The Israeli Journal of Aquaculture Bamidgeh 42 (4) p.110.

-McCoid, V., Miget R., y Finne G. 1984 Effect on environmental salinity on free amino acid composition and concentration in penaeid shrimp Journal of food science 49 p 327.

-Morris I. 1980 The Physiological ecology of phytoplankton Studies in ecology 7 pp 625.

-Mok T.K. 1982 The environmental impact of cage culture operations. In Report of Consultation Seminar on Coastal

- fish pond engineering, 4-12 August 1982 Indonesia. South China sea fisheries development and coordinating program. Manila, Philippines, SCS/ GEN/82/34. pp. 129-131.
- Murphy Richard C. y Kramer James N. 1983 Community Metabolism of Cliperton lagoon a coral atoll in the eastern Pacific Bulletin of Marine Science 33(1): 152-164.
- Odum Howard T. 1956 Primary production in flowing water Limnology and Oceanography 1(2): 102-117.
- Odum H. T., Hoskin C. M. 1958 Comparative studies on the metabolism of marine waters. Publication of The Institute of Marine Science University Texas 5 p. 16.
- Odum Howard T y Wilson Ronald F. 1962 Further studies on reaeration and metabolism of Texas bays, 1958-1969 Publication of the Institute of Marine Science, University of Texas 8: 20-55.
- Ortiz Gallarza Silvia M., de la Lanza Espino Guadalupe y García Hernández Marcelo R. 1991 Análisis hidrológico y bentónico de la laguna Superior, Oaxaca, México Universidad y Ciencia 8 (16) p. 5.
- Osmud Holm-Hansen 1978 Chlorophyll a determination: improvements in methodology OIKOS 30: 438-447.
- Overstreet R.M. 1973 Parasites of some penaeid shrimps with emphasis on reared host Aquaculture p. 104.
- Owens M. 1965 Some factors involved in the use of dissolved-oxygen distributions in streams to determine productivity Primary Productivity in aquatic environments. Mem. Ist. Ital. Idrobiol., 18: 211-224.
- Páez O. F. Mandelli E.F. 1985 <sup>210</sup>Pb in a tropical coastal lagoon sediment core. Estuarine, Coastal and Shelf Science 20 p 367.
- Páez Osuna Federico, Montaña Ley Yovani y Bojorquez Leyva Humerto 1990 Intercambio de agua, fósforo y material suspendido entre el sistema lagunar del Puerto de Mazatlan y

las aguas costeras adyacentes Revista Internacional de Contaminación Ambiental 6: 19-32.

-Parrack M.L. 1979 Aspects of Brown shrimp *Penaeus aztecus*, growth in northern Gulf of México. Fishery Bulletin 76 p. 827.

-Parsons T.R., Takahashi M., Hardgrave B. 1977 Biological oceanographic processes Pergamon Press Gran Bretaña.

-Phillips M.J. N.C.N. Beveridge and L.G. Ross 1985 The environmental impact of salmonid cage culture on inland fisheries: Present status and future trends Journal Fisheries and Biology 2/ (Supl A.) pp. 123-137.

-Pierru U. 1979 The phosphorus cycle: Quantitative aspects and the role of the man En: Biogeochemical cycling of mineral-forming elements Trudinger y Swaine Editores Studies in Environmental Science p. 205-210.

-Ponce Palafox Jesús T. 1990 Los modelos en el manejo ambiental de sistemas acuícolas en: La acuicultura en México de los conceptos a la producción, De la Lanza Espino Guadalupe y Arredondo Figueroa José Luis Instituto de Biología UNAM.

-Pastén Nuñez Arturo 1988 Crecimiento del camarón *P. vannamei* *P. stylirostris* y su relación con factores ambientales (temperatura y salinidad) en las lagunas de Huizache y Caimanero, Sinaloa México Tesis de Maestría en ciencias del mar UACPyP CCH UNAM. pp. 82

-Pritchard, D.W. 1967 What is an Estuary. Physical New point En Lauf, G.H. (Ed.) Estuaries. Am. Assoc. Adv. Sci. Publ. 83 p. 3

-Reyes Gómez E. 1988 Evaluación de la productividad primaria en la laguna Bojorques, Cancún, Quintana Roo, México Tesis Maestría en Ciencias del Mar UACPyP, UNAM, México.

-Reyes Enrique y Merino Martín 1991 Diel dissolved oxygen dynamics and eutrophication in a shallow, well mixed

- tropical lagoon (Cancun Mexico) Estuaries 14(4): 372-381.
- Rodier J 1981 Análisis de las aguas Ediciones Omega p 659.
- Rodríguez de la Cruz María Concepción 1981 Aspectos pesqueros del camarón en alta mar Ciencia Pesquera 1 NO. 2 p. 1.
- Romaine Robert P. Boyd Claude E. y Collins Williams 1978 Predicting nighttime dissolved oxygen decline in ponds used for tilapia culture Trans Am. Fish Soc 107 (6) p 804.
- Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología 1991 Bases para el ordenamiento territorial de Sinaloa SEDUE-México.
- Secretaría de Pesca 1989 Diagnóstico de la camaronicultura en el Estado de Sinaloa. Delegación Federal de Pesca en el estado de Sinaloa Departamento de Acuicultura 10 p.
- Secretaría de Pesca 1991 El cultivo de camarón en el estado de Sinaloa; perspectivas y retrospectivas. SEPESCA Dir General de Fomento y Desarrollo de la Acuicultura y Maricultura. Proyecto SEPESCA/FAO/PNUD/87/018, p. 15.
- Servizi J. A. y Gordon R.W. 1990 Acute lethal toxicity of ammonia and suspended sediment mixtures to Chinook Salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 44: 650-656.
- Shaun M. Moss, Pruder Gary D., Kenneth M. Leber y Wyban James A. 1992 The relative enhancement of *Pennaeus vannamei* growth by selected fractions of shrimp pond water. Aquaculture 101 p. 229.
- Sheid F. 1972 Teoría y problemas en Análisis numérico Serie de compendios Schaum Mc Graw-Hill p 262.
- Soderberg Richard W. y Meade James W 1991 The effects of ionic strength on unionized ammonia concentration The Progressive Fish-Culturist 53: 118-120.
- Solórzano, L 1969 Determination of ammonia in natural waters by phenol-hypochlorite method Limnology and Oceanography 14, p. 789.

- Solbé J.F. de L.G. y Shurben D.G. 1989 Toxicity of ammonia to early stages of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) Marine Research 23 No.1 p 127.
- Spaargaren D.H., Richard P. y Cecaldi H.j. 1972 Excretion of nitrogenous products by *Penaeus japonicus* Bate in relation of environmental osmotic condition Comparative Biochemistry and Physiology 72A (4) p. 673.
- Strickland J.D.H., Holm-Hansen O. y Eppley R.W. 1969 The use of a deep tank in plankton ecology I. Studies of growth and composition of plankton at low nutrients levels Limnology and Oceanography 14 p 23.
- Strickland, J. D.H. y Parsons T.R. 1972 A manual for sea water analysis Bulletin of Fisheries Research Bulletin Canada 167.
- Stum Werner y Morgan James 1970 Aquatic Chemistry; An introduction emphasizing chemical equilibria in natural waters. Wiley-Interscience pp 583.
- Thurston Robert V. y Russo Rosemarie C. 1981 Ammonia toxicity to fishes, effect of pH on the toxicity of the unionized species. Environmental Science & Technology 15(7): 837-840.
- Turner R.E., Woo S.W. y Jitts H.R. 1979 Phytoplankton production in a turbid temperate salt marsh estuary Estuarine and Coastal Science 9: 603-613.
- Tzong-Shean Chin y Jiann-Chu Chen Acute Toxicity of ammonia to larvae of tiger prawn *Penaeus monodon* Aquaculture 66: 247-253.
- UNESCO 1981 International Oceanographic Tables Place de Fontenay Paris 7e France.
- Unesco 1987 Thermodynamics of the carbon dioxide system in seawater Unesco technical papers in marine science Place de Fontenay Paris 7e France.
- Unesco 1990 Review of potentially harmful substances.

Nutrients Unesco Reports and Studies No. 34. pp. 40.

-Villalón Jose R. 1991 Practical manual for semi-intensive commercial production of marine shrimp Texas A and M University.

-Vollenweider R. A. 1974 A manual on methods of measuring Primary production in aquatic environments International Biological Program; Blackwell Scientific Publications Australia.

-Wajsbrodt Natan, Krom Michael D., Gasith Avital, y Samocha Tzachi 1989 Ammonia excretion of tiger prawn *Penaeus semisulcatus* as possible limit on the biomass density in shrimp ponds. The Israeli Journal of Aquaculture-Bammidgeh 41(4): 159-164.

-Wedemeyer Gary A., y Yasutane W.T. 1978 Prevention and treatment of nitrite toxicity in juvenile Steelhead trout (*Salmo gairdneri*) Journal of Fisheries Board of Canada. 35: 822-827.

-Wheaton F. W. 1982 Acuacultura AGT Editor, S.A. Mexico D.F.

-Whickins J. F 1976. Tolerance of warm-water prawn to recalculate water Aquaculture 9(11) p 19-37.

-Whickins J.F. 1976 Prawn biology and culture Annual Review of Oceanography and Marine Biology 14 p.435.

-Whickins J.F. 1985 Ammonia production and oxidation during culture of marine prawns and lobsters in laboratory recirculation systems Aquacultural. Engineering. 4 p 155-174.

-Whitfield M 1973 Procedures for calculating the osmotic coefficient of artificial sea waters Journal of Marine Biology Assessment, U.K. 53 p 685-693.

-Whitfield M. 1974 The hydrolysis the ammonium ions in sea water-a theoretical study Journal of Marine Biology Assessment, U.K. 54: 565-580.

-Whitfield M. 1978 The hydrolysis of ammonium ions in sea

water-experimental confirmation of predicted constants at one atmosphere pressure Journal of Marine Biology Assessment. U.K. 58: 781-787.

-Wong P.K., Cheng W.W., Wai C.H. y Wong C.N. 1992 Comparative studies of water quality in two brackish ponds for shrimp cultivation in a salt marsh Environmental pollution 77 p. 87.

-Ziemann David A., Walsh A. William, Saphore Eva G. y Fulton-Bennet Kim 1992 A Survey of water quality characteristics of effluent from Hawaiian aquaculture facilities Journal of the World Aquaculture Society vol 3 No. 3 p. 180.

**Tabla A Clasificación taxonómica del camarón<sup>1</sup>**

<b>Phylum:</b>	<b>Arthropoda</b>
<b>Clase:</b>	<b>Malacostraca (Latreille, 1806)</b>
<b>Subclase:</b>	<b>Eumalacostraca (Grobben, 1892)</b>
<b>Cohorte:</b>	<b>Eucarida (Caimán, 1904)</b>
<b>Orden:</b>	<b>Decápoda (Latreille, 1803)</b>
<b>Suborden:</b>	<b>Dendrobranchiata (Bate, 1888)</b>
<b>Superfamilia:</b>	<b>Peneoidea (Rafinesque, 1815)</b>
<b>Familia:</b>	<b>Penaëidae (Edwards, 1837)</b>
<b>Subfamilia:</b>	<b>Penaëdae (Burkenroad, 1936)</b>
<b>Género:</b>	<b>Penaëus (Burkenroad, 1981)</b>
<b>Especies:</b>	<b>vannamei (Boone, 1931)</b>
	<b>stylirostris (Stimpson, 1987).</b>

1. Beltrán 1988.



**Tabla 1**  
**Comparación entre el valor de oxígeno disuelto en las**  
**madrugadas**  
**y el valor predicho por el método de la proyección lineal**

	Horas de medición		valor predicho mg/l		valor medido mg/l	
					Hora	
I	21:00	23:00	1.9	$\bar{x} = 0.6$	6:00	2.2
	19:00	21:00	<0			
	19:00	23:00	<0			
II	18:00	24:00	2.5	$\bar{x} = 2.2$	5:00	2.5
	18:00	22:00	3.0			
	18:00	20:00	1.1			
III	18:25	24:44	0.7	$\bar{x} = 1.3$	5:15	1.1
	18:25	22:40	<0			
	18:25	20:35	3.3			
IV	18:20	22:20	1.8	$\bar{x} = 1.1$	4:50	1.8
	20:15	24:24	1.0			
	18:20	24:24	0.5			
V	19:20	23:15	0.3	$\bar{x} = 2.0^{\dagger}$	7:15	3.6
	21:15	23:15	<0			
	19:20	21:15	2.0			
VI	19:00	23:00	<0	$\bar{x} = 0.1^{\dagger}$	7:00	3.2
	19:00	21:00	8.2			
	21:00	23:00	<0			
VII	18:00	24:00	<0	$\bar{x} = <0$	6:00	0.8
	18:00	22:00	<0			
	20:00	24:00	<0			

† valor calculado para las 6:00 hrs

- I 4-5 mayo estanque 1 centro
- II 4-5 mayo estanque 1 salida
- III 15-16 junio estanque centro
- IV 15-16 junio estanque salida
- V 1-2 junio estanque 5 centro
- VI 1-2 junio estanque 5 salida
- VII 29-30 junio estanque salida

Tabla 2  
Valores de la Kdif (constante de difusión) por el método de la curva diurna

Fecha	Estación	Kdif g m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup>	$\overline{VeI}$ de viento m/seg
7/IV/91	E-1 (centro)	0.339	1.5 ±1.6
7/IV/91	E-1 (salida)	0.272	
4/V/91	E-5 (centro)	0.236	1.5 ±1.7
4/V/91	E-5 (salida)	0.233	
15/VI/91	E-1 (centro)	0.361	1.6 ±1.8
15/VI/91	E-1 (salida)	0.409	
29/VI/91	E-5 (salida)	0.236	2.0 ±1.7

Tabla 3  
Constantes de difusión (Kdif) calculadas por el método de la curva diurna en diferentes cuerpos de agua

Lugar	Kdif g O <sub>2</sub> / <sup>2</sup> )		Fuente
	intervalo promedio		
	Min.	Max	
Estanques			
Granja La Clementina	0.2	0.4	0.3 Este estudio
Laguna Costera "Estero el verde"	†	†	0.3 Flores V 1985
Laguna Bojórquez Cancún Mex.	0.23	3.45	1.03 Reyes 1988
Parte sur de la Laguna Madre	0.2	1.4	0.95 Odum <i>et al</i> 1962
Redfish Bay Texas	†	†	0.5 Odum <i>et al</i> 1959
Atolon Cliperton	†	†	1.11 Murphy <i>et al</i> 1983
Shell Shop Pond	0.3	0.5	0.31 Odum <i>et al</i> 1962
† Dato no disponb			

**Tabla 4**  
**Estimaciones de producción primaria basadas**  
**en el método de la curva diurna**

Est.	P umol/ld	R umol/ld	P(bruta) umoles/ld
E1/3(c) <sup>1</sup>	162	219	372
<sup>2</sup>	163	303	464
E1/3(s) <sup>1</sup>	101	154	254
<sup>2</sup>	63	200	295
E5/5(c) <sup>1</sup>	289	249	678
<sup>2</sup>	211	240	682
E5/5(s) <sup>1</sup>	269	221	609
<sup>2</sup>	248	247	528
E1/7(c) <sup>1</sup>	258	237	254
<sup>2</sup>	243	304	550
E1/7(s) <sup>1</sup>	306	257	259
<sup>2</sup>	360	363	611
E5/8(s) <sup>1</sup>	117	149	361
<sup>2</sup>	131	197	438

1. Corrección por difusión (Barnes 1977)
2. Corrección por difusión (Odum 1956)

**Tabla 5**  
**Estimaciones de producción primarias basadas el método**  
**de la curva diurna (en unidades de área)**

Est.	Sem <sup>*1</sup>	$R_p$ g O <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup>	$\bar{P}$ g O <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup>	$R_r$ O <sub>2</sub> d <sup>-1</sup>	P/R	P(bruta) g m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup>
E1/3(c)	5	0.25±0.14	3.15	2.9	0.65	3.3
E1/3(s)	5	0.17±0.1	1.05	2.3	0.46	2.6
E5/5(c)	9	0.34±0.19	6.4	6.2	1.02	6.5
E5/5(s)	9	0.25±0.18	6.6	6.0	1.1	5.5
E1/7(c)	11	0.27±0.11	3.21	3.5	0.92	3.8
E1/7(s)	11	0.27±0.15	4.25	4.0	1.07	4.1
E5/8(s)	13	0.22±0.05	3.17	2.2	0.71	3.8

\*1 Semana de cultivo

**Tabla 6**  
**Valores de producción y de consumo de oxígeno en diferentes**  
**corpos de agua**

Lugar	$\bar{P}$ g m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup>	$\bar{R}_r$ g m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup>	P/R	Fuente
Estanqueria				
La Clementina	1.9±0.8	3.8±1.6	0.5±0.1	Este estudio
Itchen River	9.7±6.0	12.2±9.0	0.8±0.3	Odum 1956
Oceano tropical	1.0	0.5	2	"
Fish ponds	1.5	0.8	1.8	"
Fish ponds	5	2.5	2	"
Mezquita Bay				
Red algal bloom	3.7	7.3	0.5	Odum 1962
Shell shop pond	10.9	8.8	1.2	"
Laguna el verde	16.3	13.1	1.2	Merino 1991
Laguna de Mitla	28.2	30.0	0.9	"
Lark River	0.53	53.0	0.01	Odum 1956

**Tabla 7**  
**Productividad primaria basada por el método de la curva**  
**diurna**  
**a partir de los datos de carbono total consumido**

Est	Sem	P	R	P/R
		µmoles/l día		
E1/3(c)	5	155	181	0.83
E1/5(c)	9	396	390	1.01
E1/7(c)	11	Desacoplados		
E5/8(c)	13	"		

**Tabla 8**  
**Concentración letal media de amoníaco**

Especie	Estadio	LC50-24	LC50-48	LC50-72	LC50-96	LC50-140
		H3 (mg/l)				
<i>P. monodon</i>						
	Nauplio <sup>1</sup>	0.54				
	Zoea <sup>1</sup>	0.76				
	Mysis <sup>1</sup>	2.17	1.3			
	Postlarva <sup>1</sup>	4.7	2.5	1.54	1.04	
	Adolecentes <sup>2</sup>	176	1.59		0.96	0.77
	Peneidos <sup>3</sup>		1.29			
	Peneidos <sup>4</sup>				0.4-2.31	

1. Tzong-Shean et al, 1987
2. Chen et al, 1990
3. Promedio de 7 especies Wickins, 1976
4. Armstrong et al 1978

Tabla 9  
Velocidad de excreción de amonio

Especie	Peso camarón g	Tasa de excreción mg NH <sub>4</sub> /d g	Fuente
<i>P. aztecus</i>	5	0.25	Wickins, 1976
<i>P. indicus</i>	5	0.6	"
"	8	1.05	Gerhardt, 1980
<i>P. monodon</i>	1.6	0.92	Wickins, 1985
"	25	0.09	"
"	27	0.29	Spaargaren <i>et al</i> 1982
<i>P. semiaulcatus</i>	0.6	2.17	Wasbrot <i>et al</i>
"	1.3	1.45	"
"	10.4	0.67	"
"	43.8	0.504	"

Tabla 10  
Concentración letal media de nitrito para peneidos

Estadio	LC5-24*	LC50-46*	LC50-72*	LC50-96*
Nauplio <sup>1</sup>	5.00			
" <sup>3</sup>	10.23			
Protozoa <sup>3</sup>	20.43	15.37		
Zoea <sup>1</sup>	13.20			
Misis <sup>1</sup>	20.65	8.30		
" <sup>3</sup>	33.87			
Postlarva <sup>1</sup>	61.87	33.17	20.53	13.55
Peneidos <sup>2</sup>		170.00		8.5-15.4

1. *Penaeus monodon*. Chen et al, 1988.
  2. Promedio de siete especies de peneidos. Wickins, 1976.
  3. *Penaeus indicus*. Jayansankar et al, 1983.
- \* mg/l

Tabla 11  
Relación entre los niveles de concentración de nitritos  
y la tasa de mortalidad en *P japonicus*<sup>1</sup>

Concentración (mg/l)	Tasa de mortalidad (%)
0.609	32
0.138	23
0.1	5
0.05	0

1. Mevel et al, 1981.

**Tabla 12**  
**Coefficientes de correlación entre los parámetros**  
**evaluados en el estero Confites durante el ciclo**  
**primavera-verano 1991**

Parámetros	r	$\alpha$	m
NO <sub>3</sub> vs MOP	0.659	>95	0.591
NO <sub>2</sub> vs NO <sub>3</sub>	-0.670	>95	-16.5
NO <sub>2</sub> vs MOP	-0.630	>95	-13.9
NH <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> vs clor a	-0.635	>95	-0.27
ST vs Clor a	0.652	>95	0.277
ST vs Clor b	0.661	>95	0.369
ST vs Clor c	0.670	>95	1.227
Clor a vs O <sub>2</sub> dis	0.819	>99.0	7.573
Clor a vs Clor b	0.990	>99.99	1.303
Clor a vs Clor c	0.997	>99.99	4.303
Clor a vs feopig	0.816	>99.0	16.76
Clor b vs Clor c	0.994	>99.999	3.258
Clor b vs feopig	0.883	>99.5	13.741
Clor b vs O <sub>2</sub> dis	0.772	>97.5	5.542
clor c vs feopig	0.829	>99	3.937
Clor c vs O <sub>2</sub> dis	0.791	>99	1.695

m = pendiente  
 $\alpha$  = porcentaje de significancia  
r = coeficiente de correlación

**Tabla 13**  
**Coefficientes de correlación entre los parámetros**  
**evaluados en el estero Confites durante el ciclo**  
**otoño-invierno 1991-92**

Parámetros	r	$\alpha$	m
NO <sub>2</sub> vs NO <sub>2</sub>	0.556	>99	7.409
NO <sub>3</sub> vs PO <sub>4</sub>	0.488	>99	0.040
Ntotal vs PO <sub>4</sub>	0.466	>99	12.198
Clor a vs Clor b	0.437	>99	0.069
Clor a vs Clor c	0.5	>99	0.147
Clor a vs ST	0.416	>99	0.704
Clor b vs Clor c	0.698	>99	0.684
Feop vs ST	0.736	>99	0.726
Feop vs Clor a	0.892	>99.9	0.877

m = pendiente  
 $\alpha$  = porcentaje de significancia  
r = coeficiente de correlación



**Tabla 14**  
**Coefficientes de correlación entre los parámetros**  
**evaluados en el Estanque 5 Ciclo Primavera-verano 1991**

Parámetros	r	$\alpha$	m
NO <sub>2</sub> vs Clor a	-0.804	>95	-2.956
NO <sub>2</sub> vs Clor b	0.889	>95	0.663
N amoniacal vs Clor a	0.842	>98	3.275
Clor a vs Clor c	0.894	>98	0.305
Clor a vs ST	0.809	>98	0.054
NO <sub>3</sub> vs Clor a	0.724	>95	2.352
Clor b vs ST	-0.752	>95	0.107
Clor a vs feopig	0.863	>98	0.567
MOP vs Clor a	0.868	>98	2.952
MOP vs Clor b	-0.747	>95	-0.514
NO <sub>3</sub> vs PO <sub>4</sub>	0.821	>98	2.855

m = pendiente

$\alpha$  = porcentaje de significancia

r = coeficiente de correlación

**Tabla 15**  
**Coefficientes de correlación entre los parámetros**  
**evaluados en el estanque 5. Ciclo otoño-invierno 1991-92**

Parámetros	r	$\alpha$	m
NO <sub>2</sub> vs Clor a	0.404	>98	12.926
NO <sub>2</sub> vs Clor b	0.415	>98	6.747
Clor a vs Clor b	0.615	>99	0.271
Clor a vs Clor c	0.788	>99	-0.355
Clor a vs ST	0.684	>99	0.772
Clor b vs Clor c	0.477	>99	0.413
Clor b vs ST	0.687	>99	1.524
Clor a vs feopig	0.637	>99	1.299
Clor a vs MOP	0.521	>99	0.185
Clor b vs MOP	0.549	>99	0.384
NO <sub>3</sub> vs PO <sub>4</sub>	0.489	>99	0.34

m = pendiente

$\alpha$  = porcentaje de significancia

r = coeficiente de correlación

**Tabla 16**  
**Coefficientes de correlación entre los parámetros**  
**evaluados en el estanque 1. Ciclo Primavera-verano 1991**

Parámetros	r	$\alpha$	m
O <sub>2</sub> dis vs Clor a	0.807	>95	0.170
O <sub>2</sub> dis vs Clor b	0.975	>99	1.099
NO <sub>3</sub> vs PO <sub>4</sub>	0.989	>99	63.329
NO <sub>3</sub> vs Clor a	0.835	>98	39.252
PO <sub>4</sub> vs Clor a	0.844	>95	0.620
St vs Clor c	0.910	>99	0.353

m = pendiente

$\alpha$  = porcentaje de significancia

r = coeficiente de correlación

**Tabla 17**  
**Coefficientes de correlación entre los parámetros**  
**evaluados en el estanque 1. Ciclo otoño-invierno 1991-92**

Parámetros	r	$\alpha$	m
PO <sub>4</sub> vs Clor b	0.521	>99	6.529
PO <sub>4</sub> vs Clor a	0.310	>95	7.703
Clor a vs Clor b	0.715	>99	0.344
Clor a vs Clor c	0.788	>99	-0.355
Clor a vs ST	0.546	>99	0.676
Clor b vs Clor c	0.587	>99	0.587
Clor b vs ST	0.417	>98	1.073
Clor a vs feopig	0.568	>99	0.721
Clor a s MOP	0.340	>95	0.122
Clor b vs MOP	0.355	>95	0.944
Feop vs ST	0.736	>99	0.726
Feop vs Clor a	0.892	>99.9	0.877

m = pendiente

$\alpha$  = porcentaje de significancia

r = coeficiente de correlación

Tabla 18 Comparación de medias de los diferentes parámetros evaluados en el estero Confites primavera-verano otoño-invierno Parámetros de t de student

Parámetro	Promedio	$\sigma$	n	Promedio	$\sigma$	n	T calc.	n	t tablas	Conclusión
Salinidad	41.75	0.93	26	27.74	12.03	53	8.42	53	2.01	PV>OI
Nitrito	0.27	0.13	26	0.55	1.67	51	1.14	51	"	N.S.
Nitrato	0.23	0.29	23	3.18	4.81	50	4.319	50	"	PV<OI
Fosfato	1.69	0.65	25	1.89	2.35	56	0.599	70	1.96	N.S.
N.amoniacal	15.01	8.53	23	12.71	9.23	51	1.046	48	2.04	N.S.
Clr a	1.22	0.89	24	4.41	19.49	49	1.25	48	"	N.S.
Clor b	0.26	0.48	22	0.72	10.99	47	0.077	46	"	N.S.
Clor c	0.93	0.61	21	4.96	6.98	45	3.841	45	"	PV<OI
Feopig.	0.19	0.54	21	7.58	21.87	44	2.239	43	"	PV<OI
Sol. tot.	74.14	14.28	26	45.22	19.10	46	7.07	67	1.96	PV>OI
MOP	9.24	69.04	27	4.07	1.6	42	7.68	35	2.04	PV>OI

N.S. Diferencia no significativa

Tabla 19 Comparación de medias de los diferentes parámetros evaluados durante el ciclo primavera-verano

Estanque 1 Estanque 5 Parámetros de t de student

Parámetro	Promedio	$\sigma$	n	Promedio	$\sigma$	n	T calc	n	t tablas	Conclusión
Salinidad	48.31	0.64	26	47.17	1.28	19	0.434	25	2.09	N.S.
Nitrito	0.54	0.23	27	0.72	0.31	19	2.17	33	2.04	E1<E5
Nitrato	0.77	1.54	26	0.88	0.24	15	2.199	27	2.09	E1>E5
Fosfato	0.77	0.50	27	3.11	1.50	19	6.525	21	"	E1>E5
N. amoniacal	8.63	6.05	28	11.23	6.02	15	1.345	31	2.04	N.S.
Clor a	8.48	4.58	26	7.8	4.11	18	0.523	41	"	N.S.
Clor b	3.55	1.64	26	3.6	1.66	16	0.095	33	"	N.S.
Clor c	4.69	3.98	26	4.59	2.5	16	0.1	42	"	N.S.
Feopig.	1.93	5.37	28	0.77	1.7	16	1.054	36	"	N.S.
Sol. tot.	90.48	15.9	23	93.69	13.6	12	0.624	28	2.09	N.S.
MOP	19.03	6.1	25	19.58	6.97	12	0.234	21	"	N.S.
Oxígeno dis.	149.35	100.3	39	178.41	117.9	19	0.932	32	"	N.S.

Tabla 20 Comparación de medias de los diferentes parametros evaluados  
Durante el ciclo otoño-invierno 1991-92

Parámetro	Estanque 1			Estanque 5			Parámetros de t de student			
	Promedio	$\sigma$	n	Promedio	$\sigma$	n	T calc.	n	t tablas	Conclusión
Salinidad	29.43	7.55	53	26.31	13.12	33	1.243	46	2.04	N.S.
Nitrito	0.39	0.39	55	0.40	0.39	35	0.164	75	1.96	N.S.
Nitrato	0.33	0.69	49	1.67	2.54	51	3.672	58	2.01	N.S.
Fosfato	0.63	0.56	53	0.80	0.61	36	1.372	73	1.96	N.S.
N. amoniacal	12.38	9.28	50	14.53	14.60	32	0.743	48	2.04	N.S.
Clor a	26.99	28.74	52	15.88	13.96	32	2.37	80	1.96	E1>E5
Clor b	11.65	8.84	52	9.97	8.29	16	0.679	28	2.09	N.S.
Clor c	15.33	15.61	52	10.21	7.24	33	2.044	78	1.96	E1>E5
Feopigmentos	22.17	26.78	52	18.68	21.99	28	0.624	67	"	N.S.
Sol. tot.	71.75	26.67	49	55.54	20.42	32	3.08	79	"	E1>E5

N.S. No significativo

Tabla 21 Comparación de medias de los diferentes parametros evaluados  
durante el ciclo primavera-verano 1991 en el estanque 1 e Estero Confites  
Parámetros de t de student

Parámetro	T calc.	n	t tablas	Conclusión
Salinidad	29.56	46	2.04	E1>IN
Nitrito	5.03	42	"	E1>IN
Nitrato	1.74	27	2.09	N.S.
Fosfato	5.626	47	2.04	E1<IN
N. amoniacal	3.01	40	"	E1<IN
Clor a	8.2	30	"	E1>IN
Clor b	8.74	30	"	E1>IN
Clor c	4.74	27	2.09	E1>IN
Feopigmentos	1.703	28	"	N.S.
Sol. tot.	3.76	47	2.04	E1>IN
MOP	7.25	35	"	E1>IN
O dis	1.528	66	1.96	N.S.

N.S. no significativo

**Tabla 22 Comparación de medias de los diferentes parametros evaluados durante el ciclo otoño-invierno 1991-92 en el estanque 1 e ingreso de la granja**  
**Parámetros de t de student**

Parámetro	T calc.	n	t tablas	Conclusión
Salinidad	0.866	89	1.96	N.S.
Nitrito	0.646	55	2.01	N.S.
Nitrato	4.133	51	"	E1<IN
Fosfato	3.787	62	1.96	E1<IN
N. amoniacal	0.183	100	"	N.S.
Clor a	4.58	91	"	E1>IN
Clor b	5.38	90	"	E1>IN
Clor c	4.31	74	"	E1>IN
Feopigmentos	2.935	96	"	E1>IN
Sol. tot.	5.38	88	"	E1>IN
MOP	9.90	47	2.04	E1>IN

**Tabla 23 Comparación de medias de los diferentes parametros evaluados en el estanque 1 durante los ciclos primavera-verano y otoño-invierno**  
**Parámetros de t de student**

Parámetro	T calc.	n	t tablas	Conclusión
Salinidad	18.054	54	2.01	PV>OI
Nitrito	2.022	79	1.96	PV>OI
Nitrato	1.058	31	2.04	N.S.
Fosfato	1.097	60	1.96	N.S.
N. amoniacal	2.153	79	"	PV<OI
Clor a	4.53	55	2.01	PV<OI
Clor b	6.251	58	"	PV<OI
Clor c	4.62	64	1.96	PV<OI
Feopigmentos	5.524	59	2.01	PV<OI
Sol. tot.	3.7	68	1.96	PV>OI
MOP	3.7	49	2.04	PV>OI

**Tabla 24 Comparación de medias de los diferentes parametros evaluados en el estanque 5 durante los ciclos primavera-verano y otoño-invierno**  
**Parámetros de T de student**

Parámetro	T calc.	n	t tablas	Conclusión
Salinidad	9.49	33	2.04	PV>OI
Nitrito	3.2	46	"	PV>OI
Nitrato	4.4	53	2.01	PV<OI
Fosfato	6.4	22	2.09	PV<OI
N. amoniacal	1.096	46	2.04	N.S.
Clor a	3.04	40	"	PV<OI
Clor b	3.0	16	2.21	PV<OI
Clor c	3.99	45	2.04	PV<OI
Feopigmentos	4.28	28	2.09	PV<OI
Sol. tot.	7.02	33	2.04	PV>OI

Tabla 25 Parámetros fisicoquímicos en aguas naturales

Parámetro	Tamiagua <sup>1</sup>	Urias <sup>3,5</sup>	San J. <sup>4</sup>	Superior <sup>6</sup>	M.Muerto <sup>7</sup>	La Joya <sup>7</sup>	E. Pb <sup>8</sup>
S	24.1-29.8	30.6-33.9	2-8	44.6-54.8	26-51	15-39	4-32
pH	7.8-8.8		7.3-9.2				
NH <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> <sup>I</sup>	0.2-0.5		1.6-100.3	nd.-2.16	3.7-7.4	4.8-9.2	1.5-3.8
NO <sub>3</sub> <sup>I</sup>		0.58-1.83	0.7-49.8	nd.-3.25	0.8-1.5	0.5-6.5	1.4-3.0
NO <sub>2</sub> <sup>II</sup>			0.07-30.8	nd.-2.41			0.5-1.4
PO <sub>4</sub> <sup>II</sup>	1.2-2.4	0.57-1.44	0.06-9.7	0.05-0.37	1.6-4.11	2.0-6.5	3.3-13.
Secchi (m)	0.48-0.92						0.1-3.5
O.D. <sup>II</sup>		3.5-7.99	0.8-6.62	1.14-13.9	6.1-6.99	3.74-7	3.6-5.0
SST <sup>II</sup>		20-85 <sup>5</sup>					
Clor a*	4.1-20.7	3.4-12.6			21.3-32.5	21.3-32	

\* µg/l

I µM

II mg/l

Fuentes

1. Laguna Tamiagua Veracruz, México (Contreras, 1981)
2. Estero Punta Blanda Baja California, México (Millan et al, 1981).
3. Estero de Urias Sinaloa, México (Gilmartin et al, 1978)
4. Laguna San José Malinaltepec Oaxaca, México (Contreras et al, 1981).
5. Estero de Urias Sinaloa, México (Páez, et al, 1990).
6. Laguna Superior Oaxaca, México (Ortiz et al, 1991)
7. Lagunas Mar Muerto Oax.-Chis y La Joya Buenavista Chis. (Contreras et al 1989).
8. Laguna Ensenada del Pabellón Sinaloa (de La Lanza, 1991).

Tabla 26 Parámetros fisicoquímicos en granjas camarónicas

Parametro	Óptimo	Cuervo <sup>1</sup>	Maricul. <sup>2</sup>	Keiwais <sup>4</sup>	Hawaii <sup>4</sup>	Cl. PV	C. OI
S	15-25	15-60	13-24	4.6		48.3	29.4
T °C	23-31	27		29.9			
pH	6-9		.4-8.8			8.4	
Alc (como CaCO <sub>3</sub> )	>20		90-123				
NH <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>			<5.0	153	4.2	8.63	12.38
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>		35-100	1.2-1.9	53	1.31	0.77	0.63
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>		0-0.3	0.3-2.1	19	2.41	0.54	0.39
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>			0.02-0.2			0.77	0.33
Clor µg/l		0-2.5	5-39		35.8	8.48	26.99
Secchi cm	35	<90	21-40			0.35	0.35
O. Dis mg/l	>5		1.2-6.2			4.76	
Sobrevivencia (%)			84			>90	75-80
Rendimiento kg/ha		490	1000			1,800	2,000
Dens. de siembra <sup>3</sup>		1-8	8.6			14	20
Talla máxima g.		11.29	13.4			16	12
Duración ciclo <sup>‡</sup>			2.6			3	5.5
V. de crec <sup>*</sup>			0.144			0.175	0.079

\* µM.

‡ Meses.

<sup>3</sup> Gramos por día.

<sup>4</sup> Camarones por metro cuadrado.

1. Granja Estero del Cuervo (Margolles et al, 1991).

2. Maricultivos de la Costa de Chiapas S.C.L. (Martínez et al, 1991).

4. Granjas intensivas en Hawaii (medias geométricas). (Ziemman et al, 1992).

5. Keiwais (encierros artificiales de camarón en Hong Kong) (Wong et al, 1992).



Tabla No. 27 Flujo de materiales por día del estanque 5 hacia el estero  
Confites 29 de junio de 1991 día 92 del ciclo primavera-verano

Componente	Entrada	Salida	Incremento	% de Δ
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> NH <sub>3</sub> (g)	1025.0	1280.0	254.3	24
NO <sub>2</sub> (g)	58.1	155.2	96.9	166
NO <sub>3</sub> (g)	50.0	ND	-50.1	-100
Ntr total (g)	826.9	1042.9	216.0	26
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (g)	445.6	502.5	57.1	13
Sol. tot. (Kg)	223.2	296.7	73.4	33
MOP (Kg)	25.3	52.3	27.0	106
Clor A (g)	4.8	69	64.3	1339
Clor B (g)	1.2	23	22.3	1726
Clor C (g)	2.1	18.9	16.7	772
Feopig (g)	48.5	0.0	-48.5	-100
Oxígeno (Kg)	4.0	6.8	2.72	67

Tabla No. 28 Flujo de materiales por día del estanque 1 para el  
31 de enero de 1992 día 163 del ciclo otoño-invierno

Componente	Entrada	Salida	Incremento	% de Δ
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> NH <sub>3</sub> (g)	278.3	133.7	-144.6	-52
NO <sub>2</sub> (g)	1.3	29.3	28.0	2100
NO <sub>3</sub> (g)	103.3	78.0	-25.2	-24
Ntr. total (g)	240.2	130.5	-109.6	-45
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (g)	N.D.	3.2	3.2	
Sol. tot. (Kg)	38.9	64.2	25.3	66
MOP (Kg)	4.0	14.2	10.1	266
Clor A (g)	19.6	63.3	43.6	268
Clor B (g)	4.9	16.5	11.6	240
Clor C (g)	8.7	33.4	24.7	285
Feopig (g)	18.1	19.1	0.9	5

Tabla No. 29 Flujo de materiales por día de diferentes estanques a lo largo del ciclo primavera-verano

Componente	E-1 mayo 4 <sup>1</sup>	E-5 junio 1 <sup>2</sup>	E-1 junio 15 <sup>3</sup>
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> NH <sub>3</sub> (g)	13.7	840.2	304.3
NO <sub>2</sub> (g)	27.4	137.0	20.8
NO <sub>3</sub> (g)	28.0	41.8	11.2
Ntr total (g)	25.3	704.7	245.5
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (g)	98.1	1199.4	51.6
Sol. tot. (Kg)	93.6	190.7	82.4
MOP (Kg)	23.6	31.0	16.7
Clor A (g)	3.3	24.0	10.0
Clor B (g)	3.0	8.4	3.5
Clor C (g)	2.9	9.8	2.9
Feopig (g)	16.4	0.0	0.3
Oxígeno Kg)	2.71	11.27	3.0

1 Día No 36 del ciclo de cultivo recambio al 3 %.

1 Día No 64 del ciclo de cultivo recambio al 5 %.

1 Día No 78 del ciclo de cultivo recambio al 5 %.

Tabla 30 Flujo total de materiales por hectárea por ciclo de cultivo ciclo Primavera-verano 1991

Componente	Ingreso	Egreso Bruto	Egreso Neto
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> NH <sub>3</sub> (g)	8768.0	6146.2	-2621.7
NO <sub>2</sub> (g)	497.0	984.0	487.0
NO <sub>3</sub> (g)	427.0	271.8	-155.0
Ntr total (g)	7073.0	5141.7	-1931.0
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (g)	3811.0	5721.4	1910.0
Sol. tot. (Kg)	1909.0	1844.7	-64.0
MOP (Kg)	216.6	350.0	134.0
Clor A (g)	41.0	117.72	71.0
Clor B (g)	10.2	48.0	37.7
Clor C (g)	17.9	95.1	77.1
Feopig (g)	414.0	78.6	-33.6
Oxígeno Kg)	34.2	67.71	33.5

Tabla No. 31 Flujo de materiales del estanque 1 durante 8 horas  
25 de enero de 1992 día 157 ciclo otoño-invierno

Componente	Entrada	Salida	Incremento	% de Δ
$\text{NH}_4^+$ $\text{NH}_3$ (g)	34.3	86.3	51.9	151
$\text{NO}_2$ (g)	1.1	5.0	3.8	348
$\text{NO}_3$ (g)	5.2	49.4	44.1	843
Ntr total (g)	28.2	79.8	51.5	182
$\text{PO}_4^-$ (g)	14.8	43.2	28.3	191
Sol. tot. (Kg)	25.9	28.4	2.5	9
MOP (Kg)	1.8	1.8	0.0	0
Clor A (g)	0.4	2.7	2.3	562
Clor B (g)	0.4	3.9	3.4	767
Clor C (g)	0.7	4.9	2.4	550
Feopig (g)	1.6	18.0	16.4	1021

Tabla 32 Ecuaciones de ajuste para el crecimiento del camarón en la granja la Clementina

Estanque	lineal $W=W_i+mt$	von Bertalanffy $W=W_{\infty}(1-e^{-(k(t-t_0))})+W_0$	Polinomial $W=aX^3+bX^2+cX+d$
Ciclo P-V			
E-1	$W_i = 1.021$ $m = 0.173$ $r = 0.9928$	$W_{\infty} = 15.99$ $W_0 = 0$ $k = 0.03672$ $r = 0.9714$	$n = 12$  $r = 0.994674$
E-5	$W_i = -0.078$ $m = 0.181$ $r = 0.976$	$W_{\infty} = 15.09$ $W_0 = 0$ $k = 0.03631$ $r = 0.96714$	$n = 13$  $r = 0.9901395$
Promedio Granja	$W_i = 1.314$ $m = 0.175$ $r = 0.9872$	$W_{\infty} = 15.09$ $W_0 = 0$ $k = 0.04051$ $r = 0.98$	$n = 13$  $r = 0.996643$
Ciclo O-I			
E-1	$W_i = 1.545$ $m = 0.076$ $r = 0.9935$	$W_{\infty} = 12.04$ $W_0 = 1.75$ $k = 0.0208$ $r = 0.9938$	$n = 21$  $r = 0.997767$
E-5	$W_i = 1.252$ $m = 0.087$ $r = 0.9964$	$W_{\infty} = 12.37$ $W_0 = 1.04$ $k = 0.0256$ $r = 0.981$	$n = 19$  $r = 0.938868$
Promedio Granja	$W_i = 1.316$ $m = 0.079$ $r = 0.991$	$W_{\infty} = 11.78$ $W_0 = 1.2$ $k = 0.024$ $r = 0.9976$	$n = 21$  $r = 0.999589$

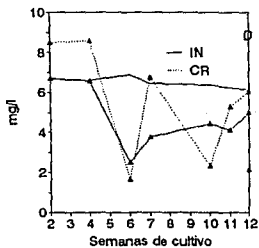
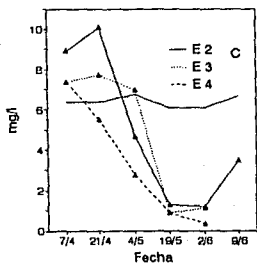
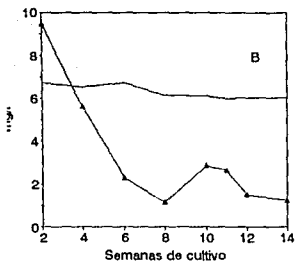
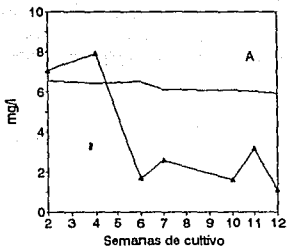


Fig. 1 Concentración de oxígeno disuelto medida (  $\Delta$  ), concentración calculada de saturación (  $\text{—}$  ) durante el ciclo otoño-invierno. E2, E3 y E4 estanques 2, 3 y 4 respectivamente. Canal reservorio CR agua del estero IN.

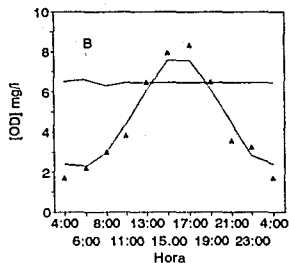
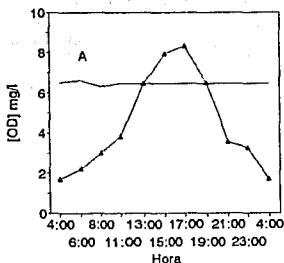


Fig. 2 (a) Oxígeno disuelto ( ) concentración calculada de saturación ( ) durante ciclo diurno del día 4 al 5 mayo 1991 Estanque 1. (b) Mismos datos con proceso de suavización (Q) datos ( ) curva con valores suavizados.

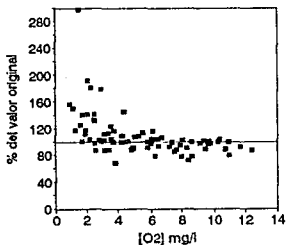


Fig 3 Valores suavizados de oxígeno disuelto en relación a los medidos.

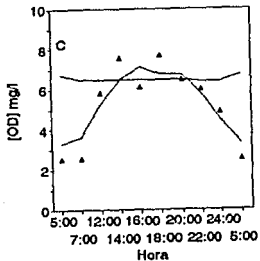
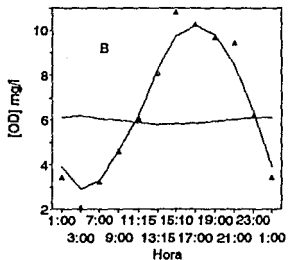
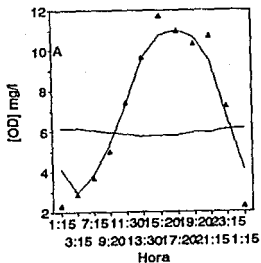


Fig. 4 Ciclos diurnos en el estanque 1 (a) días del 15-16 junio y vertedero de salida del mismo, (b) días del 15-16 junio y (c) días 4-5 mayo. Símbolos ( ) oxígeno medido ( ) concentración de saturación y ( ) curva con valores suavizados.

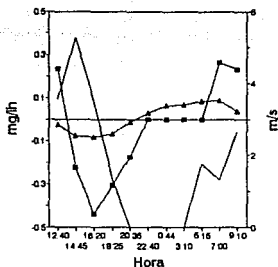


Fig 5 Tasas de intercambio por difusión entre el agua de los estanques y la atmosfera calculadas de acuerdo con el modelo de Odum ( ) y con las ecuación empíricas mencionadas por Ponce ( ). Estanque 1 centro 15 Junio.

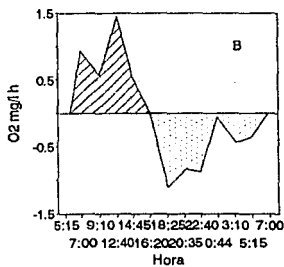
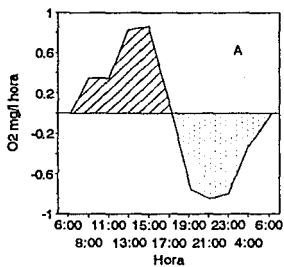


Fig. 6 Valores de  $dO_2/dt$  del estanque 1 días 4-5 mayo (A) y 15-16 de junio (B). Producción ( ) respiración ( )



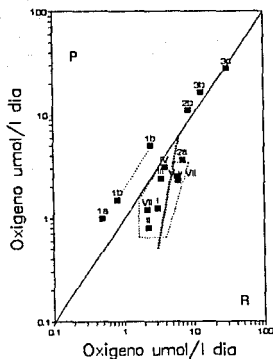


Fig. 7 Diagrama de los valores de P vs R  
 Símbolos:

( ) Zona distrofica (Odum 1956)

1a Oceano tropical.

1b Estanques de peces.(.....) Intervalo de valores.

2a Afloramiento de algas en la Bahía Mezquita.

2b Estanque Shell Shop.

3b Laguna el verde.

3c Laguna de mitla.

Fuentes:

(a) Odum et al 1956.

(b) Reyes 1988.

(c) Merino 1991.

I y II Estanque 1 4-5 mayo centro y salida.

III y IV Estanque 1 15-16 junio centro y salida.

V y VI Estanque 5 1-2 Junio centro y salida.

VII Estanque 5 29-30 junio salida.

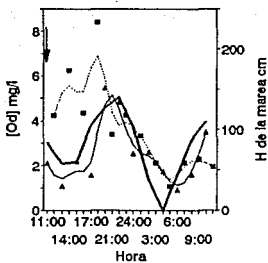


Fig: 8 Valores de la concentración de oxígeno en el estero.Confites ( ) y en la salida de estanque 5 ( ) en cm.

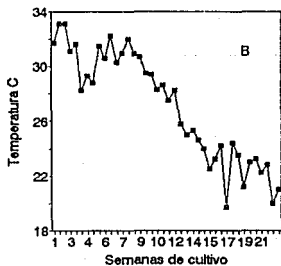
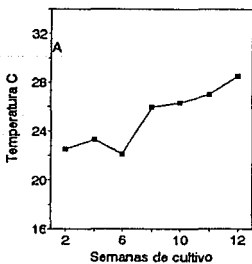


Fig 9 Variación de la temperatura estanque 1 (A) primavera-verano y (B) otoño-invierno.

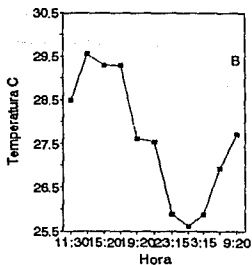
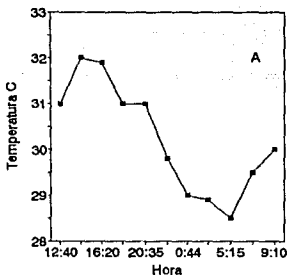


Fig 10 Variación diurna de la temperatura durante el ciclo de cultivo primavera-verano estanque 1 (A) y 5 (B).

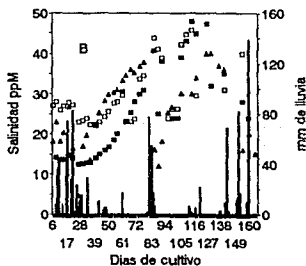
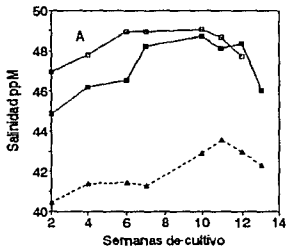


Fig 11 Salinidad durante los ciclos primavera-verano (A) y otoño-invierno (B). Símbolos Estero ( ) estanque 1 ( ) y estanque 5 ( ).

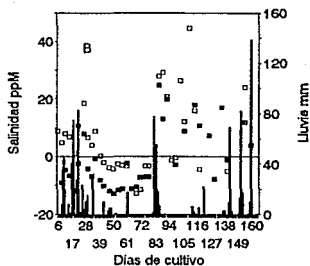
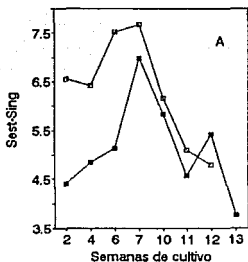


Fig 12 Variación de DS del estanque 1 ( ) y 5 ( ) durante los ciclos (A) primavera-verano y (B) otoño-invierno.

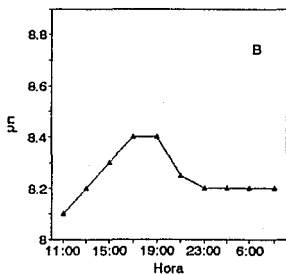
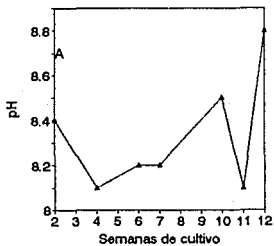


Fig 13 Variación del pH en el estanque 1 a lo largo del ciclo de cultivo (A) y en un ciclo diurno (B).

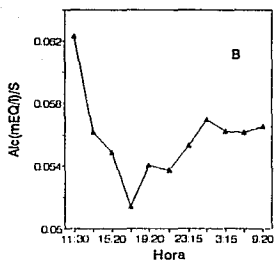
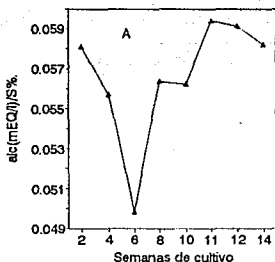


Fig. 14 Variación de la alcalinidad específica del estanque 5 durante el ciclo primavera-verano (A) y el ciclo diurno 1 al 2 de junio (B).

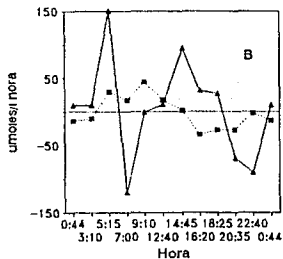
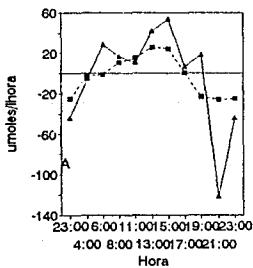


Fig 15 Tasa de producción de oxígeno ( ) y de consumo de carbono total inorgánico ( ) los días 4 y 5 de mayo (A) y 15 y 16 de junio del mismo estanque.

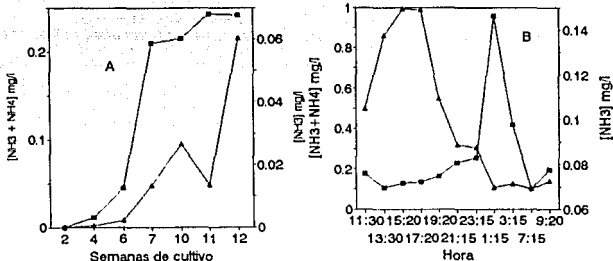


Fig 16 Niveles de nitrógeno amoniacal ( ) y de amoniaco ( ) A lo largo del ciclo de cultivo Primavera-verano en el estanque 1 (A) y los días 1 y 2 de junio del estanque 5 (B).

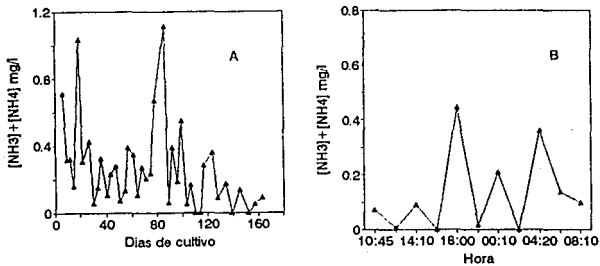


Fig 17 Niveles de concentración de nitrógeno amoniacal en el estanque 1 durante el ciclo otoño-invierno (A) y el día 30 de enero (B).

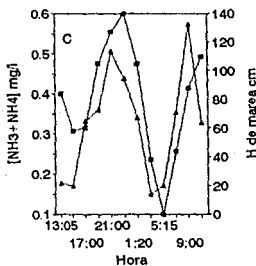
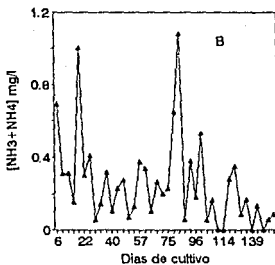
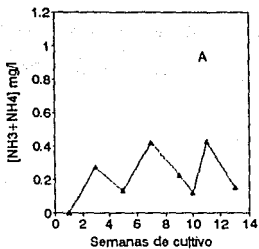


Fig. 18 Niveles de concentración de nitrógeno amoniacal para el estero Confites durante los ciclos primavera-verano (A), otoño-invierno (B) y el ciclo diurno del 29 al 30 de junio (C). ( ) Nitrógeno amoniacal mg/l y ( ) altura de la marea en cm.

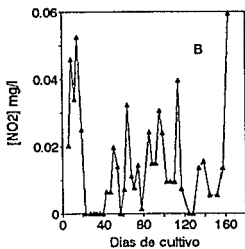
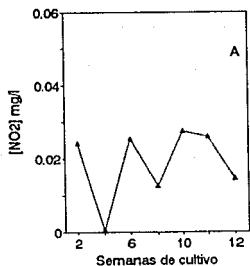


Fig. 19 Niveles de concentración de nitrito en el estanque 1 durante el ciclo primavera-verano (A) y otoño invierno (B).

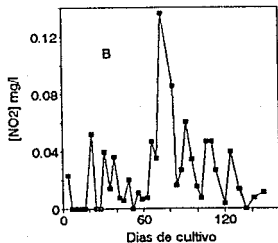
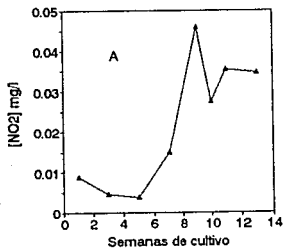


Fig. 20 Niveles de concentración de nitrito en el estanque 5 durante el ciclo primavera-verano (A) y otoño-invierno (B).



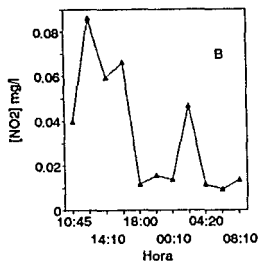
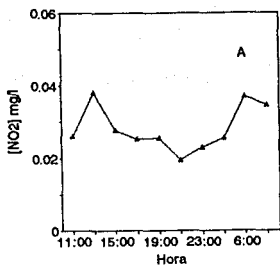


Fig. 21 Niveles de concentración de nitrito en el estanque 1 durante el ciclo diurno de 4-5 mayo (A) y 30-31 enero (B).

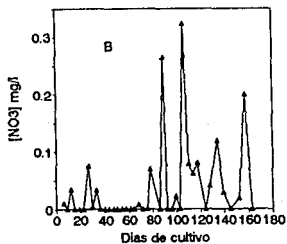
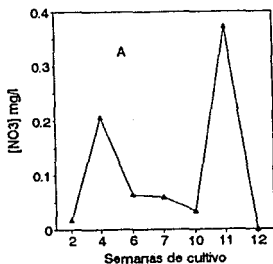


Fig 22 Niveles de concentración de nitrato en estanque 1 durante el ciclo de cultivo primavera-verano (A) y otoño-invierno (B).

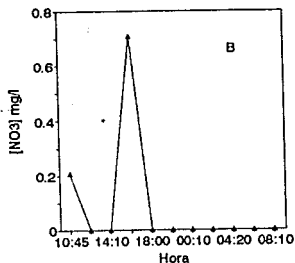
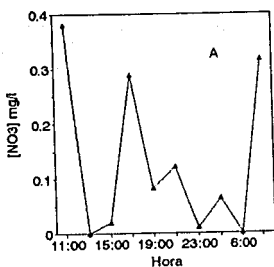


Fig 23 Niveles de concentración de nitratos durante los ciclos diurno del 4-5 mayo (A) y 30-31 de enero (B).

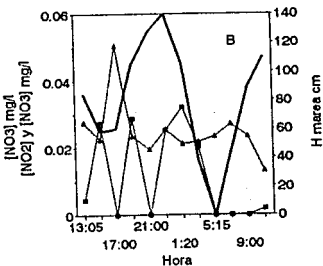
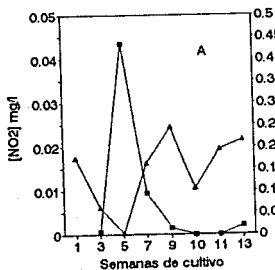


Fig. 24 Niveles de concentración de nitrito ( ), nitrato ( ) y altura de la marea ( ) en el estero Confites en el ciclo primavera-verano (A) durante el ciclo de cultivo y (B) durante el día 29 de junio.

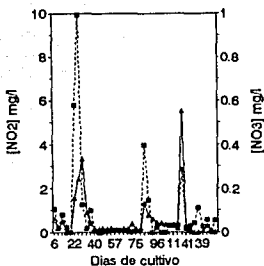


Fig. 25 Niveles de concentración de nitrito (—○) y nitrato (---□) en el estero Confites en el ciclo otoño-invierno

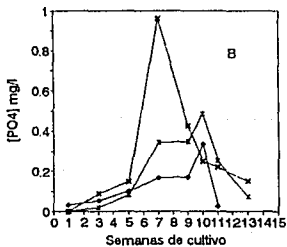
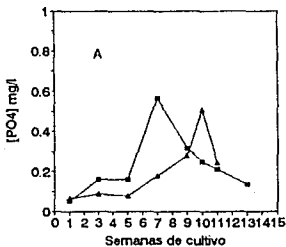


Fig. 26 (A) Niveles de concentración de fosfato a lo largo del ciclo primavera-verano, en el Estero Confites (—○) y en el canal reservorio (—□). (B) Niveles de concentración de fosfato en el agua de salida de la granja (—○) y los estanques 1 (+) y 5 (X).

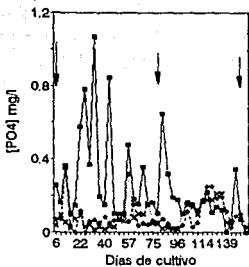


Fig. 27 Niveles de concentración de fosfato durante el ciclo otoño invierno, en el agua del Estero Confites ( ), estanques 1 (+) y 5 (x).

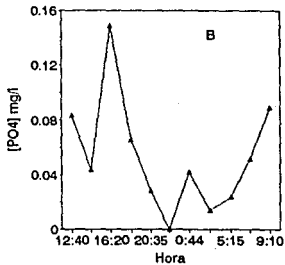
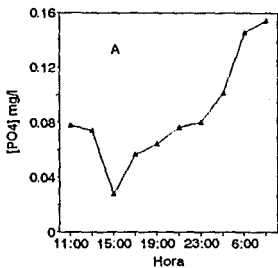


Fig. 28 Niveles de concentración de fosfatos en el estanque 1 durante los ciclos diurnos 4 y 5 de mayo (A), y 15 y 16 de junio.

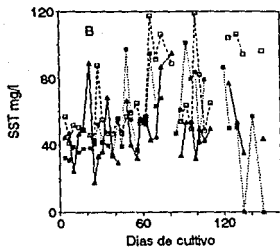
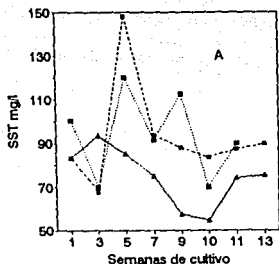


Fig. 29 Niveles de concentración de sólidos totales en el agua durante el ciclo primavera-verano (A) y otoño-invierno (B) en: estanque 1 (▲), estanque 5 (■) y estero Confites (●)

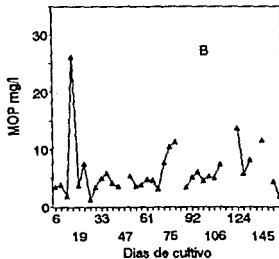
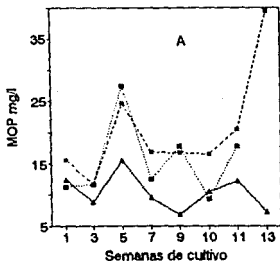


Fig. 30 Niveles de materia orgánica particulada en el agua durante el ciclo primavera-verano (A) y otoño-invierno (B) en: estanque 1 (▲), estanque 5 (■) y estero Confites (●)

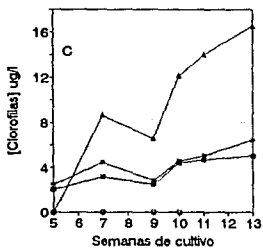
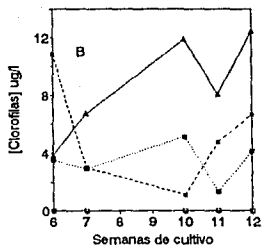
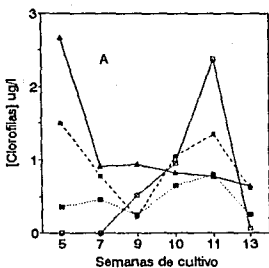


Fig. 31 Niveles de concentración de clorofilas a ( ), b ( ), c ( ) y feopigmentos ( ) durante el ciclo primavera-verano en el estanque Confites (A), en el estanque 1 (B) y en el estanque 5 (C).

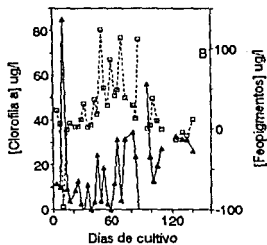
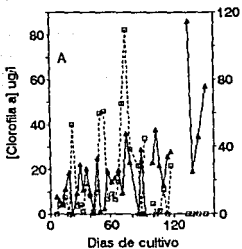


Fig. 32 Niveles de concentración de clorofilas a ( ) y feopigmentos ( ) durante el ciclo otoño-invierno en el estanque 1 (A) y el estanque 5 (B).

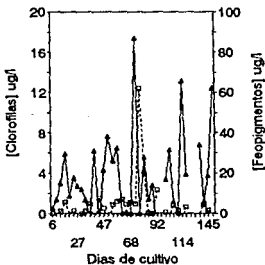


Fig. 32 Niveles de concentración de clorofilas a ( ) y feopigmentos ( ) en el estero Confites durante el ciclo otoño-invierno.

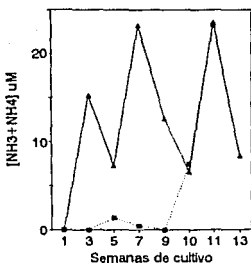


Fig 34 Niveles de concentración de nitrógeno amoniacal en el agua del ingreso ( ) de la granja y en el canal reservorio ( ).

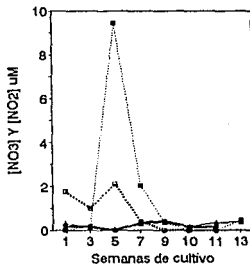


Fig. 35 Niveles de concentración en el agua de ingreso de nitrito ( ) y nitrato ( ) y en el canal reservorio (mismos símbolos vacíos) durante el ciclo de cultivo primavera-verano.

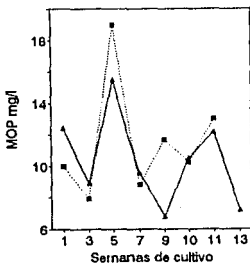


Fig 36. Niveles de concentración de materia orgánica particulada en el agua de ingreso a la granja ( ) y en el canal reservorio durante el ciclo de cultivo primavera-verano.



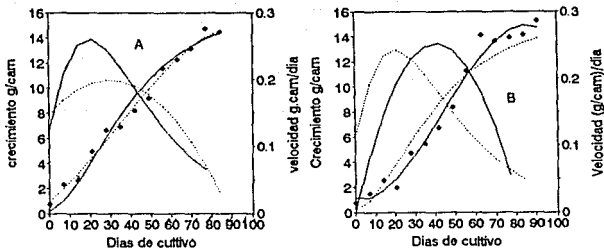


Fig. 37 Crecimiento de camarón en la granja La Clementina en los estanques 1 (A) y 5 (B) durante el ciclo primavera-verano. Con ajuste polinomial ( ) y de acuerdo con la ecuación de Von Bertalanffy.

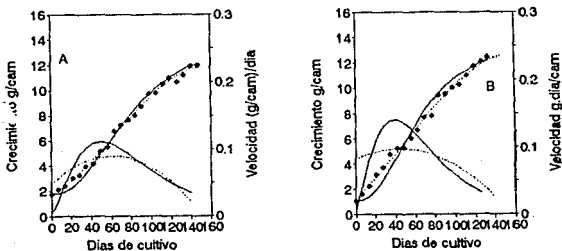


Fig. 38 Crecimiento de camarón en la granja La Clementina en los estanques 1 (A) y 5 (B) durante el ciclo otoño-invierno. Con ajuste polinomial ( ) y de acuerdo con la ecuación de Von Bertalanffy.

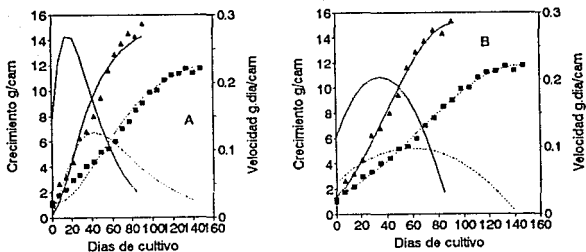
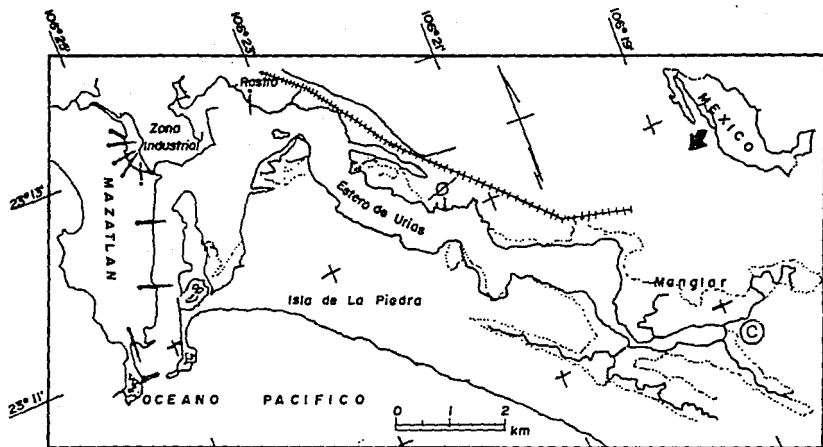


Fig. 39 Crecimiento promedio del camarón en los diferentes estanques durante el ciclo primavera-verano ( ) y otoño-invierno ( ). Curvas de ajuste de acuerdo con la ecuación de Von Bertalanfy (A) y polinomial (B)



⊙ TERMOCLECTRICA

— DESCARGA DE AGUAS NEGRAS

Plano 1 Localización geográfica de la granja La Clementina  
 Símbolos ⊙ Granja

Figura 1 Plano de la Granja

