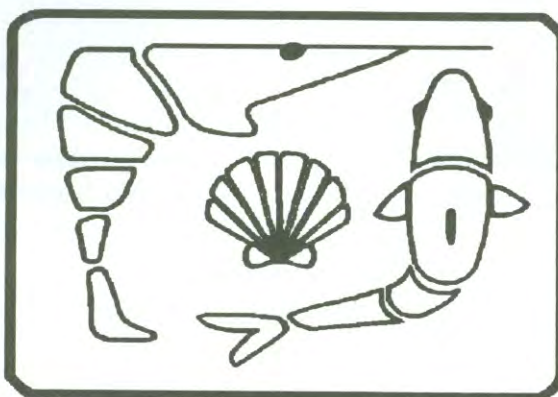




EL SABER DE MIS HIJOS
HARÁ MI GRANDEZA

UNIVERSIDAD DE SONORA
DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS

PROGRAMA REGIONAL DE POSGRADO EN ACUACULTURA



EL SABER DE MIS HIJOS
HARÁ MI GRANDEZA
BIBLIOTECA DE
POSGRADO
EN CIENCIAS E
INGENIERÍA

**COMPORTAMIENTO DE NUTRIENTES, MATERIA ORGÁNICA Y
MATERIALES EN ESTANQUES DE CULTIVO SEMI-INTENSIVO DE
CAMARÓN AZUL *Litopenaeus stylirostris* EN SONORA MÉXICO.**

TESIS

que para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de MAESTRO EN
CIENCIAS, con especialidad en Cultivo de Crustáceos presenta:

VÍCTOR LAURENCEZ REYES.

CONTENIDO.

	Página
RESUMEN.	I
ABSTRACT.	ii
ÍNDICE DE FIGURAS.	iii
I.- INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.	1
II.- OBJETIVOS.	10
II.1.- Objetivo general.	10
II.2.- Objetivos particulares.	10
III.- HIPOTESIS.	11
IV.- MATERIAL Y MÉTODOS.	12
IV.1.- Estaciones de monitoreo.	12
IV.2.- Determinaciones in situ.	12
IV.3.- Colecta de agua para análisis	12
IV.4.- Productividad primaria	15
IV.5.- Clorofilas.	16
IV.6.- Nutrientes	16
IV.7 - Seston	17
IV.8.- Procesamiento de datos	18
V.- RESULTADOS.	19
V.1.- Comportamiento de los parámetros ambientales.	19
V.2.- Comportamiento de los nutrientes	28
V.3.- Comportamiento de la productividad primaria	33
V.4.- Comportamiento de las clorofilas	38
V.5.- Comportamiento del seston	44
VI.-DISCUSION.	50
V.I.1.- Parámetros ambientales	50
V.I.2.- Nutrientes	52
V.I.3.- Productividad Primaria	53

VII.- CONCLUSION	57
VIII.-RECOMENDACIONES.	59
IX.- LITERATURA CITADA.	60

RESUMEN.

Durante el ciclo de verano-invierno en 1997, se llevo a cabo un estudio en la granja camaronícola Rafael Buelna, del Parque Acuícola "La Atanasia", a fin de conocer el comportamiento de algunos parámetros de la calidad de agua durante el proceso de producción, en dos estanques de cultivo de camarón azul, *Litopenaeus stylirostris* (STIMPSON). Los parámetros considerados fueron: nitratos, fosfatos, silicatos, productividad primaria, clorofilas, seston, materia orgánica, materia inorgánica y parámetros ambientales. Los resultados mostraron que existen diferencias entre las entradas, los interiores y las salidas de los estanques, en la mayoría de los parámetros estudiados. La clorofila *a* presentó valores entre 0.564 y 2.051 mg/m³, con las concentraciones más altas en los interiores y las salidas. Los Sólidos suspendidos totales variaron entre 58.8 y 144.8 mg/l, siendo los valores más elevados en los interiores y las salidas. La materia orgánica presentó valores mínimos de 8.3 y máximos de 18.8 mg/l, encontrándose los valores más altos en los interiores y las salidas. La materia inorgánica presentó valores mínimos de 50.6 y máximos de 126.8 mg/l, los valores más altos por lo general se encontraron en los interiores y las salidas. Los Fosfatos oscilaron entre 0.099 y 0.12 mg/l, con los valores más altos en las entradas. Los otros nutrientes no presentaron diferencias significativas. La Productividad primaria bruta, neta y respiración, tampoco presentaron diferencias significativas.

Con respecto a los parámetros ambientales, se observaron diferencias significativas en el pH, salinidad y transparencia. El pH fue más alto en el interior y la salida del estanque 6. Mientras que la salinidad tuvo valores altos en todas las estaciones de los dos estanques. La transparencia demostró valores superiores en las entradas de ambos estanques. No se detectaron diferencias significativas en cuanto a la temperatura y oxígeno disuelto. Todos los parámetros ambientales mencionados, excepto la salinidad, estuvieron dentro de los rangos considerados aceptables para el cultivo de camarones peneidos.

Se concluye que en el proceso productivo de cultivo de camarón, existen cambios en la calidad del agua, al pasar a través de los estanques. En el actual estudio, no se llegaron a detectar valores en ninguno de los parámetros considerados, que pudieran repercutir negativamente en los ecosistemas receptores.

ABSTRACT.

During the summer-winter season, 1997, an experimental study was conducted in the facilities of the shrimp farm Rafael Buelna, of the aquaculture park "La Atanasia". The objective of the study was to know the comportment of some water quality parameters during the productive cycle in two ponds farming blue shrimp *Litopenaeus stylirostris* (STIMPSON). The parameters considered were: nitrates, phosphates, silicates, primary productivity, chlorophyll, seston, organic matter, inorganic matter and environmental parameters. Significant differences were found between inlet, interior and outlet of the ponds, in most of the studied parameters. Chlorophyll a varied from 0.564 to 2.051 mg/m³, with the higher concentration in interior and outlet. Total suspended solids presented values from 58.8 to 144.8 mg/l, being higher in interior and outlet. Organic matter varied from 8.3 to 18.8 mg/l. Higher values were mostly found in interior and outlet. Inorganic matter varied from 50.6 to 126.8 mg/l. Higher values were mostly found in interior and outlet. Concentration of phosphates showed values from 0.099 to 0.12 mg/l. The higher concentration were recorded at inlet. No significant differences were found in the other nutrients. Gross and net primary productivity, and respiration were not significantly different between inlet, interior and outlet.

With respect to environmental parameters, significant differences were found in pH, salinity and transparency. pH was higher in interior and outlet; salinity were higher inlet, interior and outlet. Transparency was showed higher values inlet. Temperature and dissolved oxygen were not different between the points of sampling. All the parameters studied, except salinity, were found in the range adequate for culture of penaeid shrimp.

It is concluded that important changes occurred in water quality through the productive cycle of shrimp culture. However, in the present study, none of the parameters presented levels as high to impact the receiving ecosystems.

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura	Página
1. Fotografía del Parque Acuícola “La Atanasia” Sonora, México.	13
2. Localización de la granja Rafael Buelna (no.12) con los dos estanques 5 y 6 (8 Ha), a partir de la imagen Lansat ETM.	14
3. Parámetros ambientales. Variación espacial promedio (\pm d.e. y \pm e.e.) en las entradas (E), interiores (I) y salidas (S) de los estanques 5 y 6, durante todo el período de estudio. Estaciones con letras diferentes indican diferencias significativas.	20
4. Temperatura: Comportamiento promedio quincenal (\pm d.e.), en las entradas, interiores y salidas de los estanques 5 y 6, durante agosto a noviembre de 1997, en el P.A. La Atanasia. El valor de significancia se refiere al análisis temporal de K-W.	21
5. Oxígeno disuelto: Comportamiento promedio quincenal (\pm d.e.), en las entradas, interiores y salidas de los estanques 5 y 6, durante agosto a noviembre de 1997, en el P.A. La Atanasia. El valor de significancia se refiere al análisis temporal de K-W.	22
6. PH: Comportamiento promedio quincenal (\pm d.e.), en las entradas, interiores y salidas de los estanques 5 y 6, durante agosto a noviembre de 1997, en el P.A. La Atanasia. El valor de significancia se refiere al análisis temporal de K-W.	25
7. Salinidad: Comportamiento promedio quincenal (\pm d.e.), en las entradas, interiores y salidas de los estanques 5 y 6, durante agosto a noviembre de 1997, en el P.A. La Atanasia. El valor de significancia se refiere al análisis temporal de K-W.	26
8. Transparencia: Comportamiento promedio quincenal (\pm d.e.), en las entradas, interiores y salidas de los estanques 5 y 6, durante agosto a noviembre de 1997, en el P.A. La Atanasia. El valor de significancia se refiere al análisis temporal de K-W.	27
9. Nutrientes. Variación espacial promedio (\pm d.e. y \pm e.e.) en las entradas (E), interiores (I) y salidas (S) de los estanques 5 y 6, durante todo el período de estudio. Estaciones con letras diferentes indican diferencias significativas.	29
10. Nitratos (NO ₃): Comportamiento promedio quincenal (\pm d.e.), en las	30

entradas, interiores y salidas de los estanques 5 y 6, durante agosto a noviembre de 1997, en el P.A. La Atanasia. El valor de significancia se refiere al análisis temporal de K-W.

11. Ortofosfatos (PO₄): Comportamiento promedio quincenal (\pm d.e.), en las entradas, interiores y salidas de los estanques 5 y 6, durante agosto a noviembre de 1997, en el P.A. La Atanasia. El valor de significancia se refiere al análisis temporal de K-W. 31
12. Silicatos (SiO₂): Comportamiento promedio quincenal (\pm d.e.), en las entradas, interiores y salidas de los estanques 5 y 6, durante agosto a noviembre de 1997, en el P.A. La Atanasia. El valor de significancia se refiere al análisis temporal de K-W. 32
13. Productividad Primaria. Variación espacial promedio (\pm d.e. y \pm e.e.) en los interiores (I) de los estanques 5 y 6, durante todo el período de estudio. Estaciones con letras iguales indican homogeneidad estadística. 34
14. Productividad Primaria: Comportamiento promedio quincenal (\pm d.e.), en los interiores de los estanques 5 y 6, durante agosto a noviembre de 1997, en el P.A. La Atanasia. El valor de significancia se refiere al análisis temporal de K-W. 35
15. Productividad Bruta. Variación espacial promedio (\pm d.e. y \pm e.e.) en los interiores (I) de los estanques 5 y 6, durante todo el período de estudio. Estaciones con letras iguales indican homogeneidad estadística. 36
16. Productividad Bruta: Comportamiento promedio quincenal (\pm d.e.), en los interiores de los estanques 5 y 6, durante agosto a noviembre de 1997, en el P.A. La Atanasia. El valor de significancia se refiere al análisis temporal de K-W. 37
17. Clorofila *a*, *b*, *c* y pigmentos carotenoides. Variación espacial promedio (\pm d.e. y \pm e.e.) en las entradas (E), interiores (I) y salidas (S) de los estanques 5 y 6, durante todo el período de estudio. Estaciones con letras diferentes indican diferencias significativas. 39
18. Clorofila *a*: Comportamiento promedio quincenal (\pm d.e.), en las entradas, interiores y salidas de los estanques 5 y 6, durante agosto a noviembre de 1997, en el P.A. La Atanasia. El valor de significancia se refiere al análisis temporal de K-W. 40
19. Clorofila *b*: Comportamiento promedio quincenal (\pm d.e.), en las entradas, interiores y salidas de los estanques 5 y 6, durante agosto a noviembre de 1997, en el P.A. La Atanasia. El valor de significancia se 41

refiere al análisis temporal de K-W.

20. Clorofila *c*: Comportamiento promedio quincenal (\pm d.e.), en las entradas, interiores y salidas de los estanques 5 y 6, durante agosto a noviembre de 1997, en el P.A. La Atanasia. El valor de significancia se refiere al análisis temporal de K-W. 42
21. Pigmentos carotenoides: Comportamiento promedio quincenal (\pm d.e.), en las entradas, interiores y salidas de los estanques 5 y 6, durante agosto a noviembre de 1997, en el P.A. La Atanasia. El valor de significancia se refiere al análisis temporal de K-W. 43
22. Sólidos suspendidos totales, materia orgánica y materia inorgánica. Variación espacial promedio (\pm d.e. y \pm e.e.) en las entradas (E), interiores (I) y salidas (S) de los estanques 5 y 6, durante todo el periodo de estudio. Estaciones con letras diferentes indican diferencias significativas. 45
23. Sólidos suspendidos totales: Comportamiento promedio quincenal (\pm d.e.), en las entradas, interiores y salidas de los estanques 5 y 6, durante agosto a noviembre de 1997, en el P.A. La Atanasia. El valor de significancia se refiere al análisis temporal de K-W. 47
24. Materia orgánica: Comportamiento promedio quincenal (\pm d.e.), en las entradas, interiores y salidas de los estanques 5 y 6, durante agosto a noviembre de 1997, en el P.A. La Atanasia. El valor de significancia se refiere al análisis temporal de K-W. 48
25. Materia inorgánica: Comportamiento promedio quincenal (\pm d.e.), en las entradas, interiores y salidas de los estanques 5 y 6, durante agosto a noviembre de 1997, en el P.A. La Atanasia. El valor de significancia se refiere al análisis temporal de K-W. 49



I-INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.

Actualmente el camarón es la especie pesquera más importante para nuestro país en la captación de divisas, ya que participó con el 78.65 % de la balanza comercial pesquera durante 1995 siendo el 27.3% producto de acuicultura (FIRA, 1996).

La balanza comercial del sector pesquero decreció en el período de 1992 a 1994, debido a la disminución de exportaciones de atún y camarón e importaciones de harina de pescado. Sin embargo la producción de camarón se ha venido incrementando año con año, ocupando un buen lugar en la balanza comercial del sector pesquero.

El camarón, con exportaciones del orden de los 443 millones de dólares, representa en México el cuarto lugar de importancia en aportación a la balanza comercial de los productos del sector agropecuario después del café con 706.58 millones de dólares, tomate con 585.60 millones de dólares y el ganado vacuno con 513.70 millones de dólares. Sin duda el camarón, con la contribución de la acuicultura, seguirá incrementando su participación en el futuro en la balanza comercial, si se logra un incremento en las tallas de producción y reducción de costos de maquila. (FIRA, 1996).

El Plan Nacional de Desarrollo 1995- 2000, en su apartado 5.8 “Política ambiental para un crecimiento sustentable”, menciona que el fomento pesquero se basará en un enfoque integral que atienda las necesidades de investigación y evaluación de los recursos, infraestructura básica, flota pesquera, procesamiento, transportación y comercialización. Para ello se promoverá la diversificación y el desarrollo de nuevas pesquerías y de recursos no aprovechados, así como la acuicultura industrial y rural. La promoción acuicultural se basará en acciones tendientes a garantizar la calidad del agua, un mejor manejo y ordenamiento de zonas costeras, mayor investigación y desarrollo tecnológico, sanidad acuícola y programas específicos de capacitación y asistencia técnica. En esta política se privilegiará la generación de empleos, el incremento de la oferta de alimentos de origen pesquero destinados a mejorar la nutrición de los grupos mayoritarios de la población y la obtención de divisas con el fomento de las exportaciones de las especies en que tenemos mayor competitividad.

El cultivo de camarón se ha convertido gradualmente en una importante actividad generadora de empleos y divisas a nivel mundial. La validación comercial de tecnologías de cultivo, permite hoy contar con camarón de talla, calidad y cantidad predeterminadas en el

momento oportuno para un mercado en expansión. El desarrollo de técnicas de reproducción controlada y sistemas de cultivo de alta densidad y ambiente controlado, han permitido que el camarón cultivado provea hoy más del 28% de la producción mundial. La tendencia de la actividad es incrementar la densidad de organismos para elevar la producción por unidad de área, así los sistemas de producción semi-intensivos van dominando el ambiente camaronícola nacional e internacional (FIRA, 1996).

El camarón es un platillo en creciente demanda en todo el mundo. Tradicionalmente se capturaba del océano, pero las capturas del medio natural actualmente no son suficientes para cubrir una demanda insatisfecha. Durante las últimas décadas se ha aprendido a cultivar camarón en estanques cerca de la zona costera, así el cultivo juega un papel importante para asegurar una buena calidad sobre una demanda creciente. La industria de la camaronicultura es una de las actividades económicas con más crecimiento en los últimos años. Esta expansión se ha caracterizado por tomar cada vez más hectáreas de terrenos (Villalon, 1991) y disponer de más cuerpos de agua para las estaciones de bombeo de granjas y laboratorios.

El cultivo de camarón se realiza actualmente en cerca de 50 naciones, representando la mayor producción los países de Asia. El crecimiento de esta industria a nivel mundial ha sido sorprendente con producciones desde 100,000 ton. en 1983 hasta de 700,000 ton. en 1995. Las especies más comunes de cultivo son: *Marsupenaeus monodon* y *Litopenaeus vannamei* (Boyd, 1997). El mercado nacional de camarón es abastecido principalmente por los estados de Sinaloa y Sonora, lo que demuestra la necesidad de un desarrollo camaronícola para satisfacer la demanda nacional, actualmente el camarón *Litopenaeus stylirostris* vuelve a tomar importancia en los cultivos de laboratorio y engorda aquí en México, donde son construidos estanques a lo largo de la costa, de lagunas costeras y ríos donde existe una fuente adecuada de agua salada o salobre. Usualmente se construyen en terrenos con alto contenido de arcilla y los bordos y fondos se compactan, para que haya poca pérdida de agua y la descarga pueda controlarse completamente.

Construir una granja de camarón requiere de una inversión muy grande. Dependiendo del lugar y diseño de la granja, los costos pueden fluctuar desde \$5,000 hasta \$20,000 dólares/acre. La inversión para la siembra también es alta. En sistemas intensivos, el costo de la postlarva/acre está entre los \$1,000 y los \$2,000 dólares/acre, el alimento puede estar arriba

de los \$10,000 dólares/acre. Aunado a esto, se unen los costos de mano de obra, bombeo, aireación, entre otros. Es evidente que el inversionista desea tener una operación rentable y sostenida, aunque pasarán algunos años para recobrar la inversión (Boyd, 1997). Las granjas de camarón constituyen en la historia, uno de los fenómenos comerciales de las últimas dos décadas (Primavera, 1997)

Recientemente, el cultivo de camarón ha recibido diversos ataques por parte de grupos ambientalistas que aseguran que esta actividad ha causado una severa destrucción en manglares, contaminación del agua, alterando las poblaciones de camarón nativo, salinizando las aguas dulces y otros eventos negativos (Boyd, 1997). Los métodos para reducir la contaminación potencial de las descargas de las granjas deben ser indispensables, primero para disminuir la contaminación de la zona costera y segundo para proteger la fuente de agua de las mismas granjas. El manejo de la calidad del agua involucra un amplio entendimiento no solamente de lo que ocurre dentro del estanque, sino de lo que sucede con el agua de desecho (Teichert, 1994). Las descargas de las granjas han llevado a la destrucción de áreas de crecimiento de camarón en Asia debido a la contaminación de aguas vertidas en los mismos estuarios (Phillips *et al*, 1993). El esperar una buena producción de camarón sostenida a largo plazo puede depender en gran medida de un buen uso del agua, el cual está relacionado con las cargas y descargas de la granja. La calidad del agua es el factor que influye, en más del 50%, en un desarrollo exitoso de la producción de camarón en granjas acuícolas (Zarain-Hezberg, 1997).

La calidad del agua se ve afectada por el incremento de fertilizantes y alimentos adicionados, así como por la resuspensión de los materiales. Los alimentos acumulados en los estanques contribuyen con grandes cantidades de materia orgánica, la cual es depositada en el sedimento y también suspendida en la columna de agua. Esto favorece a las bacterias de crecimiento rápido y por consiguiente se reduce la diversidad microbiológica (Torsvik *et al*, 1993, citado por Douillet, 1998). El resultado es una sucesión hacia comunidades microbiológicas inestables e incapaces de degradar la materia orgánica microbiológica (Torsvik *et al*, 1996, citado por Douillet, 1998). Por consiguiente, los sistemas de producción intensivos acumulan desechos orgánicos más rápidamente de lo que se degradan en el fondo, reduciendo la disponibilidad de oxígeno (Douillet, 1998).

Otro factor importante son las enfermedades. La carga excesiva, en un sistema acuicultural, de nutrientes, materia orgánica, materiales y otros elementos, dan origen a condiciones eutróficas del sistema acuático, condiciones favorables para los patógenos, por lo tanto la calidad del agua y el control de enfermedades son importantes en los sistemas de cultivo acuáticos. Desde principios de siglo se ha demostrado que para que se presente una enfermedad se necesita tener presente al huésped, al patógeno y tener condiciones medio ambientales adecuadas para que prolifere el patógeno. La alta densidad de huéspedes y las condiciones favorables (eutróficas) del sistema de cultivo, ofrecen condiciones adecuadas para los patógenos (Douillet, 1998). Entonces el límite de la producción y el grado de estabilidad química y biológica de un cultivo acuático, son dependientes de la calidad del agua (Douillet, 1998).

Dos de los factores de diseño más importantes que impactan el sistema de drenado del agua, son la pendiente del fondo de los estanques y la elevación de las estructuras de descarga (Cook y Clifford, 1997). Estableciendo mínimas diferencias en la elevación del fondo de los estanques entre el compartimiento de los filtros, la compuerta de salida (las salidas de cosecha) y el canal del dren, se puede propiciar un adecuado drenaje para los estanques (Cook y Clifford, 1997). Por lo anterior se debe tener un cuidado especial al diseñar los estanques para que no existan zonas donde se acumulen los nutrientes, la productividad e incluso la materia orgánica. El excesivo uso de alimento en los sistemas de producción intensivos y semi-intensivos son las causas básicas por las que un estanque tiene problemas en su calidad de agua.

Para generar una buena productividad en un estanque es muy importante que los nutrientes guarden una razón ideal de N:P. Clifford (1994) recomienda que antes de formular un programa de fertilización en una granja en particular, es conveniente hacer un experimento basado en un análisis químico del agua. El nitrógeno es el elemento que se encuentra en mayor proporción en la atmósfera, se encuentra en una proporción del 78.084% del total de los gases en el aire. En el medio acuático, la concentración del nitrógeno depende en gran medida de la temperatura y la salinidad. El equilibrio de la concentración del nitrógeno declina con el incremento de la temperatura y salinidad (Boyd, 1990).

El nitrógeno en su fase acuática tiene un comportamiento donde los compuestos inorgánicos predominantes en los sistemas costeros son los nitratos, nitritos y amonio, con una preponderancia indistinta entre el primero y el último, según las condiciones locales. Sus concentraciones presentan una amplia variación espacial y temporal, desde lo indetectable para las tres formas hasta más de 50.0 $\mu\text{g-at/l}$ para NO_3^+ y NH_4^+ y 10 $\mu\text{g-at/l}$, para NO_2^+ . También se pueden encontrar concentraciones medibles de compuestos orgánicos disueltos, representados por urea, aminoácidos y péptidos, que son asimilados por los auxótrofos, al igual que los inorgánicos (De la Lanza-Espino y Cáceres-Martínez, 1994).

Todos los organismos vivos requieren nitrógeno ya que es un importante componente de las proteínas y otras sustancias bioquímicas. El nitrógeno es obtenido del agua, principalmente como nitrato (NO_3) por las algas. Los animales satisfacen su requerimiento de nitrógeno alimentándose de plantas u otros animales. Los desechos nitrogenados son excretados por los animales en diferentes formas: amonía, y compuestos nitrogenados. Los desechos nitrogenados son eventualmente transformados en amonía, la cual se nitrifica a nitratos, pasando por la forma intermedia nitrito; $\text{NH}_3\text{-NO}_2\text{-NO}_3$ (Zarain-Hezberg, 1997). El ciclo del nitrógeno en estanques acuícolas es regulado primordialmente por la actividad biológica (Boyd, 1990).

Para la síntesis de la materia orgánica son imprescindibles los macronutrientes (que son los iones del nitrógeno: NO_3 , NO_2 , NH_4 , y el fósforo PO_4), que se requieren para la formación de proteínas, aminoazúcares, nucleótidos y demás. Con la temperatura y la luz son los responsables abióticos de la productividad biológica en todo sistema acuático (De la Lanza-Espino y Cáceres-Martínez, 1994). Las concentraciones de estos nutrientes en ambientes acuáticos naturales y para acuicultura van más allá de lo permitido en las normas de calidad de aguas corrientes y de consumo, por lo que la interpretación tiene diferentes aspectos, (De la Lanza-Espino y Cáceres-Martínez, 1994).

El fósforo es el nutriente considerado como el factor más crítico y complejo en los ciclos biogeoquímicos. Forma parte de complejos vitales como fosfonucleótidos, fosfoaminoazúcares, fosfolípidos y de los sistemas energéticos en la célula (ADP, ATP). Actualmente, existe controversia si el fósforo es considerado nutriente limitante y si controla

la producción y biomasa fitoplanctónica en sistemas costeros, dado que la concentración mínima para limitar el desarrollo no está determinada (De la Lanza, 1990).

El fósforo se encuentra presente en los sistemas acuáticos en muchas formas químicas, desde iones de fosfato inorgánico a moléculas orgánicas como son azúcares y ADN. El balance químico entre las diferentes formas está en función de muchas variables incluyendo pH, concentración de iones metales como calcio y aluminio, potencial de reducción de oxidación, extensión de movimiento de los fondos y la existencia de contaminación (Wheaton, 1982).

El fósforo es una llave al proceso metabólico y un suplemento para regular la productividad natural en el agua (Boyd, 1990), la adición de fósforo al agua responde con un incremento en la producción de microalgas. Sin embargo, la concentración se verá aumentada por aporte de desechos urbanos, industriales y agrícolas, y consecuentemente la modificación temporal o permanente puede conducir a crecimientos excesivos de especies no adecuadas para las que mantienen un equilibrio ecológico o aun para aquellas de importancia comercial.

Las concentraciones de nitrógeno y fósforo se incrementan con los fertilizantes en los estanques y estimulan el crecimiento del fitoplancton. El alimento que no es consumido por el camarón queda en el estanque y es descompuesto por bacterias y otros microorganismos, remineralizándolo en nutrientes inorgánicos tales como amoníaco, fosfatos y dióxido de carbono. El agua en los estanques normalmente se enriquece con nutrientes y materia orgánica suspendida y soluble.

Los nutrientes disponibles en el agua son los elementos indispensables para inducir la productividad primaria. Generalmente existen concentraciones de nutrientes disponibles en el agua de mar, sin embargo en los estanques no son siempre suficientes para generar y mantener niveles adecuados de productividad primaria y secundaria. Se ha probado que una disponibilidad de 1.3 ppm de N y 0.15 ppm de P, resultan adecuados para sostener la producción de fitoplancton (Zarain-Herzberg, 1997).

El propósito de fertilizar en los estanques es mantener las microalgas en su fase exponencial de crecimiento, y una adecuada rutina de fertilización disminuye las posibilidades de que el crecimiento del fitoplancton se inhiba debido a algún nutriente limitante (Villalón, 1991).

Las aguas costeras tienen la capacidad de asimilar los contaminantes que son vertidos en ellas, y si esas descargas no se exceden de los límites máximos permisibles, las descargas provenientes no causarán ningún daño (Boyd, 1997).

El silicato se encuentra en aguas naturales en un rango de 1-80 mg/l, (Boyd, 1990). Este elemento está presente tanto particulado como disuelto en forma de ácido silícico (H_4SiO_4). A pH inferior a 9 es considerado dentro de los micronutrientes a pesar de que solo constituye los esqueletos de organismos como diatomeas y radiolarios, (De la Lanza, 1990).

En algunas concentraciones el silicato puede regular la abundancia de diatomeas. Aparentemente el silicato no es un componente primordial del protoplasma de plantas y animales, aunque si es necesario se requiere para la construcción de las conchas y frústulas de ciertas diatomeas, cistos en algas amarillo-cafés y espículas de algunas esponjas. Para las poblaciones de algunas diatomeas como *Asterionella*, *Melosira* y *Tabellaria* se requieren concentraciones de sílice entre 0.5 y 0.8 mg/litro. La regeneración de sílice parece ser que se debe a la acción química más que a la bacteriología, como es el caso para los fosfatos y nitratos. El sílice que pasa por el tracto digestivo de algunos organismos marinos se descompone más rápidamente que el sílice que no ha sufrido dicho proceso digestivo. No se conoce exactamente el tiempo de mezcla del sílice, sin embargo algunas estimaciones indican que la tasa de mezcla del mismo es más rápida que para la de fosfatos y nitratos (Wheaton, 1982).

Las concentraciones de sílice varían ampliamente en los océanos. La variación en las poblaciones de diatomeas que forman frústulas y la diferencia entre los procesos de regeneración para el sílice y para nitratos y fosfatos ocasionan que el sílice difiera un tanto de las distribuciones de fosfatos y nitratos. Las concentraciones de sílice para el Pacífico Norte contienen alrededor de 4.8 ppm; mucho más que los otros lugares, donde se han realizado estudios. Generalmente no se observa una profundidad intermedia en la que ocurra una concentración máxima de sílice, como ocurre con los nitratos y fosfatos. En aguas profundas, la concentración de sílice se incrementa al aumentar la profundidad (Wheaton, 1982). El sílice es importante para favorecer el crecimiento de las diatomeas, se ha determinado como recomendable, una relación de N:P 20-30: 1 ppm (Zarain-Herzberg, 1997), para estanques de cultivo de camarón.

En análisis de contenido estomacal de camarón cultivado, se ha encontrado que las diatomeas constituyen parte de su dieta. Este grupo del fitoplancton es utilizado comúnmente también durante los cultivos larvarios de camarón (Martínez-Córdova *et al*, 1993). El nutriente limitante para las diatomeas es el sílice, debido a ello se procuran mantener en los estanques concentraciones adecuadas mediante fertilizaciones periódicas.

Con relación a la productividad primaria, Hernández-Llamas (1995) utilizó fertilizantes orgánicos en estanques rústicos y sus resultados variaron significativamente entre sus tratamientos. Las clorofilas, van ligadas a la productividad primaria y es otra forma de medir la biomasa fitoplanctónica. El fitoplancton, aporta biomasa, que contribuye a la formación de detritus en el fondo y es un ingrediente nutricional importante en varios estadios del camarón. El fitoplancton es la principal fuente de generación de oxígeno en los estanques de acuicultura y es capaz de absorber los metabolitos tóxicos del agua y mantener en equilibrio el ecosistema en cada estanque (Zarain-Herzberg, 1997).

Normalmente se recomienda para regiones tropicales mantener densidades de fitoplancton total en estanques entre 80×10^6 y 300×10^6 cel/ml, y para clorofila *a* entre 50 y 75 mg/m³ (Clifford, 1994). Estos niveles pueden variar dependiendo de la productividad natural de cada región y la disponibilidad de nutrientes en determinada granja (Villalón, 1991). Casillas-Hernández e Ibarra-Gámez, (1993) reportan en estanques fertilizados en el Parque Acuícola La Atanasia, en Sonora, concentraciones de clorofila *a* entre 4.87 ± 3.0 y 5.33 ± 2.31 mg/m³, no reporta rendimientos pero si sobrevivencias arriba del 50%.

Wyban *et al* (1987), reportan en Hawai estanques fertilizados con niveles de clorofila *a* entre 6.5 y 8.4 mg/m³, con sobrevivencia final de 69% y 83% y un peso final promedio entre 8.7 y 18.1g. En México, en la granja la Clementina al sur de Sinaloa, Páez-Osuna *et al* (1994), reportaron en estanques con *Litopenaeus vannamei*, niveles de clorofila *a* entre 8.5 ± 4.6 y 7.8 ± 4.1 mg/m³, con una sobrevivencia de 79.1 y 87.0%. Martínez-Córdova (1994) en Sonora encontró en engordas experimentales niveles de clorofila *a* entre 0.8 y 8.0 mg/m³, con sobrevivencias entre 65 y 88%, con un peso promedio entre 12.97 y 16.0 g.

Goxe *et al* (1988), trabajaron con *Litopenaeus stylirostris* en Nueva Caledonia y encontraron sobrevivencias bajas (salinidades < 20 ‰) con post-larvas mantenidas entre 17 y 22°C. En otros estudios como el de Hernández-Llamas *et al* (1993), en el estado de Sonora,

México, quienes trabajaron con postlarvas mantenidas a 20⁰C y salinidades mayores a 30⁰/₀₀, las sobrevivencias finales fueron mayores con respecto a los autores anteriores. Esto indica que las condiciones ambientales del noroeste de México favorecen el cultivo de esta especie.

Debido a la importancia de estudiar las condiciones de la calidad de agua en estanques de cultivo, se decidió llevar a cabo una investigación acerca de los principales constituyentes del agua (nutrientes, materia orgánica y materiales), que son alterados durante el proceso de engorda de camarón. Esto es la base para generar una productividad primaria y secundaria en los estanques de cultivo y en todo el proceso integrado de producción de camarón. Con respecto a las formas del nitrógeno medidas se tomó la decisión de medir solo el NO₃, por ser el elemento en el cual se basan los programas de fertilización. Dada la importancia del tema se llevó a cabo este estudio donde se plantean los siguientes objetivos e hipótesis:

II.- OBJETIVOS.

Objetivo general:

Estudiar el comportamiento de los nutrientes, materia orgánica y materiales al ingreso, interior y egreso de los estanques en cultivo semi-intensivo de camarón, con el propósito de determinar su comportamiento temporal y su efecto sobre la producción de camarón.

Objetivos particulares:

1.- Cuantificar las concentraciones de los nitratos (NO_3), ortofosfatos (PO_4) y silicatos (SiO_2), a través del sistema de cultivo.

2.- Determinar la productividad primaria generada dentro de los estanques durante el cultivo.

3.- Determinar la biomasa fitoplanctónica mediante la cuantificación de las clorofilas *a*, *b*, *c* y pigmentos carotenoides a través del sistema de cultivo.

4.- Determinar la variación de materiales y materia orgánica mediante la medición de los sólidos suspendidos totales, materia orgánica y materia inorgánica en el particulado.

5.- Caracterizar el marco ambiental tomando en cuenta la temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, pH y transparencia del agua, con la finalidad de relacionarlas con los objetivos anteriores.

III HIPÓTESIS DEL TRABAJO

Ho: Las características del agua durante el proceso productivo del camarón, en cuanto a nutrientes, materia orgánica y materiales es igual en las entradas, interiores y salidas de los estanques de cultivo.

Ha: Las características del agua durante el proceso productivo del camarón, en cuanto a nutrientes, materia orgánica y materiales no es igual en las entradas, interiores y salidas de los estanques de cultivo.

IV.- MATERIAL Y MÉTODOS.

El presente trabajo se realizó en el Parque Acuícola La Atanasia (Fig. 1), dentro de las instalaciones de la granja G. Rafael Buelna (Fig. 2, granja # 12). Se hicieron muestreos quincenales a partir del día 29 de agosto de 1997 y concluyeron el 30 de noviembre del mismo año. Los siete muestreos se realizaron durante el período de engorda. Se estudiaron dos estanques 5 y 6 (Fig. 2) para cultivo semi-intensivo, con una superficie de 8 hectáreas.

IV.I Estaciones de monitoreo.

En cada estanque se midieron parámetros *in situ* y se colectaron muestras en tres sitios: entrada, interior y salida del agua. Todas las lecturas de parámetros ambientales y colecta de agua para análisis se hicieron por duplicado dentro de la compuerta de entradas y dentro de la compuerta de salida de los estanques. Para el caso de los muestreos en el interior de los estanques, se decidió hacer mediciones en tres estaciones, dado la extensión de los estanques, el promedio de ellos se tomó como representativo de todo el estanque, los muestreos se hicieron a las 08:00 a.m. como hora de inicio y entre cada estación de muestreo hubo un lapso de tiempo de 25 minutos.

IV.2 Determinaciones *in situ*.

Se midió directamente la temperatura, oxígeno disuelto, salinidad y transparencia. Para ello se utilizó un termómetro de cubeta, un oxímetro de campo ISY 51B, refractómetro de campo y un disco de Sechii.

IV.3 Colecta de agua para análisis.

Se tomaron muestras en botellas de plástico de un litro de capacidad, para el análisis de clorofilas, seston y sólidos sedimentables, las cuales se conservaron en hielo (de 4 a 7 horas) hasta que fueron procesadas en el laboratorio.

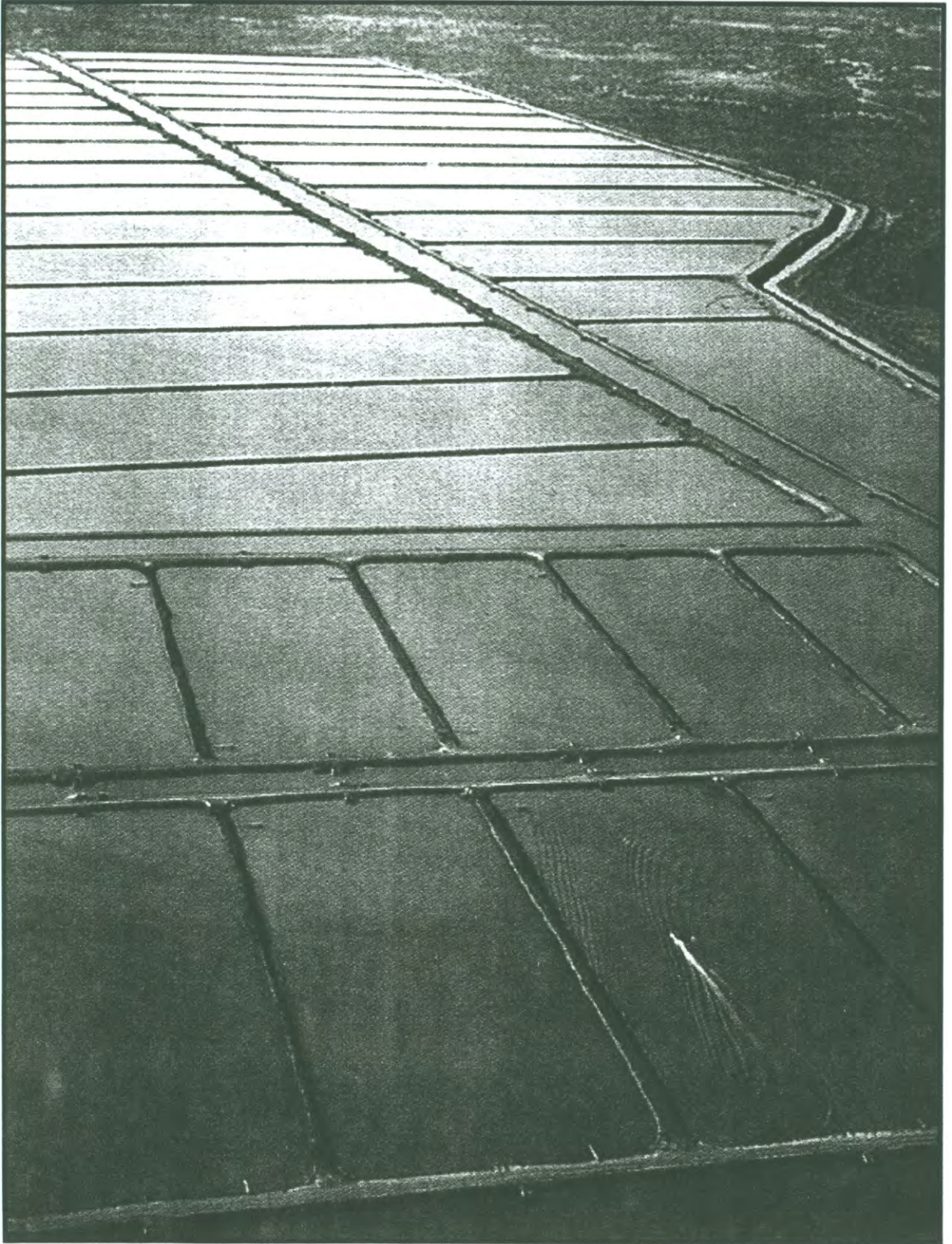


Fig. 1. - Fotografía del Parque Acuícola “La Atanasia” Sonora, México.

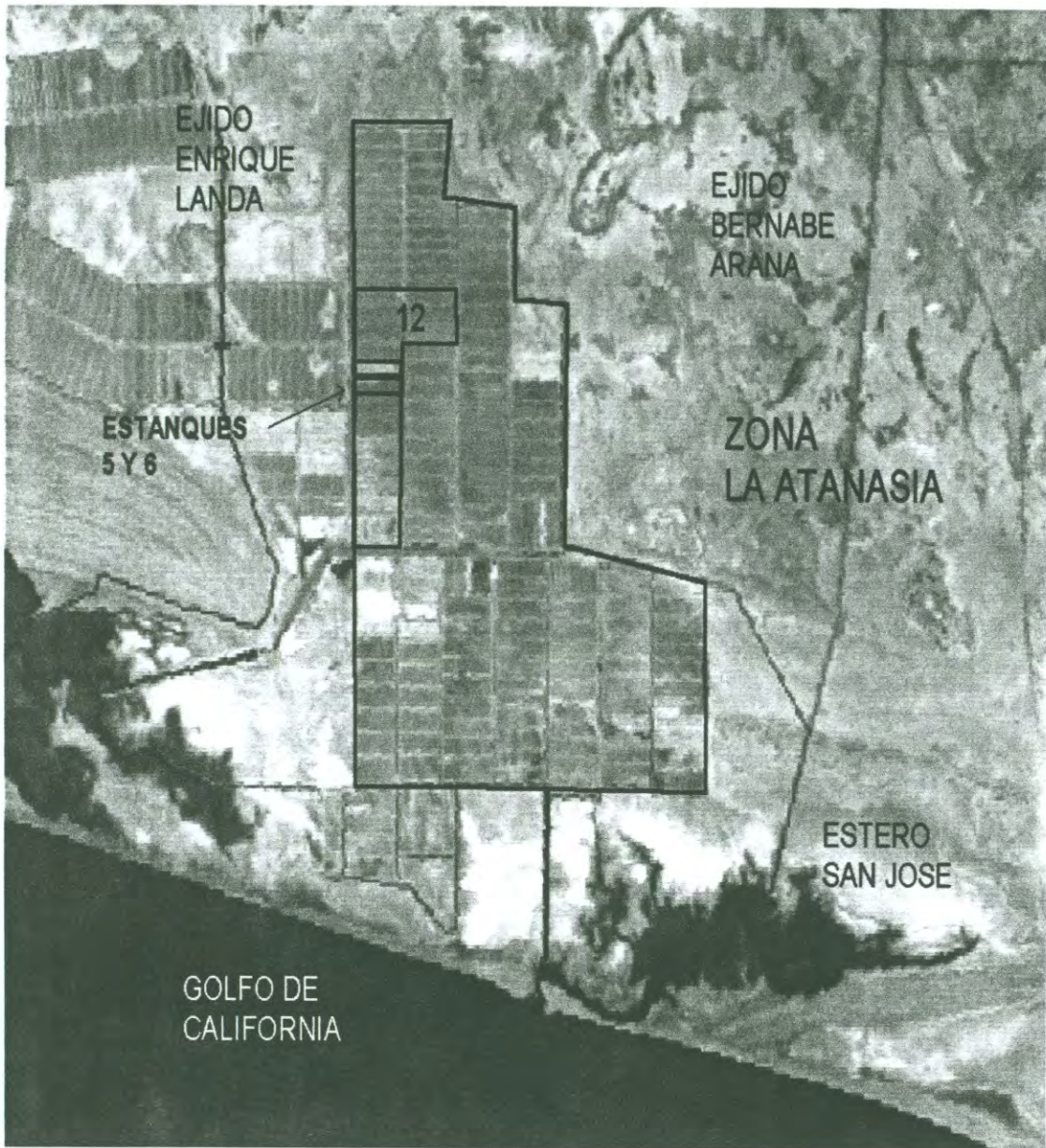


Fig. 2. - Localización de la granja Rafael Buelna (no.12) con los 2 estanques 5 y 6. (8 Ha) Lansat ETM.

IV.4 Productividad Primaria.

Se utilizó el método de medición de fotosíntesis con botellas claras y oscuras (Strickland y Parsons, 1972). En el interior de cada estanque se colectó agua en una cubeta de 20 litros sin provocar turbulencia, del agua de la cubeta se llenaron los dos pares de botellas claras y oscuras, evitando la oxigenación. Las botellas con la muestra de agua se colocaron suspendidas mediante flotadores en el centro de cada estanque durante un período aproximado de 6 horas. Al mismo tiempo de la colecta de agua se llenó otra botella y se fijó la muestra, la cual sirvió como testigo de oxígeno disuelto al momento de la incubación.

Al concluir la incubación las muestras se fijaron con sulfato manganoso y yoduro alcalino. Las determinaciones de oxígeno dentro de las botellas se hicieron por el método Winkler.

Los cálculos para la determinación de productividad se hicieron de acuerdo a las siguientes ecuaciones.

$$\text{Fotosíntesis Bruta (FB)} = 605 \times f (V_{BC} - V_{BO}) / N \times PQ$$

$$\text{Fotosíntesis Neta (FN)} = 605 \times f (V_{BC} - V_{BT}) / N \times PQ$$

$$\text{Respiración (R)} = 605 \times f (V_{BT} - V_{BO}) / N \times RQ$$

donde:

f = Factor de calibración de los reactivos.

V_{BC} = Mililitros de tiosulfato gastados durante la titulación de la botella clara.

V_{BO} = Gasto de tiosulfato en la botella oscura.

V_{BT} = Gasto de tiosulfato en la botella testigo.

N = Tiempo de incubación en horas.

PQ = Cuota fotosintética.

RQ = Cuota de respiración.

IV.5 Clorofilas.

La colecta y determinación de los pigmentos fotosintéticos se hizo de acuerdo a Parsons, *et al* (1984). Las muestras de agua colectadas se filtraron el mismo día de colecta utilizando una bomba de vacío equipada con un sistema de filtración. Se utilizaron filtros de fibra de vidrio GF/C Whatman de 1.2 micras de abertura de poro. El filtrado obtenido (fitoplancton) se envolvió en papel aluminio, se etiquetó y se congeló. La extracción de pigmentos se hizo triturando los filtros con metanol al 90% en tubos para centrifuga, dejándose reposar en la oscuridad y en refrigeración (4°C) durante 22 horas. Posteriormente se hizo un centrifugado de los filtros y el sobrenadante se depositó en celdas de 1 cm. La lectura de los pigmentos se hizo en un espectrofotómetro a las longitudes de onda requeridas: 750, 664, 647, 630, 510 y 480 nm. Los cálculos para obtener los pigmentos se hicieron de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

$$(Ca) = \text{Clorofila } a = 11.85 E_{664} - 1.54 E_{647} - 0.08 E_{630}$$

$$(Cb) = \text{Clorofila } b = 21.03 E_{647} - 5.43 E_{664} - 2.66 E_{630}$$

$$(Cc) = \text{Clorofila } c = 24.52 E_{630} - 1.67 E_{664} - 7.6 E_{647}$$

$$(Cp) = \text{Pig. Carotenoides} = 7.6 (E_{480} - 1.49 E_{510})$$

$$\text{mg Clorofila m}^{-3} = C \times v / V \times 10$$

donde:

C = Valor respectivo para cada clorofila de acuerdo a la ecuación.

v = Mililitros de metanol usados en la extacción.

V = Volumen de agua filtrado en litros.

10 = Medida de la celda usada en las lecturas.

IV.6 Nutrientes.

Las muestras de agua se procesaron de acuerdo al manual del espectrofotómetro HACH DR 2000, para determinar nitratos (NO₃), ortofosfatos (PO₄) y silicatos (SiO₂). La muestra de agua obtenida después del filtrado de clorofilas se utilizó para las determinaciones de nutrientes. Se trabajó con muestras descongeladas a temperatura ambiente. Se usó cristalería previamente lavada con agua destilada y extran libre de fosfatos. Los nitratos se determinaron por el método de reducción de cadmio. Se utilizó la determinación de bajo rango

(0 a 0.40 mg/l $\text{NO}_3^{-\text{N}}$), dado las bajas concentraciones encontradas. Para la determinación de los ortofosfato se utilizó el método fósforo reactivo, también llamado método ortofosfato (Ácido Ascórbico), con un rango de detección de 0 a 2.5 mg/l de PO_4^{3-} . Para los análisis de silicatos se emplearon dos métodos, debido a que se encontraron concentraciones altas y bajas. Para las determinaciones de alto rango se empleó el método silicomolibdato con un rango de 0 a 100 mg/l. Para los análisis de bajo rango se utilizó el método Heteropoli Azul (0 a 1600 mg/l).

IV.7 Seston.

Antes del muestreo se prepararon los filtros. Se emplearon filtros de fibra de vidrio GF/C Whatman, los cuales se quemaron a 400°C por 8 horas, para eliminar la materia orgánica. Se secaron en desecador y se pesaron en una balanza analítica, se etiquetaron por numeración al cual le correspondió su peso (Peso Tara) y se envolvieron en papel aluminio. El filtrado se hizo empleando el mismo método descrito en la sección de clorofilas. Los filtros congelados con seston se deshidrataron hasta peso seco a 100°C durante 4 horas, en una mufla. Se enfriaron en desecador y se les registró el peso en una balanza analítica (Peso Seco). Posteriormente los filtros secos se quemaron a 400°C durante 8 horas en una mufla. Se enfriaron en desecador y se pesaron en una balanza analítica (Peso Quemado).

Cálculos:

Sólidos Suspendidos Totales : Seston Total.

$$\text{SST (mg/l)} = \text{Peso Tara} - \text{Peso Seco} / \text{Vol. Filt (lts.)} \times 1000.$$

Materia Orgánica en el Particulado o Seston Orgánico:

$$\text{MOP (mg/l)} = \text{Peso Seco} - \text{Peso Quemado} / \text{Vol. Filt (Lts.)} \times 1000$$

Materia Inorgánica o Seston Inorgánico:

$$\text{MI (mg/l)} = \text{SST} - \text{MOP}$$

IV.8 Procesamiento de Datos.

Para el procesamiento de datos se asumió que los datos no presentaron homogeneidad de variancias, por ser una muestra pequeña. Para la productividad primaria bruta fueron 21 datos y para el resto de las variables fueron 14 datos (por estación a través de todo el estudio). Por lo que se procedió a analizar los datos con una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis (1952), utilizando el paquete Statistica, con su respectiva prueba de comparaciones múltiples (Conover 1971), esta última hecha con calculadora, con el propósito de determinar diferencias de las variables entre las diferentes estaciones de monitoreo. Se realizaron gráficas donde se representa el valor promedio quincenal para cada variable en cada muestreo por estación (entradas, interiores y salidas), en el programa Excel, añadiéndole en cada gráfica, en cada estación un valor de “p” (Kruskal-Wallis, 1952), obtenido por el paquete Statistica, para probar si existió variabilidad temporal. Además se construyeron diagramas de cajas y bigotes utilizando la media como punto central, el error estándar como el ancho de la caja y la desviación estándar como el ancho del bigote, estos diagramas se realizaron de esta manera (con la media) por la siguiente razón; en la gran mayoría de estudios antes hechos sobre este tema se han realizado calculando valores promedios, de esta forma se pueden comparar los resultados de este estudio con otras investigaciones. En estos diagramas se muestra el comportamiento de cada variable involucrada en el estudio, tanto en los interiores como en las entradas y salidas.

V.- RESULTADOS.

V.1.- Comportamiento de los parámetros ambientales.

Los valores promedios de temperatura en las entradas fueron de 25.7 y 24.0°C, en el interior fueron de 26.4 y 25.9°C y en las salidas de 25.7 y 24.1°C en los estanques 5 y 6 respectivamente (Fig. 3).

El comportamiento similar de la temperatura entre las estaciones, se corroboró con los análisis de varianza, donde estos determinaron que no hubo diferencias significativas entre ellas ($p = 0.4677$; Fig.3). Sin embargo un análisis de varianza realizado entre las fechas para cada estación y para cada estanque indicó que los valores más altos de temperatura durante los cultivos, se registraron en los meses cálidos de agosto y septiembre, y que se presentaron diferencias temporales en todas las estaciones de ambos estanques ($p < 0.05$; Fig.4).

Se observaron promedios similares de oxígeno disuelto en las entradas de los estanques 5 y 6 con concentraciones de 6.1 y 5.2 mg/l, para el interior de los dos estanques fue de 6.3 y 6.8 mg/l respectivamente y en las salidas de ambos estanques con 6.02 y 5.3 mg/l (Fig. 3). Al realizar el análisis de varianza entre los estanques no se encontraron diferencias entre ellos ($p = 0.0608$, Fig. 3). Esto indicó que se presentaron las mismas condiciones de oxígeno disuelto en los dos estanques y en sus respectivas estaciones. Sin embargo, el análisis realizado temporalmente indicó que hubo diferencias significativas entre fechas ($p < 0.05$; Fig. 5) en todas las estaciones excepto en la entrada del estanque 6. En el caso de las salidas de ambos estanques se denota por el analisis temporal que existen diferencias significativas.

El oxígeno disuelto a través del tiempo de engorda, se comportó de la siguiente manera. Desde los últimos días de agosto hasta la mitad de septiembre, se presentó un descenso en todas las estaciones (excepto en la entrada del estanque número 5), con valores bajos (relativamente) en el mes de septiembre y altos en los últimos días de octubre, luego en el mes de noviembre se presentó de nuevo un descenso (Fig.5).

Los valores promedios que registró el pH en las entradas fueron de 8.2 unidades en los dos estanques, en el interior con 8.3 y 8.4 unidades, y en las salidas de 8.2 y 8.4 unidades, para los estanques 5 y 6 respectivamente. Los valores promedios que se registraron para la salinidad,

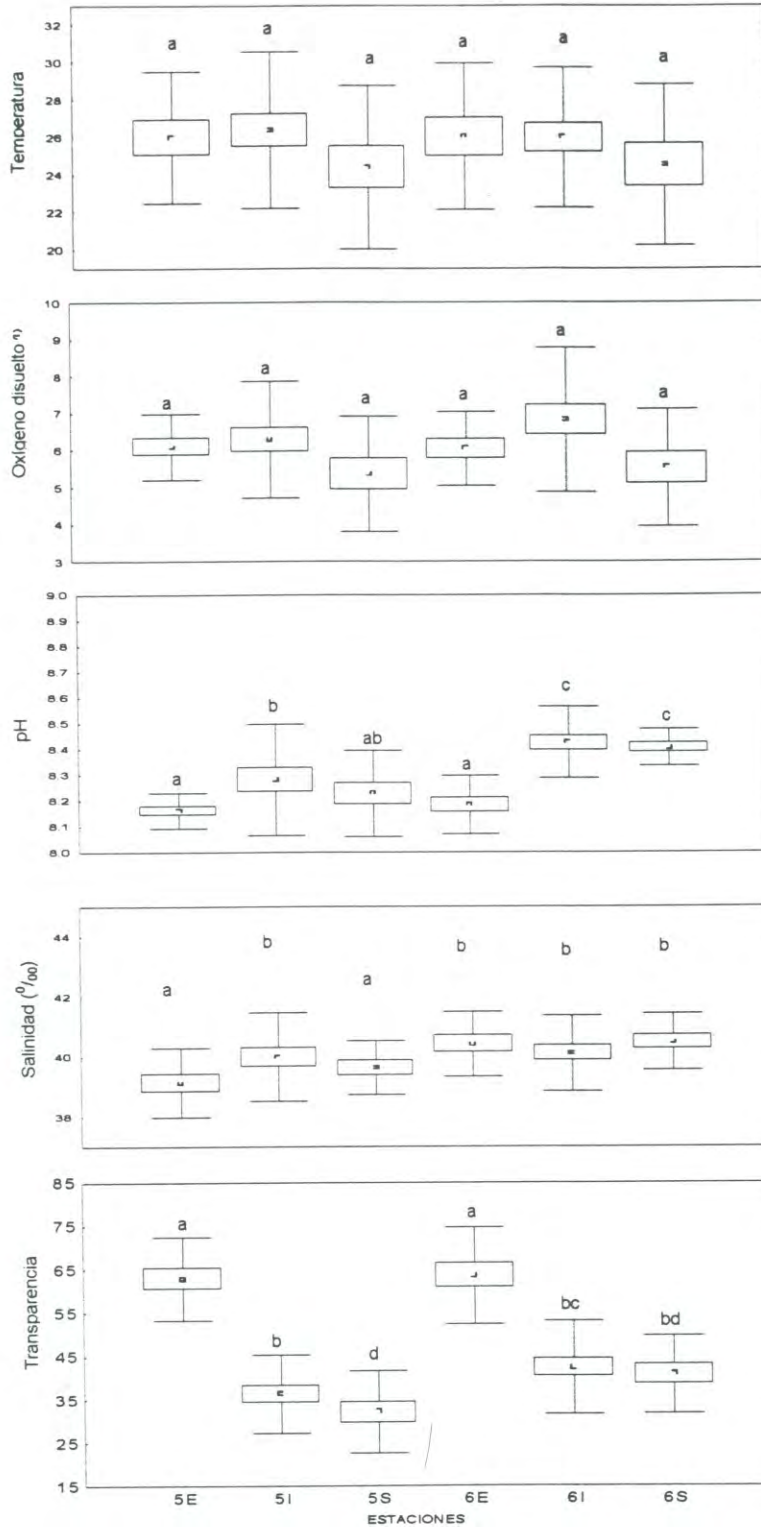


Fig. 3.- Parámetros ambientales. Variación espacial promedio (\pm d.e. y \pm e.e) en las entradas (E), interiores (I) y salidas (S) de los estanques 5 y 6, durante todo el periodo de estudio. Estaciones con letras diferentes indican diferencias significativas.

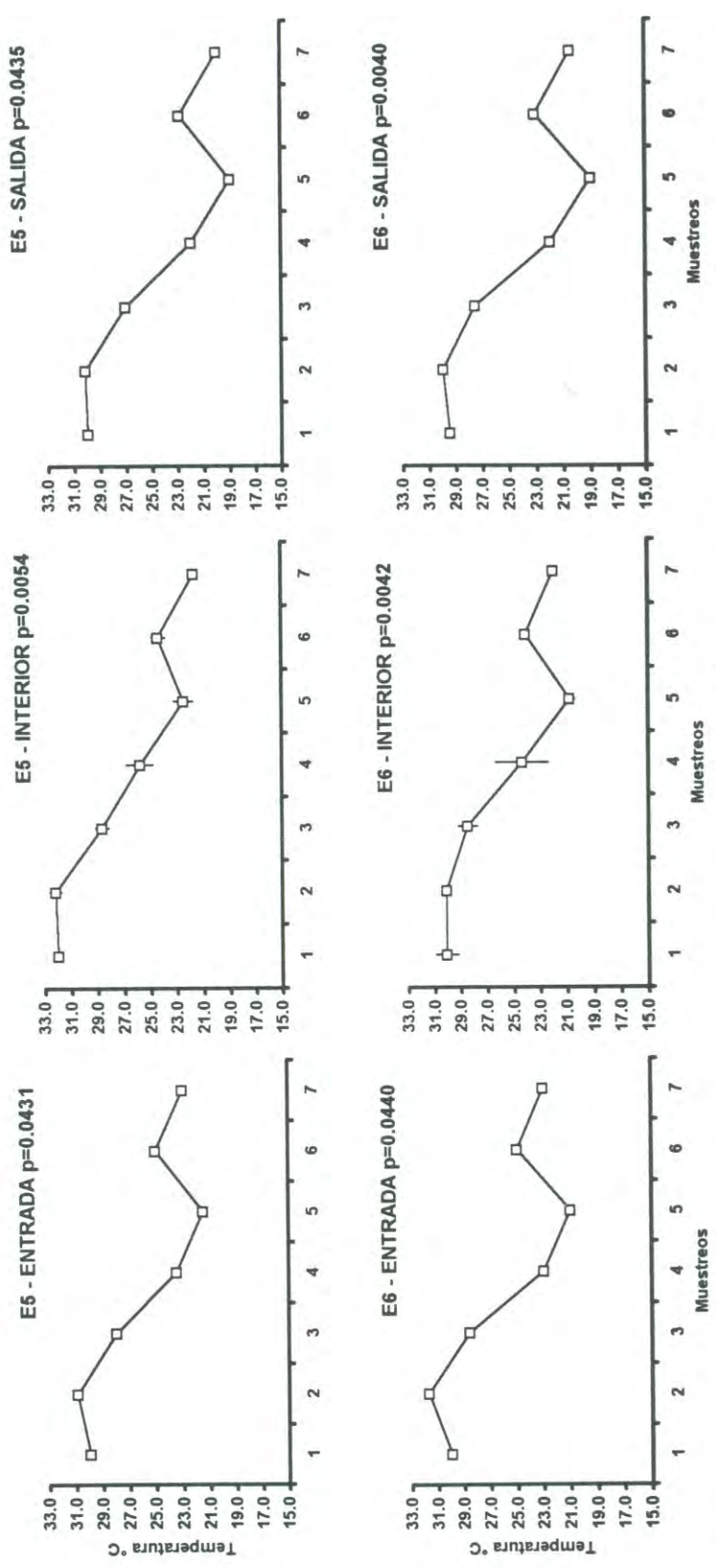


Fig. 4. - Temperatura. Comportamiento promedio quincenal (\pm d.e.), en las entradas, salidas e interiores de los estanques 5 y 6, durante agosto a noviembre 1997 en el Parque Acuicola La Atanasia. El valor de significancia se refiere al análisis temporal de K-W.

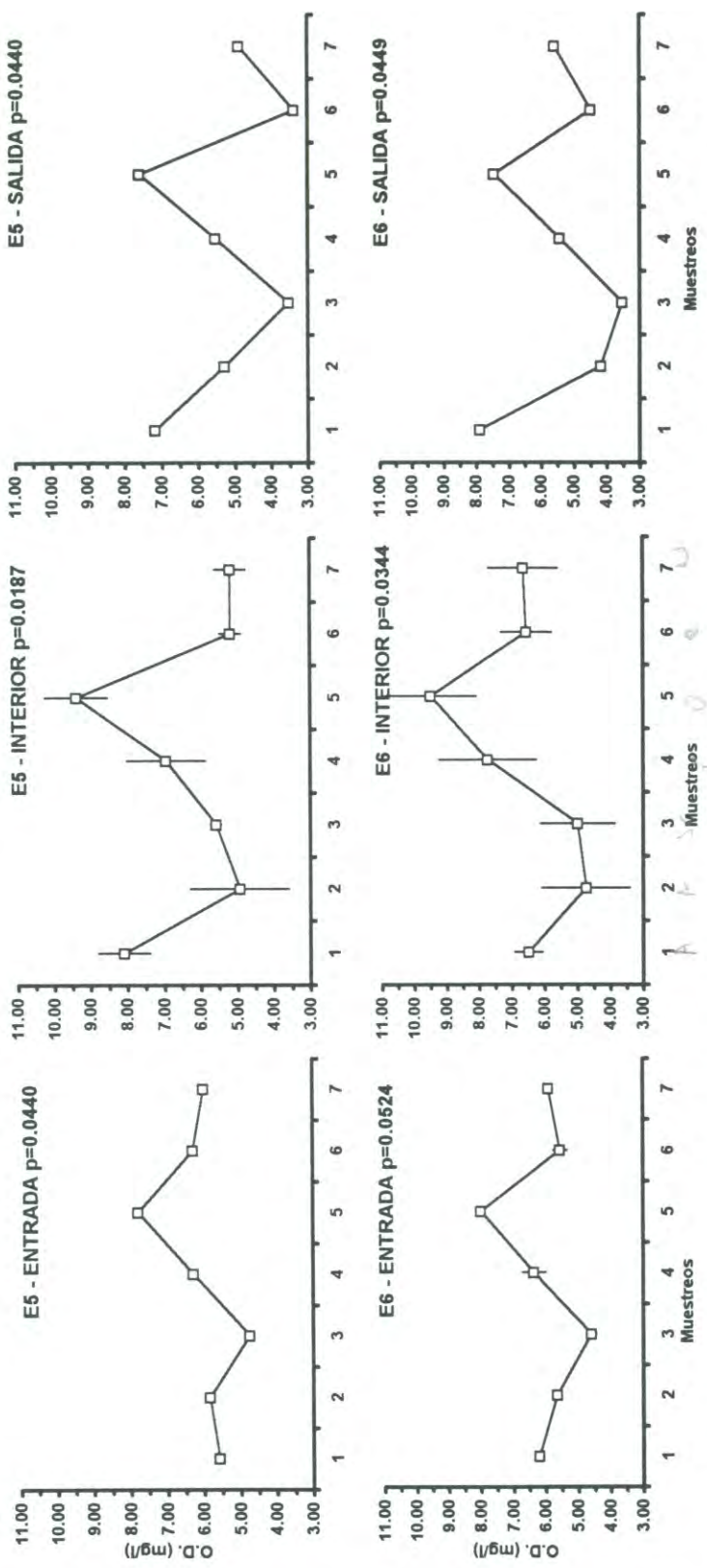


Fig. 5.- Oxígeno disuelto. Comportamiento promedio quincenal (\pm d.e.), en las entradas, salidas e interiores de los estanques 5 y 6, durante agosto a noviembre de 1997 en el Parque Acuicola La Atanasia. El valor de significancia se refiere al análisis temporal de K-W.

en las entradas fueron de 39.0‰ en los estanques 5 y 6 respectivamente. En los interiores y en las salidas se encontraron valores de 40.0‰ en ambos estanques. La transparencia presentó valores promedios en las entradas de 63.8 y 32.3 cm en el estanque 5 y 6 respectivamente, en el interior de los estanques los promedios fueron de 36.3 y 42.4 cm y las salidas de ambos estanques presentaron promedios de 64.6 y 41.2 cm respectivamente (fig. 3).

El análisis de varianza realizado entre los estanques y entre las estaciones indicaron que hubo diferencias significativas entre ellos para los niveles de pH ($p < 0.001$), salinidad ($p < 0.0463$) y transparencia ($p < 0.001$). Los análisis *a posteriori* de Kruskal y Wallis, indicaron que esas diferencias ocurrieron en el caso del pH para la entrada del estanque 5 con el interior del mismo estanque, y con el interior del estanque 6 (Fig.3). El interior del estanque 5 mantuvo diferencias con la entrada, el interior y la salida del estanque 6. La salida del estanque 5 presentó diferencias con el interior y la salida del estanque 6. La entrada del estanque 6 tuvo diferencias con su propio interior y su salida (Fig. 3). Estas diferencias indican en general que los valores de pH más altos se registraron en los interiores de los estanques y los más bajos en las entradas. Para el caso de la salinidad las diferencias significativas de acuerdo al análisis *a posteriori* se presentaron de la siguiente forma; la entrada del estanque 5 presentó diferencias con su interior, además con la entrada y el interior del estanque 6 (Fig. 3); esto quiere decir que los valores más bajos se presentaron en la entrada del estanque 5, pero en la mayoría de las estaciones se presentaron condiciones similares de salinidad. La transparencia manifestó diferencias en la entrada del estanque 5 con su propio interior, salida y el interior del estanque 6. El interior del estanque 5 mantuvo diferencias con la entrada del estanque 6. La salida del estanque 5 demostró tener diferencias con el interior del estanque 6. La entrada del estanque 6 tuvo diferencias con su propio interior y su salida (Fig. 3). Es decir que durante el estudio se presentaron los valores más bajos de transparencia en los interiores y en las salidas de los estanques y que se estuvo bombeando agua con una transparencia alta.

El pH presentó un comportamiento estable a través del ciclo de engorda en las entradas; en los interiores se pueden apreciar valores más altos en la mitad de septiembre con un descenso en los últimos días del mismo mes, para posteriormente aumentar hacia el final de octubre. En las salidas hay una disminución al final de septiembre con un aumento hacia el final de octubre y en los días posteriores otro descenso, en el estanque 5. El análisis temporal

de los estanques 5 y 6, nos demuestra que se presentaron diferencias solo en los interiores de ambos estanques (Fig. 6).

Para la variable salinidad en general en todas las estaciones de muestreo de ambos estanques, se registraron lecturas bajas en el mes de agosto con incremento a septiembre. Sin embargo las diferencias temporales solo fueron significativas en las entradas e interiores de los dos estanques (fig. 7).

La transparencia presentó un comportamiento espacial y temporal, similar en ambos estanques. Se observó que el agua en las entradas de los estanques presentó condiciones de una alta transparencia. En cambio en los interiores y en las salidas de ambos estanques, el agua se presentó más turbia. En el estanque 5 se observa un aumento de la turbidez del agua en los últimos días de septiembre, posteriormente disminuye la turbidez hasta los últimos días de octubre, para darse un aumento de esta variable mencionada en los primeros días de noviembre y se observa un descenso de la turbidez en los últimos días de noviembre en la salida del estanque 5 (Fig.8). En la entrada del estanque 6 se observa un comportamiento irregular al presentarse varios altibajos a lo largo del ciclo de cultivo. El interior y la salida presentan un descenso hacia los últimos días de octubre, presentándose un ligero aumento en los primeros días de noviembre para posteriormente presentarse otro descenso. En el análisis temporal de ambos se demuestran diferencias en todas las estaciones, excepto en el interior del estanque 6 (Fig. 8).

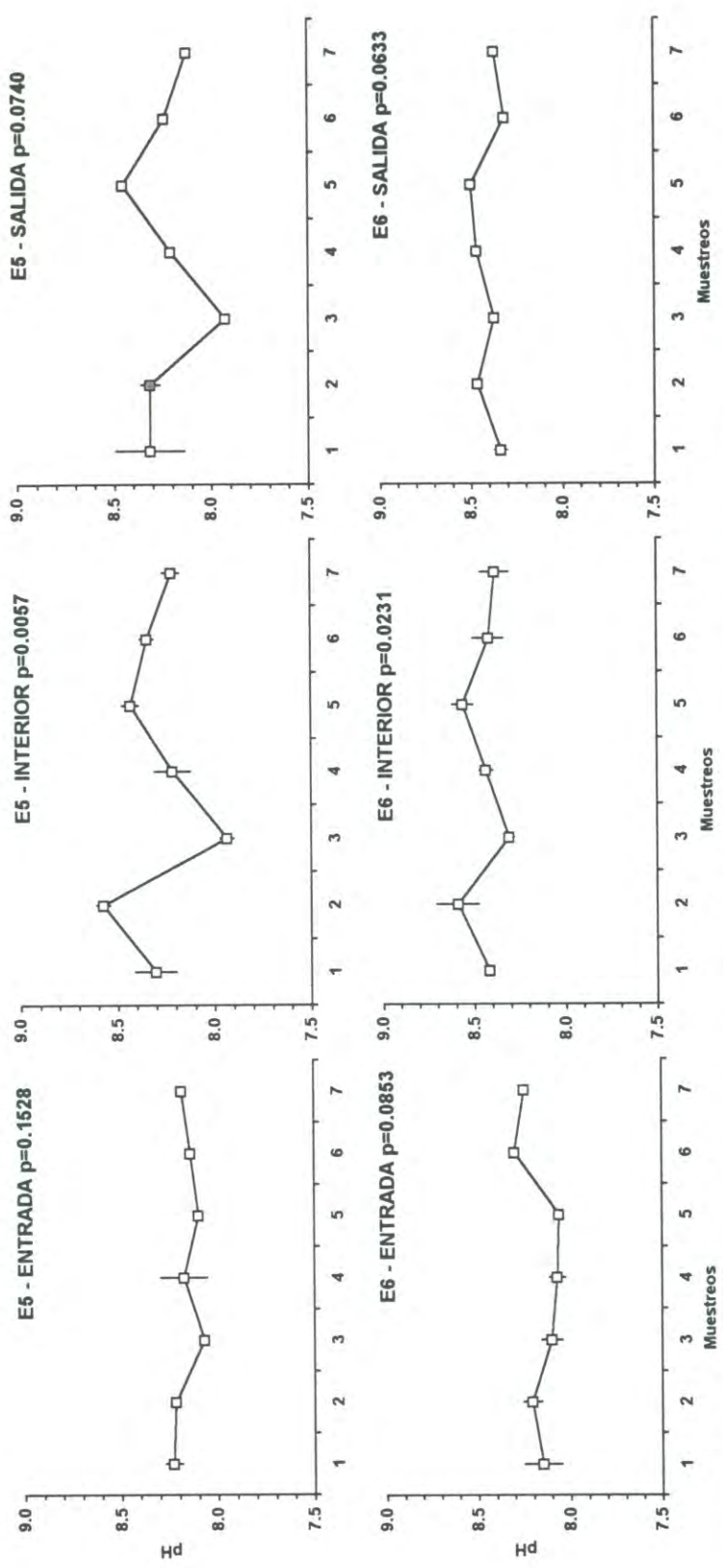


Fig. 6. pH. Comportamiento promedio quincenal (\pm d.e.), en las entradas, salidas e interiores de los estanques 5 y 6, durante agosto a noviembre de 1997 en el Parque Acuicola La Atanasia. El valor de significancia se refiere al análisis temporal de K-W.

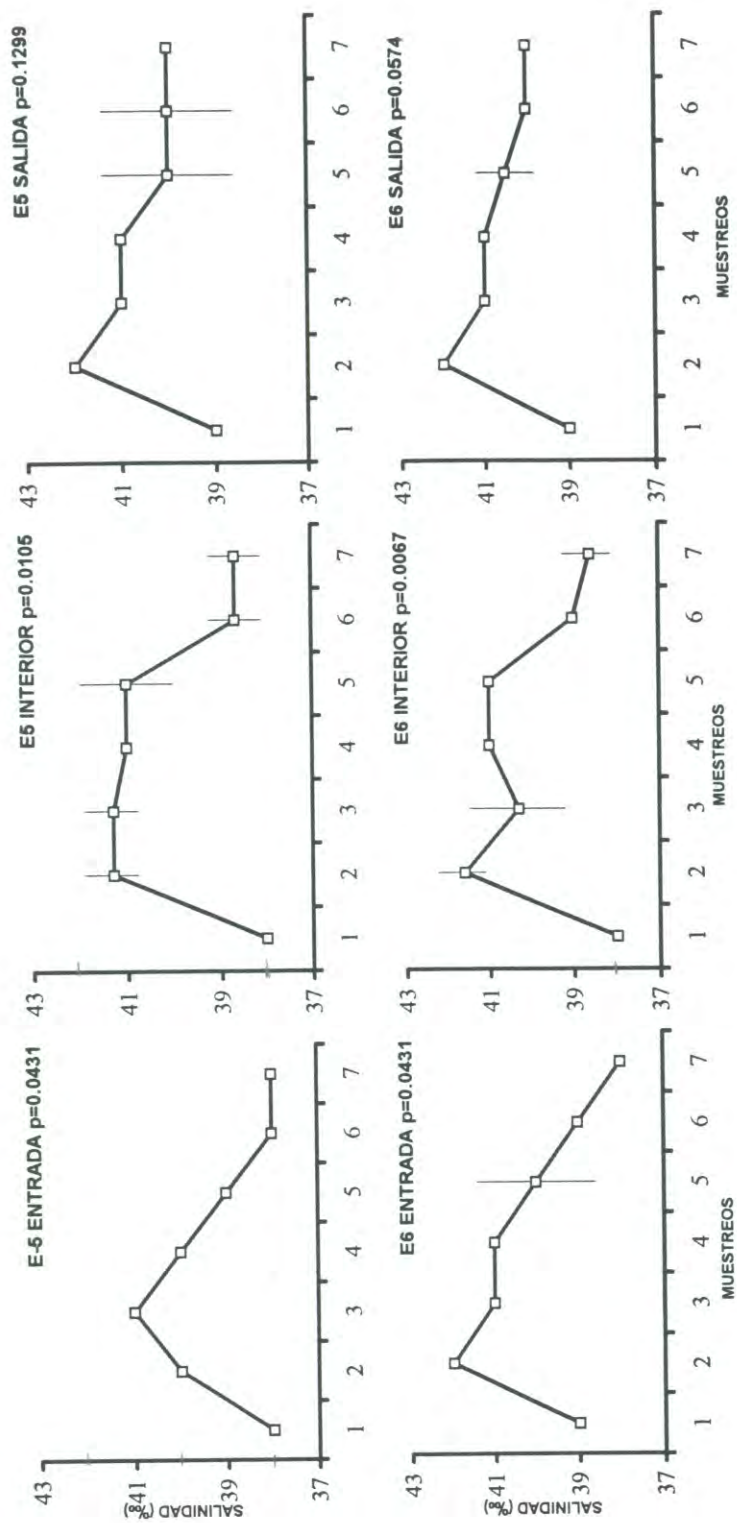


Fig. 7.- Salinidad Comportamiento promedio quincenal (\pm d.e.), en las entradas, salidas e interiores de los estanques 5 y 6, durante agosto a noviembre de 1997 en el Parque Acuicola La Atanasia. El valor de significancia se refiere al análisis temporal de K-W.

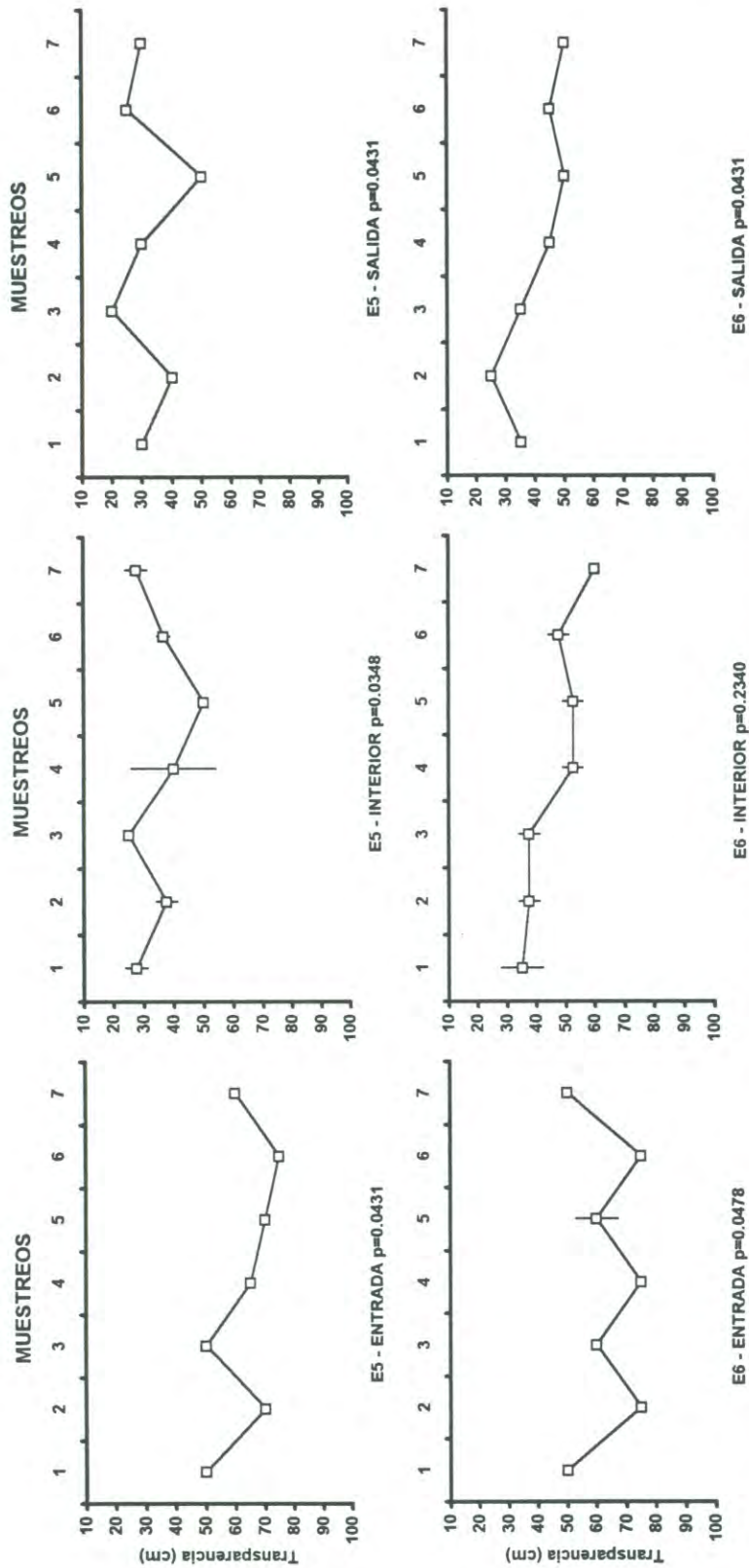


Fig. 8.- Transparencia. Comportamiento promedio quincenal (\pm d.e.), en las entradas, salidas e interiores de los estanques 5 y 6, durante agosto a noviembre de 1997 en el Parque Acuicola La Atanasia. El valor de significancia se refiere al análisis temporal de K-W.

V.2.- Comportamiento de los Nutrientes

Los promedios generales de nitratos en las entradas de los estanques 5 y 6 fueron de 0.08 y 0.072 mg/l respectivamente y en los interiores igual que en las salidas de los dos estanques el valor promedio fue de 0.072 mg/l, demostrando que se presentaron muy estables en sus concentraciones (Fig. 9). De hecho, no hubo diferencias significativas ($p=0.2612$) entre esos promedios. En general la variación temporal de los nitratos tanto en las entradas, interiores y salidas de los estanques se comportaron en forma similar (Fig. 10) solo en el interior la variación fue significativa.

Con relación a los ortofosfatos, los valores promedio generales en las entradas fueron de 0.099 y 0.12 mg/l para los estanques 5 y 6 respectivamente. En el interior de los dos estanques se obtuvo un promedio de 0.065 mg/l, mientras que en las salidas fueron de 0.065 y 0.075 mg/l en estanques 5 y 6 respectivamente (Fig. 9) estos valores promedio presentaron diferencias significativas ($p = 0.0188$). Estas diferencias se dieron en las siguientes estaciones la entrada del estanque 5 con la salida del mismo 5 y el interior del estanque 6; el interior del estanque 5 con la entrada del estanque 6; la entrada del estanque 6 con el interior y la salida del mismo estanque (Fig. 9). Esto indica que hubo una tendencia a registrarse los valores más altos en las entradas que en los interiores y las salidas. En los ortofosfatos se aprecian estadísticamente diferencias temporales en el interior y salida del estanque 6 (Fig. 11). En interiores se nota un nivel máximo durante la mitad de octubre con un descenso inmediato a los últimos días de octubre, y un aumento de nivel que se ubica en la mitad del mes de noviembre, pero seguido de una disminución que se nota en el último muestreo de dichas estaciones.

Los promedios generales de los silicatos durante la engorda en las entradas de los estanques 5 y 6 fueron de 3.265 y 2.99 mg/l. En el interior fue 3.84 y 3.68 mg/l, en las salidas fueron de 2.38 y 2.9 mg/l para ambos estanques (Fig. 9). Los análisis estadísticos demostraron que estos valores no presentaron diferencias significativas entre ellos ($p = 0.7900$), esto quiere decir que las concentraciones de los silicatos variaron a través de la engorda en forma muy similar. El SiO_2 en el análisis temporal presentó diferencias significativas en todas las estaciones de ambos estanques (Fig. 12). En todas las estaciones la tendencia fue a encontrar valores elevados al inicio de la engorda y concentraciones mínimas al final.

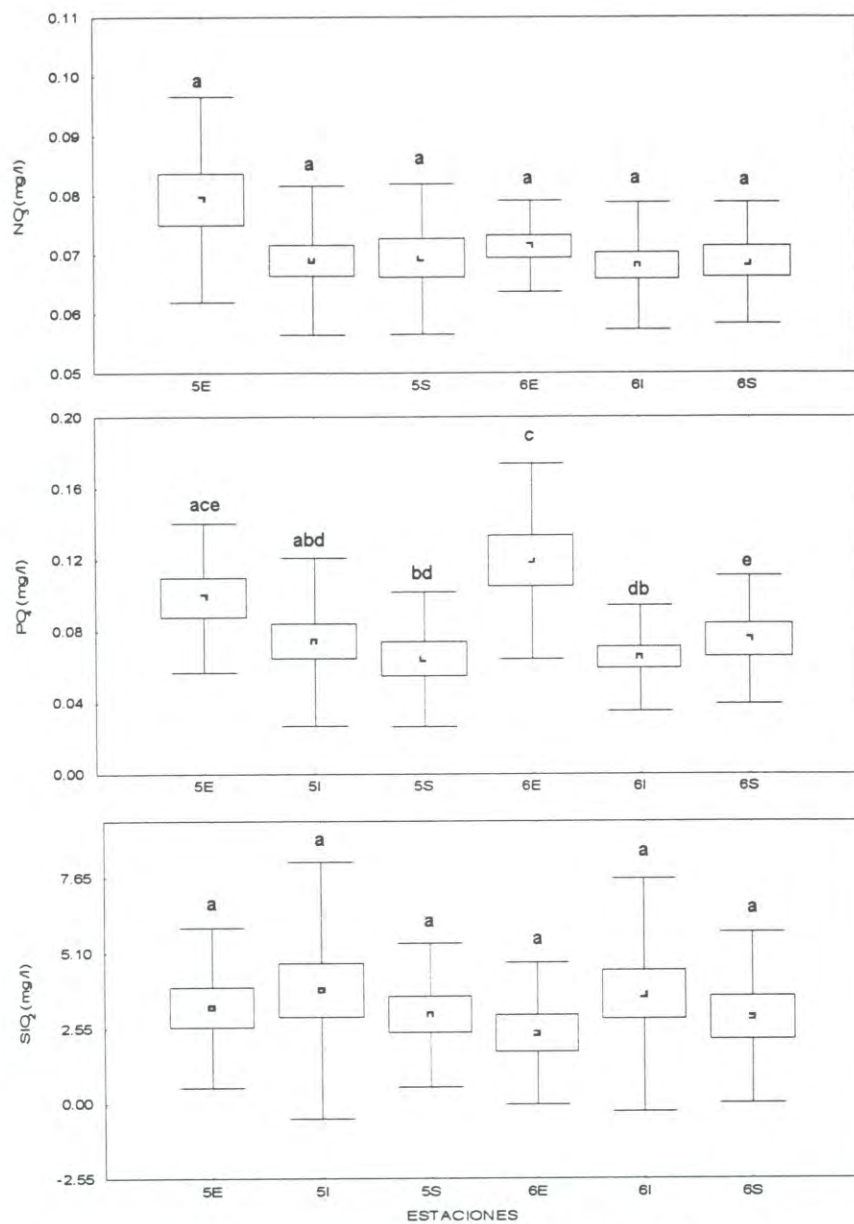


Fig. 9.- Nitratos, Ortofosfatos y Silicatos. Variación espacial promedio (\pm d.e. y \pm e.e) en las entradas (E), interiores (I) y salidas (S) de los estanques 5 y 6, durante todo el período de estudio. Estaciones con letras diferentes indican diferencias significativas.

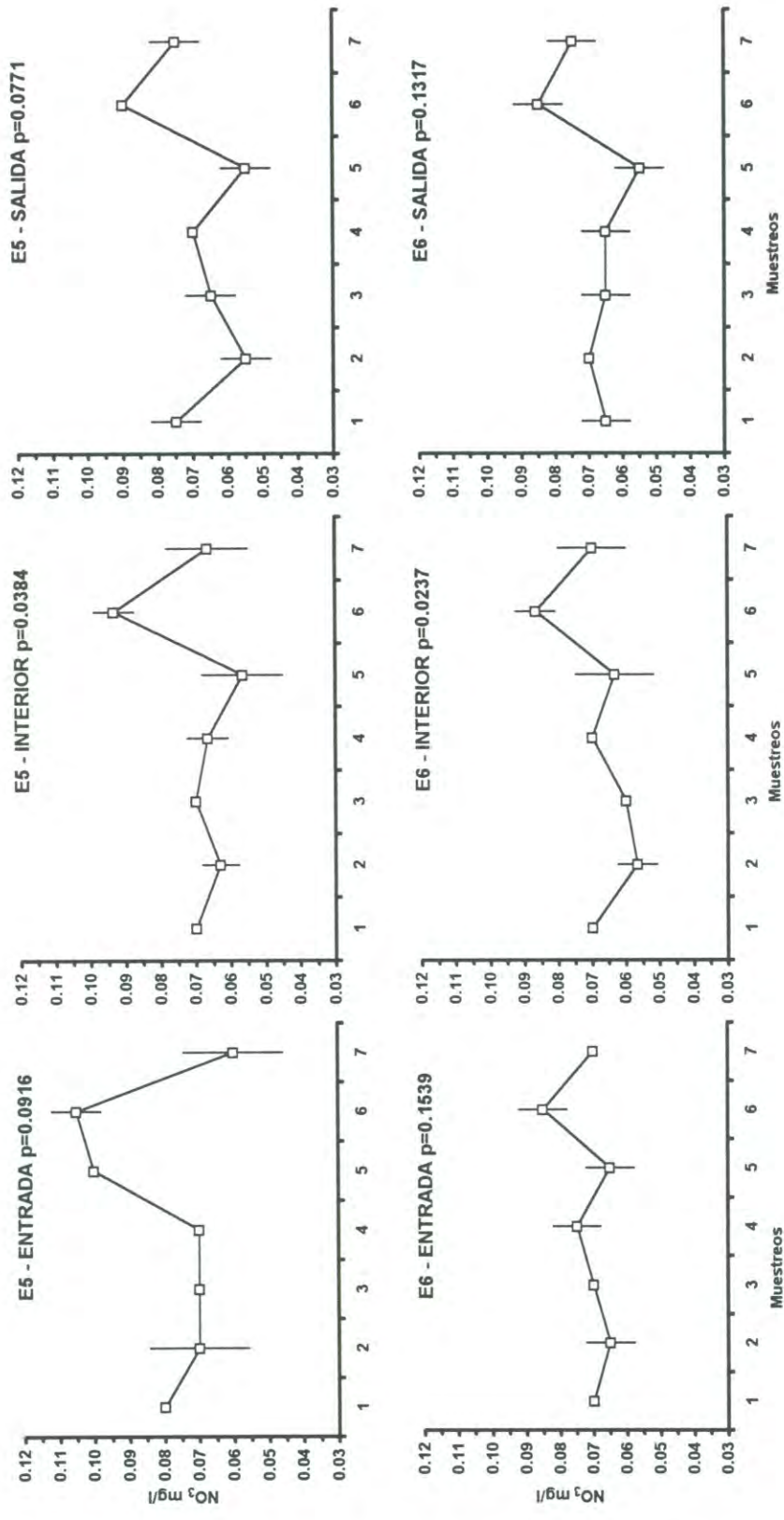


Fig. 10.- Nitratos (NO_3^-) Comportamiento promedio quincenal (\pm d.e.), en las entradas, salidas e interiores de los estanques 5 y 6, durante agosto a noviembre de 1997 en el Parque Acuicola La Atanasia. El valor de significancia se refiere al análisis temporal de K-W.

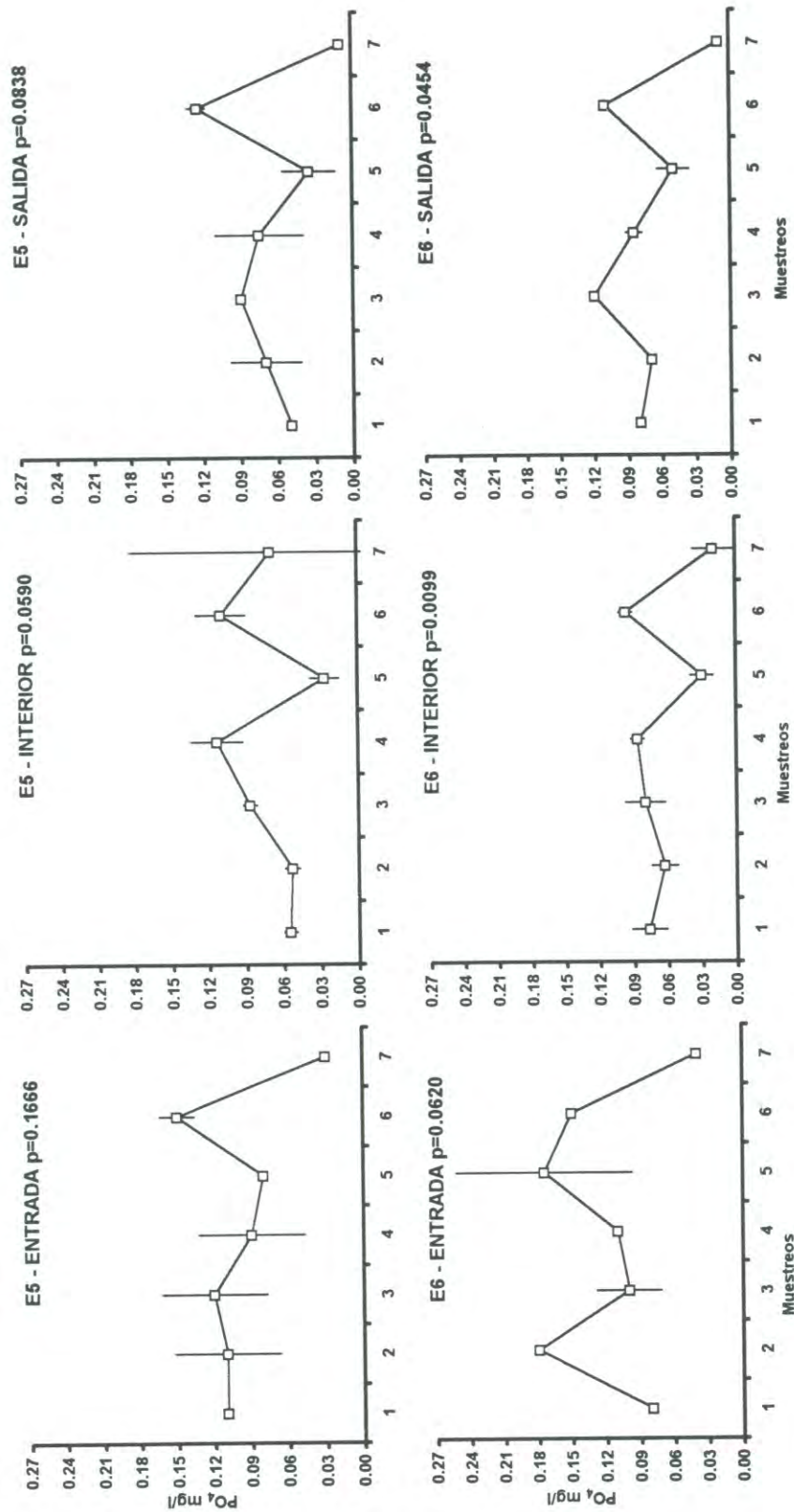


Fig. 11.- Fosfatos (PO₄). Comportamiento promedio quincenal (\pm d.e.), en las entradas, salidas e interiores de los estanques 5 y 6, durante agosto a noviembre de 1997 en el Parque Acuicola La Atanasia. El valor de significancia se refiere al análisis temporal de K-W.

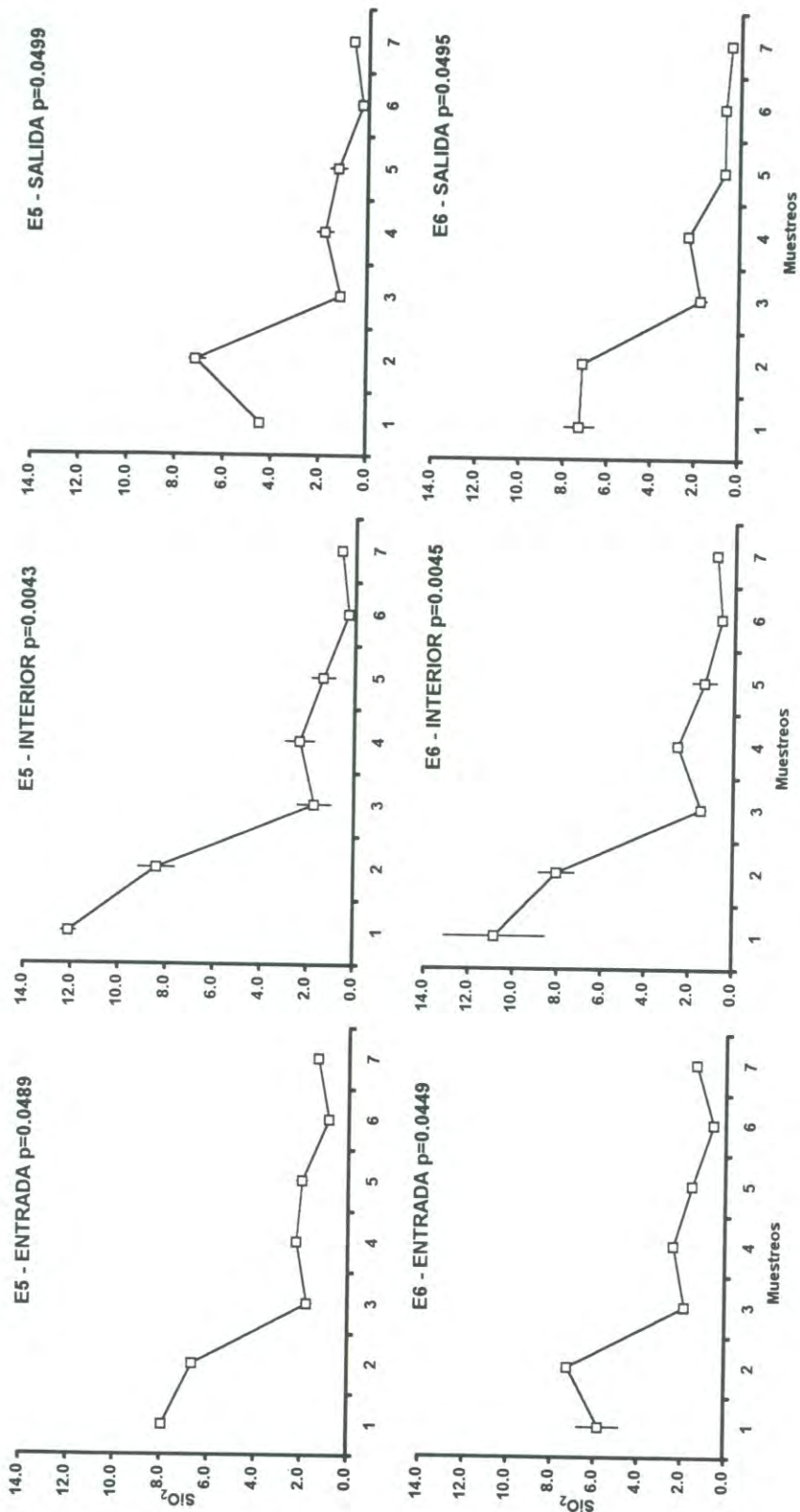


Fig. 12.- Silicatos (SiO₂). Comportamiento promedio quincenal (\pm d.e.), en las entradas, salidas e interiores de los estanques 5 y 6, durante agosto a noviembre de 1997 en el Parque Acuicola La Atanasia. El valor de significancia se refiere al análisis temporal de K-W.



V.3.- Comportamiento de la Productividad Primaria.

La Productividad primaria como fotosíntesis bruta (FB), presentó un promedio general en los estanques 5 y 6 de 261.17 y 251.0 mg C m⁻³/hr respectivamente, la fotosíntesis neta (FN) presentó un promedio general de 212.01 y 192.3 mg C m⁻³/hr y la respiración (R) presentó un promedio general de 59.1 y 70.4 mg C m⁻³/hr en ambos estanques (Fig. 13). La fotosíntesis bruta alcanzó valores máximos de 443.89 y 393.21 mg C m⁻³/hr y valores mínimos de 69.84 y 139.09 mg C m⁻³/hr en los estanques 5 y 6 respectivamente, la fotosíntesis neta que se generó en el interior de los estanques registró valores máximos de 389.09 y 296.25 mg C m⁻³/hr y mínimos de 39.91 y 103.03 mg C m⁻³/hr en los estanques 5 y 6. Los valores de respiración alcanzaron valores máximos de 150.82 y 116.35 mg C m⁻³/hr y mínimos de 22.06 y 27.49 mg C m⁻³/hr en ambos estanques (Fig. 14).

Al comparar los resultados globales de la fotosíntesis bruta, fotosíntesis neta y respiración entre los dos estanques se encontró que no hubo diferencias significativas entre ellos ($p=1.000$; Fig. 13). El comportamiento general de la productividad primaria durante la engorda fue con valores altos entre agosto y septiembre y bajos el resto de los meses. En el análisis temporal se encontraron diferencias significativas en todas las estaciones de ambos estanques, excepto para la respiración en el estanque 6 (Fig. 14).

Se normalizó la variabilidad de los datos de la Productividad primaria y la clorofila *a*, dividiendo los valores de la fotosíntesis bruta entre la concentración de la clorofila *a*. Al comparar en el estadístico global los resultados de la productividad bruta entre ambos estanques no se encontró diferencia significativa entre ellos ($p=1.000$; Fig. 15). Este análisis arrojó datos que representan la Productividad bruta, que una vez graficados nos muestran un comportamiento real de esta variable con valores promedio de 159 mg C/mg Cla/h en el estanque 5 y 304 mg C/mg Cla/h en el estanque 6 (Fig. 15).

En el comportamiento temporal de la productividad bruta se observó que el estanque 5 presentó un máximo de 232 mg C/mg Cla/h y un mínimo de 72 mg C/mg Cla/h (Fig. 16). Para el caso del estanque 6 el comportamiento es diferente ya que el máximo es de 679 mg C/mg Cla/h en el cuarto muestreo y el mínimo es de 99 mg C/mg Cla/h, en este estanque hay dos picos, en el 4to y 6to muestreo. Por lo tanto el comportamiento de la PB es similar en ambos estanques, y en el análisis temporal no se encontraron diferencias significativas (Fig. 16).

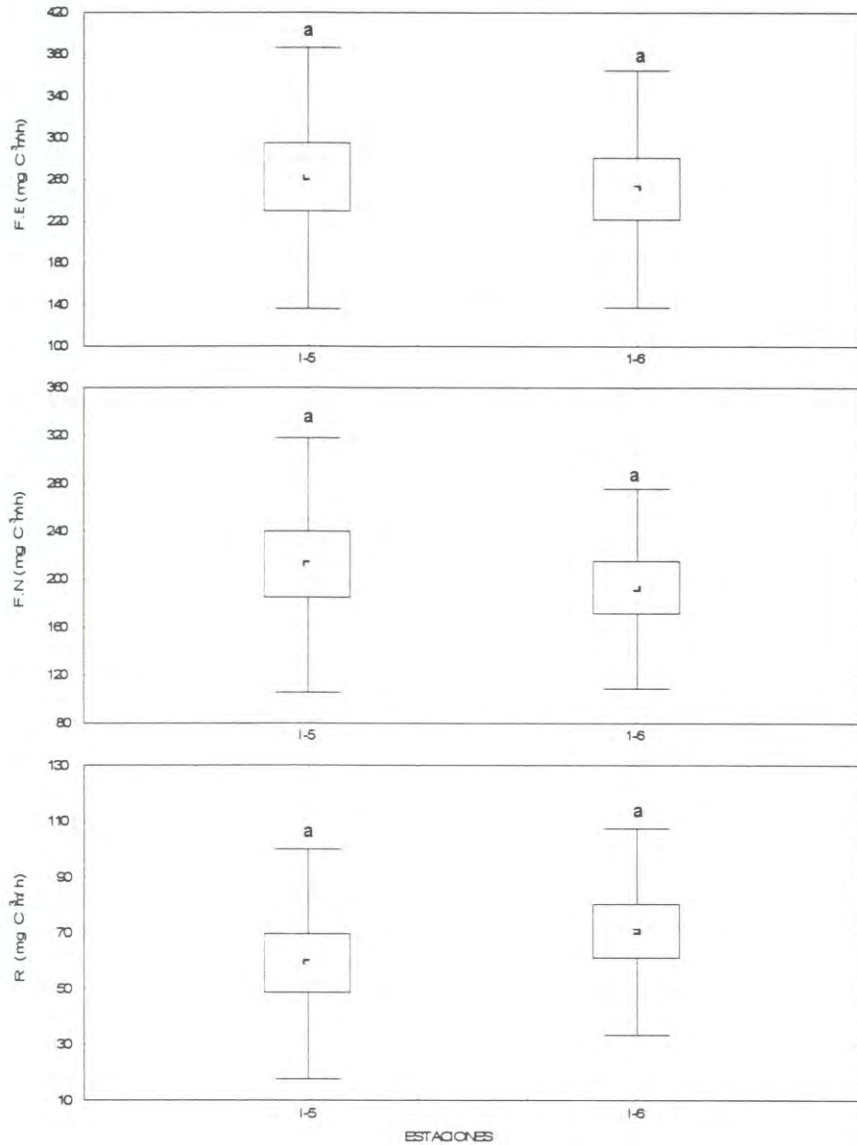


Fig. 13.- Productividad Primaria. Variación espacial promedio (\pm d.e. y \pm e.e) en los interiores (I) de los estanques 5 y 6, durante todo el período de estudio. Estaciones con letras iguales indican homogeneidad estadística.

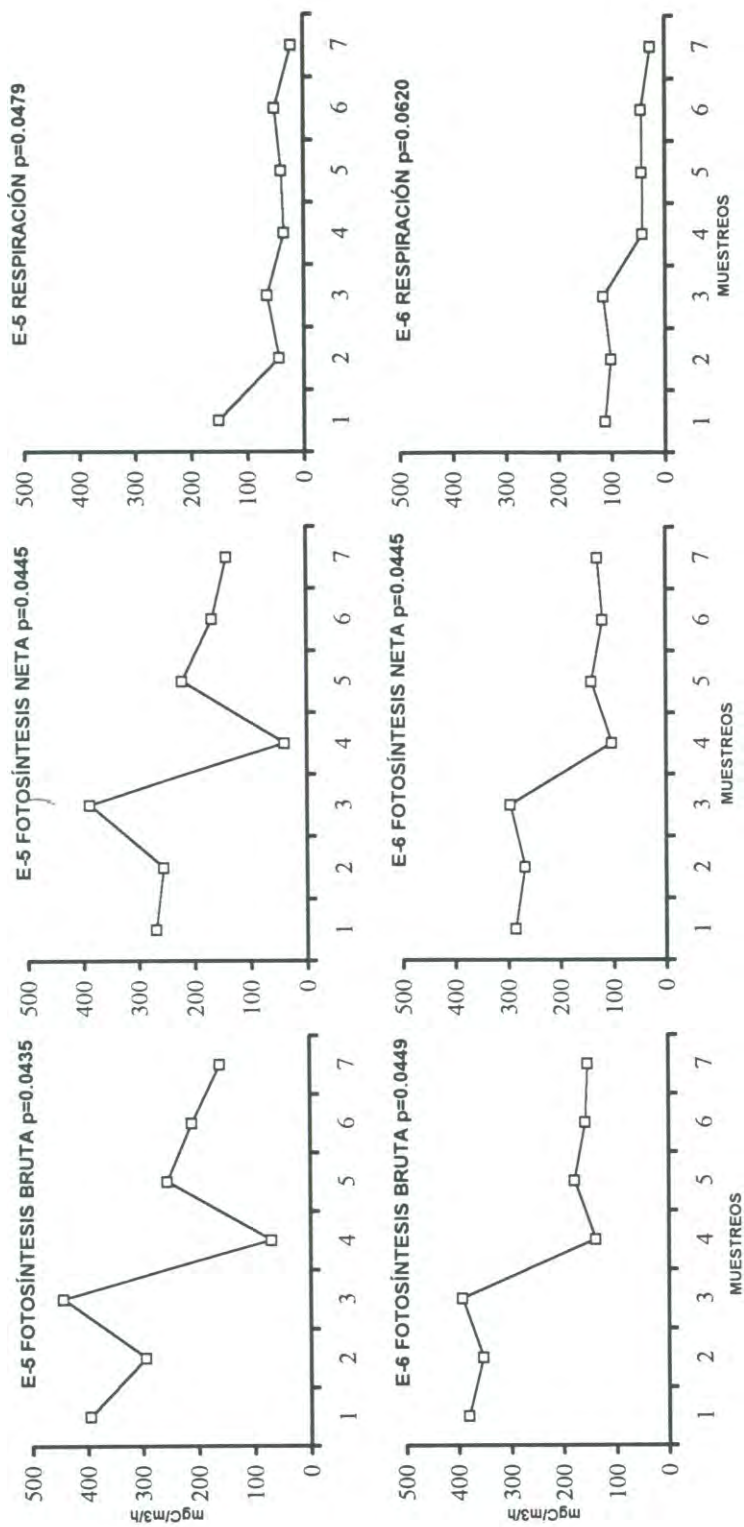


Fig. 14.- Productividad primaria Comportamiento promedio quincenal (\pm d.e.), en los interiores de los estanques 5 y 6, durante agosto a noviembre de 1997 en el Parque Acuicola La Atanasia. El valor de significancia se refiere al análisis temporal de K-W.

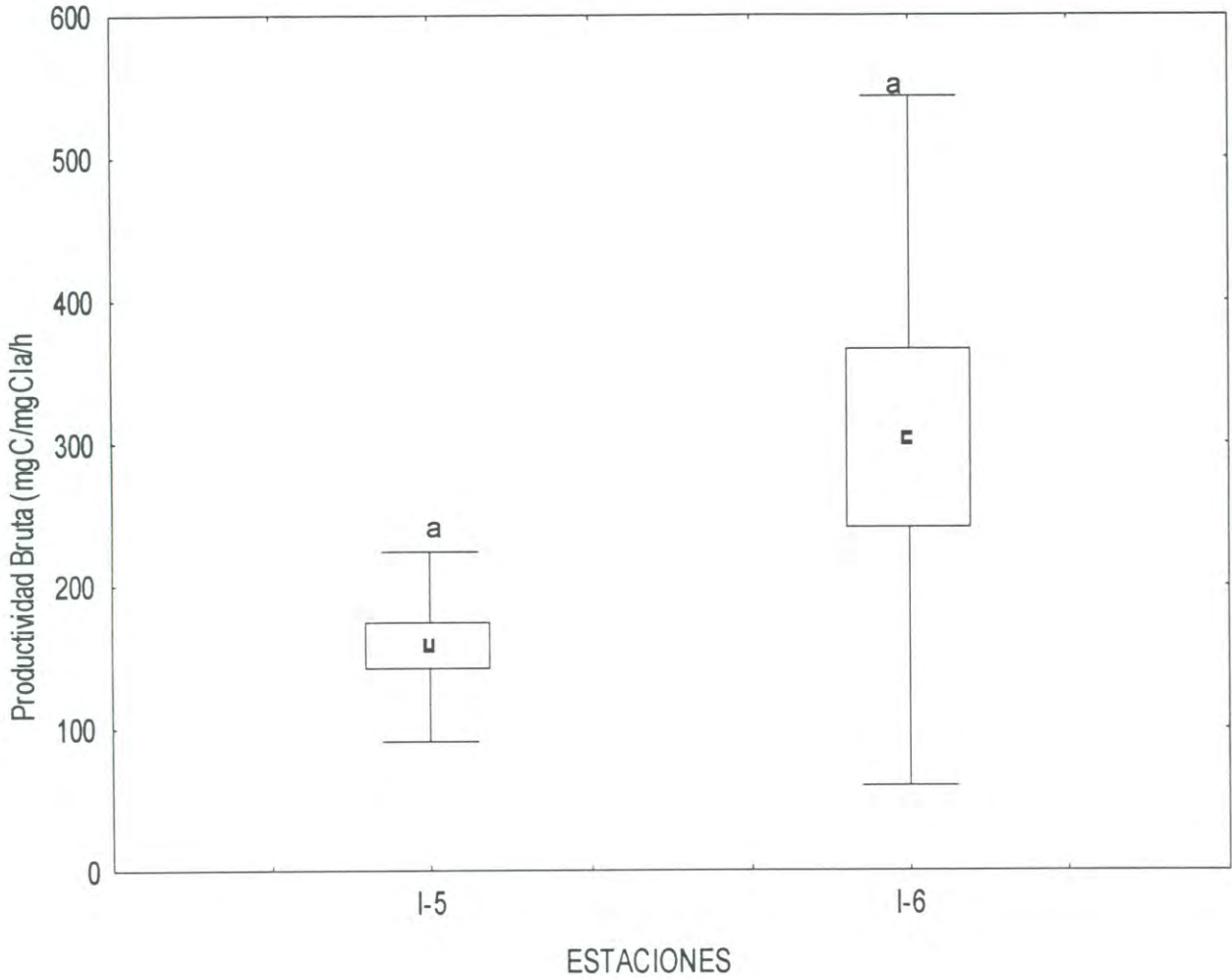


Fig. 15.- Productividad Bruta (=F.B./Cla) Variación espacial promedio (\pm d.e. y \pm e.e) en los interiores de los estanques 5 y 6, durante todo el período de estudio. Estaciones con letras iguales indican homogeneidad estadística.

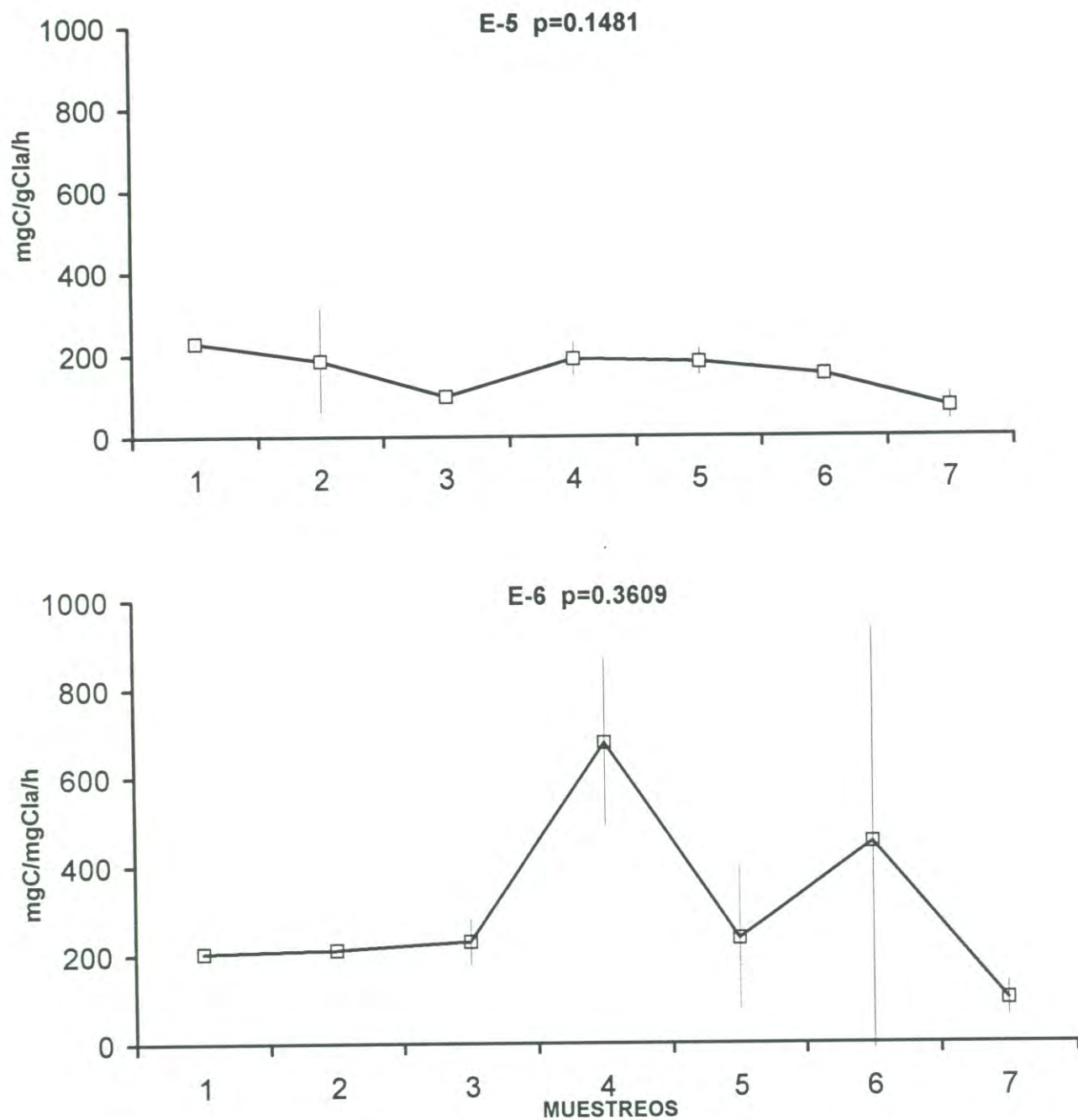


Fig. 16.- PRODUCTIVIDAD BRUTA (=F.B./Cla) . Comportamiento promedio quincenal (\pm d.e.), en los interiores de los estanques 5 y 6, durante agosto a noviembre de 1997 en el Parque Acuicola La Atanasia. El valor de significancia se refiere al análisis temporal de K-W.

V.4 Comportamiento de las Clorofilas.

La clorofila *a* en las entradas presentó valores promedios de 0.564 y 0.606 mg m⁻³, en los interiores de 2.0 y 1.24 mg m⁻³ y presentó en las salidas de 2.051 y 1.361 mg m⁻³ en los estanques 5 y 6, respectivamente. La clorofila *b* presentó los valores más bajos también en las entradas, con valores promedios de 0.088 y 0.086 mg m⁻³, los interiores alcanzaron 0.35 y 0.32 mg m⁻³, en las salidas con 0.345 y 0.230 mg m⁻³. Los promedios de clorofila *c* en las entradas fueron de 0.15 y 0.16 mg m⁻³, en los interiores de 0.43 y 0.38 mg m⁻³, y en las salidas de 0.438 y 0.349 mg m⁻³. Los pigmentos carotenoides presentaron valores de 0.262 y 0.28 mg m⁻³ en las entradas, de 0.92 y 0.85 mg m⁻³ en los interiores y en las salidas 0.939 y 0.894 mg m⁻³ (Fig. 16).

Los análisis de varianza realizados para comparar las concentraciones globales entre las entradas interiores y salidas de los dos estanques, demostraron que todas las clorofilas y pigmentos carotenoides poseen diferencias significativas entre las estaciones ($p < 0.001$ en todos los casos). La prueba *a posteriori* presenta los contrastes o comparaciones múltiples para las entradas interiores y salidas. Esto demostró que todas las clorofilas y los pigmentos presentaron diferencias significativas al comparar las entradas del estanque 5 con su interior, su misma salida y con el interior del estanque 6. También el interior del estanque 5 tuvo diferencias con la entrada del estanque 6, al igual que al comparar esta entrada del estanque 6 con su respectivo interior y salida (Fig. 16). Esto significa que en los interiores de los estanques se generaron los valores más altos de biomasa fitoplanctónica.

Es importante resaltar que en el análisis temporal, la clorofila *a* presentó diferencias en la entrada del estanque 6 y en los interiores de ambos estanques, mientras que la clorofila *b* solo presenta diferencias en el interior del estanque 6, la clorofila *c* y los pigmentos carotenoides no presentaron diferencias temporales en ninguna de las estaciones en ambos estanques (Figs. 17, 18, 19 20 y 21).

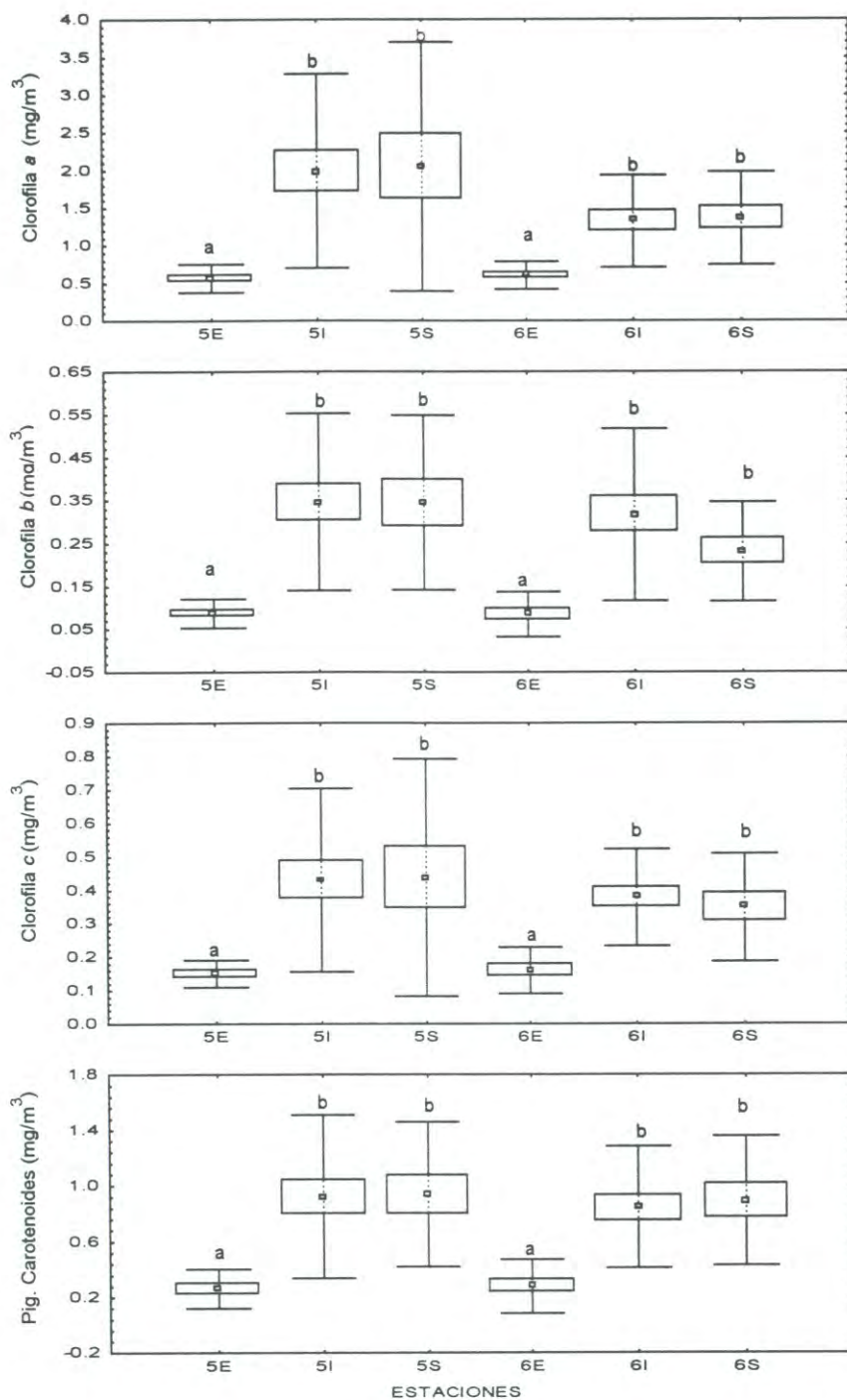


Fig. 17.- Clorofila *a*, *b*, *c* y pigmentos carotenoides. Variación espacial promedio (\pm d.e. y \pm e.e) en las entradas (E), interiores (I) y salidas (S) de los estanques 5 y 6, durante todo el período de estudio. Estaciones con letras diferentes indica diferencias significativas.

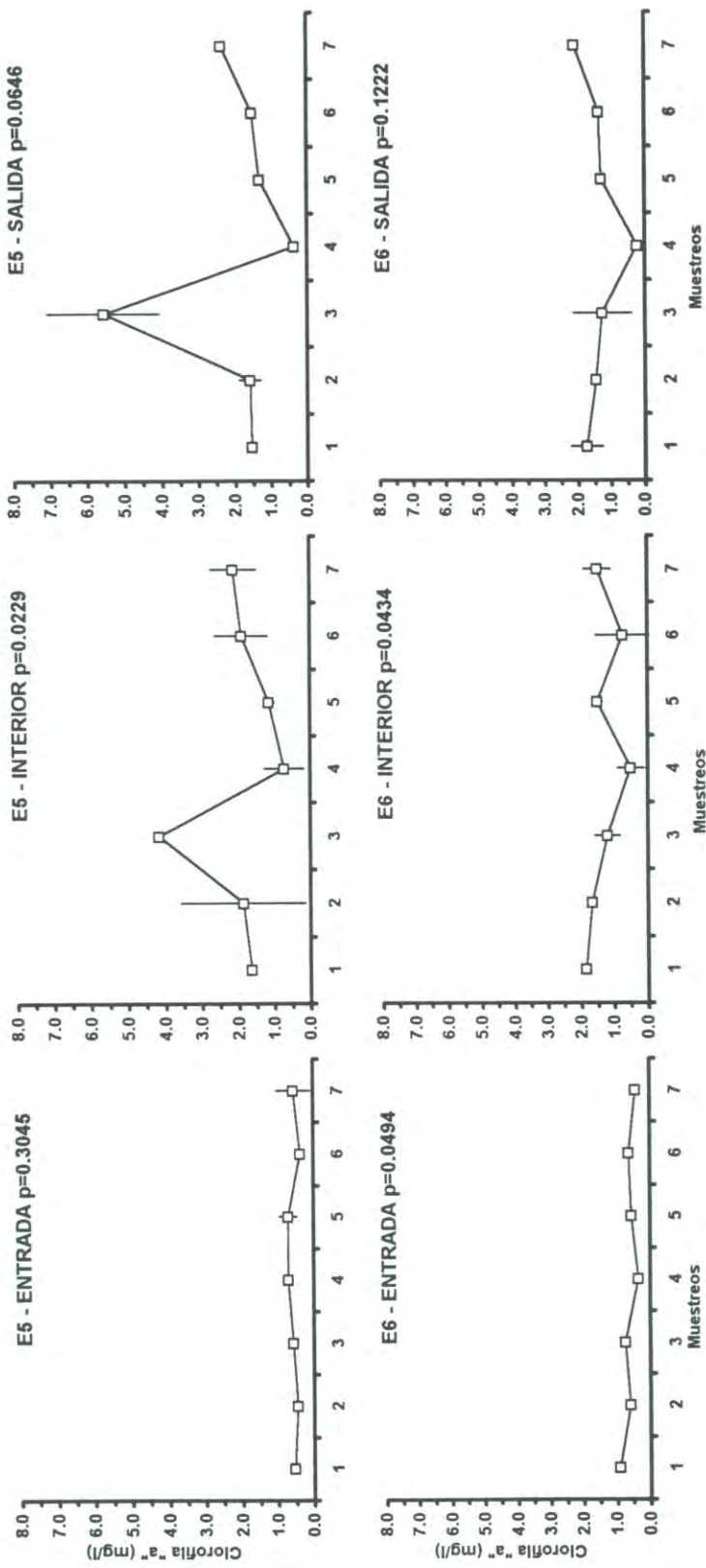


Fig. 18.- Chlorofila *a*. Comportamiento promedio quincenal (\pm d.e.), en las entradas, salidas e interiores de los estanques 5 y 6, durante agosto a noviembre de 1997 en el Parque Acuicola La Atanasia. El valor de significancia se refiere al análisis temporal de K-W.

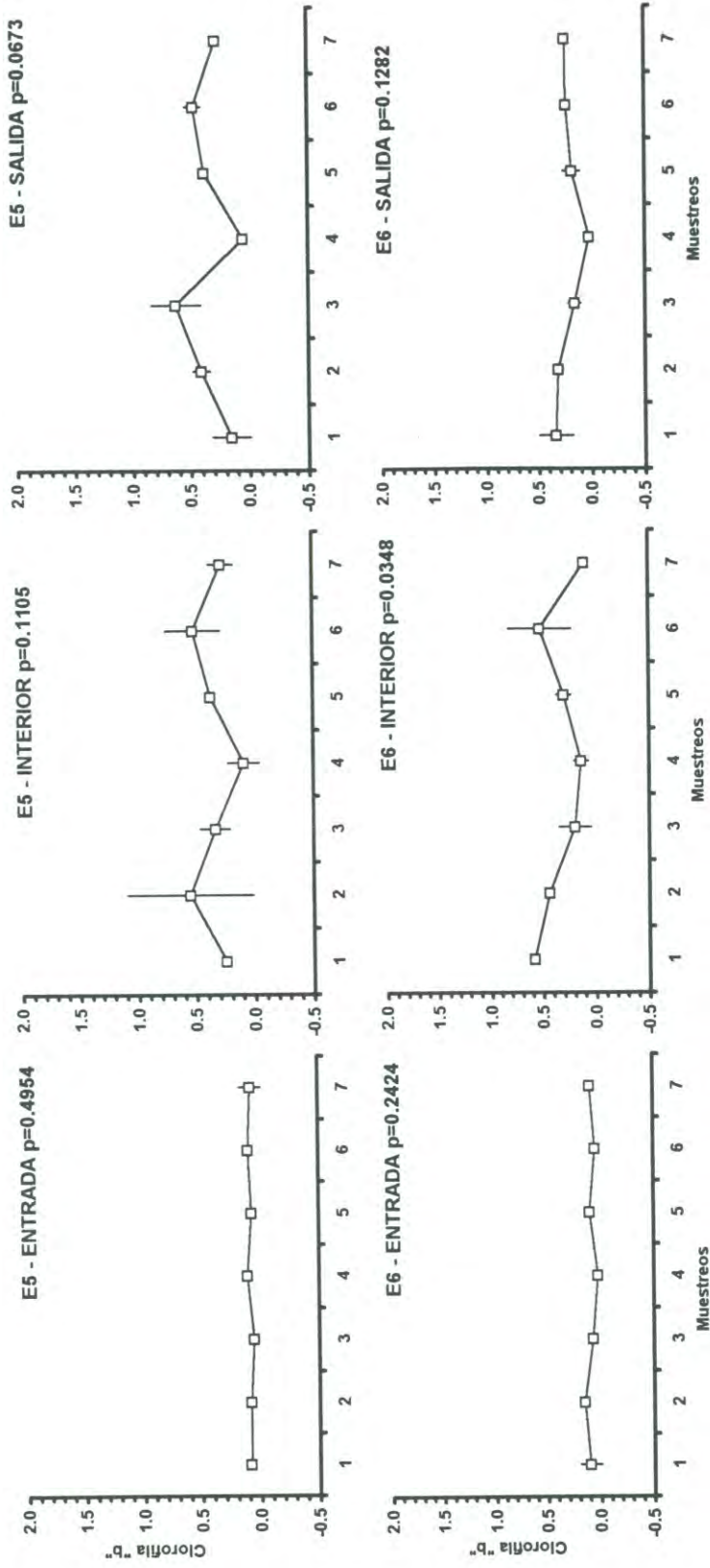


Fig. 19.- Clorofila *b*. Comportamiento promedio quincenal (\pm d.e.), en las entradas, salidas e interiores de los estanques 5 y 6, durante agosto a noviembre de 1997 en el Parque Acuicola La Atanasia. El valor de significancia se refiere al análisis temporal de K-W.

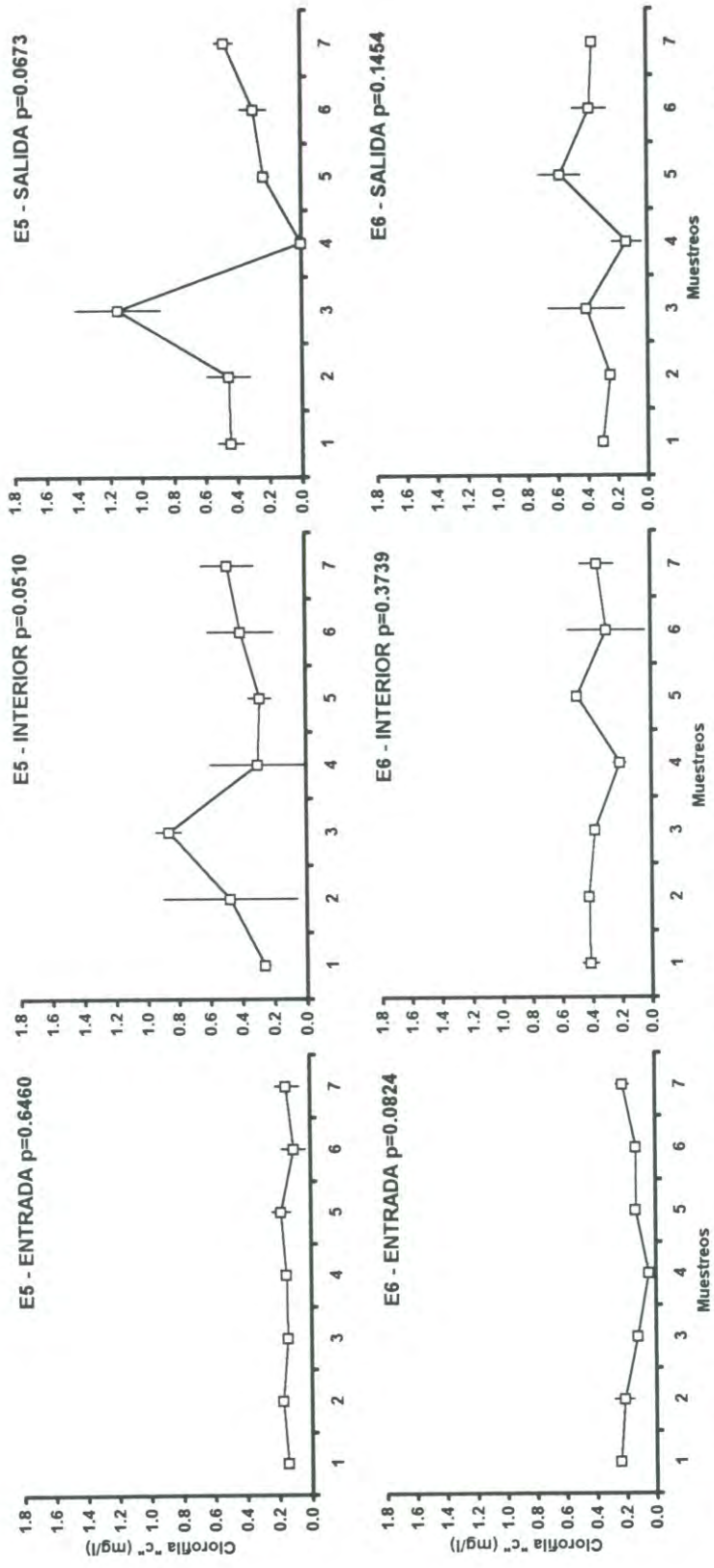


Fig. 20.- Chlorofila c. Comportamiento promedio quincenal (\pm d.e.), en las entradas, salidas e interiores de los estanques 5 y 6, durante agosto a noviembre de 1997 en el Parque Acuicola La Atanasia. El valor de significancia se refiere al análisis temporal de K-W.

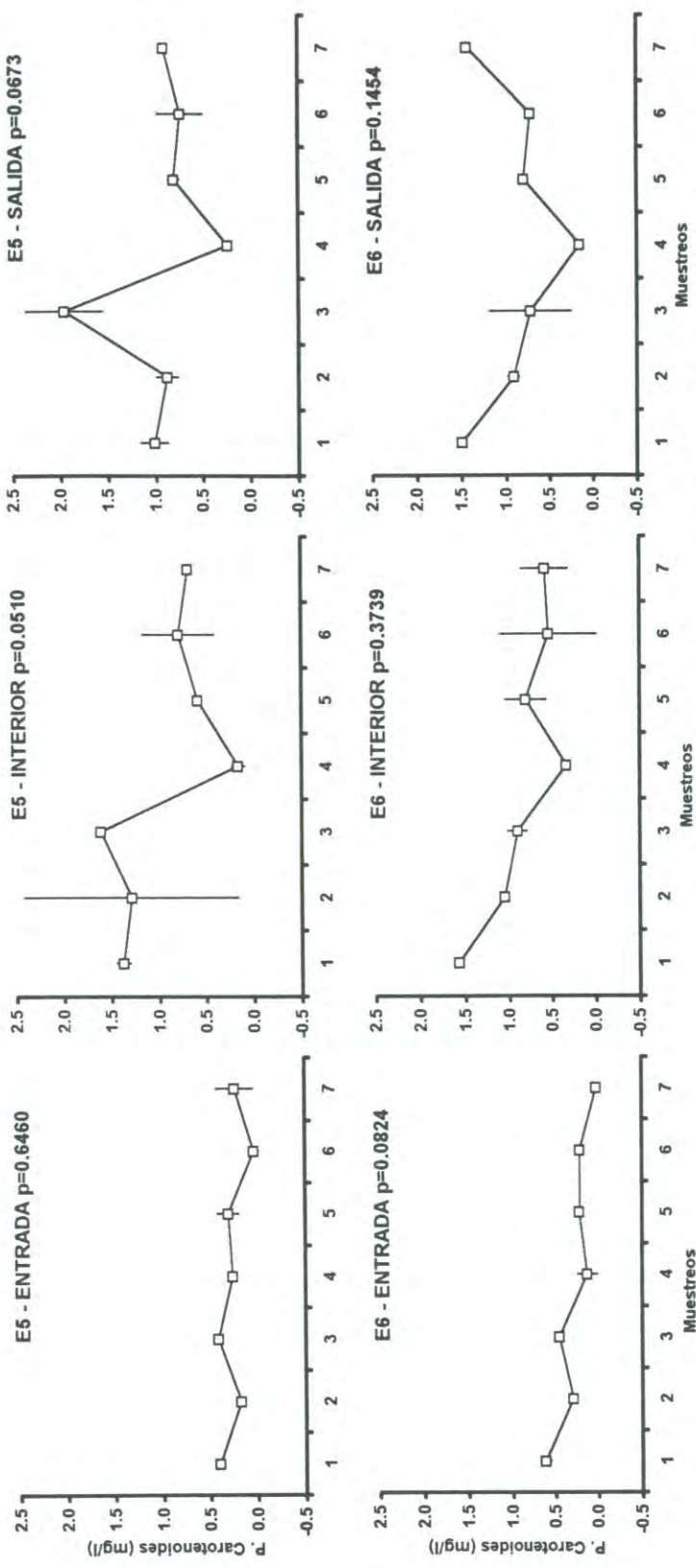


Fig. 21.- Pigmentos carotenoides. Comportamiento promedio quincenal (\pm d.e.), en las entradas, salidas e interiores de los estanques 5 y 6, durante agosto a noviembre de 1997 en el Parque Acuicola La Atanasia. El valor de significancia se refiere al análisis temporal de K-W.

V.5.- Comportamiento del Seston.

Se pueden observar los valores promedios generales obtenidos durante los ciclos de las engordas. En cuanto a los sólidos suspendidos totales, los valores promedios en las entradas fueron de 58.8 y 69 mg/l, en los interiores presentaron valores promedios de 143.3 y 113.2 mg/l en y las salidas de 143 y 106 mg/l en los estanques 5 y 6, respectivamente. Para materia orgánica en el particulado de 8.3 y 9 mg/l en las entradas, en los interiores de 21.3 y 18.0 mg/l y en las salidas de 17.6 y 17.0 mg/l para ambos estanques respectivamente. Para la materia inorgánica los valores para entradas fueron de 50.6 y 63 mg/l, en los interiores de 121.7 y 95.1 mg/l y en las salidas de 128 y 89.0 mg/l en los estanques 5 y 6 respectivamente (Fig. 22).

Los análisis de varianza, al comparar las concentraciones del seston entre las entradas interiores y salidas, demostraron que hubo diferencias significativas en las concentraciones para todas las fracciones del seston ($p < 0.00001$). La prueba *a posteriori*, presenta las comparaciones múltiples, en la cual se obtuvieron diferencias significativas entre las entradas interiores y salidas. En los sólidos suspendidos totales la prueba *a posteriori* encontró diferencias en la entrada del estanque 5 con respecto a su mismo interior, su salida y el interior del estanque 6. El interior del estanque 5 marco diferencias con su propia salida y con la entrada del estanque 6. La entrada del estanque 6 denotó diferencias con su mismo interior y su salida. La materia orgánica demuestra en el estanque 5 que la entrada tiene diferencias con su respectivo interior y salida al igual que con el interior del estanque 6. El interior del estanque 5 presenta diferencias con la salida del mismo, y con la entrada del estanque 6. La materia inorgánica presenta las siguientes diferencias; la entrada del estanque 5 señala diferencias con su propio interior, con su salida y con el interior del estanque 6. El interior de este estanque 5 presentó diferencias con la entrada del estanque 6. La entrada del estanque 6 el análisis demostró tener diferencias con su respectivo interior y salida. Estas diferencias reafirman las observaciones mencionadas en el primer párrafo.

En general la variación del seston durante el ciclo de las engordas coincidió con lo registrado por la biomasa fitoplanctónica. Esto en el sentido de presentarse las concentraciones más bajas en las entradas de agua y las más altas en el interior y en las salidas. También en el sentido de que las concentraciones de seston en las salidas son un reflejo del comportamiento registrado en el interior de los estanques.

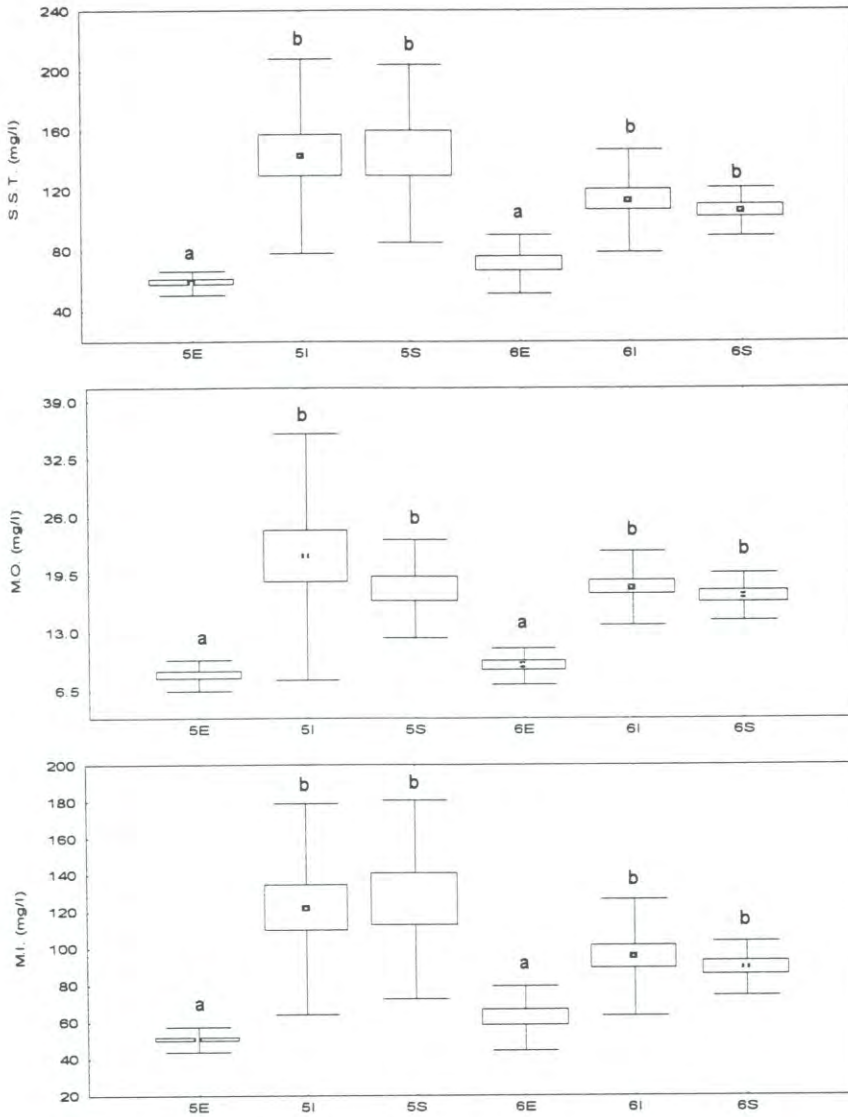


Fig. 22.- Sólidos suspendidos totales, Materia orgánica y Materia inorgánica. Variación espacial promedio (\pm d.e. y \pm e.e) en las entradas (E), interiores (I) y salidas (S) de los estanques 5 y 6, durante todo el período de estudio. Estaciones con letras diferentes indican diferencias significativas.

Se registró una tendencia a mantener las mismas concentraciones en los dos estanques, al igual que las clorofilas. Esto indica que los estanques generaron niveles similares de productividad y materiales en su interior (Figs., 23, 24, y 25).

En el análisis temporal se presentaron condiciones homogéneas en los sólidos suspendidos totales, en todas las estaciones de ambos estanques, exceptuando el interior del estanque 5. Para la materia orgánica solo el interior del estanque 5 presentó diferencias significativas, el resto de las estaciones de ambos estanques muestran homogeneidad. Para el caso de la materia inorgánica, el interior del estanque 6 presentó diferencias significativas, las demás estaciones de ambos estanques muestran homogeneidad.

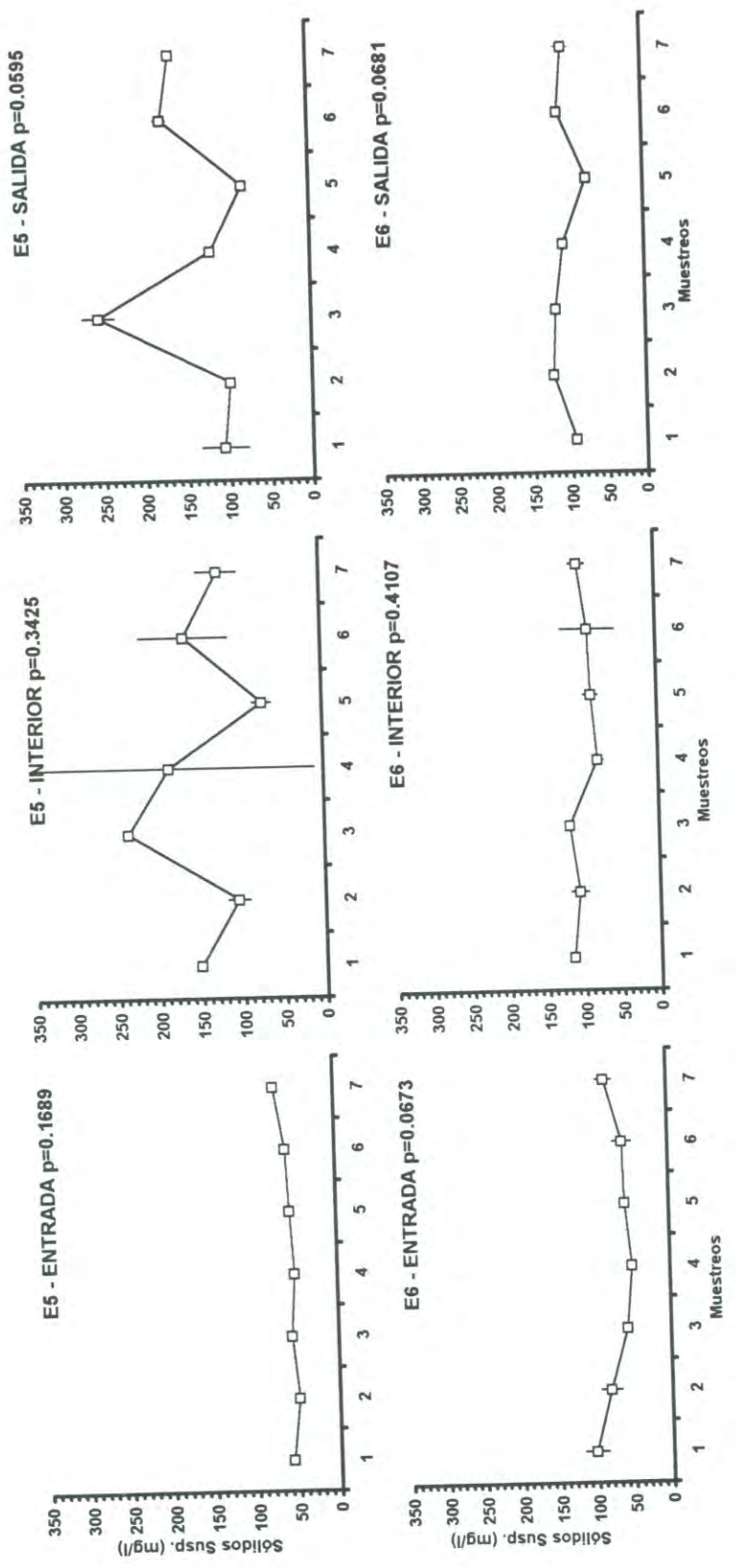


Fig. 23.- Sólidos suspendidos totales. Comportamiento promedio quincenal (\pm d.e.), en las entradas, salidas e interiores de los estanques 5 y 6, durante agosto a noviembre de 1997 en el Parque Acuicola La Atanasia. El valor de significancia se refiere al análisis temporal de K-W.

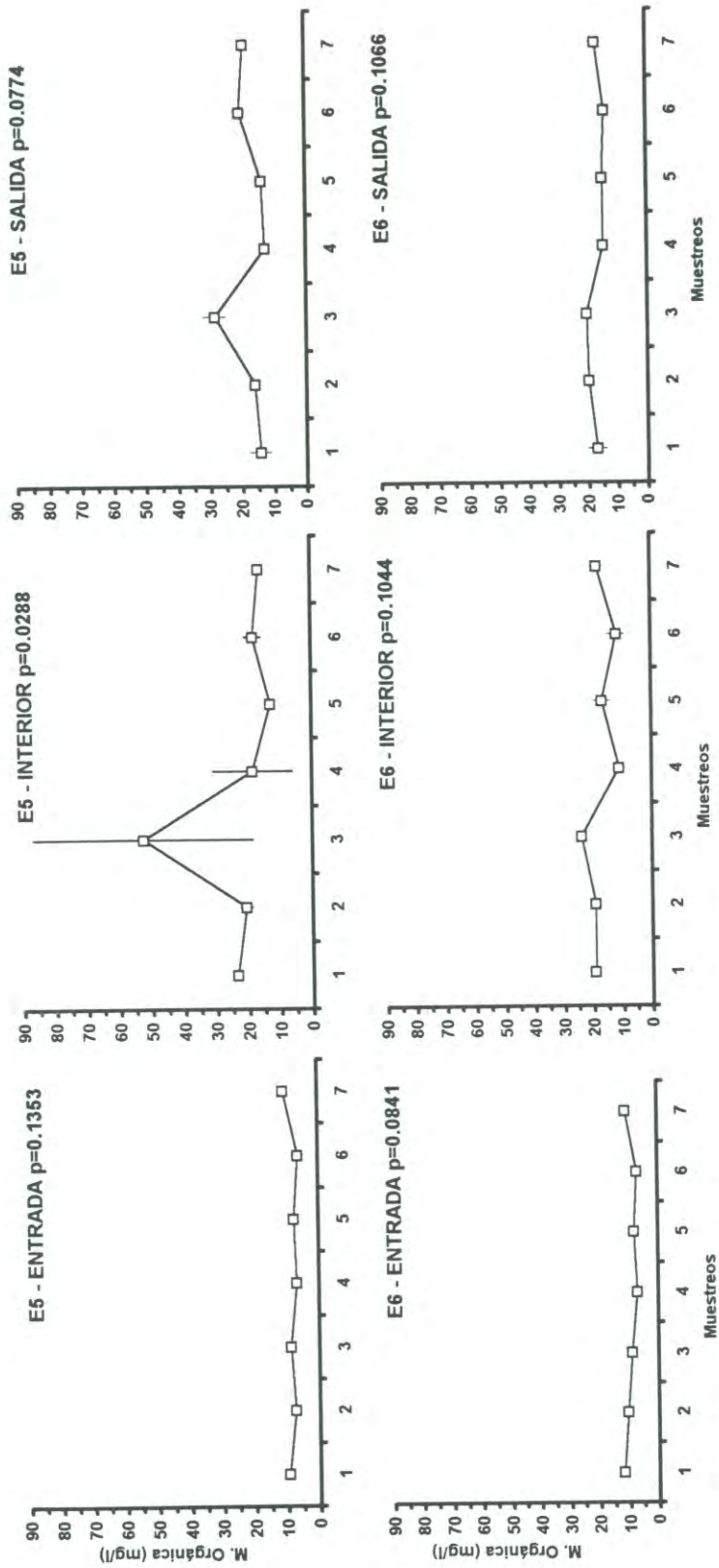


Fig. 24.- Materia orgánica. Comportamiento promedio quincenal (\pm d.e.), en las entradas, salidas e interiores de los estanques 5 y 6, durante agosto a noviembre de 1997 en el Parque Acuicola La Atanasia. El valor de significancia se refiere al análisis temporal de K-W.

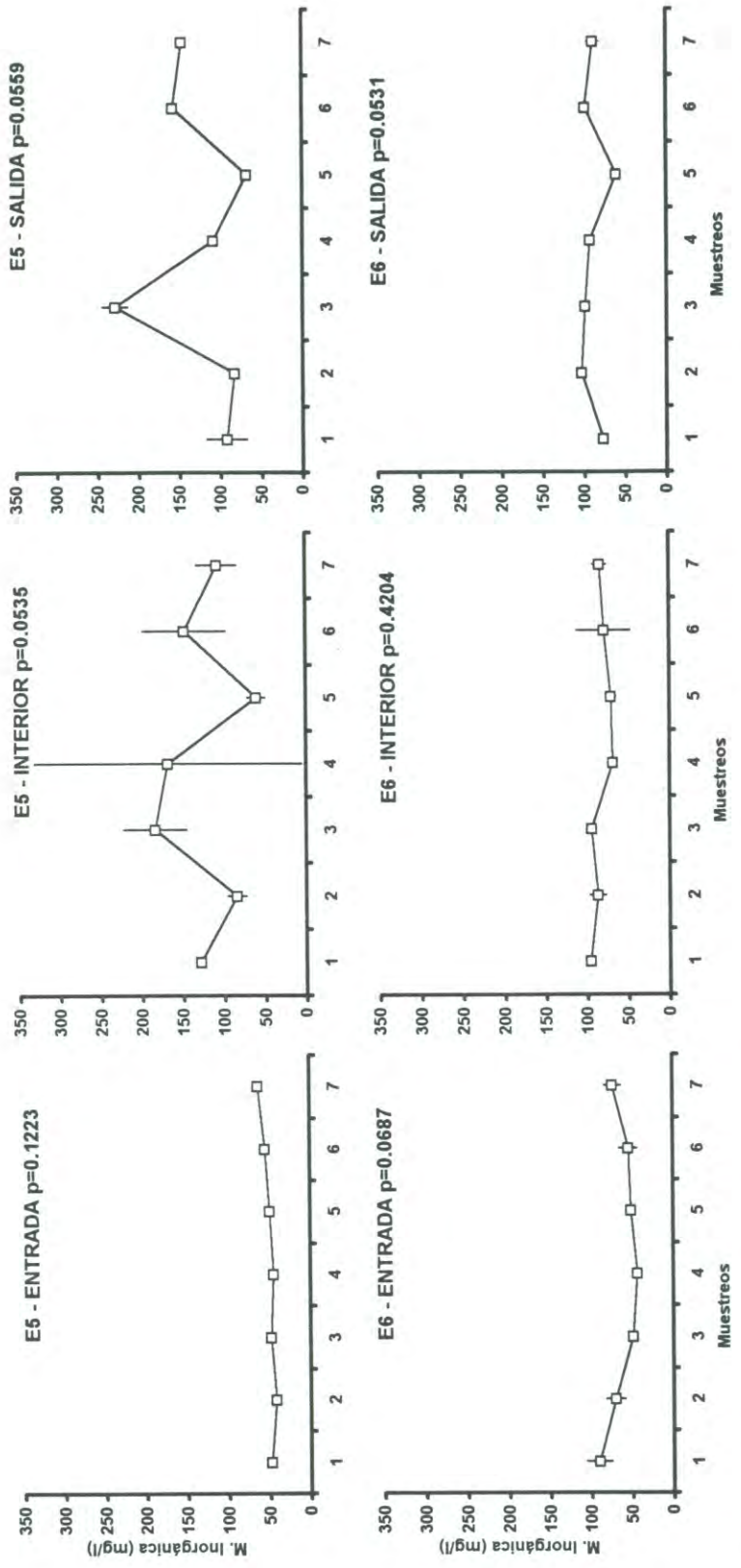


Fig. 25.- Materia inorgánica. Comportamiento promedio quincenal (\pm d.e.), en las entradas, salidas e interiores de los estanques 5 y 6, durante agosto a noviembre de 1997 en el Parque Acuicola La Atanasia. El valor de significancia se refiere al análisis temporal de K-W.

VI.- DISCUSION.

VI.1-Parámetros ambientales.

En el Manual de Operaciones de Super Shrimp (1997), se sugieren los siguientes valores para las variables de un cultivo de camarón antes mencionadas; para la temperatura un rango de 24-30°C, el oxígeno disuelto se recomienda a una concentración de 3 a 12 mg/l, para pH se recomienda mantener valores de 8.1 a 9.0 unidades y para la transparencia de 30 a 50 cm. Estas variables se le pueden dar a un sistema siempre y cuando el proyecto este bien planeado desde el inicio. Esto implica la correcta ubicación geográfica del proyecto, acorde al Ordenamiento Costero de la región, dentro de un Plan de Manejo. De esta manera se podrán formular proyectos acuícolas con mucha probabilidad de ser viables dentro de un contexto integral. Tomando en cuenta todo esto no será tan difícil darle al camarón las condiciones ideales para el cultivo, tomando en cuenta que es una actividad que se encuentra expuesta a las condiciones medio-ambientales. Todos los valores encontrados en este estudio están dentro de las recomendaciones anteriores, solo la transparencia reportada en este estudio rebasa lo recomendado. En este estudio se hace importante mencionar las recomendaciones del Manual de Operaciones de Super Shrimp (1997) por que fue la empresa que proporcionó la larva para el cultivo.

En este estudio el comportamiento quincenal de la temperatura fue debido a que el cultivo se realizó durante un ciclo de verano a otoño, por lo tanto ahí se observo un comportamiento de tipo estacional. Sin embargo en el sexto muestreo se observó un aumento en la temperatura debido a un evento El Niño que afectó el Golfo de California durante 1997-98 con anomalías en la temperatura Torres-Jiménez (2000) y Alatorre-Mendieta *et al* (2000) que también encontraron anomalías de temperatura por el efecto ENSO 97-98 (El Niño South Oscillation). Posteriormente en el séptimo muestreo hubo un descenso de temperatura que no logra alcanzar el valor registrado en el quinto muestreo. La tendencia del oxígeno al observar su comportamiento quincenal fue aumentar su concentración a partir del tercer muestreo con una caída en el sexto muestreo, ese descenso pudo deberse al aumento de temperatura, lo que a su vez indujo a un aumento de la biomasa fitoplanctónica y que afectó a su vez a nitratos y ortofosfatos.

Los valores registrados en este estudio son comparables con lo anteriormente registrado por otros autores. En un estudio realizado por Guerrero-Galván *et al* (1998) en Mazatlán, Sinaloa, reportaron para temporada de sequía (invierno) temperaturas de 25.3, 24.7 y 25°C, valores que son parecidos a los del presente estudio. Para la época de lluvia en verano registraron 27.1, 28.9 y 27.8°C, estos valores son mayores que los del presente estudio. Estos autores también reportaron valores de oxígeno de 3.0, 2.1 y 2.5 mg/l en época de sequía. Las concentraciones de oxígeno en nuestros estanques 5 y 6 fueron mayores a las anteriormente reportadas, que pudo ser causado al manejo dado por los técnicos de la estanquería. Guerrero-Galván *et al* (1998) también reportaron valores de pH similares al presente estudio y valores de salinidad elevados (42-48‰) en la época de sequía y menores durante las lluvias (23-27‰). Barraza-Guardado (1996) reportó en estanques de la Unidad Experimental Kino valores de 22.0 a 31.15°C. Para el oxígeno disuelto encontró valores de 2.30 a 10.23 mg/l, valores de pH de 7.88 a 9.0 unidades; salinidades de 42.5 a 50.0‰ y las lecturas de transparencia de 29 a 100 cm, esto tomando en cuenta que trabajó con estanques fertilizados y sin fertilizar, lo que afectó el grado de transparencia de los estanques. Cabe comentar que en este estudio no se fertilizaron los estanques, solo se aplicó SiO₂ al inicio y a la mitad, por lo tanto las variaciones de las lecturas de transparencia encontradas se pueden deber a características físico-químicas del sistema y el manejo dado por los técnicos, como es la estrategia al aplicar sus recambios de agua. En el estudio de Barraza-Guardado (1996) los valores de variación térmica son similares que los reportados aquí, la variación del pH es mayor, pero no esta lejana de los valores encontrados en este estudio que además es importante señalar que aun con diferencias temporales en los interiores, el ámbito de variación del pH esta dentro de un rango aceptable para el cultivo de engorda de camarón. Los valores de salinidad encontrados por el autor antes mencionado son mayores que los notificados aquí, razón que puede deberse al hecho de que el estero Santa Cruz (fuente de agua para el cultivo) es poco dinámico, además se encuentra biogeográficamente ubicado en una zona donde las lluvias son casi nulas y no existe un aporte de agua dulce.

Un ejemplo del comportamiento del marco ambiental de la laguna costera La Cruz, es el estudio realizado por Castro-Longoria y Grijalva Chon (1991) quienes encontraron una clara tendencia estacional de temperatura con valores entre de 16.0 y 32.0°C. El

comportamiento de la salinidad fluctuó entre 35 y 40‰. Estos parámetros nos permiten apreciar algo de la dinámica de la laguna que fue la fuente de agua del estudio realizado por Barraza-Guardado (1996).

En general los resultados de este estudio están comprendidos dentro de rangos normales y aceptables. Se puede decir de manera general que el comportamiento de los parámetros del marco ambiental se encontraron dentro de un rango aceptable, las variaciones que puedan observarse se deben como ya se ha dicho a efectos del año Niño, a la dinámica por el manejo que se le da a los estanques en los cuales se acciona el fitoplancton, los nutrientes y estos elementos a su vez traen consigo consecuencias en la mecánica de la ecología de los estanques. Las figuras que muestran la variación temporal de ambos estanques mostraron inconsistencia en cuanto a la significancia para algunos de los parámetros. Esto hace evidente lo dinámico que puede ser el flujo del agua en los estanques. Aun cuando los valores de la salinidad fueron altos, la producción registró buenos niveles de supervivencia, con factores de conversión alimenticio aceptables (Higuera-Paredes com. Pers¹).

VI.2 Nutrientes.

Las concentraciones bajas de los nutrientes, como en los nitratos, pueden deberse al hecho de que los estanques previo a su siembra y durante el ciclo de cultivo, no fueron fertilizados con urea, ni superfosfato, para generar un aumento en la concentración de nitrógeno y fósforo inorgánico. Solamente fueron fertilizados previo a la siembra y a la mitad del cultivo con silicatos, razón por la cual se observa el comportamiento representado en la figura 12, donde se aprecia un descenso desde el inicio y un aumento leve en el cuarto muestreo debido a la siguiente fertilización. En lo referente al suministro de NO_3 y PO_4 , el agua proveniente de la zona costera fue el principal aporte de estas formas químicas. Los nutrientes originados por la resuspensión de materiales en el sedimento, fueron asimilados por la biomasa fitoplanctónica como se verá más adelante con relación a las clorofilas.

Los valores de nitratos encontrados aquí son bajos con respecto a los rangos recomendados por Clifford (1994) de 0.4-0.8 mg/l para estanques de engorda. Un aspecto que puede explicar la baja concentración de los nitratos es que quizá el nitrógeno se encontraba en otra de sus for-

1. Higuera-Paredes, R. 1999. Parque Acuícola "La Atanasia". Cd. Obregon, Sonora, México.

mas. El seston acumula materia orgánica particulada y el nitrógeno se puede encontrar en otra de sus formas como NH_3 ó NO_2 . Sin embargo en este estudio no se midieron esas otras formas del nitrógeno por razones que ya se han comentado en la introducción. Cabe hacer el comentario que otros autores han encontrado valores mucho mayores de NO_3 en sistemas acuícolas de Sonora como Arreola-Lizárraga (1996), quien encontró valores de hasta 79.303 mg/l. Otros investigadores han encontrado valores más altos y más bajos (extremos) a los reportados aquí como lo son Guerrero-Galván *et al* (1998), Barraza-Guardado (1996), Martínez-Cordova *et al* (1995) y Villa e Ibarra (1992) aunque también influye el hecho de que son otros ecosistemas y con un manejo técnico con algunas diferencias. La carga excesiva de fertilizantes puede causar un exceso de productividad primaria y un subsecuente derroche de alimentos balanceados. Sin embargo, también se han obtenido buenos rendimientos de camarón con valores más bajos que los reportados en este estudio (Teichert, 1994). En cuanto al silicio el manual de operaciones de Super Shrimp (1997), recomienda valores de 10.0-40.0 mg/l. En este estudio los valores encontrados son mucho menores, aunque estos valores con respecto a los valores de los nitratos y ortofosfatos, son más altos. Esto puede deberse a que los estanques fueron fertilizados inicialmente y en la mitad del ciclo con silicatos.

Para tener una idea de como se comportan el NO_3 y PO_4 en un cuerpo costero de la región Castro-Longoria y Grijalva-Chon (1991) reportaron para la laguna costera La Cruz, Sonora, concentraciones mensuales de nitratos entre 0.026-0.24 mg/l, mientras que los fosfatos registraron valores de 0.0340-0.20 mg/l, valores menores que los que se reportan en este estudio.

Se puede observar en las figuras correspondientes a la temporalidad, donde se encuentran las diferencias temporales, lo cual nos puede sugerir una mayor dispersión de los elementos en las estaciones donde se presentaron las diferencias.

VI.3 Productividad Primaria.

Los resultados permiten ver que la Productividad Primaria aparentemente se ve afectada por los efectos causados por el evento Niño, esa variabilidad en el comportamiento de la Productividad Bruta puede estar influida por efectos del evento ya antes mencionado. Si se observa la Fig.16, el comportamiento de la PB una vez que se normaliza por unidad de

clorofila *a*, se aprecia el comportamiento de esta productividad en función de otras variables. Se puede apreciar una variabilidad que pudo haber sido causada por otros factores que se discuten más adelante. La biomasa fitoplanctónica, expresado como la concentración de clorofila *a*, no significa necesariamente una relación directa con la PB. Una mayor ó menor PB no depende del número de células, existen otros factores como la especiación del fitoplancton y sus capacidades para efectuar la fotosíntesis y la respiración (Valdez-Holguín com-pers²).

El comportamiento de la fotosíntesis bruta en ambos estanques inicia con concentraciones similares, alrededor de los 200 mg C/mg Cla/h. Retomando la variabilidad que se encontró en la productividad bruta, se puede observar que el E-6 se mantiene con una concentración similar hasta el tercer muestreo, el E-5 en este muestreo tiene un descenso y durante el cuarto muestreo se registra en ambos muestreos un incremento en la fotosíntesis bruta. Durante estos días se registró la presencia de lluvias lo cual puede ser la causa de este aumento en la fotosíntesis bruta, por el arrastre de nutrientes de los terrígenos de los bordos de la estanquería hacia el interior de los estanques. Otra causa puede ser que al tomar la muestra, se halla incluido demasiada materia orgánica en las botellas correspondientes al estanque 6, por lo menos en el muestreo número 4, y que dicha materia orgánica entrara en proceso de oxidación, situación que pudo haber alterado la lectura. Los resultados obtenidos en este estudio de Productividad primaria, coinciden con los reportados por Martínez-Cordova *et al* (1998), aunque existe otro estudio de Martínez-Cordova *et al* (1995), donde encontraron valores menores de productividad primaria a que los del presente estudio. Los descensos y aumentos que se observaron en los dos estanques estudiados, pueden atribuirse a la presencia de nutrientes que no se midieron durante este estudio, como NH₃ ó NO₂, nutrientes que tienen una interacción en la columna de agua, el sedimento y con la atmósfera. Otros factores que pudieron haber influido en esos aumentos y descensos son el material húmico, proveniente del alimento balanceado que puede aumentar la presencia de nitrógeno y fósforo.

Otro factor que no se puede descartar es el hecho de que al incubar las muestras, estas muestras hayan presentado materia orgánica que se oxidó. Esto pudo ser más evidente en el E-6 y se observa en los muestreos 4 y 6 que el error y la desviación estándar son amplios lo que

2.- Valdez-Holguín, E. 1999. DICTUS Apdo. Postal 1819, Hermosillo, Sonora, México.

aumentó la incertidumbre. Los estanques en si son dinámicos ya que en sus interiores se encontraron la mayoría de las diferencias significativas de la variabilidad estacional de la productividad primaria y la biomasa fitoplanctónica. El comportamiento de las clorofilas es normal desde el punto de vista que fueron de menor concentración en las entradas a mayor concentración en los interiores y las salidas, esto es por la razón del incremento de biomasa en los estanques que se da en los interiores y en las salidas, por la razón de que el agua que ingresa al estanque lleva más fuerza en su flujo al ingreso que la que se dispersa en el interior del estanque donde al no llevar un flujo más fuerte, se sedimenta más seston se favorece una mayor concentración de productividad primaria y de biomasa fitoplanctónica. Además, dado que el estanque tiene una tasa de intercambio de agua del 15% diario, la comunidad fitoplanctónica tiene el tiempo suficiente para incrementar su biomasa, ya que la tasa de renovación del fitoplancton se da en un lapso de 30 horas aproximadamente (Valdez-Holguín com-pers³). En las salidas sucede algo parecido que en el interior, pero con la diferencia que ahí se encuentra la descarga de salida, en la cual hay un flujo hacia el exterior el cual también provoca un acumulamiento de seston, productividad primaria y biomasa fitoplanctónica en esta zona de salida.

Otro factor importante es el oleaje causado por el viento, el cual puede causar una resuspensión de la materia orgánica y que puede acumularse en determinados puntos del estanque como el interior ó en las salidas.

Es importante comentar que con respecto a las clorofilas *b*, *c* y pigmentos carotenoides prácticamente no existe bibliografía que las refiera para realizar una discusión, ya que para medir la biomasa fitoplanctónica solo es suficiente la clorofila *a*. Sin embargo en este estudio se reportan como una contribución a futuros estudios en los que haya interés en conocer las concentraciones de estos pigmentos. Ontiveros-Moroyoqui (1996), en un estudio realizado en

la Unidad Experimental Kino del D.I.C.T.U.S., encontró los siguientes valores de clorofilas, *a*, *b*, *c* y pigmentos carotenoides: de 0.191-7.569, 0.0105-1.430, 0.047-1.906 y 0.098-3.722 mg/m³, respectivamente. En general, las concentraciones reportadas por este autor se encuentran en puntos extremos comparadas con los resultados de este estudio; las concentraciones mínimas reportadas por este autor son menores que los valores de clorofilas

3.- Valdez-Holguín, E. 1999. DICTUS Apdo. Postal 1819, Hermosillo, Sonora, México

encontrados en este estudio y las lecturas máximas de este autor son mayores que las máximas concentraciones reportadas en esta investigación. Esta situación puede deberse al hecho de que los estanques de Bahía de Kino, se operaron con un sistema de fertilización periódico a diferencia de este estudio. Clifford (1994) sugiere que en estanques de engorda de camarón los niveles de clorofila *a* deben de estar entre 50-75 mg/m³. Estos son niveles muy altos, comparados con los del presente estudio y otros autores, que además reportan buena supervivencia con un buen rendimiento en biomasa de camarón. Otros autores que reportan concentraciones un poco más altas que en este estudio son Paez-Osuna *et al* (1995), Casillas-Hernández e Ibarra-Gómez (1993), Barraza-Guardado (1996) y Teichert (1994), obteniendo buenos resultados en su producción. Al considerar que en el presente estudio con una biomasa fitoplanctonica menor se obtuvieron buenos resultados, podríamos decir que los programas de fertilización y alimentación deberían de ser más cautelosos.

Es probable que la causa de las diferencias en biomasa fitoplanctónica y concentración de materiales entre los estanques se deban en gran parte al manejo que le dieron los técnicos encargados, el estanque 5 presentó un 34% más de consumo de alimento total que el estanque 6, de la misma forma presentó un 35% más en su producción (Higuera-Paredes com. Pers⁴).

4. Higuera-Paredes, R. 1999. Parque Acuícola "La Atanasia". Cd. Obregon, Sonora, México.

VII.- CONCLUSION.

La productividad natural o alimento natural presentó un comportamiento tipo estacional. En general los valores más altos se presentaron al inicio de la engorda y los más bajos al final de la misma. Debido posiblemente a la temperatura y a la disponibilidad de nutrientes.

Los técnicos de la granja le dieron un manejo adecuado a los estanques ya que de acuerdo a los análisis realizados casi todas las variables estuvieron dentro del ámbito de variación sugeridos, aunque el nitrógeno y el fósforo se encontraron por abajo de lo recomendado. Sin embargo, el rendimiento del camarón en los dos estanques fue bueno.

Dados los resultados obtenidos en este estudio, rechazamos la hipótesis nula planteada al inicio, ya que las diferencias fueron significativas

Los objetivos planteados se cumplieron en un 100%. Para el primer objetivo se cuantificaron las concentraciones de nitratos, ortofosfatos y silicio, lo cual nos permitió tener una idea del comportamiento de estos elementos a través del sistema. Para el segundo objetivo se realizó un análisis donde se normalizó la fotosíntesis bruta por unidad de clorofila α , lo cual incrementó la medida en que se esperaba dicho resultado. También nos mostró la variabilidad que se presenta en esta variable en el Golfo de California ante todo con los efectos del ENSO 97-98. Para el tercer objetivo se determinó la biomasa fitoplanctónica. Aun cuando la medición de la clorofila α es suficiente, la medida de los otros pigmentos aumenta la información. Para el cuarto objetivo se planteó la medición de la variación de materiales y materia orgánica, lo cual se cumplió en su totalidad. Para el quinto objetivo se realizó una caracterización del marco ambiental y se discutió su relación con el crecimiento y supervivencia del camarón.

De acuerdo al comportamiento (entradas, interiores y salidas) de materia orgánica, materiales y nutrientes, se encontró que la granja aporta al estero clorofila, pigmentos carotenoides, sólidos suspendidos totales, materia orgánica en el particulado, materia inorgánica en el particulado, transparencia, temperatura y pH. Las variables que no aporta son: nitratos, ortofosfatos, silicatos y oxígeno disuelto. El impacto en el futuro de estos aportes sobre los ecosistemas adyacentes (incluyendo sobre la toma de agua) deberá ser determinado con exactitud para proteger a largo plazo la calidad del agua del ecosistema circundante.

Los sólidos suspendidos totales estuvieron por debajo de los límites máximos permitidos por la Norma Oficial Mexicana (NOM001-ECOL-1996) aun cuando esta no se refiera a los contaminantes de origen acuícola, sino a los que provienen de actividades pesqueras en aguas de la zona costera.

El comportamiento de las variables en general es normal, que los elementos medidos en este estudio no se hayan encontrado en concentraciones altas y además con algunas oscilaciones como la PPB, sugieren que se puede calibrar de forma más estricta el consumo de alimento, así como los programas de fertilización.

VIII.- RECOMENDACIONES.

Es necesario realizar muestreos más continuos, posiblemente cada tres días, para evitar subvalorar el comportamiento de la biomasa fitoplanctónica, así como el comportamiento de los nutrientes, por el tiempo de regeneración de la biomasa fitoplanctónica.

Se propone un programa de capacitación a los técnicos de la granja, para hacer un muestreo en periodos más cortos, incluyendo la fijación adecuada de dichas muestras para su análisis posterior. Con esto se podrá tener una idea más clara de la dinámica ecológica que se desarrolla dentro de los estanques.

El manejo que se le dio a la estanquería fue adecuado, por el resultado de la producción. Más sin embargo sería recomendable que las granjas de engorda de camarón realizaran un estudio en el cual se contemplen las variables medidas en este estudio más otras como puede ser el NH_3 , NO_4 , bacteriología, con flujos y balances de todos los elementos. Esto debe de hacerse por lo menos por un año para caracterizar su ecosistema y de esta forma formular fertilizantes para cada sistema acuícola estudiado y que redunde en una mejora en el manejo de sus programas de alimentación. Finalmente, además de impactar menos el medio ambiente en el que este situado la empresa, también se verán beneficiados por la optimización de recursos, factor muy importante.

Se sugiere realizar investigaciones, donde se lleven a cultivos de moluscos en los drenes de descarga, que podrían ayudar como medida de mitigación al medio ambiente. Aun así podría contemplarse efectuar un policultivo de moluscos dentro de un estanque de engorda para camarón, probablemente en las salidas del mismo.

IX.- LITERATURA CITADA.

- Arreola-Lizárraga, J.A. 1996.** Subproyecto IAC-3. Informe Anual 1996. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., Unidad Guaymas, Sonora. 24 pp.
- Alatorre-Mendieta, M.A., A.R. Jiménez-Illescas. 2000.** Efecto de los fenómenos ENSO y anti-ENSO en el periodo 1997-1999 en el sur del Golfo de California. pp: 96. En: Memorias del XII Congreso Nacional de Oceanografía. Huatulco, Oax. México, del 22 al 26 de mayo. 290 pp.
- Barraza-Guardado, R.H. 1996.** Estudio de los Principales Componentes de la Productividad Natural durante la Preengorda de *Penaeus vannamei* Boone, 1931. Tesis de Maestría. DICTUS. Universidad de Sonora. Hermosillo, Son. 124 pp.
- Boyd, C.E. 1990.** Water Quality in Ponds of Aquaculture. Auburn University. Birmingham Publishing Co. Alabama. 482 pp.
- Boyd, C.E. 1997.** Panorama Acuícola. Vol no. 2. 6 de septiembre. P: 6-7.
- Casillas-Hernández, R. y J.C. Ibarra-Gámez. 1993.** Efecto del fertilizante inorgánico durante la preparación de estanques de cultivo semi-intensivo de camarones en la Costa Sur del Desierto de Sonora, México. II Simposio Centroamericano sobre Camarón Cultivado. Tegucigalpa, Honduras. p: 129-137.
- Castro Longoria, R. y J.M. Grijalva-Chon. 1991** Spatio -Temporal variability of nutrients and seston in the coastal lagoon La Cruz, Sonora. Ciencias Marinas. Vol. 17, No. 2, pp. 83-97.
- Conover, W. J. 1971.** Practical Nonparametric Statistics Jhon Wiley and Sons, New York, 492 pp.
- Clifford, H.C 1994.** El manejo de estanques camaroneros. En memorias del seminario Internacional sobre Camarón en México, "Camarón 94". Mazatlán, Sinaloa, del 10 al 12 de febrero. p: 1-39.
- Cook y Clifford. 1997.** Panorama Acuícola. Vol no. 2. 6 de septiembre. P: 12-16.
- De la Lanza-Espino, G. 1990.** Algunos conceptos sobre hidrología y calidad de agua. pp:181-199. En la Acuicultura en México: de los conceptos a la producción. Instituto de Biología U.N.A.M., 316 pp.
- De la Lanza-Espino, G. y C. Cáceres-Martínez. 1994.** Lagunas Costeras y el Litoral Mexicano. Universidad Autónoma de Baja California Sur; La Paz, B.C.S. 525 pp.

- Douillet, P. 1998.** Aplicación de la biotecnología en el control de la calidad de agua pp: 114-118. En Memorias del II Simposium Internacional de Acuicultura. Mazatlán, Sinaloa, del 1 al 3 de octubre. 279 pp.
- FIRA, Banco de México. 1996.** Elementos de Análisis de las Cadenas Productivas. Camarón. Documento Técnico. División de Comunicación Social de FIRA. Banco de México. México. 44 pp.
- Guerrero-Galván, S.R., F. Páez-Osuna, A.C. Ruiz-Fernández y R. Espinoza-Angulo. 1998.** Seasonal variation in the water quality and chlorophyll *a* of semi-intensive shrimp ponds in a subtropical environment. *Hydrobiologia* 00: 1-13.
- Goxe, D., C. Galinie, y L. Ottogalli. 1988.** Semi-intensive culture of *Penaeus stylirostris* in New Caledonia, *Journal of Aquaculture in the Tropics* 3. 139-151.
- Hernández-Llamas A., J.L. Hernández-Lizardi, M. Gonzalez-Garibay y F.J. Magallon-Barajas. 1993.** Growth and survival response of *Penaeus stylirostris* (Stimpson) to fertilization, pelleted feed and stocking density in earthen ponds. *Aquaculture and Fisheries Management*. 24, 57-69.
- Hernández Llamas, A., F.J. Magallón-Barajas, C.H. Lechuga-Deveze, J.J. Bustillos-Guzmán y D. López-Cortés. 1995.** " Growth potencial of wild juvenile *Penaeus stylirostris* in earthen ponds receiving chemical and organic fertilizers and pelleted feed". *Aquaculture engineering*, 14(14): 317-330.
- Krsukal W.H. y W.A. Wallis. 1952.** Use of ranks in one-criterion Analysis of variance. *Journal of the American Statistical Association* 47. 583-621: errata, *ibid*; 48 907-911.
- Martínez-Córdova, L.R., R.H. Barraza-Guardado, N. Pastén-Miranda, G. Gallegos-Simental, J. Mondragón-Mota e I. Vázquez-Salgado. 1993.** Seguimiento y Optimización del Alimento en el Cultivo de Camarón. Informe final. UNISON-CONACyT, Clave: 0210A9107, 72 pp.
- Martínez-Córdova, L.R. 1994.** Camaronicultura: Bases técnicas y científicas para el cultivo de camarones peneidos. AGT editor. México, D.F., 233 pp.
- Martínez-Córdova, L.R., H. Villareal y M.A. Porchas. 1995.** Culture of white shrimp *Penaeus vannamei* in reduced water exchange ponds in Sonora, Mexico. *World Aquaculture*. 26(4): 46-48.

- Martínez-Córdova, L.R., N. Pasten-Miranda, y R. Barraza-Guardado. 1998.** Effect of fertilization on Growth, Survival, Food Conversion Ratio, and Production of Pacific White Shrimp *Penaeus vannamei* in Earthen Ponds in Sonora, Mexico. *The Progressive Fish-Culturist* 60: 101-108.
- Ontiveros-Moroyoqui, S.R. 1996.** Estudio de la variación fitoplanctónica en estanques de cultivo durante la fase de preengorda del camarón blanco (*Penaeus vannamei*). Tesis Profesional. Departamento de Ciencias Químico Biológicas. Universidad de Sonora. Hermosillo, Sonora, México. 114 pp.
- Páez-Osuna, F., R. Cortés-Altamirano y M. Hendrickx-Reners. 1994.** Efecto de la Calidad del Agua y Composición Biológica sobre la Producción de Granjas Camaronícolas. Informe Final UNAM - CONACyT, clave: 0625-N9110, 436 pp.
- Páez-Osuna, F., S.R. Guerrero-Galván, A.C. Ruiz-Fernández y R. Espinoza-Angulo. 1995.** Ddynamic behaviour of water quality parameters of semi-intensive shrimp ponds in Nortwest Coast of México. *Marine Pollution Bulletin* (in press).
- Parsons, T.R., Y. Maita y C.M. Lalli. 1984.** A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis. Pergamon Press, New York. 173 pp.
- Phillips M. J., K Lin y M.C.M. Beveridge 1993.** Shrimp culture and the environment - lessons from the world's most rapidly expanding warmwater aquaculture sector. *Environment and Aquaculture in Developing Countries* (ed. by R.S.V. Pullin, Rosenthal H. y Maclean). ICLARM Conference Proceedings 31, ICLARM, Manila. pp: 171-197.
- Primavera, J. H. 1997.** Socio-economic impacts of shrimp culture. *Aquaculture Research*, 28, 815-827.
- Strickland, J.D.H y T.R. Parsons. 1972.** A practical handbook of seawater analysis. *Fish. Res. Board Can. Bull.* 167: 310 pp.
- Super Shrimp. 1997.** Manual de operaciones de Super Shrimp.
- Teichert, C.D. 1994.** La calidad del agua y su manejo en estanques de camarón. En memorias del seminario Internacional sobre Camarón en México, "Camarón 94". Mazatlán, Sinaloa, del 10 al 12 de febrero, p:1-22.
- Torres-Jiménez, J.R. 2000.** Efectos negativos de "El Niño" en tres de las pesquerías más importantes del estado de Sonora. Pp: 39. En: *Memorias del XII Congreso Nacional de Oceanografía*. Huatulco, Oax. México, del 22 al 26 de mayo. 290 pp.
- Torsvik et al. 1993.** pp: 115. En Douillet, P. (Ed.). *Memorias del II Simposium Internacional de Acuicultura*. Mazatlán, Sinaloa, del 1 al 3 de octubre. 279 pp.

Torsvik et al. 1996. pp: 115. En Douillet, P. (Ed.). Memorias del II Simposium Internacional de Acuicultura. Mazatlán, Sinaloa, del 1 al 3 de octubre. 279 pp.

Villalon, J.R. 1991. Practical manual for semi-intensive commercial production of marine shrimp, Publication by Institutional Grant NA 89 AA D-SG 139 to Texas A & M University Sea Grant College Program by the National Sea Grant Office, National Oceanic and Atmospheric Administration, U.S. Department of Commerce. 103 pp.

Wheaton, F.W. 1982. Acuicultura. Ed. AGT, México, D.F. p: 51-54

Wyban, J.A., C.S. Lee, V.T. Sato, J.N. Sweeney y W.K., Richards, Jr. 1987. Effect of stocking density of shrimp growth rates in manure-fertilized ponds. *Aquaculture*, 61: 23-32.

Zarain-Herzberg, M. 1997. Sinaloa Exporta Fase II, BANCOMEXT. Acuicultura y Medio Ambiente, Culiacán, Sinaloa. 33 pp.



EL SABER DE MIS HIJOS
HARÁ MI GRANDEZA
BIBLIOTECA DE
POSGRADO
EN CIENCIAS E
INGENIERÍA