



**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**  
**Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar**

“ESTUDIO DE LA RELACION  $\text{NO}_3/\text{PO}_4$  EN PISCINAS  
DE PRODUCCION DE ESPECIES BIOACUATICAS  
(CAMARONERA)”

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

ACUICULTOR

Presentado por:

Luis Fernando Burbano Parodi



BIBLIOTECA

Guayaquil - Ecuador

1993



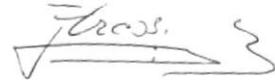
Ing. Jorge Faytong  
Presidente Tribunal



Dr. Jorge Calderón  
Director de Tesis



Ac. Henry Alvarez  
Miembro Tribunal



MSc. Fernando Arcos  
Miembro Tribunal

## AGRADECIMIENTO

Al Doctor Harry Daniels, Ac. Henry Alvarez, Personal Técnico de NATURISA, Ing. Alvaro Pino, Fabián Torres, mi hermano Gabriel E., y a todas las personas vinculadas de una u otra forma con el desarrollo y realización de esta Tesis.

Y en una forma muy especial al Doctor Jorge Calderón que me brindó todas las facilidades y su dedicación para culminar la misma.

# DEDICATORIA

A MIS PADRES, GABRIEL ENRIQUE Y LUISA MERCEDES, A MI  
HERMANO GABRIEL ENRIQUE, Y A PAOLA SERENI, QUIENES  
ME APOYARON E IMPULSARON CONTINUAMENTE A LO  
LARGO DE TODO EL TRAYECTO DE MI CARRERA  
UNIVERSITARIA, CUYA VALIOSA AYUDA FUE DE  
INCALCULABLE VALOR PARA ALCANZAR ESTE SINGULAR  
LUGAR

## DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en esta tesis, me corresponden exclusivamente, y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales de la ESPO)

---

Luis Fernando Burbano Parodi

# INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN .....	IV
INDICE GENERAL .....	VI
INDICE DE FIGURAS .....	VIII
INDICE DE TABLAS .....	X
INTRODUCCION .....	11
I.- FERTILIZANTES .....	13
1.1.- Características de los Fertilizantes .....	13
1.2.- Nutrientes en el Sistema Acuático .....	13
1.2.1.- Destino del Nitrógeno adicionado a las Piscinas	15
1.2.2.- Ciclo del Fósforo en las Piscinas . . . .	16
1.2.3.- Nutrientes en Cultivos de Algas .....	17
II.- BIOENSAYO EN CONDICIONES DE LABORATORIO .....	20
2.1.- Descripción del Lugar de Estudio .....	21
2.1.1.- Ubicación del Laboratorio .....	21
2.1.2.- Descripción de las Instalaciones .....	21
2.2.- Materiales y Métodos .....	21
2.3.- Resultados Obtenidos .....	25
2.3.1.- Discusión .....	35
2.3.1.1.- Intensidad de Luz .....	35
2.3.1.2.- Fósforo (PO <sub>4</sub> ) y Nitrógeno (NO <sub>3</sub> ) ...	43

2.3.1.3.- N:P .....	46
2.3.1.4.- Intensidad de Luz, N <sub>2</sub> , P <sub>2</sub> y N:P ...	47
III.- PLAN PILOTO: "AREA CAMARONERA" .....	49
3.1.- Breve Descripción de la Zona .....	50
3.2.- Características de las Piscinas .....	50
3.3.- Materiales y Métodos .....	50
3.3.1.- Análisis de Otros Parámetros .....	51
3.3.1.1.- Temperatura y Oxígeno Disuelto ..	51
3.3.1.2.- Salinidad .....	51
3.3.1.3.- pH .....	51
3.3.1.4.- Turbidez .....	52
3.3.2.- Conteo de Fitoplancton .....	52
3.4.- Resultados Obtenidos .....	52
3.4.1.- Discusión .....	60
3.4.1.1.- Fosfato .....	60
3.4.1.2.- Manejo:Costos .....	63
IV.- RESULTADOS FINALES .....	69
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	72
ANEXOS .....	77
ANEXOS A .....	78
ANEXOS B .....	81
BIBLIOGRAFIA .....	86

## INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura # 1.- Densidad de Diatomeas en los tanques Y, Z, AA, BB a >5000 lux. ....	28
Figura # 2.- Densidad de Diatomeas en los tanques E, F, G, H a 3500 lux. ....	28
Figura # 3.- Concentración de Fosfato en los tanques A, B, C, D a 1900 lux ....	34
Figura # 4.- Concentraciones de Nitrato, Nitrato-Amonio, Fosfato, Nitróg.tot., Fósf.tot., en la Pisc. # 3 ..	54
Figura # 5.- Concentraciones de Nitrato, Nitrato-Amonio, Fosfato, Nitróg.tot., Fósf.tot., en la Pisc. # 10 .	54
Figura # 6.- Densidad de <i>Oscillatoria</i> vs tiempo en la Pisc. # 14 ....	57
Figura # 7.- Concentraciones de Nitrato, Nitrato-Amonio, Fosfato, Nitróg.tot., Fósf.tot., en la Pisc. # 17 .	57
Figura # 8.- Densidad de <i>Oscillatoria</i> vs tiempo en la Pisc. # 17 ....	61
Figura # 9.- Densidad de Diatomeas vs tiempo en la Pisc. # 10 ....	65
Figura # 10.- Densidad de Diatomeas vs tiempo en la Pisc. # 14 ....	58

<b>Figura # 11.-</b> Densidad de Diatomeas vs tiempo en la Pisc. # 17 .....	66
<b>Figura # 12.-</b> Densidad de <i>Oscillatoria</i> en relación a las concentraciones de Nitrato y Fosfato en la Pisc. # 14 .....	66
<b>Figura # 13.-</b> Densidad de <i>Oscillatoria</i> vs tiempo en la Pisc. # 3 .....	82
<b>Figura # 14.-</b> Densidad de Diatomeas vs tiempo en la Pisc. # 3 .....	82
<b>Figura # 15.-</b> Densidad de <i>Oscillatoria</i> en relación a las concentraciones de Nitrato y Fosfato en la Pisc. # 14 .....	83
<b>Figura # 16.-</b> Densidad de <i>Oscillatoria</i> vs tiempo en la Pisc. # 10 .....	83
<b>Figura # 17.-</b> Densidad de Diatomeas vs tiempo en la Pisc. # 10 .....	84
<b>Figura # 18.-</b> Densidad de <i>Oscillatoria</i> en relación a las concentraciones de Nitrato y Fosfato en la Pisc. # 10 .....	84
<b>Figura # 19.-</b> Concentraciones de Nitrato, Nitrato-Amonio, Fosfato, Nitróg.tot., Fósf.tot., en la Pisc. # 14 .	85
<b>Figura # 20.-</b> Densidad de <i>Oscillatoria</i> en relación a las concentraciones de Nitrato y Fosfato en la Pisc. # 17 .....	85

## INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla # I.- Semana I del Bioensayo: Concentraciones de nutrientes y Densidades algales a diferentes lux . .	27
Tabla # II.- Semana II del Bioensayo: Concentraciones de nutrientes y Densidades algales a diferentes lux . .	30
Tabla # III.- Semana III del Bioensayo: Concentraciones de nutrientes y Densidades algales a diferentes lux . .	33
Tabla # IV.- Semana IV del Bioensayo: Concentraciones de nutrientes y Densidades algales a diferentes lux . .	36
Tabla # V.- Bioensayo: Concentraciones de nutrientes y algas a 1900 lux . . . . .	37
Tabla # VI.- Bioensayo: Concentraciones de nutrientes y algas a 3500 lux . . . . .	38
Tabla # VII.- Bioensayo: Concentraciones de nutrientes y algas a 3800 lux . . . . .	39
Tabla # VIII.- Bioensayo: Concentraciones de nutrientes y algas a 4000 lux . . . . .	40
Tabla # IX.- Bioensayo: Concentraciones de nutrientes y algas a >5000 lux . . . . .	41
Tabla # X.- Nutrientes y otros parámetros de la Pisc. # 3 . . .	55
Tabla # XI.- Nutrientes y otros parámetros de la Pisc. # 10 . .	55

## RESUMEN

Se realizó un estudio para determinar una concentración de nutrientes directamente utilizables por el alga para un buen bloom fitoplanctónico y que sirva de base guía para su aplicación en diferentes campos de cultivo del *Penaeus vannamei* (camaroneras).

El trabajo se dividió en dos etapas: 1. Bioensayo en condiciones de Laboratorio realizado en la Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar (ESPOL), y el 2. Plan Piloto llevado a cabo en una camaronera del Sur de la ciudad de Guayaquil en la Hacienda Josefina.

En el bioensayo se utilizaron las condiciones de Laboratorio y agua traída de una camaronera con todos sus elementos nutritivos y planctónicos para que no exista modificación alguna en el cultivo. Como fuente de Nitrógeno se usó la UREA y como fuente de Fósforo el Super-fosfato-triple, ambos comúnmente utilizados y de fácil comercio.

Se probaron varias dosis, concentraciones y relaciones de nutrientes para obtener la mejor respuesta cualitativa y cuantitativa del fitoplancton; cuatro diferentes relaciones y su control se llevaron a cabo en cada una de las cuatro semanas que duró el bioensayo. Estas concentraciones fueron para el Fósforo de 0,8 - 2,3 ppm y para el Nitrógeno de 0,8 - 3,2 ppm.

En el Plan Piloto se emplearon los mismos tipos de fertilizantes. Los nutrientes fueron totalmente diferentes a los obtenidos en el bioensayo, la concentración de Fósforo estuvo elevada, 1,4 - 2,7 ppm mientras que la de Nitrógeno fue muy baja, 0,3 - 1,2 ppm,

igualmente sucedió con el Nitrato que fluctuó entre 0,13 - 0,30 ppm.

Los mejores resultados de crecimiento, calidad y concentración algal se obtuvieron con las dosis de la Semana I. En las piscinas se dio una relación directa entre concentración de Cianofitas y Salinidad, con 38 ppt de salinidad la densidad estuvo alrededor de 300.000 cel/ml, y a 30 ppt (g/L) la densidad fue menor a 100.000 cel/ml con Fosfato menor a 0,9 ppm (mg/L).

Bajo los siguientes rangos se obtuvieron las mejores densidades y crecimientos de Diatomeas alcanzando hasta 4000 cel/ml :

NO <sub>3</sub> :	2,5 - 4,0 ppm
PO <sub>4</sub> :	0,06 - 0,12 ppm
N <sub>2</sub> :	0,8 - 1,5 ppm
P <sub>2</sub> :	0,02 - 0,04 ppm
N:P	30 - 35:1
LUZ:	>5.000 lux

## INTRODUCCION

Por mucho tiempo el manejo de la fertilización de piscinas camaroneras ha sido un proceso en el cual no se ha establecido con claridad las dosis, concentraciones y relaciones de nutrientes en el medio acuático. Todo este manejo es empírico y es responsabilidad del técnico o persona que lleva el cultivo en lo que se refiere a probar y aplicar rangos de concentraciones de nutrientes y la posterior respuesta del fitoplancton a ello, esto es, un crecimiento o incremento de la biomasa.

De ahí se deriva la importancia de este estudio en el cual se prueban diferentes dosis de fertilizantes variadas bajo condiciones controladas y no controladas, registrándose los mejores crecimientos y conjuntamente las mejores relaciones y concentraciones de nutrientes.

El bioensayo se desarrolló en un laboratorio con una biomasa de fitoplancton propia de la zona de un sector camaronero. Se registraron los niveles de nutrientes, densidades algales y otros parámetros.

En condiciones no controladas, tenemos el Plan Piloto, que es un estudio que se realiza en una camaronera el cual generó datos sobre las condiciones en que se desarrolla el fitoplancton con aplicaciones y manejo del cultivo en dicho ambiente; para en lo posterior establecer un rango de parámetros que resulten los más adecuados y capaces de producir el mejor crecimiento e incremento de la biomasa fitoplanctónica.

Teniendo en cuenta la variabilidad de las condiciones de los diferentes sectores camaroneros, se hace necesaria la determinación de un rango mas que valores puntuales, de nutrientes, algas y demás parámetros para su cultivo.

De este modo se aplicará la dosis más adecuada y justa, necesaria según la zona y sus requerimientos faltantes o excedentes de dichos nutrientes.

# CAPITULO I



## I.- FERTILIZANTES.

Los fertilizantes son productos industriales que se elaboran en diferentes formas. El contenido de nutrientes presentes en un determinado tipo de fertilizantes se expresa en un porcentaje de la cantidad total. Este, a su vez, determina la calidad de un fertilizante.

### 1.1.- Características de los Fertilizantes.

La mayoría de los fertilizantes contienen uno o más de los macronutrientes como el Nitrógeno, Fósforo y Potasio.

Los dos últimos están presentes en forma de Fosfato y Potasa. Algunos contienen ciertas cantidades de elementos secundarios tales como: Calcio, Magnesio y Azufre. Otros se enriquecen con micronutrientes. En el comercio de fertilizantes, el contenido de nutrientes del producto se designa con números separados por guiones, por ejemplo: 10-10-20. Estos números indican el porcentaje de Nitrógeno, de Fosfato y Potasa.

### 1.2.- Nutrientes en el Sistema Acuático.

Normalmente los sistemas acuáticos estables presentan bajas concentraciones de amoníaco, de nitritos y de nitratos que están

de acuerdo con la entrada de Nitrógeno al sistema en cuestión. Al inicio de un cultivo (ciclo de una piscina camaronera), o cuando una alta contaminación de tipo orgánica entra a un cuerpo natural de agua, se disloca el balance entre varias formas de Nitrógeno, resultando comúnmente en una elevación de los niveles de amoníaco o nitrito.

En agua salada, una concentración de 1,29 mg NH<sub>3</sub>-N/l que corresponde a aproximadamente 2,4 mg NH<sub>4</sub>-N/l en un pH de 8,0 ha demostrado ser letal en 48 horas para el 50% de la población (Lc=50) de camarón *Penaeus*.

Dos consecuencias muy importantes de los efectos subletales del amoníaco son la reducción de la excreción por el cese inmediato de la alimentación provocado por el incremento del amoníaco en el metabolismo. La segunda es una reducción sustancial de la viabilidad para transportar Oxígeno a los tejidos, que causa daños en las branquias y aumenta la demanda de oxígeno de parte del camarón. De ésta manera y bajo éstas condiciones el camarón entra, por efecto del amoníaco subletal, en una forma de estrés que provocaría una enfermedad secundaria (Boeing, 1990).

A una buena producción de fitoplancton (Primer nivel trófico) corresponde una buena disponibilidad de zooplancton (Segundo nivel trófico), estos 2 niveles, según las especies que conforman

pueden ser drónicas o bénticas, el camarón se alimenta de los dos niveles tróficos. Por esa razón, con agua biológicamente pobre no existe buen rendimiento o crecimiento del camarón, la mortalidad puede ser alta, para contrarrestar esos efectos es necesario acudir a la alimentación y fertilización.

#### 1.2.1.- Destino del Nitrógeno adicionado a las Piscinas.

Una alta concentración de Nitrógeno orgánico se presenta en piscinas donde se tiene la presencia del fitoplancton y zooplancton cuyo valor puede exceder 2 o 3 mg/l.(Bouldin et al., 1974)

Cuando el nitrógeno inorgánico es agregado a una piscina al fertilizar, altas concentraciones se presentan inmediatamente después de la aplicación, para luego rápidamente decaer.

Una parte va a ser asimilada por el alga y cuando ésta muera, el nitrógeno se depositará en el fondo como componente de la materia orgánica. Grandes cantidades de nitrógeno son también denitrificadas en el fango (Bouldin et al., 1974; Isirimah et al.,1976). Otra parte se perderá por volatilización de  $\text{NH}_3$  durante el periodo en que el pH es elevado (Bouldin et al., 1974).

Y por último por la adsorción de  $\text{NH}_4$  en el fondo de la piscina (Boyd y Sowles, 1978).

### 1.2.2.- El Ciclo del Fósforo en las Piscinas.

La fertilización con fosfato altera el equilibrio entre la concentración que existe en el sedimento y la columna de agua (Hepher, 1966).

El sistema, sin embargo, tiende a restablecer su equilibrio por medio de adsorción del Fósforo agregado al fango y otros sólidos en el agua. Esto significa que la proporción final entre la fracción soluble y la adsorbida del fosfato agregado estará en la misma forma como este estuvo en el sistema durante el equilibrio antes de la fertilización.

En la mayoría de los casos solo una pequeña fracción del Fósforo en el sistema en equilibrio está en el agua, la mayor parte se encuentra en el sedimento y ciertos sólidos en suspensión.

Existen también algunos compuestos diferentes al Fosfato de Hierro que se dan en suelo bajo condiciones aeróbicas. Estos compuestos tienen similar solubilidad a los de Aluminio, pero son mucho más solubles bajo condiciones anaeróbicas.

En el caso de un incremento del pH del suelo a 5,5-6,0, la cantidad del ión Aluminio disminuye a tal punto que cesa la precipitación del Fósforo como Fosfato de Aluminio, pero en este momento al adicionarse Calcio o con el presente en el agua, actuará de manera similar al reaccionar con el fosfato produciendo  $\text{CaPO}_4$ , el mismo que precipitará el Fosfato ( $\text{PO}_4$ ) que es adicionado a las piscinas por medio de un fertilizante fosforado (Boyd, 1978).

La mayoría de los suelos tienen Fósforo orgánico, se presenta por la actividad microbiana al descomponerse la materia orgánica produciendo Ortofosfato que participa en el equilibrio.

En definitiva, el Fósforo aplicado a las piscinas en el proceso de fertilización es rápidamente absorbido por el fitoplancton, precipitado del agua por la acción del Calcio y otros metales o absorbido por el fondo, sin embargo, como el Fósforo es un nutriente limitante para la producción primaria, niveles muy bajos de éste pueden estimular el crecimiento algal.

### **1.2.3.- Nutrientes en Cultivos de Algas.**

Las DIATOMEAS en general tienen un ambiente propicio ante elevadas relaciones de N:P en todas las temperaturas.

pero se obtienen crecimientos acelerados a las bajas temperaturas. El mejor crecimiento se obtiene con temperaturas de 10°C hasta una temperatura máxima de 15°C, más arriba de esta no se da en abundancia y no llega a ser predominante.

En un experimento desarrollado por Tilman et. al. (1986) se estableció que con una relación de 30:1 de N:P y a 15°C, se obtuvo un 94% de DIATOMEAS y un 6% de CIANOFITAS.

Y con una relación de 10:1, a 15°C, se dio el 0% de DIATOMEAS, el 4% de CIANOFITAS y el 96% de CLOROFITAS.

En síntesis las Diatomeas predominan a altas relaciones de N:P de 30, de Si:P de 200 aproximadamente y Luz:P de 300 (uM) siempre a bajas temperaturas preferentemente. (Unidades de la luz:  $\mu\text{Ein m}^{-2} \text{s}^{-1}$  ).

Con respecto al género *Nitzschia* en cultivos iluminados se ha determinado que la absorción de los nutrientes por las células algales es dependiente de su concentración en el medio. De esta manera el porcentaje de absorción de Fosfato depende fuertemente de la concentración de Nitrato y Fosfato, mientras que la absorción de Nitrato depende solamente de la concentración de Nitrato en el medio y es independiente de la concentración de Fosfato (Ketchum, B.,, 1927).

El consumo de Fosfato por éste género de alga, se da cuando está en un cultivo iluminado y una segunda forma es cuando las células presentan deficiencias en cultivos no iluminados.



## CAPITULO II

### II.- BIOENSAYO EN CONDICIONES DE LABORATORIO.

Con el propósito de obtener el crecimiento del fitoplancton, se realizó un bioensayo en condiciones de Laboratorio en el cual, probando diferentes concentraciones de Nitrógeno, Fósforo y distintas relaciones de N:P en el proceso de Fertilización.

Se experimentaron varias fórmulas en condiciones de Luz, Temperatura y Aireación controladas, para obtener condiciones semejantes a las del medio ambiente, en biomasa planctónica natural, se utilizó agua de la camaronera sin filtración del material fito y zooplanctónico previo al inicio de cada cultivo.

Durante el tiempo de cultivo (que fue de 5 días para cada tanque), se realizaron diariamente análisis de nutrientes, mediciones de Temperatura, Luz y Conteos de Algas. Los tanques utilizados, tipo Carboy, son semitransparentes, de forma cilíndrica con 34 cm de diámetro por 70 cm de altura con capacidad máxima de 15 gal. de los cuales utilizamos 10 gal., cerrados por completo con una tapa rosca.

Los fertilizantes utilizados para este propósito fueron UREA (45% N) y SUPERFOSFATO TRIPLE (43% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ).

## **2.1.- Descripción del Lugar de Estudio.**

### **2.1.1.- Ubicación del Laboratorio.**

El Laboratorio donde se realizó el bioensayo se encuentra en la Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar de la Escuela Superior Politécnica del Litoral de las Peñas. Este Laboratorio está diseñado para Cultivo de Algas.

### **2.1.2.- Descripción de las Instalaciones.**

El laboratorio cuenta con una habitación que presenta una ventana, aire acondicionado, un estante con un juego de lámparas fluorescentes en la parte posterior para la iluminación de los cultivos.

Un compresor con todo el sistema de aireación: reguladores, tuberías, varillas de vidrio y conectores para llevar a cada tanque el aire.

## **2.2.- Materiales y Métodos.**

El análisis de los Nutrientes se realizó diariamente por 5 días, tiempo que duró cada bioensayo. Los nutrientes analizados fueron: AMONIO, AMONIACO, NITRITO, NITRATO y FOSFATO.

Se utilizó el equipo HACH 5 Espectrofotómetro con su Manual de Métodos para estos análisis.

También se hicieron mediciones de Luz, Temperatura y Conteo de Algas. Este conteo se realizó con la cámara Sedgwick-Rafter y el método dado por Boyd. (1978)

El fitoplancton analizado y contado se lo dividió en 4 grupos, cada uno de los cuáles es ocupado por un género de alga; estos son: *Nitzschia sp*, *Skeletonema sp*, *Chaetóceros sp* y Otros. En Otros se agrupan otras Diatomeas como: *Cocconeis sp*, *Diploneis sp*, *Thalassionema sp*, *Amphiprora sp*, *Navícula sp*, *Thalassiosira sp*, *Amphora sp* y las Cianofitas que representaron un alto porcentaje en este grupo.

Así tenemos que en la SEMANA I se fertilizó con las siguientes concentraciones de nutrientes:

Tq. #	UREA CANTIDAD (mg)	SPT CANTIDAD (mg)	ALGAS DENSIDAD (cel/ml)
A	3,55	186,85	46
a'	3,55	186,85	46
B	74,66	186,85	46
b'	74,66	186,85	46
C	145,77	186,85	46
c'	145,77	186,85	46
D	216,88	186,85	46
d'	216,88	186,85	46
O'	*	*	46

En esta semana, la concentración original del agua del Canal Reservorio fue de 0.76 ppm de N<sub>2</sub> y de 0.146 ppm de P<sub>2</sub>. Para obtener

un mayor control los valores de Fósforo permanecieron en 0,8 ppm (hipotético) fijos para todos los tanques de prueba excepto el tanque Control ("O"), en cambio los valores de Nitrógeno fluctuaron entre 0,8 y 3,2 ppm (hipotético); con una relación de N:P lógicamente diferente y mayor para cada recipiente.

El tanque control tuvo la más alta relación de N:P de 5,2:1, pero la más baja concentración de nutrientes, 0,76:0,146 ppm.

Para la SEMANA II la concentración original del agua fue de 0,64 ppm de N y 0,032 ppm de P<sub>2</sub>.

Tq. #	UREA CANTIDAD (mg)	SPT CANTIDAD (mg)	ALGAS DENSIDAD (cel/ml)
A	156,17	219,4	36
a'	156,17	219,4	36
B	156,17	448,0	36
b'	156,17	448,0	36
C	156,17	676,5	36
c'	156,17	676,5	36
D	156,17	905,1	36
d'	156,17	905,1	36
'O'	*	*	36

En este caso el valor fijo fue el del Nitrógeno en una concentración de 2,4 ppm (hipotético), mientras que el valor del Fósforo varió desde 0,8 hasta 2,3 ppm (hipotético).

El tanque control tuvo una relación de 20:1.

En la SEMANA III la concentración original del agua fue de 0,347 ppm de N y de 0,013 ppm de P. En este caso el valor de 2,4 ppm de P (hipotético) fue fijo y varió el de N desde 2,8 hasta 4,0 ppm (hipotético).

Tq. #	UREA CANTIDAD (mg)	SPT CANTIDAD (mg)	ALGAS DENSIDAD (cel/ml)
A	218,0	682,0	34
a'	218,0	682,0	34
B	253,6	682,0	34
b'	253,6	682,0	34
C	289,1	682,0	34
c'	189,1	682,0	34
D	324,7	682,0	34
d'	324,7	682,0	34
'O'	*	*	34

Por último, para la SEMANA IV los valores originales del agua fueron de 0,886 ppm de N y de 0,0065 ppm de P con una muy elevada relación de N:P de 135:1.

Se realizaron variaciones en los dos parámetros, tanto del Nitrógeno como del Fósforo, obteniendo valores de 2 a 3,2 ppm para el N (hipotético) y de 0,4 a 1,6 ppm para el Fósforo (hipotético).

Tq. #	UREA CANTIDAD (mg)	SPT CANTIDAD (mg)	ALGAS DENSIDAD (cel/ml)
A	99,0	112,4	50
a'	99,0	112,4	50
B	134,5	226,7	50
b'	134,5	226,7	50
C	170,1	340,9	50
c'	170,1	340,9	50
D	205,6	455,2	50
d'	205,6	455,2	50
'O'	*	*	50

Se ha descrito a grandes rasgos lo que fueron las concentraciones para cada una de las cuatro semanas.

La cantidad de fertilizante para cada valor requerido se la calculó matemáticamente, y el pesaje se lo realizó con la ayuda de una balanza de precisión, de hasta miligramos.

### 2.3.- Resultados Obtenidos.

Para facilitar el entendimiento de los Resultados Obtenidos, se ha incluido al lado de la nomenclatura de cada tanque aquí citado, el sinónimo entre paréntesis con que se encuentra ilustrado en las Figuras.

#### SEMANA I:

Existe una relación directamente proporcional entre la concentración de algas y Fosfato en el agua. Se da un rango que va de 0,3 - 0,5 ppm PO<sub>4</sub> para el crecimiento algal del grupo Diatomeas.

NITROGENO.- Se dio un proceso de nitrificación. Los valores de nitrato se mantuvieron entre 2,8 - 3,5 ppm promedio en los días de cultivo. No se presentó una relación tan directa y estrecha entre la concentración de nitrógeno y el crecimiento de alga como lo fue con el fosfato. Siendo el nitrógeno en este caso secundario debido a que se registraron crecimientos a valores de 1,5 - 3,0 ppm  $\text{NO}_3$  .

(ver TABLA # I)

Un crecimiento continuo y elevado se obtuvo del tanque D (Y) con una relación de N:P de 5:1.

Las condiciones del tanque c' (U) propiciaron un bajo crecimiento algal, con densidad máxima de 70 cel/ml, con niveles de Fosfato de 0,37 - 0,7 ppm y de nitrato de 2,6 - 3,3 ppm, con una relación de N:P de 5:1.

Para el tanque D (Y), el crecimiento fue continuo y normal, esto es, con fase inicial, exponencial y entrando a la estacionaria. Al quinto día la densidad fue de 6.600 cel/ml. No se agotó el  $\text{NO}_3$ , pero si se notó un consumo a medida que la densidad era mayor. Cuando entra a la fase estacionaria los nitratos están en 1,6 - 1,7 ppm,  $\text{PO}_4$  a 0,3 y  $\text{NO}_3+\text{NH}_4$  1,6 - 2,9 ppm. (ver FIG # 1)

Al cuarto día el tanque d' (CC) alcanzó su máximo de crecimiento, con una densidad de 7.500 cel/ml con niveles de  $\text{PO}_4$  de 0,35 - 0,6 ppm,  $\text{NO}_3$  de 1,0 - 2,0 ppm (se mantuvo),  $\text{NO}_3+\text{NH}_4$  de 1,6 - 2,3 ppm y una relación N:P de 4:1.

# TABLA # I

SEMANA I DEL BIOENSAYO: CONCENTRACIONES  
DE NUTRIENTES Y DENSIDADES ALGALES  
A DIFERENTES INTENSIDADES DE LUZ

DIAS #	Tq. #	LUZ lux	NO3 ppm	NO3+NH4 ppm	PO4 ppm	DIAT. cel/ml	N:P
2	A	1900	3,52	3,95	0,6	9	5,9
3		1900	3,08	3,28	0,4	8	6,7
4		1900	3,52	3,71	0,41	33	7,3
5		1900	1,76	1,88	0,4	22	3,9
2	a'	3500	2,2	2,58	0,7	20	3,6
3		3500	3,52	3,68	0,5	10	5,8
4		3500	3,08	3,29	0,54	26	5
5		3500	3,08	3,23	0,51	14	5
2	b'	3800	3,52	3,73	0,7	12	4,3
3		3800	2,42	2,63	0,32	12	7
4		3800	3,52	3,71	0,38	18	7,9
5		3800	3,3	3,45	0,36	2	7,4
2	B	4000	3,3	3,49	0,56	12	5
3		4000	1,76	1,96	0,38	22	4,6
4		4000	3,52	3,72	0,51	18	5,9
5		4000	3,52	3,64	0,47	4	6
2	C	4000	3,08	3,3	0,55	10	5
3		4000	2,86	3,05	0,52	38	4,8
4		4000	3,08	3,28	0,34	102	7,8
5		4000	3,52	3,67	0,25	44	11,6
2	c'	>5000	3,3	3,51	0,71	8	4
3		>5000	3,52	3,71	0,6	26	4,9
4		>5000	3,3	3,56	0,55	70	5,4
5		>5000	2,64	2,79	0,37	12	6
2	D	>5000	2,2	2,43	0,65	423	3,2
3		>5000	2,64	2,96	0,58	3135	4,5
4		>5000	1,32	1,65	0,41	4576	4,2
5		>5000	1,76	2,17	0,28	6611	8
2	d'	>5000	1,98	2,21	0,61	450	3,2
3		>5000	1,32	1,73	0,48	5080	4
4		>5000	1,1	1,55	0,37	7500	5
5		>5000	1,76	2,1	0,34	4268	6
2	'O'	>5000	1,98	2,17	0,4	340	4,6
3		>5000	2,86	3,09	0,32	1225	8
4		>5000	1,54	1,94	0,28	222	7,3
5		>5000	2,86	3,05	0,2	24	12,4

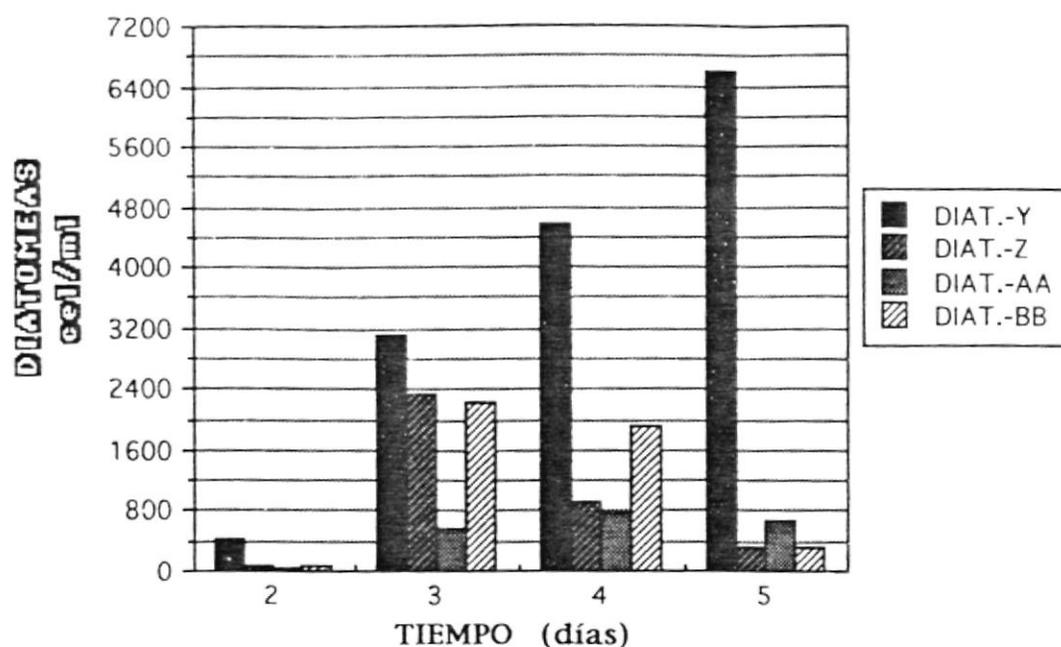


FIGURA # 1.- Densidades de Diatomeas en los tanques Y-Z-AA-BB a  $>5000$  lux,  $0-2,5$  ppm  $N_3$  y  $0,05-0,40$  ppm  $P_4$

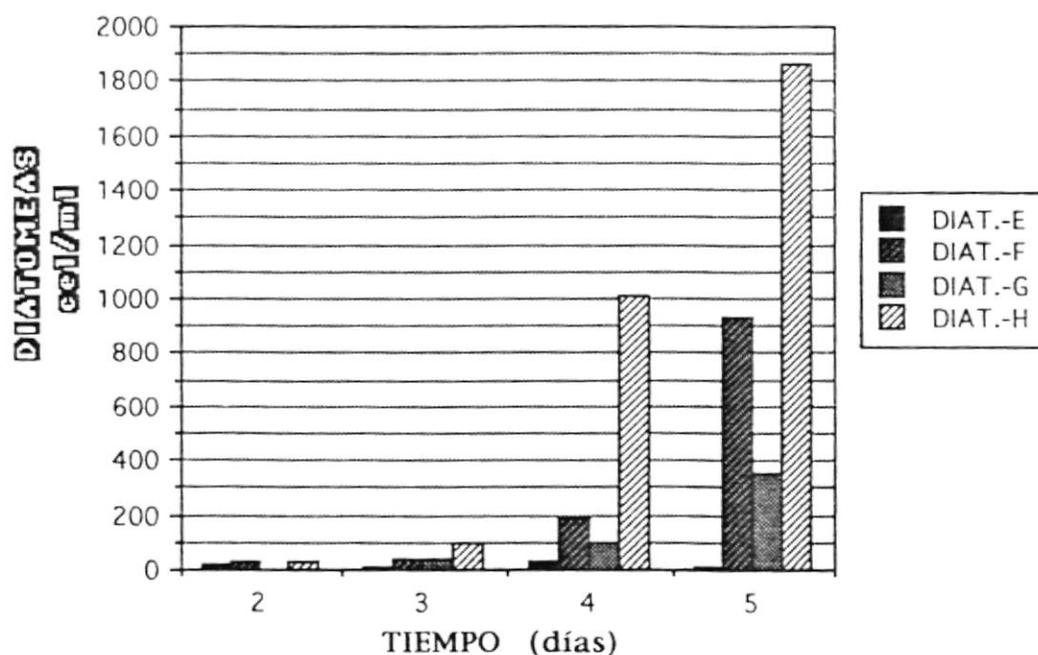


FIGURA # 2.- Densidades de Diatomeas en los tanques E-F-G-H a 3500 lux,  $0-3,5$  ppm  $N_3$  y  $0,05-0,56$  ppm  $P_4$

**SEMANA II:**

Para obtener un crecimiento positivo se mantuvo una relación de  $\text{NO}_3:\text{PO}_4$  que es siempre mayor a 1, es decir, de 8 a 15:1. La concentración de  $\text{PO}_4$  fue de 0,08 - 0,3 ppm. A mayor concentración de  $\text{PO}_4$  se obtiene una reacción inmediata de decrecimiento algal, por lo tanto, no es factible mantener una relación de N:P en la que el Fósforo sea mayor al nitrógeno, como fue el caso del tanque D (Z) - d' (DD) con una relación de 2,4:3,2, ocasionando un decrecimiento porcentual de las Diatomeas en los primeros días para luego despuntar en los dos últimos días alcanzando el 90-100% de la biomasa fitoplanctónica.

Esto se confirmó con el tanque control en el que no hubo exceso de Fósforo en el medio de cultivo al no recibir fertilización, siendo el crecimiento relativamente normal y lento hasta el cuarto día seguido por su caída.

Como resultado de la fertilización el tanque A (B) tuvo un crecimiento lento sin alcanzar una densidad mayor, como es 98 cel/ml.

Con respecto a los nutrientes los valores fueron, para el  $\text{NO}_3$  de 3,3 - 3,5 ppm,  $\text{NO}_3+\text{NH}_4$  de 2,4 - 3,6 ppm y  $\text{PO}_4$  de 0,13 - 0,31 ppm lo que da una relación de N:P de 7:1. (ver TABLA #II)

## TABLA # II

SEMANA II DEL BIOENSAYO: CONCENTRACIONES  
DE NUTRIENTES Y DENSIDADES ALGALES  
A DIFERENTES INTENSIDADES DE LUZ

DIAS #	Tq. #	LUZ lux	NO3 ppm	NO3+NH4 ppm	PO4 ppm	DIAT <sub>1</sub> cel/ml	N:P
2	A	1900	3,3	3,37	0,31	42	8
3		1900	3,52	3,62	0,36	28	7,6
4		1900	1,32	1,39	0,21	46	5,3
5		1900	0,88	0,92	0,13	98	5,8
2	a'	3500	3,08	3,13	0,18	30	13
3		3500	3,74	3,78	0,45	38	6,1
4		3500	1,54	1,59	0,19	188	6,4
5		3500	3,08	3,18	0,18	936	13,7
2	b'	3800	3,96	4,03	0,43	30	6,9
3		3800	2,64	2,69	0,34	22	6
4		3800	3,74	3,81	0,32	208	8,7
5		3800	1,54	1,63	0,08	666	16,3
2	B	4000	2,64	2,69	0,34	30	5,9
3		4000	5,5	5,54	0,36	24	11
4		4000	5,5	5,57	0,24	54	16,8
5		4000	3,08	3,13	0,12	60	19,2
2	C	4000	3,52	3,6	0,44	30	6,1
3		4000	1,32	1,4	0,34	126	3,3
4		4000	0,88	1,06	0,3	1166	3,5
5		4000	0	0,23	0,15	762	3,8
2	c'	>5000	2,86	2,93	0,65	24	3,4
3		>5000	1,32	1,39	0,26	72	4,3
4		>5000	1,76	1,86	0,18	418	8,5
5		>5000	0	0,21	0,14	1238	3,6
2	D	>5000	1,54	1,62	0,34	54	3,7
3		>5000	0	0,13	0,27	2354	1,1
4		>5000	0,66	0,84	0,38	918	2,4
5		>5000	2,64	2,77	0,23	332	9,6
2	d'	>5000	1,32	1,45	0,38	76	3,3
3		>5000	0	0,12	0,33	1353	0,8
4		>5000	0	0,16	0,2	599	1,8
5		>5000	1,76	1,86	0,17	314	8,8
2	'O'	>5000	4,18	4,31	0,26	60	12,5
3		>5000	1,1	1,22	0,16	176	6,5
4		>5000	3,74	3,82	0,07	54	41,6
5		>5000	3,08	3,12	0,08	28	28

Para el tanque a' (F) el crecimiento observado fue lento, de 30 a 38 cel/ml, hasta el tercer día, al cuarto día despunta con un crecimiento exponencial para finalizar al quinto día con la mayor densidad de 936 cel/ml. Esto se debió a que los niveles de PO<sub>4</sub> se encontraban en 0,45 ppm al tercer día, pasado el tercer día este valor fue de 0,19. No existió agotamiento de nitrógeno como nitrato. (ver FIG.# 2)

### SEMANA III:

Todos los tanques del cultivo tuvieron crecimientos deficitarios en relación a la composición porcentual entre Diatomeas que alcanzó un promedio de 8% y la diferencia le corresponde a Otros.

Las concentraciones de nutrientes fueron:

NO<sub>3</sub>: 0,5 - 2,0 ppm

PO<sub>4</sub>: 0,04 - 0,20 ppm

Hubo nitrificación en ciertos casos resultando favorable para el crecimiento. Relaciones variadas de NO<sub>3</sub>:PO<sub>4</sub> existieron, desde 2:1 hasta 23:1.

Hay una relación marcada entre el crecimiento de Otros a bajas concentraciones de nutrientes:

PO<sub>4</sub>: 0,5 - 1,2 ppm

NO<sub>3</sub>: 0,5 - 1,5 ppm

e incluso se registraron crecimientos algales con valores cercanos a 0 ppm de NO<sub>3</sub>. (ver TABLA # III)

**SEMANA IV:**

El Fosfato se mantuvo en un rango de 0,02 - 0,12 ppm promedio en todos los tanques.

Las concentraciones porcentuales de Diatomeas fueron similares a las de la SEMANA IV, por el orden de 5 a 12%.

Los crecimientos registrados en el tanque D (D) se caracterizaron por ser acelerados alcanzando su pico de abundancia con 430 cel/ml partiendo de una densidad de 30 cel/ml (ver FIG. 3). Los nutrientes fluctuaron en 0,08 ppm de PO<sub>4</sub> y 1,75 - 3,0 ppm de NO<sub>3</sub> con una relación de 30:1 de N:P.

El tanque d'(H) registró al quinto día una densidad de 1.800 cel/ml con valores de PO<sub>4</sub> de 0,08 - 0,10 ppm, NO<sub>3</sub> de 3,5 - 0 ppm (por agotamiento) y NO<sub>3</sub>+NH<sub>4</sub> de 0,34 - 0,39 ppm. (ver FIG. # 2)

El tanque a'(BB) alcanzó una densidad de 2.200 cel/ml con concentraciones de PO<sub>4</sub> de 0,05 - 0,08 ppm, NO<sub>3</sub> 1,7 - 0 ppm (el bloom cayó por falta de NO<sub>3</sub>), NO<sub>3</sub>+NH<sub>4</sub> de 0,5 - 2,4 ppm y con una relación de N:P de 25:1. (ver FIG. # 1)

El tanque B (P) tuvo un crecimiento continuo alcanzando una densidad de 280 cel/ml, mientras que el tanque C (T) al cuarto día alcanzó una densidad de 1.400 cel/ml cayendo al quinto día por falta de nutrientes (NO<sub>3</sub>).

## TABLA # III

**SEMANA III DEL BIOENSAYO: CONCENTRACIONES  
DE NUTRIENTES Y DENSIDADES ALGALES  
A DIFERENTES INTENSIDADES DE LUZ**

DIAS #	Tq. #	LUZ lux	NO3 ppm	NO3+NH4 ppm	PO4 ppm	DIAT, cel/ml	N:P
2	A	1900	0	0,1	0,26	3	1
3		1900	0,66	1,23	0,14	12	13
4		1900	1,98	2,54	0,08	24	34
5		1900	1,54	2,12	0,08	72	34
2	a'	3500	2,2	2,3	0,23	2	7,8
3		3500	2,64	3,16	0,11	36	28
4		3500	0	0,45	0,04	98	27
5		3500	0	0,66	0,03	352	51
2	b'	3800	0,88	0,97	0,24	8	3,6
3		3800	1,54	2,08	0,12	38	20
4		3800	0	0,48	0,07	57	16
5		3800	0,88	1,49	0,13	133	16
2	B	4000	1,32	1,42	0,36	8	3,4
3		4000	0,88	1,46	0,06	24	33
4		4000	0,88	1,42	0,06	39	31
5		4000	0	0,59	0,06	117	23
2	C	4000	1,32	1,45	0,26	8	4,8
3		4000	2,64	3,05	0,13	86	23
4		4000	0	0,54	0,11	119	12
5		4000	0	0,49	0,07	451	17
2	c'	>5000	1,98	2,08	0,28	16	5,9
3		>5000	2,2	2,61	0,06	38	42
4		>5000	0,88	1,37	0,09	275	20
5		>5000	0	0,54	0,11	884	12
2	D	>5000	0	0,12	0,36	36	0,8
3		>5000	0	0,58	0,05	572	28
4		>5000	0	0,49	0,08	782	16
5		>5000	0	0,49	0,07	664	17
2	d'	>5000	0	0,12	0,41	54	0,7
3		>5000	0	0,58	0,14	1188	9,8
4		>5000	0	0,4	0,04	847	24
5		>5000	1,32	1,81	0,07	356	30
2	'O'	>5000	0,88	0,99	0,06	34	16
3		>5000	1,76	2,15	0,04	124	54
4		>5000	3,52	4,06	0,06	44	61
5		>5000	3,08	3,49	0,03	14	128

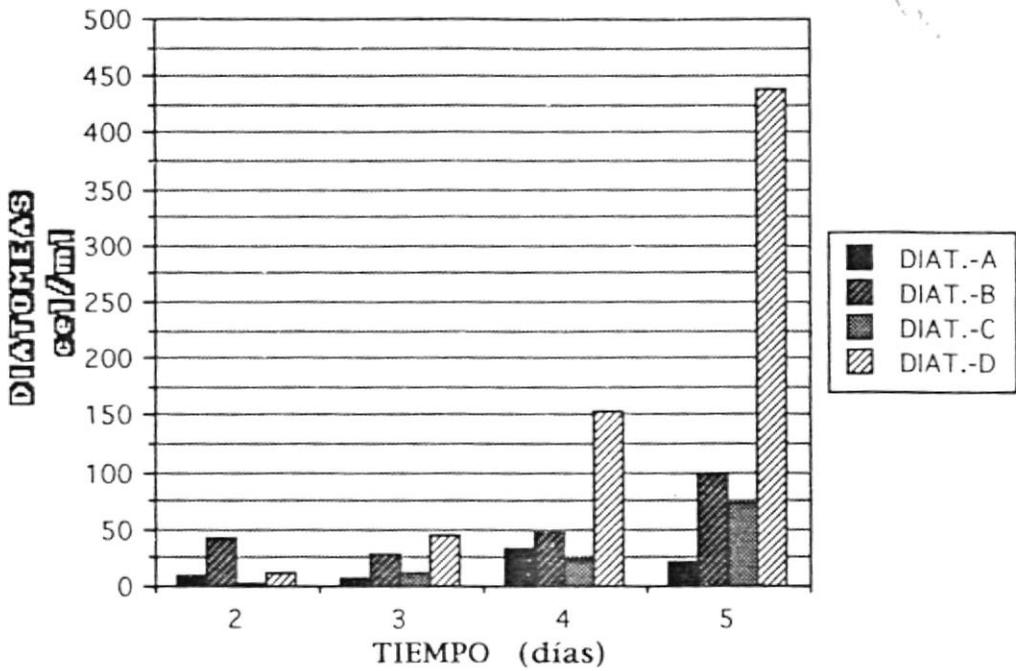


FIGURA # 3.- Densidades de Diatomeas en los tanques A-B-C-D a 1900 lux, 1,0-3,5 ppm N03 y 0,07-0,42 ppm P04

Los nutrientes tuvieron valores de:

	<u>Tq. B</u> (P)	<u>Tq. C</u> (T)
PO <sub>4</sub> :	0,07 - 0,13 ppm	0,10 - 0,12 ppm
NO <sub>3</sub> :	2,5 - 4,0 ppm	3,7 - 0 ppm
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> :	2,7 - 4,5 ppm	0,3 - 4,2 ppm

La relación de N:P para el tanque C antes que se agotara el NO<sub>3</sub> fue de alrededor de 30:1. (ver TABLA # IV)

### 2.3.1.- **Discusión.**

Debido a que el Diseño Experimental no contempló una ubicación aleatoria de los tanques en el Departamento de Cultivo, fue necesario realizar una modificación de la clasificación de los Resultados Obtenidos encasillándolos según la Intensidad de Luz, facilitando de esta manera su análisis y comprensión.

Estas Intensidades fueron: 1900, 3500, 3800, 4000 y >5000 lux

(ver TABLAS # V, VI, VII, VIII y IX)

#### 2.3.1.1.- **Intensidad de Luz.**

Se realizaron mediciones de intensidad de luz con un Luxómetro diariamente para cada tanque de cultivo.

## TABLA # IV

**SEMANA IV DEL BIOENSAYO: CONCENTRACIONES  
DE NUTRIENTES Y DENSIDADES ALGALES  
A DIFERENTES INTENSIDADES DE LUZ**

DIAS #	Tq. #	LUZ lux	NO3 ppm	NO3+NH4 ppm	PO4 ppm	DIAT. cel/ml	N:P
2	D	1900	1,76	2,17	0,13	12	18
3		1900	1,98	2,54	0,07	44	39
4		1900	1,76	2,16	0,08	154	28
5		1900	3,08	3,43	0,08	439	37
2	d'	3500	3,3	3,71	0,12	28	28
3		3500	3,52	4,2	0,11	100	37
4		3500	0	0,34	0,08	1013	11
5		3500	0	0,39	0,08	1867	12
2	b'	3800	5,5	6,04	0,09	26	58
3		3800	3,08	3,65	0,06	68	57
4		3800	1,76	2,19	0,07	334	32
5		3800	1,76	2,19	0,08	964	29
2	B	4000	3,96	4,52	0,13	24	33
3		4000	3,08	3,58	0,12	44	28
4		4000	3,52	3,92	0,07	115	49
5		4000	2,42	2,78	0,07	283	36
2	C	4000	3,74	4,19	0,1	42	37
3		4000	2,42	2,96	0,1	262	29
4		4000	0	0,35	0,12	1408	6.9
5		4000	0,88	1,29	0,1	1278	16
2	A	>5000	1,76	2,38	0,1	54	27
3		>5000	0	0,61	0,07	1936	21
4		>5000	0	0,41	0,05	1331	20
5		>5000	1,76	2,15	0,06	256	35
2	a'	>5000	3,3	3,87	0,12	88	31
3		>5000	0,88	1,4	0,07	2244	26
4		>5000	0,62	0,99	0,05	1914	27
5		>5000	1,76	2,16	0,05	311	45
2	c'	>5000	3,52	4,01	0,08	30	46
3		>5000	2,64	3,25	0,13	134	26
4		>5000	1,76	2,11	0,08	924	26
5		>5000	0,88	1,23	0,1	1644	14
2	'O'	>5000	1,76	2,37	0,09	96	30
3		>5000	3,52	4,37	0,08	213	56
4		>5000	3,3	3,8	0,02	156	163
5		>5000	3,52	3,99	0,05	60	74

## TABLA # V

BIOENSAYO: CONCENTRACIONES DE NUTRIENTES Y  
DENSIDADES ALGALES A 1900 LUX

LUZ lux	DIAS #	Tq #	NO3 ppm	NO3+NH4 ppm	PO4 ppm	DIATOM cel/ml	N:P
1900	2	A	3,52	3,95	0,6	9	5,9
1900	3		3,08	3,28	0,4	8	6,7
1900	4		3,52	3,71	0,4	33	7,3
1900	5		1,76	1,88	0,4	22	3,9
	DIAS #	Tq #	NO3 ppm	NO3+NH4 ppm	PO4 ppm	DIATOM cel/ml	N:P
	2	B	3,3	3,37	0,31	42	8
	3		3,52	3,62	0,36	28	7,6
	4		1,32	1,39	0,21	46	5,3
	5		0,88	0,92	0,13	98	5,8
	DIAS #	Tq #	NO3 ppm	NO3+NH4 ppm	PO4 ppm	DIATOM cel/ml	N:P
	2	C	0	0,1	0,26	3	1
	3		0,66	1,23	0,14	12	13
	4		1,98	2,54	0,08	24	34
	5		1,54	2,12	0,08	72	34
	DIAS #	Tq #	NO3 ppm	NO3+NH4 ppm	PO4 ppm	DIATOM cel/ml	N:P
	2	D	1,76	2,17	0,13	12	18
	3		1,98	2,54	0,07	44	39
	4		1,76	2,16	0,08	154	28
	5		3,08	3,43	0,08	439	37

TABLA # VI

BIOENSAYO: CONCENTRACIONES DE NUTRIENTES Y  
DENSIDADES ALGALES A 3500 LUX

LUZ lux	DIAS #	Tq. #	NO3 ppm	NO3+NH4 ppm	PO4 ppm	DIATOM. cel/ml	N:P
3500	2	E	2,2	2,58	0,7	20	4
3500	3		3,52	3,68	0,5	10	6
3500	4		3,08	3,29	0,54	26	5
3500	5		3,08	3,23	0,51	14	5
DIAS #	Tq. #	NO3 ppm	NO3+NH4 ppm	PO4 ppm	DIATOM. cel/ml	N:P	
2	F	3,08	3,13	0,18	30	13	
3		3,74	3,78	0,45	38	6	
4		1,54	1,59	0,19	188	6	
5		3,08	3,18	0,18	936	14	
DIAS #	Tq. #	NO3 ppm	NO3+NH4 ppm	PO4 ppm	DIATOM. cel/ml	N:P	
2	G	2,2	2,3	0,23	2	8	
3		2,64	3,16	0,11	36	28	
4		0	0,45	0,04	98	27	
5		0	0,66	0,03	352	51	
DIAS #	Tq. #	NO3 ppm	NO3+NH4 ppm	PO4 ppm	DIATOM. cel/ml	N:P	
2	H	3,3	3,71	0,12	28	28	
3		3,52	4,2	0,11	100	37	
4		0	0,34	0,08	1013	11	
5		0	0,39	0,08	1867	12	

## TABLA # VII

**BIOENSAYO: CONCENTRACIONES DE NUTRIENTES Y  
DENSIDADES ALGALES A 3800 LUX**

LUZ lux	DIAS #	Tq. #	NO3 ppm	NO3+NH4 ppm	PO4 ppm	DIATOM. cel/ml	N:P
3800	2	I	3,52	3,73	0,7	12	4,3
3800	3		2,42	2,63	0,32	12	7
3800	4		3,52	3,71	0,38	18	7,9
3800	5		3,3	3,45	0,36	2	7,4
	DIAS #	Tq. #	NO3 ppm	NO3+NH4 ppm	PO4 ppm	DIATOM. cel/ml	N:P
	2	J	3,96	4,03	0,43	30	6,9
	3		2,64	2,69	0,34	22	6
	4		3,74	3,81	0,32	208	8,7
	5		1,54	1,63	0,08	666	16
	DIAS #	Tq. #	NO3 ppm	NO3+NH4 ppm	PO4 ppm	DIATOM. cel/ml	N:P
	2	K	0	0,97	0,24	8	3,6
	3		1,54	2,08	0,12	38	20
	4		0	0,48	0,07	57	16
	5		0,88	1,49	0,13	133	16
	DIAS #	Tq. #	NO3 ppm	NO3+NH4 ppm	PO4 ppm	DIATOM. cel/ml	N:P
	2	L	5,5	6,04	0,09	26	58
	3		3,08	3,65	0,06	68	57
	4		1,76	2,19	0,07	334	32
	5		1,76	2,19	0,08	964	29

## TABLA # VIII

**BIOENSAYO: CONCENTRACIONES DE NUTRIENTES Y  
DENSIDADES ALGALES A 4000 LUX**

LUZ lux	DIAS #	Tq. #	NO3 ppm	NO3+NH4 ppm	PO4 ppm	DIATOM. cel/ml	N:P
4000	2	M	3,3	3,49	0,56	12	5
4000	3		1,76	1,96	0,38	22	4,6
4000	4		3,52	3,72	0,51	18	5,9
4000	5		3,52	3,64	0,47	4	6
	2	N	2,64	2,69	0,34	30	5,9
	3		5,5	5,54	0,36	24	11
	4		5,5	5,57	0,24	54	17
	5		3,08	3,13	0,12	60	19
	2	O	1,32	1,42	0,36	8	3,4
	3		0,88	1,46	0,06	24	33
	4		0,88	1,42	0,06	39	31
	5		0	0,59	0,06	117	23
	2	P	3,96	4,52	0,13	24	33
	3		3,08	3,58	0,12	44	28
	4		3,52	3,92	0,07	115	49
	5		2,42	2,78	0,07	283	36
	2	Q	3,08	3,3	0,55	10	5
	3		2,86	3,05	0,52	38	4,8
	4		3,08	3,28	0,34	102	7,8
	5		3,52	3,67	0,25	44	12
	2	R	3,52	3,6	0,44	30	6,1
	3		1,32	1,4	0,34	126	3,3
	4		0,88	1,06	0,3	1166	3,5
	5		0	0,23	0,15	762	3,8
	2	S	1,32	1,45	0,26	8	4,8
	3		2,64	3,05	0,13	86	23
	4		0	0,54	0,11	119	12
	5		0	0,49	0,07	451	17
	2	T	3,74	4,19	0,1	42	37
	3		2,42	2,96	0,1	262	29
	4		0	0,35	0,12	1408	6,9
	5		0,88	1,29	0,1	1278	16

## TABLA # IX

### BIOENSAYO: CONCENTRACIONES DE NUTRIENTES Y DENSIDADES ALGALES A >5000 LUX

LUZ lux	DIAS #	Tq. #	NO3 ppm	NO3+NH4 ppm	PO4 ppm	DIAT. cel/ml	N:P	Tq. #	NO3 ppm	NO3+NH4 ppm	PO4 ppm	DIAT. cel/ml
>5000	2	U	3,3	3,51	0,71	8	4	CC	1,98	2,21	0,61	450
>5000	3		3,52	3,71	0,6	26	4,9		1,32	1,73	0,48	5080
>5000	4		3,3	3,56	0,55	70	5,4		1,1	1,55	0,37	7500
>5000	5		2,64	2,79	0,37	12	6		1,76	2,1	0,34	4268
	2	V	2,86	2,93	0,65	24	3,4	DD	1,32	1,45	0,38	76
	3		1,32	1,39	0,26	72	4,3		0	0,12	0,33	1353
	4		1,76	1,86	0,18	418	8,5		0	0,16	0,2	599
	5		0	0,21	0,14	1238	3,6		1,76	1,86	0,17	314
	2	W	1,98	2,08	0,28	16	5,9	EE	0	0,12	0,41	54
	3		2,2	2,61	0,06	38	42		0	0,58	0,14	1188
	4		0,88	1,37	0,09	275	20		0	0,4	0,04	847
	5		0	0,54	0,11	884	12		1,32	1,81	0,07	356
	2	X	1,76	2,38	0,1	54	27	FF	3,52	4,01	0,08	30
	3		0	0,61	0,07	1936	21		2,64	3,25	0,13	134
	4		0	0,41	0,05	1331	20		1,76	2,11	0,08	924
	5		1,76	2,15	0,06	256	35		0,88	1,23	0,1	1644
	2	Y	2,2	2,43	0,65	423	3,2	'O'	1,98	2,17	0,4	340
	3		2,64	2,96	0,58	3135	4,5		2,86	3,09	0,32	1225
	4		1,32	1,65	0,41	4576	4,2		1,54	1,94	0,28	222
	5		1,76	2,17	0,28	6611	8		2,86	3,05	0,2	24
	2	Z	1,54	1,62	0,34	54	3,7	'O'	4,18	4,31	0,26	60
	3		0	0,13	0,27	2354	1,1		1,1	1,22	0,16	176
	4		0,66	0,84	0,38	918	2,4		3,74	3,82	0,07	54
	5		2,64	2,77	0,23	332	9,6		3,08	3,12	0,08	28
	2	AA	0	0,12	0,36	36	0,8	'O'	0,88	0,99	0,06	34
	3		0	0,58	0,05	572	28		1,76	2,15	0,04	124
	4		0	0,49	0,08	782	16		3,52	4,06	0,06	44
	5		0	0,49	0,07	664	17		3,08	3,49	0,03	14
	2	BB	3,3	3,87	0,12	88	31	'O'	1,76	2,37	0,09	96
	3		0,88	1,4	0,07	2244	26		3,52	4,37	0,08	213
	4		0,62	0,99	0,05	1914	27		3,3	3,8	0,02	156
	5		1,76	2,16	0,05	311	45		3,52	3,99	0,05	60

De acuerdo con lo observado en este estudio la intensidad de luz es un parámetro determinante en el bloom fitoplanctónico específicamente con el grupo de las Diatomeas (grupo considerado).

La Luz tuvo 5 diferentes Intensidades. Se registraron las mayores densidades algales a >5000 lux y las menores densidades registradas a la menor intensidad de luz.

Así tenemos que según la Intensidad de luz las densidades globales promedio fueron:

a	1900 lux	65
	3500 lux	297
	3800 lux	162
	4000 lux	213
	>5000 lux	1177 cel/ml

Entre las intensidades de 3500, 3800 y 4000 lux las densidades de algas no alcanzaron variaciones significativas, por lo que las podríamos considerar como un valor de intensidad medio entre la menor de 1900 y la mayor de >5000 lux.

Podemos citar casos puntuales con resultados que ilustran lo descrito:

El tanque D y H presentaron aproximadamente las mismas condiciones nutricionales pero diferentes intensidades de luz. El tanque D a 1900

lux tuvo una densidad de 439 cel/ml, y el tanque H a 3500 lux la densidad fue de 1.867 cel/ml. Entre los tanques A,B,C y D que estuvieron a 1900 lux y los tanques 'O' (control), que estuvieron a >5000 lux, la diferencia es casi 3 veces mayor, de 65 a 180 cel/ml respectivamente.

En definitiva, la Intensidad de Luz juega un rol importante en el bloom fitoplanctónico al existir una relación directamente proporcional entre la Intensidad de Luz y la Densidad Algal.

#### 2.3.1.2.- Fósforo (PO<sub>4</sub>) y Nitrógeno (NO<sub>3</sub>)

Los análisis de nutrientes fueron realizados en un Laboratorio de Calidad de Agua de la FIMCM de la ESPOL.

Al observar los resultados especificados en la TABLA # IV, podemos decir que las mejores concentraciones de PO<sub>4</sub> encontradas para el buen crecimiento de Diatomeas están en un rango aceptable de 0,06 - 0,12 ppm.

Existe una competencia muy grande por nutrientes como lo muestran los tanques Q,R,S y

T. Observamos también, que si los PO<sub>4</sub> se encuentran a valores mayores a 0,12 como es 0,28 ppm, el crecimiento de las Diatomeas es muy lento hasta que este valor elevado descienda (o viceversa) al rango deseado. A partir de este momento, su crecimiento será acelerado, por lo tanto, actúa como inhibidor en el crecimiento algal.

Analizando los resultados del tanque 1 vemos que los valores de PO<sub>4</sub> son limitantes al estar en altas concentraciones (0,3 - 0,7 ppm) sumando a ello concentraciones de NO<sub>3</sub> de 2 - 3,5 ppm.

Las Diatomeas requieren de bajas concentraciones de PO<sub>4</sub> para su normal crecimiento, en caso contrario se estimularía el crecimiento de otros grupos de algas, principalmente a las Cianofitas. Este síntoma se observó en la mayoría de los tanques que presentan estas condiciones.

El NO<sub>3</sub> no se presentó como factor limitante como lo fue el PO<sub>4</sub> ya que se registraron crecimientos con valores cercanos a 0 e incluso 0 ppm,

momento en el cual feneció el bloom, o se mantuvo gracias a la presencia de  $\text{NH}_4$  que es otro compuesto asimilable por el alga.

Creemos, por tanto, que el mejor rango para el crecimiento de Diatomeas está entre 2,5 - 4,0 ppm como óptimo y de 1,5 - 5,0 ppm como aceptable.

Las concentraciones mínimas deseables de  $\text{NO}_3 + \text{NH}_4$  son 0,12 - 0,60 ppm, cuando el  $\text{NO}_3$  es 0 ppm para mantener el bloom (si no ha caído).

Un valor inferior a 1,4 ppm de  $\text{NO}_3$  favorece la caída del bloom conjuntamente con valores de  $\text{PO}_4$  altos o bajos como 0,2 a 0,02 ppm respectivamente. En el tanque T hubo un agotamiento total del  $\text{NO}_3$  provocando la caída del bloom convirtiéndose en limitante. Lo mismo ocurrió con los tanques W y X.

Lo que sucedió con los tanques AA y EE fue que se presentó una competencia por el grupo Otros alcanzando una densidad de 15.000 cel/ml mientras que la máxima densidad alcanzada por las Diatomeas fue de 1.100 cel/ml

En resumen tenemos que los mejores rangos son:

PO <sub>4</sub> :	0,06 - 0,12 ppm
NO <sub>3</sub> :	2,5 - 4,0 ppm
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> :	0,6 - 4,5 ppm
P <sub>2</sub> :	0,019 - 0,039 ppm
N <sub>2</sub> :	0,8 - 1,5 ppm

### 2.3.1.3.- N:P

Tomando en cuenta los rangos aceptables de los nutrientes se hace necesario obtener de este modo la relación N:P satisfactoria para el incremento de la densidad algal.

Analizando el tanque D, en su pico de crecimiento, la relación es de 37:1, con PO<sub>4</sub> y NO<sub>3</sub> óptimos, el tanque H antes que se agote el NO<sub>3</sub> la relación fue de 37:1. En el tanque L con 964 cel/ml se observó 28:1.

En muchos casos, sin presentarse un agotamiento de NO<sub>3</sub> la relación que predominó fue aproximadamente de 30 - 35:1.

Por lo tanto, podemos considerar como relación de N:P deseable la que está entre 30 - 35:1.

2.3.1.4. -Intensidad de Luz, Nitrógeno total,  
Fósforo total y N:P.

Ahora bien, interrelacionando todos los parámetros analizados anteriormente se puede concluir diciendo que las mejores condiciones para el cultivo poliespecífico de Diatomeas en combinación con otros grupos de algas como Cianofitas y Clorofitas son:

PO <sub>4</sub> :	0,06 - 0,12 ppm
NO <sub>3</sub> :	2,5 - 4,0 ppm
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> :	0,6 - 4,5 ppm
P <sub>2</sub> :	0,019 - 0,039 ppm
N <sub>2</sub> :	0,8 - 1,5 ppm
N:P:	30 - 35:1
LUZ:	>5000 lux

A estas condiciones el cultivo, crece rápidamente en un tiempo relativamente corto (de 3-4 días) y con densidades finales que pueden alcanzar (si se mantienen las condiciones) hasta 4.000 cel/ml.

En suma con las demás algas esta densidad aumentaría a 30.000 cel/ml, un incremento muy

sustancial tomando en cuenta que se inició con una densidad de 13 cel/ml aproximadamente.

A menor intensidad de luz, el tiempo de cultivo se incrementa y la división celular es menor alcanzando así una menor densidad final.

En definitiva y de acuerdo con este estudio se ha determinado con claridad que las condiciones aquí descritas son las más apropiadas para el cultivo de Diatomeas en condiciones controladas de Laboratorio.

Habrá que considerar que no hubo separación del fitoplancton y zooplancton por filtración del agua traída de la camaronera, lo que alteraría las condiciones en un sistema controlado.

## CAPITULO III

### III.- PLAN PILOTO: "AREA CAMARONERA" .

El objetivo del Plan Piloto es analizar la biomasa fitoplanctonica que resulta al aplicar diferentes dosis de fertilizantes a varias piscinas previamente seleccionadas considerando las condiciones naturales existentes.

Para dicho efecto se eligieron cuatro piscinas de la camaronera y se siguieron los pasos para establecer cuáles son los parámetros de los nutrientes químicos más aceptables y en mejores concentraciones para obtener un mejor crecimiento del fitoplancton en la columna de agua de la piscina y el desarrollo agregado de las algas de tipo bénticas.

Se trabajó a distintas densidades de siembra, desde 60.000 hasta 75.000 Juv/ha aproximadamente y en una superficie promedio de 10 hectareas por piscina.

Además de las condiciones descritas anteriormente, este plan piloto se realizó con el propósito de obtener un registro de todos los parámetros que se dan básicamente en una camaronera.

### **3.1.- Breve Descripción de la Zona.**

Las piscinas utilizadas para este estudio se localizaron en la empresa camaronera BIOSUPER S.A., cuya ubicación es al sur de la ciudad de Guayaquil-Ecuador, en la hacienda Josefina a 9 km desde las compuertas de las Esclusas de la Autoridad Portuaria compuertas que separan las aguas del Río Guayas y el Estero Salado.

El rango de salinidad en esta zona es de 12 a 36 ppt durante un año normal.

### **3.2.- Características de las Piscinas.**

Las piscinas utilizadas fueron cuatro, éstas tienen una superficie de 9, 10 y hasta 10.5 hectáreas siendo su forma rectangular y con un buen drenaje.

La profundidad promedio de las piscinas es 1.05 m.

### **3.3.- Materiales y Métodos.**

Para los análisis de nutrientes se utilizó el equipo Spectronic 20 de la Hamilton Roy Company, con sus respectivos procedimientos para cada uno de los compuestos químicos.

### 3.3.1.- Análisis de Otros Parámetros.

Dentro de los parámetros analizados tenemos:

#### 3.3.1.1.- Temperatura y O.D.

Todas las mañanas a las 06:00 horas se efectuaron mediciones de temperatura y O.D. (Oxígeno Disuelto), para lo cual se introdujo el sensor a 50 cm de profundidad con previa calibración.

El equipo fue un YSI MODEL 51B Oxigenómetro. Los puntos muestreados fueron las compuertas de salida de cada piscina.

#### 3.3.1.2.- Salinidad.

Diariamente se midió la salinidad, para lo cual se colectaron muestras de agua en recipientes de vidrio. Se utilizó un Refractómetro Compensado.

#### 3.3.1.3.- pH

Con la misma muestra de agua se midió el pH

con la ayuda de un pHmetro ORION RESEARCH MODEL 201 digital.

#### 3.3.1.4.- Turbidez.

Las mediciones de turbidez se efectuaron con el Disco Secchi. Después del medio día se realizaron las mediciones en las compuertas de salida de las piscinas.

#### 3.3.2.- Conteo de Fitoplancton.

Para dicho efecto se tomaron muestras de agua en las compuertas de salida. El fitoplancton analizado se lo dividió en 5 grupos: *Nitzschia spp*, *Chaetoceros spp*, *Skeletonema spp*, Cianofitas y Otros.

Para el conteo se utilizo dos cámaras:

- \* HEMOCITOMETRO O NEWBAUER
- \* SEDGWICK-RAFTER

#### 3.4.- Resultados Obtenidos.

PISCINA # 3: (Oct. - Dic. 15/'90)

Se mantuvo en niveles elevados la concentración de PO<sub>4</sub>, entre 3,5

- 5,4 ppm, mientras que el NO<sub>3</sub> estuvo en valores de 0,17 - 0,30 ppm lo que da una relación de N:P menor a 1 (ver FIG. # 4)

Las concentraciones de Algas son un promedio semanal de los conteos diarios realizados, durante el cultivo se elevó el porcentaje de *Oscillatoria* entre el 97 - 99,5%.

Por otra parte, se mantuvo un crecimiento semanal bajo pero constante de las Diatomeas, empezando desde 0 cel/ml hasta 569 cel/ml en la octava y última semana 540 cel/ml.

Dentro del grupo de Diatomeas se consideraron tres géneros: *Nitzschia sp*, *Skeletonema sp* y *Chaetóceros sp*, obteniendo el mejor crecimiento el primero.

Los parámetros Físico-químicos se mantuvieron en :

pH:	6,6 - 8,2
O.D.:	2,4 - 4,4 ppm
T°C:	23 - 25
SALINID.:	36 - 37 ppt

La concentración de Nitrógeno total fue 0,7 - 1,3 ppm y la de Fósforo total 1,7 - 2,2 ppm. (ver TABLA # X)

PISCINA # 10: (Oct. - Dic. 21/'90)

En esta piscina las Diatomeas tuvieron mayor densidad, hasta 8.000 cel/ml. Los niveles de PO<sub>4</sub> fueron elevados manteniéndose entre

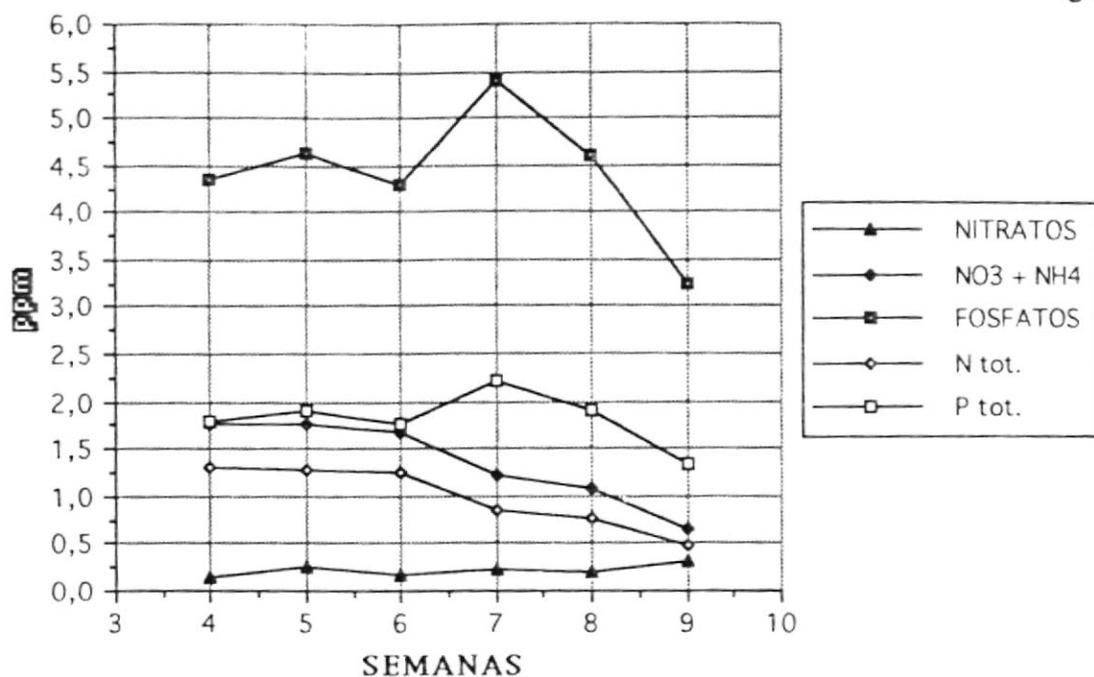


FIGURA # 4.- Concentraciones de Nitrato, Nitrato-Amonio, Fosfato, N<sub>2</sub> tot. y P<sub>2</sub> tot. en la PISCINA # 3

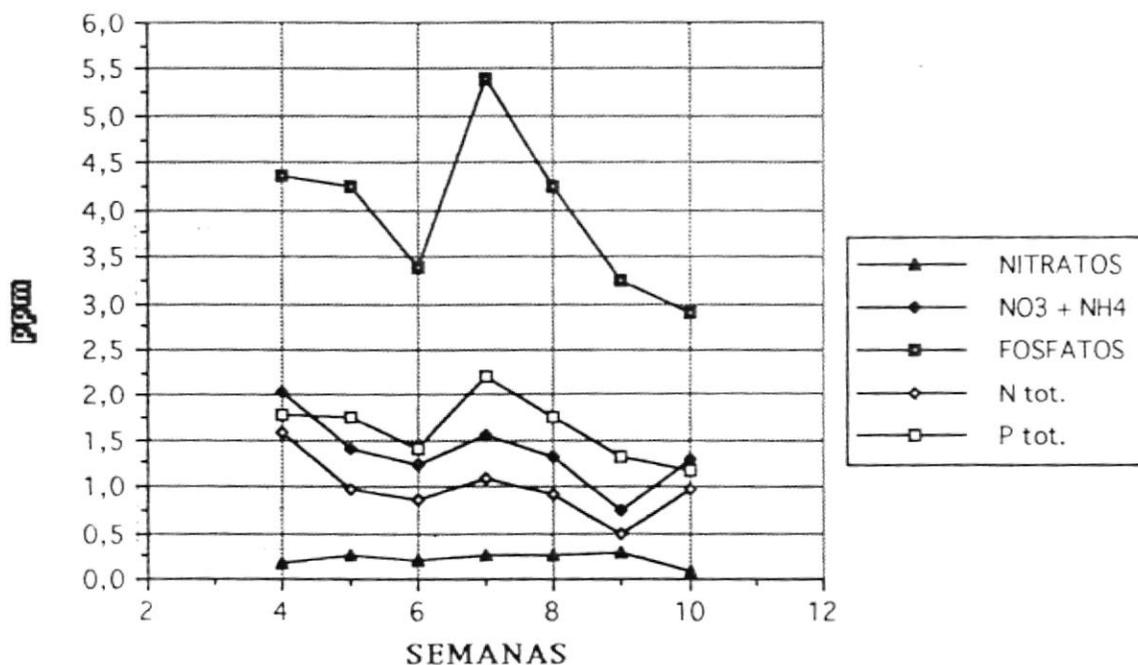


FIGURA # 5.- Concentraciones de Nitrato, Nitrato-Amonio, Fosfato, N<sub>2</sub> tot. y P<sub>2</sub> tot. en la PISCINA # 10

## TABLA # X

CONCENTRACIONES DE NUTRIENTES, DENSIDADES ALGALES  
Y OTROS PARAMETROS DE LA PISCINA # 3

SEMANA #	DIAT. cel/m	OSCILAT. cel/ml	OTROS cel/ml	NO3 ppm	NO3+NH4 ppm	PO4 ppm	N tot. ppm	P tot. ppm	SALIN. ppt
4	0	155000	1814	0,13	1,76	4,36	1,3	1,79	36
5	0	113333	1512	0,256	1,76	4,63	1,27	1,91	37
6	120	198333	3456	0,169	1,69	4,3	1,26	1,77	37
7	300	151833	3832	0,24	1,23	5039	0,85	2,22	36
8	569	87500	108	0,189	1,09	4,6	0,76	1,9	36
9	540	429500	1269	0,296	0,64	3,23	0,47	1,33	36

## TABLA # XI

CONCENTRACIONES DE NUTRIENTES, DENSIDADES ALGALES  
Y OTROS PARAMETROS DE LA PISCINA # 10

SEMANA #	DIAT. cel/m	OSCILAT. cel/ml	OTROS cel/ml	NO3 ppm	NO3+NH4 ppm	PO4 ppm	N tot. ppm	P tot. ppm	SALIN. ppt
4	534	351666	5544	0,16	2,05	4,36	1,58	1,79	37
5	328	293250	4391	0,248	1,41	4,26	0,99	1,76	38
6	2457	251125	2868	0,211	1,23	3,4	0,86	1,4	38
7	7990	153250	4725	0,259	1,55	5,39	1,1	2,22	38
8	4425	176000	1751	0,265	1,33	4,24	0,098	1,75	38
9	5838	144000	495	0,276	0,76	3,23	0,48	1,33	38
10	970	95333	712	0,1	1,3	2,9	0,99	1,19	38
11	1121	30875	524	*	*	*	*	*	*

\* No se hicieron análisis

3,2 - 5,4 ppm y de NO<sub>3</sub> de 0,16 - 0,26 ppm lo que da una relación N:P menor a 1.

Otro grupo importante a considerar fue el de las Cianofitas que osciló entre el 95% y 98% con una curva de crecimiento decreciente desde la primera semana hasta la última del cultivo, empezando con una densidad de 351.000 cel/ml favorecidas por PO<sub>4</sub> mayor a 4,3 ppm. Esta densidad disminuyó a menos de 50.000 cel/ml cuando el PO<sub>4</sub> bajó de más de 5,0 a menos de 3,0 ppm. (ver TABLA # XI)

La concentración de Nitrógeno total fue de 0,5 - 1,1 ppm y para el Fósforo total de 1,3 - 1,8 ppm. Predominó porcentualmente el género *Oscillatoria*. (ver FIG. # 5)

PISCINA # 14: (Oct. '90 - En. 15/'91)

Los niveles de PO<sub>4</sub> fluctuaron entre 3,2 - 4,7 ppm y los de NO<sub>3</sub> entre 0,14 - 0,26 ppm. La relación N:P fue menor a 1.

El porcentaje de *Oscillatoria* varió de 91% a 99% empezando con una densidad de 3696 cel/ml en la tercera semana hasta su pico de 270.000 cel/ml en la sexta semana para luego caer a 18.000 cel/ml en la décima segunda semana. (ver FIG. # 6)

Las Diatomeas tuvieron su máximo crecimiento a la octava semana con 3.900 cel/ml empezando con una densidad de 65 cel/ml. Las

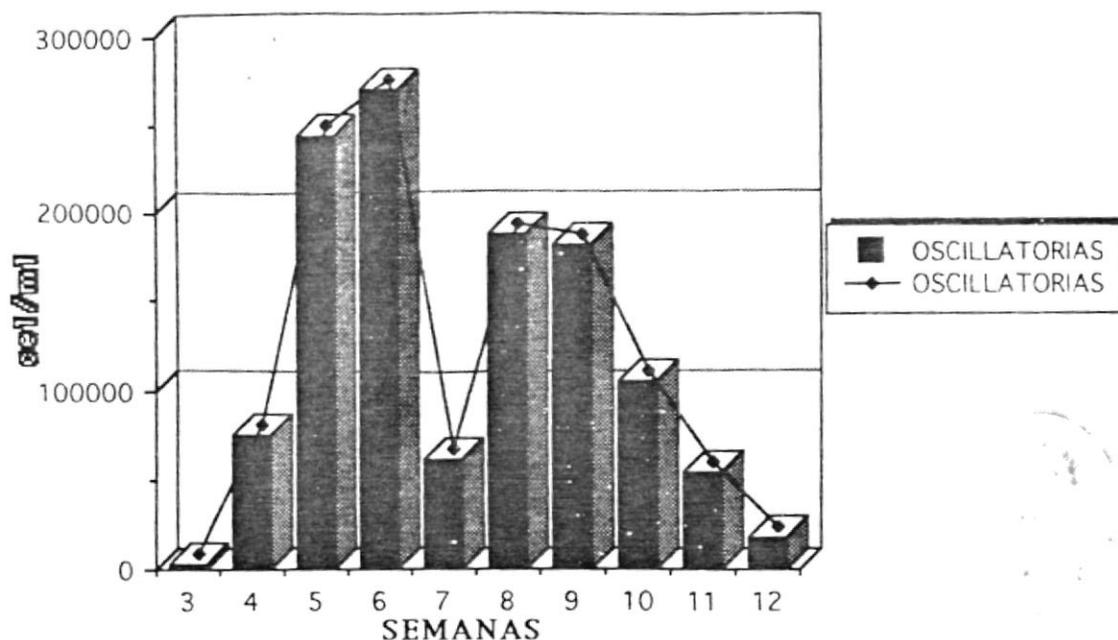


FIGURA # 6.- Densidad de Oscillatoria vs tiempo en la PISCINA # 14 a  $>5000$  lux,  $0,14-0,26$  ppm  $\text{NO}_3$  y  $2,1-4,7$  ppm  $\text{P}_04$

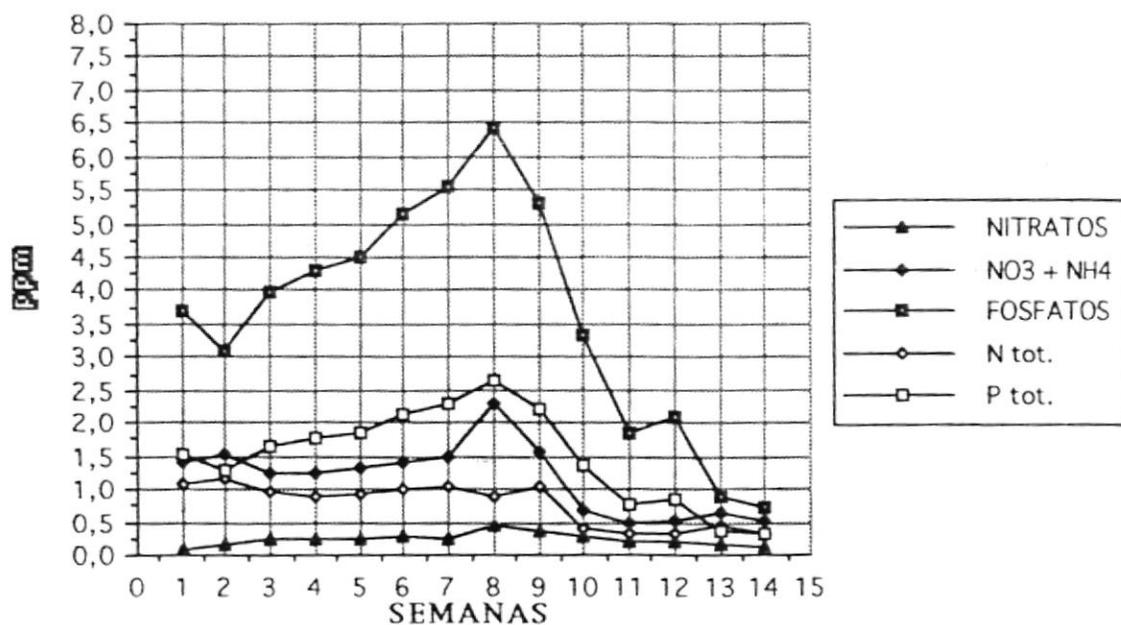


FIGURA # 7.- Concentraciones de Nitrate, Nitrate-Amonio, Fosfato,  $\text{N}_2$  tot. y  $\text{P}_2$  tot. en la PISCINA # 17

*Nitzschia spp* alcanzaron 3.300 cel/ml en la octava semana igual que los *Chaetóceros spp* y *Skeletonema spp*.

La concentración de Nitrógeno total varió de 0,36 a 1,5 ppm y el Fósforo total de 1,3 a 1,9 ppm. (ver TABLA # XII)

En las décimo primera y décimo segunda semanas la salinidad bajo de 36 a 30 ppt.

La concentración de *Oscillatoria* bajó al disminuir la salinidad, así tenemos que con 38 ppt hay una densidad mayor a 260.000 cel/ml y con 30 ppt la densidad es menor a 20.000 cel/ml.

PISCINA # 17: (Nov. '90 - Feb. '91)

En la décima semana hubo una baja de oxígeno a 1,2 ppm debido a la elevada concentración de *Oscillatoria* (458.000 cel/ml).

La densidad de Cianofitas bajó de 300.000 a 70.000 cel/ml (con valor mín. registrado de 4.800 cel/ml), que es aceptable para el cultivo del *Penaeus*.

La salinidad bajó de 38 en la novena semana a 30 ppt en la décima segunda semana, con incremento de la temperatura (hasta 25 °C).

Los nutrientes fluctuaron entre 0,87- 5,6 ppm para el PO<sub>4</sub> y 0,13 - 0,43 ppm para NO<sub>3</sub>. (ver FIG. # 7)

TABLA # XII

CONCENTRACIONES DE NUTRIENTES, DENSIDADES ALGALES  
Y OTROS PARAMETROS DE LA PISCINA # 14

SEMANA #	DIAT. cel/m	OSCILAT. cel/ml	OTROS cel/ml	NO3 ppm	NO3+NH4 ppm	PO4 ppm	N tot. ppm	P tot. ppm	SALIN. ppt
3	65	3696	77	0,14	1,82	2,1	1,38	0,86	36
4	555	74635	2168	0,22	2,15	3,37	1,58	1,39	37
5	486	244914	5769	0,21	1,22	3,4	0,84	1,41	37
6	742	269375	3091	0,251	1,17	3,82	0,78	1,57	38
7	1144	62078	1460	0,245	1,19	4,02	0,81	1,65	39
8	3983	188166	2028	0,26	1,52	4,74	1,09	1,95	39
9	1911	182500	1839	0,26	1,29	4,04	0,88	1,66	38
10	567	106250	338	0,257	0,73	3,92	0,46	1,61	38
11	2284	55000	676	0,207	0,63	3,14	0,36	1,29	36
12	1350	18125	459	0,198	0,62	4,21	0,39	1,73	30

TABLA # XIII

CONCENTRACIONES DE NUTRIENTES, DENSIDADES ALGALES  
Y OTROS PARAMETROS DE LA PISCINA # 17

SEMANA #	DIAT. cel/m	OSCILAT. cel/ml	OTROS cel/ml	NO3 ppm	NO3+NH4 ppm	PO4 ppm	N tot. ppm	P tot. ppm	SALIN. ppt
1	0	13056	346	0,09	1,39	3,7	1,07	1,53	36
2	10	38882	971	0,18	1,52	3,1	1,15	1,28	36
3	39	126893	4932	0,225	1,23	3,99	0,95	1,65	36
4	11630	288456	7211	0,231	1,25	4,31	0,88	1,78	37
5	17020	286857	5051	0,26	1,32	4,51	0,93	1,86	38
6	130	201847	2522	0,274	1,42	5,16	0,99	2,13	38
7	729	263371	7707	0,259	1,47	5,56	1,03	2,29	38
8	717	187112	1623	0,434	2,3	6,45	0,87	2,66	38
9	90	102500	864	0,378	1,56	5,32	1,06	2,2	38
10	473	458233	2673	0,293	0,62	3,32	0,39	1,37	38
11	2358	165986	1296	0,203	0,48	1,86	0,32	0,77	34
12	7211	180224	738	0,202	0,53	2,04	0,32	0,86	30
13	7151	69281	966	0,162	0,63	0,89	0,43	0,37	30
14	518	4820	1264	0,138	0,52	0,74	0,34	0,31	30

El porcentaje de *Oscillatoria* varió de 73% - 99% empezando en la semana uno con una densidad de 13.000 cel/ml hasta 458.000 cel/ml en la decima semana para decaer a 70.000 cel/ml en la décimo tercera semana. (ver FIG. # 8)

Las Diatomeas empezaron con 0 cel/ml para continuar con un crecimiento acelerado y alcanzar una densidad de 17.000 cel/ml en la quinta semana. Luego decayó a 473 cel/ml en la décima semana para posteriormente despuntar alcanzando 7.211 cel/ml.

La concentración de Nitrógeno total varió de 0.3 - 1.1 ppm y para el Fósforo total de 0,3 - 2,6 ppm.

Con todo lo expuesto se obtiene que los valores en que se dieron bajas densidades de Cianofitas fueron: PO<sub>4</sub> 0,5 - 0,8 ppm NO<sub>3</sub> 0,15 - 0,18 ppm (ver TABLA # XIII)

### 3.4.1.- Discusión

#### 3.4.1.1.- PO<sub>4</sub>

La fluctuación de éste nutriente fue igual de amplia para las cuatro piscinas, su rango fue de 2,0 - 5,5 ppm aproximadamente. lo que significa, según los resultados obtenidos en el

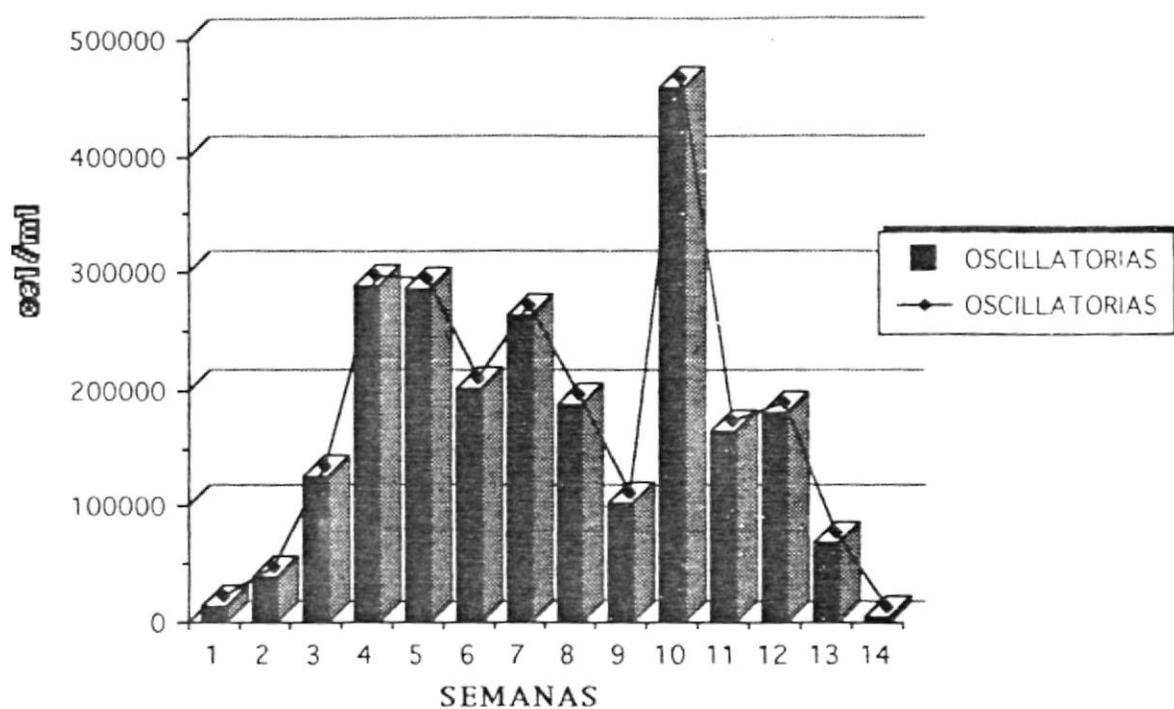


FIGURA # 8.- Densidad de Oscillatoria vs tiempo en la PISCINA # 17 a  $>5000$  lux,  $0,09-0,43$  ppm  $N03$  y  $0,74-6,45$  ppm  $P04$

bioensayo, que son valores muy altos que no favorecen el bloom de Diatomeas sino de Cianofitas. Estas elevadas concentraciones de PO<sub>4</sub> (> 2,0 ppm) se presentaron en toda la zona que comprende alrededor de 8 camaroneras.

Análisis de nutrientes realizados en el Estero Salado y Canal Reservorio mostraron los siguientes valores:

E. SALADO      C. RESERVORIO

NO <sub>3</sub> :	0,18 ppm	0,17 ppm
PO <sub>4</sub> :	2,77 ppm	1,82 ppm
NH <sub>4</sub> :	0,38 ppm	0,10 ppm
DIATOM.:	212 cel/ml	541 cel/ml
CIANOFIT.:	5.000 cel/ml	250 cel/ml

El PO<sub>4</sub> se encuentra elevado en el Estero y al ser bombeado al Canal su concentración baja asumiendo que se debió a la acción del fondo que actuó como RESERVORIO (de PO<sub>4</sub>), absorbiéndolo. Esta función se nota más claramente en las piscinas al permanecer por más tiempo creando una reacción de dilución desde el sedimento hacia la columna de agua

aumentando su concentración. Esta reacción es continua según el consumo fitoplanctónico.

Esto causó un rompimiento de las condiciones óptimas para el bloom de Diatomeas favoreciendo de ésta manera al encontrarse muy elevado el PO<sub>4</sub> y extremadamente bajo el NO<sub>3</sub> (menos de 0,4 ppm) al crecimiento de Cianofitas con densidades de 250.000 a 400.000 cel/ml.

Las densidades de Diatomeas fueron variables desde 500 hasta 5.000 cel/ml, bajo para el cultivo.

Resultó una ventaja para el crecimiento de Cianofitas la capacidad de captar N<sub>2</sub> del medio ambiente, mientras que para las Diatomeas esto incrementó su competencia.

#### 3.4.1.2.- Manejo:Costos.

Con condiciones de este tipo, en que se favorecen a las Cianofitas y se inhiben a las Diatomeas, el manejo del fitoplancton en una

piscina camaronera se torna hasta cierto punto peligroso debido a que las densidades de Cianofitas alcanzan valores muy altos (450.000 cel/ml).

Con esto quiero decir que se tomarán muy en cuenta los parámetros físico-químicos de manera especial el O.D. al poder existir una baja fatal de OXIGENO en la madrugada.

Otros peligro es que puede haber un taponamiento de los filamentos branquiales del camarón lo que causaría un barbeo por el día (o noche) con su posterior mortalidad.

La relación N:P siempre fue menor a 1.

La fertilización con Urea en las piscinas 10, 14 y 17 tuvo respuesta inmediata al incrementarse la densidad de Diatomeas.  
(ver FIGS. # 9, 10, 11)

Por lo tanto, el manejo del fitoplancton estará enfocado a bajar la densidad de Cianofitas e incrementar la densidad de Diatomeas por medio de la fertilización. Las condiciones del

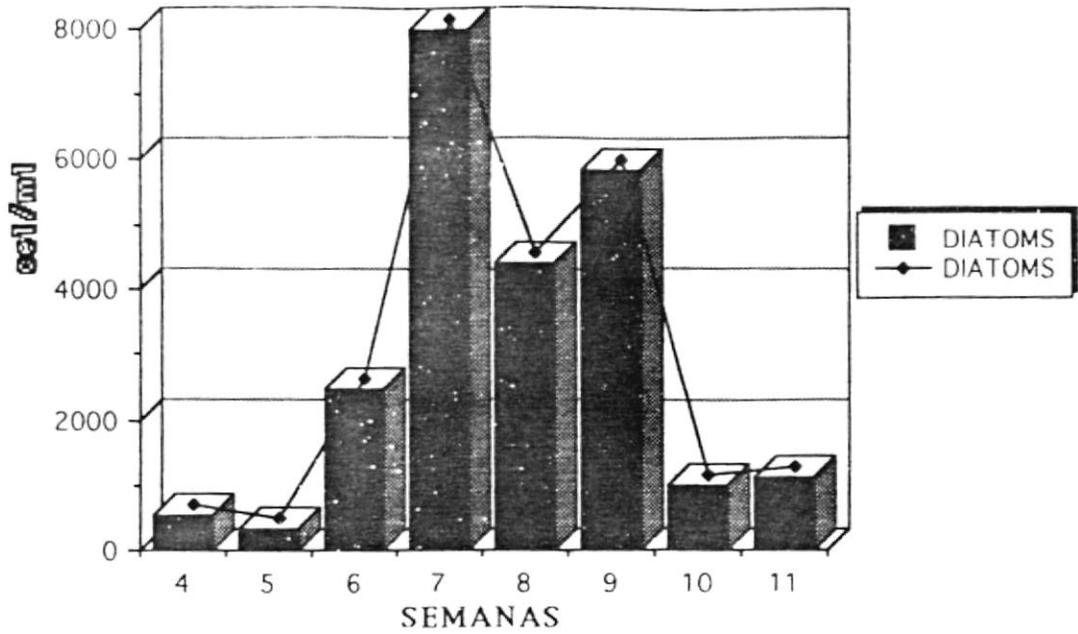


FIGURA # 9.- Densidad de Diatomeas vs tiempo en la PISCINA # 10 a >5000 lux, 0,10-0,27 ppm N03 y 2,9-5,39 ppm P04

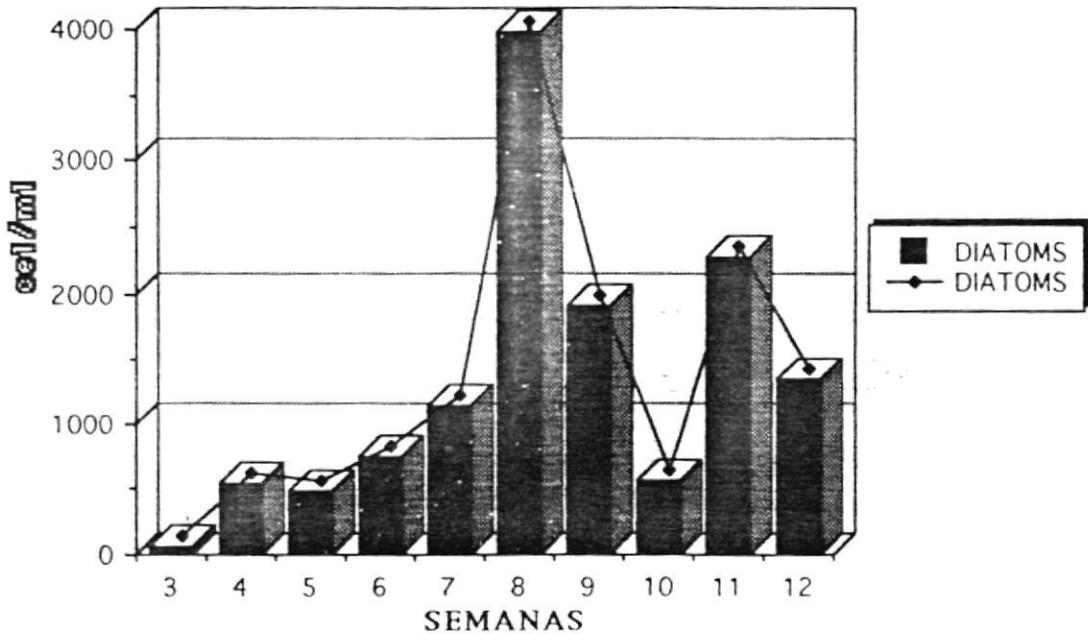


FIGURA # 10.- Densidad de Diatomeas vs tiempo en la PISCINA # 14 a >5000 lux, 0,14-0,26 pm N03 y 2,1-4,7 ppm P04

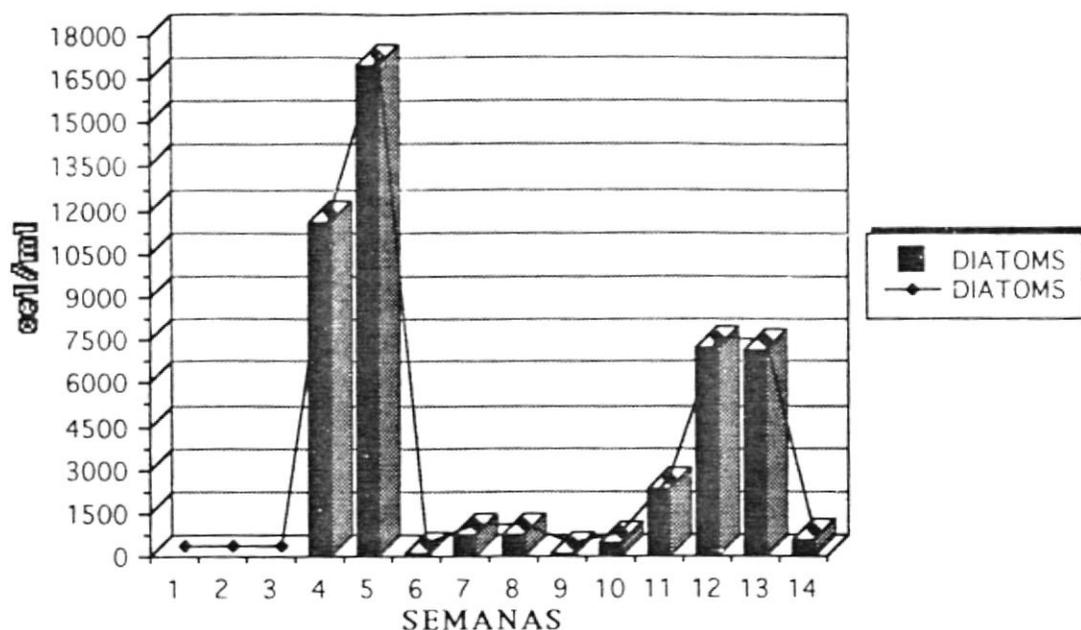


FIGURA # 11.- Densidad de Diatomeas vs tiempo en la PISCINA # 17 a  $>5000$  lux,  $0,09-0,43$  ppm  $N_3$  y  $0,74-6,45$  ppm  $P_4$

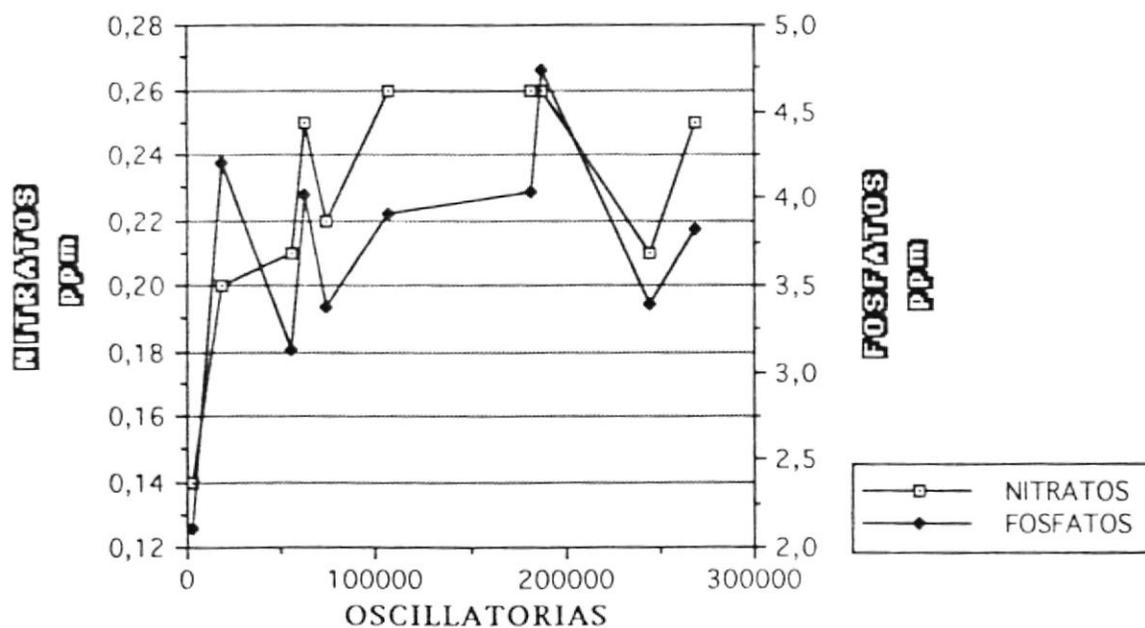


FIGURA # 12.- Densidad de Oscillatoria en relación a las concentraciones de Nitrato y Fosfato en la PISCINA # 14 a  $>5000$  lux.

fondo de una piscina son muy importantes y tendrán que ser tomadas en cuenta para este propósito.

Podemos calcular entonces los requerimientos de UREA para la fertilización, lo cual representa un Costo de Producción, al obtener condiciones favorables para Diatomeas.

Si tomamos en cuenta las condiciones aquí dadas, el manejo no fue el apropiado al requerirse elevadas cantidades de UREA lo cual resultaría muy costoso.

Así tenemos que los requerimientos para una piscina de 10 Hectáreas (ha) serían:

con N:P de 5:1 y PO<sub>4</sub> de 3,5 ppm

7,5 N<sub>2</sub> .....75 Kg/hectáreas de N<sub>2</sub> ... 167 Kg  
UREA/hectáreas 33 sacos UREA/Pisc.

33 sacos x \$ 21.000 =

= 693.000 sucres/semana

con N:P de 20:1

2'772.000 sucres/semana

con N:P de 35:1

4'851.000 sucres/semana

Costos que son exageradamente altos para el cultivo resultando no rentables.

En definitiva, podemos decir que elevadas concentraciones de PO<sub>4</sub> tienen consecuencias negativas en:

- \* Biomasa Fitoplanctónica,
- \* Patologías en el camarón y
- \* Altos Costos de Producción.

## CAPITULO IV

### IV.- RESULTADOS FINALES.

En condiciones de Laboratorio se obtuvo crecimientos acelerados de los géneros *Nitzschia sp*, *Chaetóceros sp* y *Skeletonem sp* con las siguientes concentraciones de nutrientes:

1,7 - 3,0 ppm de NO<sub>3</sub>, 0,06 - 0,08 ppm de PO<sub>4</sub> y N:P de 35:1

Existe una relación directamente proporcional entre la densidad algal y concentración de PO<sub>4</sub>.

A elevadas concentraciones de PO<sub>4</sub> y bajas concentraciones de NO<sub>3</sub> existe una reacción de decrecimiento algal resultando en un incremento de Cianofitas y disminución de Diatomeas con relación de N:P y NO<sub>3</sub>:PO<sub>4</sub> menor a 1.

Relaciones entre 30 - 35:1 de N:P favorecen el bloom de Diatomeas alcanzando altas densidades; mientras que relaciones menores de 5 - 15:1 favorecen a las Cianofitas conjuntamente con elevadas concentraciones de PO<sub>4</sub> (> 0,14 ppm)

Se observó un agotamiento total de Nitrato por consumo algal lo que ocasionó la caída del bloom y en otros casos se mantuvo por la presencia de Amonio (NH<sub>4</sub>).

La Intensidad de Luz tiene un rol importante en el bloom fitoplanctónico, existiendo una relación directamente proporcional entre la Intensidad de Luz y la Densidad Algal.

Niveles de  $\text{NH}_4$  de 0,6 - 0,12 ppm mantuvieron las densidades algales cuando los niveles de Nitrato eran de 0 ppm . Concentraciones de  $\text{NO}_3$  menores a 1,4 ppm y  $\text{PO}_4$  mayores a 0,20 y menores a 0,02 ppm provocan la caída del bloom de Diatomeas.

En definitiva, se ha determinado con claridad en este estudio que las condiciones aquí descritas son las más adecuadas para el cultivo de Diatomeas en condiciones controladas de Laboratorio, estas condiciones son:

* $\text{PO}_4$ :	0,06 - 0,12 ppm
* $\text{NO}_3$ :	2,5 - 4,0 ppm
* $\text{NO}_3+\text{NH}_4$ :	0,6 - 4,5 ppm
* $\text{P}_2$ :	0,019 - 0,039 ppm
* $\text{N}_2$ :	0,8 - 1,5 ppm
* N:P	30 - 35:1
* LUZ:	> 5.000 lux

Con respecto al Plan Piloto, los niveles de  $\text{PO}_4$  se mantuvieron extremadamente elevados, de 3,5 - 5,4 ppm.

Concentraciones de Nitrogeno total de 0,4 - 1,4 ppm y de Fósforo total de 1,3 - 1,8 ppm dieron relaciones de N:P menores a 1, condiciones propicias para incrementar las Cianofitas y disminuir las Diatomeas.

Al disminuir la Salinidad y nutrientes ( $PO_4$ ), disminuyó la densidad de Cianofitas.

Las Cianofitas predominan en el medio debido a que tienen la capacidad de captar Nitrógeno del medio ambiente sumándose a ello la elevada concentración de  $PO_4$ , sobre las Diatomeas que carecen de esta capacidad creando competencia por nutrientes.

Cabe anotar, que los niveles de Amoníaco se elevaron a concentraciones peligrosas de 0,05 - 0,09 ppm. al fertilizar, cuando lo recomendado como máximo es 0,03 ppm de  $NH_3$ .(comunicación personal con bióloga Cedeño.)

Igualmente ocurrió con el Nitrito, que se elevó a 0,04 - 0,06 ppm, siendo la normal para el cultivo 0,023 ppm de  $NO_2$ .

Finalmente para el Amonio, su concentración fluctuó entre 0,5 - 1,3 ppm, sin problemas al no ser tóxico debido a que su peligrosidad está en valores de 2,4 ppm a un pH de 8,0 por 48 horas ( $L_c = 50$ ).

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Analizando los resultados obtenidos y bajo las condiciones de Laboratorio aquí expuestas, podemos concluir que:

1.- Una concentración de nutrientes de:

* NO <sub>3</sub> :	2,5 - 4,0 ppm
* PO <sub>4</sub> :	0,06 - 0,12 ppm
* NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> :	0,6 - 4,5 ppm
* N <sub>2</sub> :	0,8 - 1,5 ppm
* P <sub>2</sub> :	0.019 - 0,039 ppm
* LUZ:	> 5.000 lux
* N:P	30 - 35:1

dan óptimos resultados en el crecimiento de Diatomeas y muy bajo para el crecimiento de otras algas.

2.- Cuando existen niveles de Fósforo mayores a los de Nitrógeno, se obtiene un cambio brusco en la composición poblacional, predominando otros géneros que no pertenecen al grupo de Diatomeas sino a las Cianofitas, tal es el caso de una relación 0,75:1 de N:P y de 2,4:3,2 ppm de NO<sub>3</sub>:PO<sub>4</sub>.

3.- Existe una competencia por nutrientes a tal punto que se da el agotamiento total de Nitrato ( 0 ppm de NO<sub>3</sub>) ocasionando la caída del bloom, reciclando los nutrientes al descomponerse los cuerpos celulares algales.

- 4.- Tomar muy en cuenta la concentración de nutrientes en el medio más que su relación, porque se puede tener una relación de 15:1 pero con concentraciones bajas ó muy altas que no darán el crecimiento esperado elevando los costos de Producción por mal manejo.
- 5.- Las *Skeletonema spp*, *Nitzschia spp* y *Chaetóceros spp* tuvieron crecimientos constantes a las siguientes concentraciones:  
NO<sub>3</sub>: 1,7 - 3,0 ppm; PO<sub>4</sub>: 0,06 - 0,08 ppm; N<sub>2</sub>: 0,7 - 1,1 ppm; P<sub>2</sub>: 0,05 - 0,09 ppm.
- 6.- Con respecto a la Intensidad de Luz tenemos que, a mayor Intensidad de Luz (> 5.000 lux) se acelera el crecimiento y la densidad fitoplanctónica es mayor que si fuera a una Intensidad de Luz menor (1900 - 3500 lux).
- 7.- Existe una relación directa entre la densidad de *Nitzschia spp* y la aplicación de UREA (NO<sub>3</sub>).
- 8.- La salinidad tuvo un papel importante, al existir una relación directamente proporcional con la densidad de Cianofitas, en un rango de 38 a 30 ppt.
- 9.- Confirmamos el consumo de Fosfato en presencia de Nitrato por parte del alga.

- 10.-La pobre renovación de agua en la piscina de cultivo favoreció conjuntamente con los altos niveles de  $PO_4$ , al incremento de algas Cianofitas por lo que es muy necesario monitorear el porcentaje de renovación para mantener la buena calidad de agua así como también la buena calidad de algas. Una renovación de 0,5 - 2.0% es extremadamente insuficiente.
- 11.-Se aplicarán dosis de 10 - 25 lbs UREA/hectárea para mantenimiento y como dosis inicial 45 lbs UREA/hectárea
- 12.-Resulta peligroso para el cultivo mantener densidades de Cianofitas superiores a 300.000 cel/ml.

Una vez obtenidas las conclusiones derivadas de nuestro estudio creemos pertinente ofrecer algunas recomendaciones que puedan beneficiar al sector camaronero.

- 1.- Realizar un bioensayo por un tiempo de 10 días y con una capa de 10 cm de suelo (sustrato), para determinar el comportamiento de los nutrientes, específicamente el Fosfato y el crecimiento de Diatomeas.
- 2.- Probar con otros fertilizantes que proporcionen los nutrientes, como es el Nitrato de Sodio que es excelente pero de corta duración o con fertilizantes orgánicos.

- 3.- Hacer muestreos de biomasa fitoplanctónica de tipo béntica que es la de mayor consumo por el camarón.
  
- 4.- Para aplicaciones de fertilizantes, las aplicaciones serán frecuentes (en piscinas) para mantener los niveles de Nitrato y el bloom de alga, según lo verifiquen los análisis. Las aplicaciones podrían ser semanales o cada 10 días según se de el caso.
  
- 5.- Con respecto a la preparación de una piscina, recomendamos: primero recuperar la calidad del fondo si es que está deteriorado para luego aplicar la dosis INICIAL, inundando la piscina un 40% de la superficie del fondo y a partir de ese momento diluir la UREA por compuerta de entrada y completar el nivel hasta inundar en dos días máximo todo el fondo sin que la columna de agua supere los 40 cm. promedio.  
Para la dosis de MANTENIMIENTO, la aplicación será con previa dilución y al voleo, favoreciendo a especies pelágicas.  
Cubrir en todas las aplicaciones de mantenimiento el 75% de la superficie contando desde las compuertas de entrada hacia la salida. No se fertilizará el 25% restante.  
Bajar el nivel 40 -50 cm y fertilizar, en caso crónico bajar el nivel 50% y fertilizar recuperando lentamente el nivel.
  
- 6.- Los programas de fertilización dan mejores resultados cuando el suelo, que inter-actúa con el agua, es recuperado en su carga, pH, oxigenación, etc.

- 7.- Verificar si con fertilizantes que contengan SILICE se obtienen mayores densidades de Diatomeas que de Cianofitas.
  
- 8.- Verificar si la dosis calculada teórica del fertilizante proporciona en el medio de cultivo la concentración esperada por medio del análisis inmediato a la aplicación.
  
- 9.- Realizar un bioensayo en condiciones controladas de Laboratorio y con una especie de alga, es decir, que sea monoespecífico el cultivo.
  
- 10.- Probar tres diferentes grados de SALINIDAD y ver:
  - ¿Qué alga predomina?
  - ¿Qué concentración alcanza?
  - ¿Cómo se comportan los nutrientes?
  
- 11.- Verificar el comportamiento algal a 3 distintas Temperaturas y ver:
  - ¿Qué género tiene el crecimiento más rápido?
  - ¿Cuál es el tiempo de vida del alga?
  - ¿Qué grupos predominan?

## ANEXOS

## ANEXO A

TABLAS DE PARAMETROS FISICO-QUIMICOS DE LAS  
PISCINAS UTILIZADAS EN EL PLAN PILOTO.

## TABLA # XIV

### PISCINA #3 PARAMETROS FISICO-QUIMICOS

SEMANA #	TEMP. ° C PROMED.	O. D. (ppm)		TURBIDEZ (cm)		pH		UREA lbs	SPT lbs
		MIN.	MAX.	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.		
4	24	2,4	4,2	40	50	7,8	8,25	440	*
5	24	2,6	3,8	30	40	7,	8,1		
6	24	3	3,9	30	40	7,3	7,4		
7	23.5	3	3,9	30	40	7,15	7,35		
8	25	2,4	3,6	35	40	6,6	7,15		
9	25	3	4,4	40	50	6,65	8,2		

## TABLA # XV

### PISCINA #10 PARAMETROS FISICO-QUIMICOS

SEMANA #	TEMP. ° C PROMED.	O. D. (ppm)		TURBIDEZ (cm)		pH		UREA lbs	SPT lbs
		MIN.	MAX.	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.		
4	22.5	2,6	3,8	30	40	7,5	7,8	220	220
5	23	1,8	4,4	25	35	7,4	7,8	220	
6	22.5	3	4,4	35	35	7,2	7,6	220	
7	22.5	1,8	3,4	30	35	7,1	7,25		
8	23	2,2	3,4	30	35	6,95	7,3		
9	24.5	3	3,8	35	35	6,65	7,4		
10	24.5	2,4	3,1	30	35	7,9	7,95		
11	24.5	2,2	3,6	25	30	*	*		

TABLA # XVI

PISCINA # 14  
PARAMETROS FISICO-QUIMICOS

SEMANA #	TEMP. ° C	O. D. (ppm)		TURBIDEZ (cm)		pH		UREA lbs	SPT lbs
		PROMED.	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.	MIN.		
3	21.5	3,8	4,6	70	80	8	8,2	330	330
4	22.5	3,2	5,4	35	60	8	8	220	
5	23.5	3,2	5,4	25	40	8	8,1		
6	23.5	2,8	4,4	30	50	7,8	8		
7	23	3,6	4,4	35	50	7,3	7,6		
8	23	2,8	4,6	35	40	7,2	7,6	220	
9	24.5	3	4,4	30	40	6,8	7,5		
10	24.5	3	3,8	30	40	8	8,4		
11	25	3,2	5,4	20	30	7,8	8,2		
12	24.5	3,2	3,8	25	30	7,7	7,8		

TABLA # XVII

PISCINA # 17  
PARAMETROS FISICO-QUIMICOS

SEMANA #	TEMP. ° C	O. D. (ppm)		TURBIDEZ (cm)		pH		UREA lbs	SPT lbs
		PROMED.	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.	MIN.		
1	22	3,8	4,2	30	35	7,4	7,4	220	220
2	21.5	4	5,2	25	30	7,6	7,6		
3	21.5	3	4,6	35	50	7,9	7,9	330	
4	23	3,2	5,2	35	50	7,7	7,9		
5	23.5	2,8	3,6	25	35	7,4	7,9		
6	23	2,2	3,8	35	40	7,3	7,8		
7	23	2,4	4	30	40	7,25	7,3		
8	22.5	1,8	4,6	25	35	7,25	7,7	20	
9	23	1,8	4,2	30	30	7,1	7,6		
10	25	1,2	3,6	35	35	7,15	8,4		
11	24.5	2,6	6,4	30	35	7,4	8,4		
12	23.5	1,6	3,4	30	35	7,6	8,45		
13	24.5	1,8	2,6	25	35	7,5	8,15		
14	25	2,8	2,8	40	50	7,6	7,9		

## ANEXO B

FIGURAS QUE ILUSTRAN DENSIDADES ALGALES,  
CONCENTRACIONES DE NUTRIENTES Y OTROS  
PARAMETROS DEL BIOENSAYO Y PLAN PILOTO.

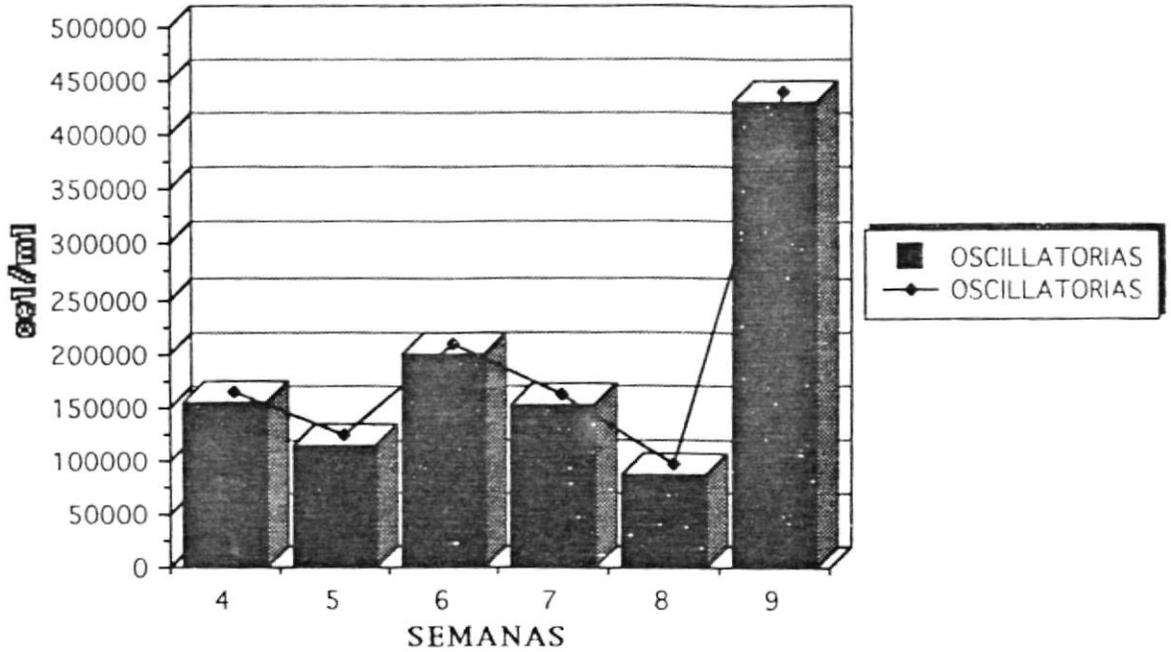


FIGURA # 13.- Densidad de Oscillatoria vs tiempo en la PISCINA # 3 a >5000 lux, 0,13-0,29 ppm N03 y 3,23-5,04 ppm P04

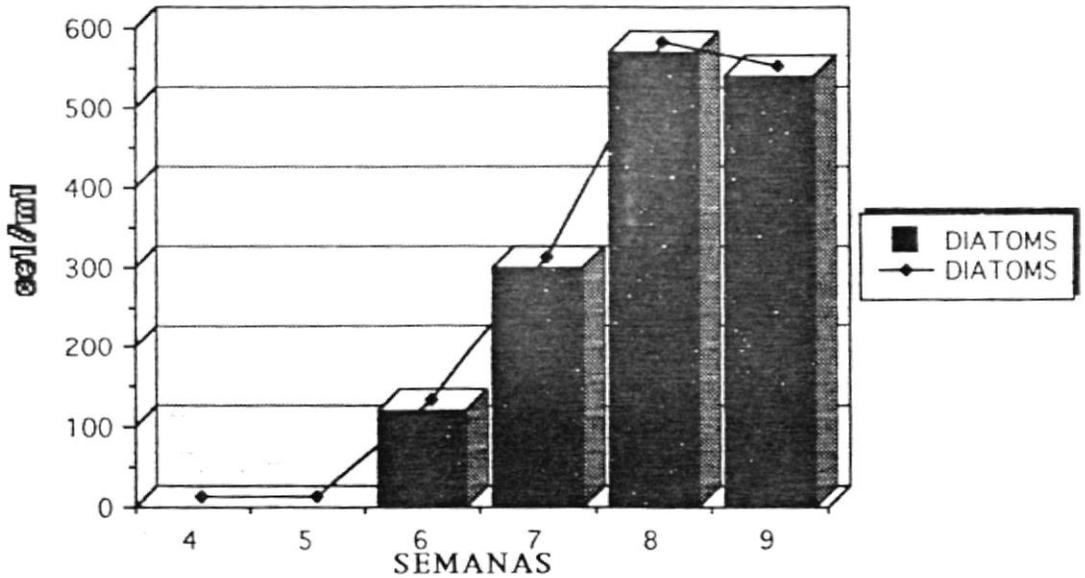


FIGURA # 14.- Densidad de Diatomeas vs tiempo en la PISCINA # 3 a >5000 lux, 0,13-0,29 ppm N03 y 3,23-5,04 ppm P04

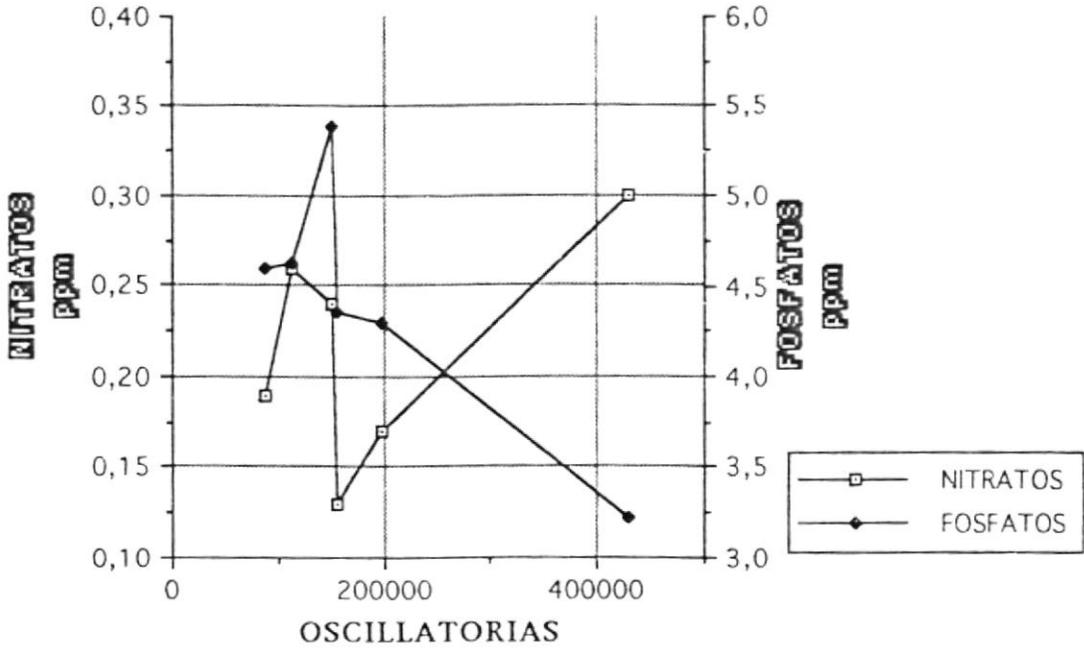


FIGURA # 15.- Densidad de Oscillatoria en relación a las concentraciones de Nitrateo y Fosfato en la PISCINA # 3 a >5000 lux.

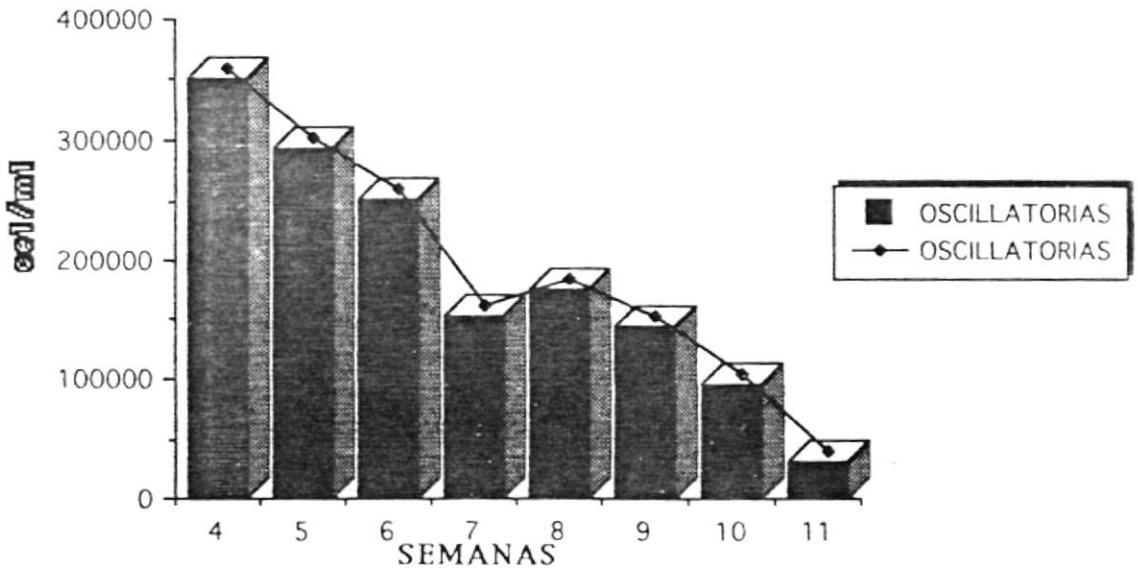


FIGURA # 16.- Densidad de Oscillatoria vs tiempo en la PISCINA # 10 a >5000 lux, 0.10-0.27 ppm NO<sub>3</sub> v 2.9-5.39 ppm PO<sub>4</sub>

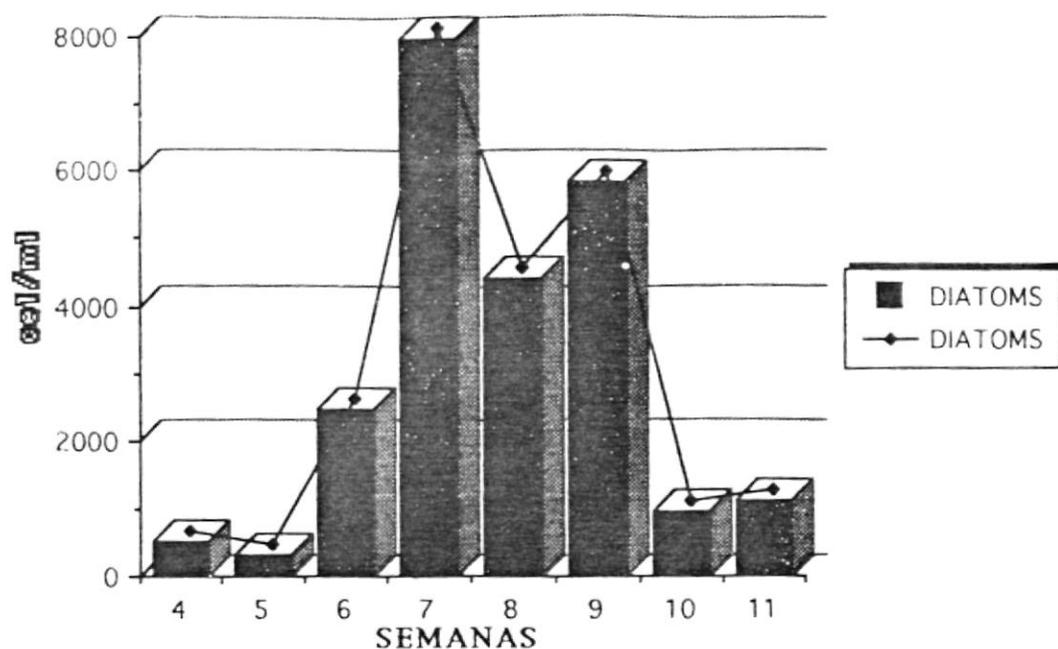


FIGURA # 17.- Densidad de Diatomeas vs tiempo en la PISCINA # 10 a  $>5000$  lux,  $0,10-0,27$  ppm  $\text{NO}_3$  y  $2,9-5,39$  ppm  $\text{PO}_4$

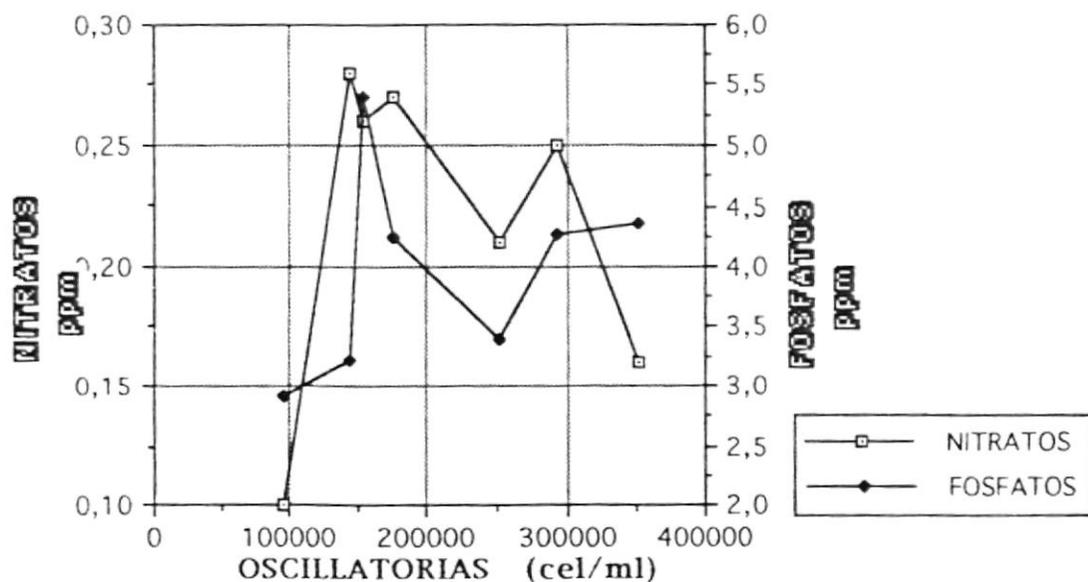


FIGURA # 18.- Densidad de Oscillatoria en relación a las concentraciones de Nitrate y Fosfato en la PISCINA # 10 a  $>5000$  lux.

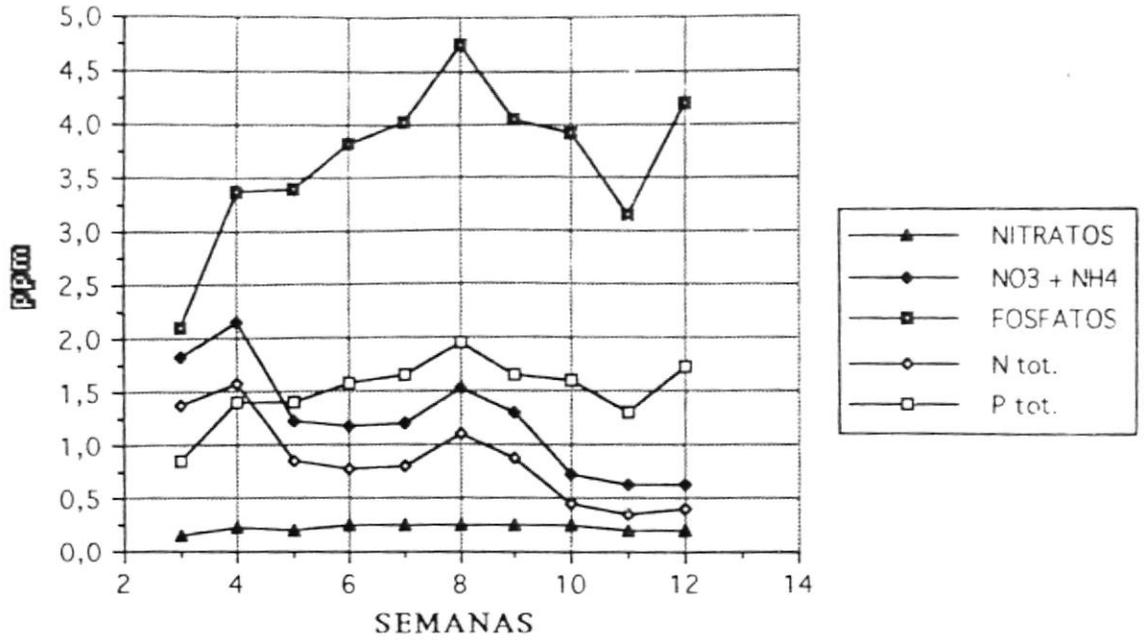


FIGURA # 19.- Concentraciones de Nitrato, Nitrato-Amonio, Fosfato, N2 tot. y P2 tot. en la PISCINA # 14

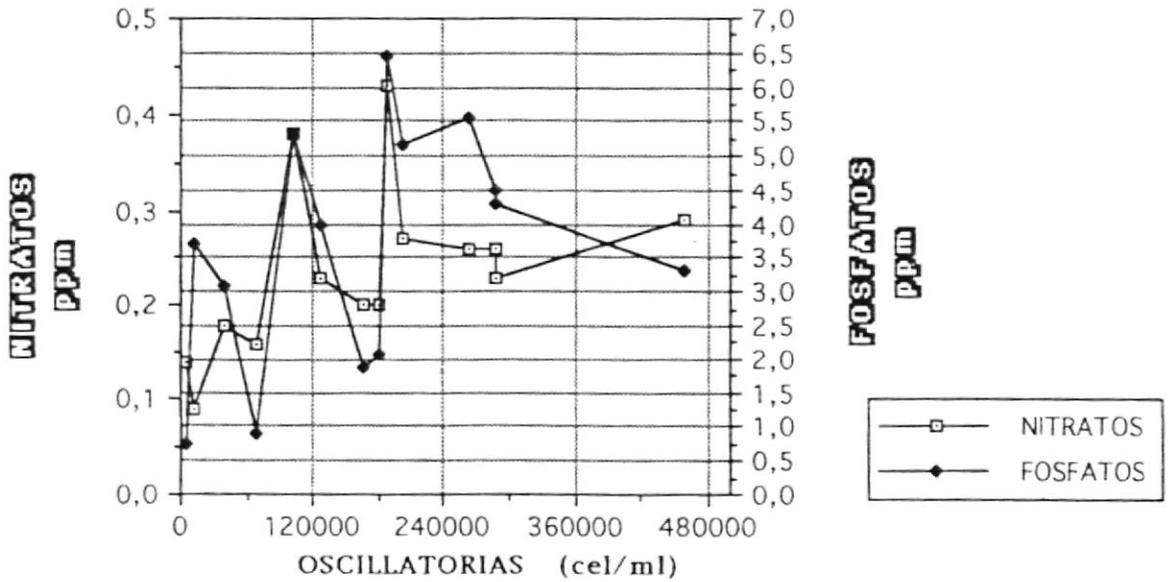


FIGURA # 20.- Densidad de Oscillatoria en relación a las concentraciones de Nitrato y Fosfato en la PISCINA # 17 a >5000 lux

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- BOEING, Phil, (Mayo 1990) "Calidad de Agua y Suelo en el Cultivo de Camarón". Acuicultura, CPC, pp. 25-30
- 2.- BOYD, C. E. (1981) Comparison of Five Fertilization Programs for Fish Ponds. Auburn University Agricultural Experiment Station. Auburn-Alabama, pp 541 - 545.
- 3.- BOYD, C. E. , YONT MUSIG and LUTHER TUCKER. (1981) Effects of three Phosphorus fertilizers on Phosphorus concentrations and Phytoplankton Production Aquaculture, 22 pp. 175- 180
- 4.- BOYD, C. E. (1978) Water Quality in Warmwater fish ponds. Alabama, pp. 33- 36
- 5.- BOYD, C. E. and SOWLES J. W. (1978) Nitrogen Fertilization of Ponds. Trns. Am. Fish Sec. 107: pp. 737 - 741.
- 6.- BOYD, C. E. (1971). Phosphorus Dynamics in Ponds. Auburn University Agricultural Experiment Station. Auburn-Alabama pp. 418 - 423.
- 7.- BOULDIN, D. JOHNSON, BURDA and C. KAO (1974) Losses of inorganic nitrogen from aquatic systems. J. Environ. Qual. Vol III pp. 107 - 114.

- 8.- EREN, Y. T. TSUR and AVNIMELECH. (1973) Phosphorus Fertilization of Fishponds in the Upper Galilee. pp. 87 - 93.
- 9.- HEPHER, B. (1959) Chemical fluctuations of the water of fertilized and unfertilized fishponds in subtropical climate. *Bamidgch*, II (1) pp. 3 - 22
- 10.- HEPHER, B. (1966) Some aspects of the Phosphorus Cycle in Fishponds. *Verh. internat. Ver. Limnol*, 16, pp. 1293 - 1297.
- 11.- HEPHER, B. (1962) Primary productions in fishponds and its application to fertilization experiments. *Limnol. Oceanogr.* 7 (2) pp. 131 - 136.
- 12.- HEPHER, B. Ten years of research in fishpond fertilization in Israel II. Fertilizers dose and frequency of fertilization. Fish Culture Research Station-Dor. pp. 78 - 92
- 13.- JIMENEZ, R., y PESANTES, F., (1983) *Acta Oceanográfica del Pacífico*, Publicación INOCAR, Departamento Ciencias del Mar, Vol II, N° 2, pp 203 - 377.
- 14.- KETCHUM, B. (1927) The Absorption of Phosphate and Nitrate by illuminated cultures of *Nitzschia closterium*. *Proc. Inter. Congr. Ithaca, N.Y.* 2: pp. 1676 - 1687.
- 15.- RUBRIGHT, JOHN S., HARRELL J. L., HOLCOMB H. W. and PARKER J. C. (1981) Responses of Planktonic and Benthic Communities to fertilizer and feed applications in shrimp mariculture ponds. *J. World Maricult. Soc.* 12: pp. 281 - 299.

- 16.- TILMAN, DAVID, RICHARD KIESLING, ROBERT STERNER, SUSAN S. KILHAM and FREDERICK A. J. (1986). Green, bluegreen and diatom algae: Taxonomic differences in competitive ability for phosphorus, silicon and nitrogen. Arch. Hydrobiol. 106(4) pp. 373- 485.
- 17.- VAN RIJN, J. SHAHER DIAB and MOSHE SHILO (1987) Phytoplankton succession in relation to the Nitrogen regime in shallow, brackish - water fishponds. Arch. Hydrobiol. Vol III (2) pp. 183- 196.
- 18.- Folleto de Identificación de Algas y Fertilizantes pp. 59- 66.