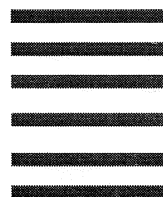
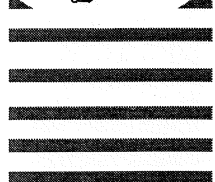




**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE
BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS**



**"*Gracilaria pacifica* Abbott (RHODOPHYTA) COMO BIOFILTRO EN
UN CULTIVO SEMI-INTENSIVO CON DOS ESPECIES DE
CAMARÓN *Penaeus stylirostris* y *Penaeus vannamei*"**



TESIS
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
OCEANOLOGO
PRESENTA
EDUARDO PAREDES ESCALONA

ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, AGOSTO DE 1999

RESUMEN

El crecimiento de la actividad acuícola, principalmente la de camarón se ha caracterizado por el desarrollo de diversos sistemas que van de los semi-intensivos hasta los intensivos los cuales provocan fuertes alteraciones ambientales en los ecosistemas costeros, debido a las descargas y/o recambios de grandes volúmenes de agua que llevan una gran cantidad de nutrientes, siendo los principales: el nitrógeno en sus distintas formas y el fósforo. Por ello, se propuso utilizar a *Gracilaria pacifica* como biofiltro con la finalidad de remover el exceso de nutrientes en un cultivo semi-intensivo a nivel piloto (40 m²) con dos especies de camarón *Penaeus stylirostris* y *Penaeus vannamei*. Se utilizaron dos estanques colocando en uno de ellos a *G. pacifica* como biofiltro. Los parámetros que se midieron para evaluar la calidad del agua fueron: amonio total, nitritos, nitratos, nitrógeno total, fosfatos y clorofila a, así como: temperatura, salinidad, oxígeno y pH tomando como referencia los parámetros óptimos en un cultivo de camarón (Clifford, 1994). En ambos estanques la calidad del agua se mantuvo en condiciones adecuadas para el cultivo de camarón con excepción de los niveles de fosfatos. No fue posible, sin embargo, evaluar en forma directa la capacidad de remoción de nutrientes por parte de *G. pacifica* debido a que en ambos estanques se dio un florecimiento de fitoplancton y de algas oportunistas. El beneficio del empleo de *G. pacifica* se infiere a partir de que fue capaz de generar una biomasa significativa (52.3 kg), que puede proporcionar un beneficio directo como fuente de agar, además de proveer refugio y condiciones que probablemente favorecieron la sobrevivencia (76.6 %) y crecimiento de la especie *Penaeus vannamei* que fue la especie que mejor se adaptó al sistema (16.3 +/- 2.10 gr) a diferencia del cultivo que no presentaba *G. pacifica*.

"Gracilaria pacifica Abbott (RHODOPHYTA) COMO BIOFILTRO EN UN
CULTIVO SEMI-INTENSIVO CON DOS ESPECIES DE
CAMARÓN *Penaeus stylirostris* y *Penaeus vannamei*"

T E S I S
QUE PRESENTA

EDUARDO PAREDES ESCALONA

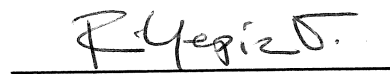
Aprobada por:



Presidente del jurado
Dr. José A. Zertuche González



Sinodal Propietario
Oc. Victor Gendrop Funes



Sinodal Propietario
M. en C. Raúl Yépiz Velázquez

DEDICATORIA

A las personas que se encargaron de ponerme en el camino correcto, darme el amor, la confianza, el apoyo y la libertad para que pudiera ser lo que soy ahora.

Gracias

Cristina Escalona Sandoval (mi mamá)
Carlos Paredes Cortés (mi papá)

A quién le debo todas las quincenas que
pueda llegar a ganar, espero
me las llegue a perdonar:

Te Quiero Mucho mi Lupis

A mi queridísimo Charlie, por que sé que
me mandabas porras (y chocolate)
desde donde estuvieras.

A mi querida Julieta, Yuli y Aleydis que
aunque no estoy con ellas físicamente
si estoy en sus corazones.

Dicen que detrás de un gran hombre hay una gran mujer, solo que en este caso no me considero un gran hombre pero estoy totalmente de acuerdo en que si hay una gran mujer.

! Gracias Vane !

Y por supuesto, no podía faltar a mi recién llegado, el que me regala su

sonrisa todos los días:

A mi Alan

Dedicado muy pero muy especialmente a:

Mi Rey León
(David)



Gracias chaparro

por alegrarme

mis días

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. José A. Zertuche González por brindarme la oportunidad de haber trabajado con él, por despertar en mí el interés por las macroalgas, por su paciencia y sus comentarios acertados para mejorar el escrito.

Al Oc. Victor Gendrop Funes por ayudarme en todo momento y facilitarme lo necesario para la realización del estudio en campo, por sus comentarios sobre el escrito, por su amistad y paciencia.

Al M. en C. Raúl Yépiz por su ayuda en cuanto al material proporcionado para realizar este trabajo, por echarme la mano durante el experimento y por sus comentarios para mejorar el escrito.

A la Universidad Autónoma de Baja California por darme una formación académica y al Instituto de Investigaciones Oceanológicas por haber facilitado sus instalaciones para la elaboración de este estudio.

Al M. en C. Francisco Delgadillo por su valiosa ayuda y por permitirme trabajar dentro del laboratorio de Química Analítica del Instituto de Investigaciones Oceanológicas.

A Mily, Arturo y Nacho por la entrada y salida sin restricciones en ese almacén y por la confianza que depositaron en mí, por supuesto por su ayuda en lo que necesitaba.

Al Oc. Pepe Guzmán por brindarme su confianza y por facilitarme todo lo necesario para el trabajo de laboratorio.

Al Oc. René Valdivia (Raniux) por ayudarme en el trabajo de laboratorio.

A todos y cada uno de mis amigos de la Generación “XLV” (Crudáceos):

Edgar, Luis, Oscar, Alfreto, Alfredote, Nacho, Claudia, Juanito, Nancy, Jesús,

El Chino, Camilo, César, Sergio, Giovanna, Norma, Yunuén, Omar D, Omar Q, El Rex

y Roberto.

INDICE

I. INTRODUCCION	1
I.2 OBJETIVO	6
II. MATERIALES Y METODOS	7
III. RESULTADOS	11
III.1 Calidad del agua	11
III. 1.1 Amonio total	11
III.1.2 Nitratos	11
III.1.3 Nitritos	14
III.1.4 Nitrógeno total	14
III.1.5 Fosfatos	17
III.1.6 Clorofila a	17
III.2 Parámetros químicos	17
III.2.1 Temperatura	17
III.2.2 Salinidad	20
III.2.3 Oxígeno disuelto	20
III.2.4 pH	23
III.3 Crecimiento de <i>Gracilaria pacifica</i> y de las especies <i>Penaeus stylirostris</i> y <i>Penaeus vannamei</i>	23
III.3.1 <i>Gracilaria pacifica</i>	23
III.3.2 <i>Penaeus stylirostris</i>	26
III.3.3 <i>Penaeus vannamei</i>	26
III.3.4 Algas oportunista y predadores	26
IV. DISCUSIONES	29
VI. LITERATURA CITADA	38

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Comportamiento del amonio total entre estanques	12
2	Comportamiento de los nitratos entre estanques	13
3	Comportamiento de los nitritos entre estanques	15
4	Comportamiento del nitrógeno total entre estanques	16
5	Comportamiento de los fosfatos entre estanques	18
6	Comportamiento de la clorofila a entre estanques	19
7	Comportamiento de la temperatura entre estanques	21
8	Comportamiento de la salinidad entre estanques	22
9	Comportamiento del oxígeno entre estanques	24
10	Comportamiento del pH entre estanques	25

LISTA DE TABLAS

Tabla		Página
I	Crecimiento de <i>Gracilaria pacifica</i> durante el ciclo de cultivo	27
II	Porcentaje de sobrevivencia y crecimiento de <i>Penaeus stylirostris</i> y <i>Penaeus vannamei</i>	27

I. INTRODUCCION

El cultivo de camarones marinos (familia *Penaeidae*) es practicado en muchas partes del mundo (Hopkins *et al.* 1993). En México, el cultivo de camarón ha pasado por varias etapas de desarrollo, que sin lugar a dudas lo ha llevado a alcanzar producciones que contribuyen significativamente al total nacional de la producción acuícola de camarón (Alvarez, 1995).

Sin embargo, la acuacultura moderna, considerada como una actividad autosuficiente en términos económicos, ha menospreciado su dependencia de los procesos ecológicos particulares y globales en los que necesariamente está inmersa. El crecimiento de la actividad se ha caracterizado por el desarrollo de sistemas desde semi-intensivos hasta intensivos los cuales han provocado fuertes alteraciones ambientales en los ecosistemas costeros (Hirose, 1995).

Estas alteraciones se deben principalmente a los recambios y descargas de grandes volúmenes de agua, la cual lleva un excedente de nutrientes (Hopkins *et al.* 1995 b) particulados y disueltos producto de la excreción animal, materia orgánica y alimento no consumido, siendo los principales el nitrógeno y el fósforo los cuales llegan a los ecosistemas adyacentes a los cultivos y provocan una variedad de impactos tales como eutroficación, enriquecimiento bentónico y cambios bacteriales (Shpigel, 1993), efectos por el uso de químicos de las granjas (Hopkins, *et al.* 1995 a), así como pérdidas de bosques de mangle que son de importancia para otras especies (Landesman, 1994).

La remoción de los excesos de amoníaco y otros nutrientes inorgánicos pueden mejorar la calidad del agua en los cultivos y al mismo tiempo reducir tanto los costos de mantenimiento así como los posibles efectos negativos a los ecosistemas aledaños. Para ello, se han realizado una serie de investigaciones donde se encontró que algunas especies de macroalgas utilizadas como biofiltros, han demostrado tener una alta capacidad para captar nutrientes y reducir eficientemente el nivel de los mismos, evitando así la eutroficación en las regiones costeras (Ryther *et al.* 1975; Cohen y Neori, 1991).

Particularmente, el que las macroalgas tengan gran capacidad para absorber los nutrientes que se producen en los cultivos de organismos como peces, crustáceos y moluscos o de sus efluentes, puede ser una ventaja, ya que también se consideraría una opción de cultivo para las mismas, y más aún, para las que presentan un alto potencial económico.

A partir de la necesidad de implementar técnicas para reducir los problemas ocasionados por sistemas de cultivo intensivos y semi-intensivos a los sistemas adyacentes, se ha propuesto utilizar a *Gracilaria pacifica* como biofiltro en cultivos de camarón, ya que es una planta que se encuentra en Baja California y es cultivable (Zertuche-González y García-Esquivel, 1993).

El género *Gracilaria* es una planta que se encuentra ampliamente distribuida alrededor del mundo, con una amplia demanda mundial (Santelices y Doty, 1989). Esto se debe a la variedad de usos que tiene ya sea en el consumo humano o como recurso alimenticio en estanques de cultivo de peces (Shang, 1976), o por su

contenido de agar que es muy utilizado en la industria alimenticia, en biotecnología, en microbiología y en aplicaciones de horticultura, genética y entomológicas (Santelices y Doty, 1989).

Este género se caracteriza por sobrevivir a condiciones adversas como diluciones de agua dulce, a un régimen elevado de fertilización, a muy bajo movimiento de agua, así como a altas temperaturas y sepultamiento en el sedimento (Santelices y Doty, 1989), por lo que se considera como una excelente candidata para ser usada como biofiltro y una alternativa como cultivo.

Por esto, en México existen estudios encaminados en promover e implementar el cultivo de *Gracilaria* ya que en México existen industrias locales que podrían beneficiarse de la explotación de esta especie. Además, traería numerosas ventajas para el desarrollo de la industria del agar permitiendo una producción continua de materia prima (Zertuche-González y García-Esquivel, 1993).

El recambio de agua en cultivos de camarón, ya sean semi-intensivos o intensivos, se considera uno de los mejores métodos para controlar la calidad de la misma, el cual se usa para reemplazar las pérdidas por evaporación, disminución de oxígeno, disminuir los metabolitos tóxicos, los florecimientos algales excesivos y para introducir nuevo alimento a los organismos (Colvin 1985 citado en Allan 1993). Sin embargo, este procedimiento implica un alto costo para las granjas, debido a los altos porcentajes de recambio de agua que pueden ser de un 5 -15% (Aquacop, 1984) hasta un 300% diario (Clifford, 1994).

Si los volúmenes de recambio de agua fueran reducidos se estaría obteniendo un ahorro de energía y por lo tanto en costos para las granjas, y con *G. pacifica* funcionando como filtro biológico podría contribuir a reducir los volúmenes de recambio diarios. Sin embargo, muy pocas investigaciones se han realizado sobre los efectos del recambio de agua (Boyd, 1982), particularmente cierto en lo que se refiere al cultivo de los camarones peneidos (Baticados et al. 1986, citado en Allan, 1993).

Para poder seleccionar la ó las especies de camarón que se quieran cultivar, se toman en cuenta diversos factores, en este caso, *Penaeus stylirostris* y *Penaeus vannamei* se consideran por ser especies de la región del Pacífico que presentan una gran adaptabilidad a condiciones de cultivo. Son organismos euritermos, esto es, toleran amplios rangos de temperatura, además presentan rápidas tasas de crecimiento y maduran en cautiverio (Alvarez, 1995), tienen una alta resistencia a enfermedades y por supuesto, que son de alto valor en el mercado (Trimble, 1980).

Para desarrollar el uso de biofiltros en la acuacultura, se han diseñado diversos sistemas en los que se han integrado diferentes especies como peces, crustáceos, moluscos y macroalgas, que en conjunto han pretendido favorecer tanto a los cultivos como a los efluentes. Dichos sistemas fueron propuestos por Gordin *et al.* (1981); citado en Sphigel y Neori (1993).

Enander y Hasselstrom (1994), realizaron cultivos de camarón en Kota Bharu Malasia, donde utilizaron moluscos bivalvos (*Mytilus edulis*) junto con algas (*Gracilaria spp.*) como biofiltro, y encontraron que las concentraciones de fosfatos se redujeron en un 83%, el fósforo total en un 61%, el amonio en un 81%, los nitratos en

un 19% y el contenido total de nitrógeno en un 72%.

Buschmann *et al.* (1994) realizaron un estudio con *Gracilaria chilensis* colocando como biofiltro a la macroalga en el efluente de un cultivo de salmones donde obtuvieron al final del estudio una producción de 48 kg/m² de alga por año, siendo de dos a tres veces más alta que la producción de biomasa obtenida en cultivos previos en el centro y norte de Chile.

Sphigel y Neori (1996) diseñaron módulos los cuales consistían en el cultivo de macroalgas (*Ulva lactuca* o *Gracilaria spp.*) y abulón (*Haliotis tuberculata*), con cultivo de peces (*Sparus aurata*) y también almejas (*Tapes philippinarum*) y obtuvieron reducciones significativas de nutrientes gracias a la captación de los mismos por el cultivo de macroalgas.

Troell *et al.* (1997) demostró que *G. chilensis* empleada como biofiltro en granjas de salmón tiene el potencial de remover al menos el 5% de nitrógeno inorgánico y el 27% de fósforo disuelto liberado de los organismos cultivados.

Localmente, Aguilar (1997) en un estudio a pequeña escala demostró que utilizando a *G. pacifica* como biofiltro en un cultivo de camarón con la especie *Penaeus vannamei* remueve eficientemente el amonio, nitratos y nitritos.

Los estudios a pequeña escala se utilizan como punto de referencia para posteriores investigaciones a niveles mayores; sin embargo, los resultados que se obtienen en ocasiones muestran una perspectiva diferente a lo que puede presentarse en sistemas de mayores dimensiones ya que las condiciones de diseño y ambientales no son tan controladas.

La finalidad del presente estudio es hacer una evaluación de la macroalga *G. pacifica* como biofiltro a nivel piloto (40 m²) dentro de un sistema de cultivo semi-intensivo con dos especies de camarón *Penaeus stylirostris* y *Penaeus vannamei* en una zona templada donde no es común el cultivo de estos organismos, tomando como hipótesis que *G. pacifica* tiene la capacidad para remover el exceso de nutrientes de los estanques de cultivo.

I.2 OBJETIVO

Evaluar la capacidad de la macroalga *Gracilaria pacifica* como biofiltro en un sistema semi-intensivo a nivel piloto (40 m²) con dos especies de camarón.

II. MATERIALES Y METODOS

La capacidad de *G. pacifica* como biofiltro se determinó mediante la comparación de la calidad del agua entre dos estanques (40 m²) de cultivo de camarón, uno de los cuales contenía a *G. pacifica*. La calidad de agua se determinó a lo largo del experimento en función del contenido de amonio total, nitratos, nitritos, nitrógeno total, fosfatos, clorofila a, temperatura, salinidad, oxígeno, pH, y turbidez. Para determinar si la calidad de agua era la adecuada en el cultivo de camarón se tomó como referencia los valores de dichas variables propuesto por Clifford (1994). El amonio total se analizó con un electrodo marca ORION modelo 95-12, los nitratos, nitritos, nitrógeno total y fosfatos se analizaron por las técnicas descritas por Parsons *et al.* (1980). Se tomaron muestras que fueron colocadas en botellas de poliuretano de 500 ml y se congelaron a -20 °C, la clorofila a se filtró inmediatamente después de tomar la muestra. Dichas muestras se colectaron cada tercer día entre las 8 y 9 a.m.

La temperatura “in situ” se registró con un termómetro de cubeta con precisión de 0.5°C, la temperatura mínima y máxima se registró con un termómetro marca PSG Aquatic eco-systems. El oxígeno disuelto se midió con un oxímetro marca YSI modelo 51B con precisión de ± 0.20 ppm, la salinidad con un salinómetro marca YSI modelo 51B con precisión de ± 0.20 ppm, el pH se midió con un potenciómetro Cole Parmer modelo 59002-10 con precisión de 0.01 pH y la turbidez se registró con un turbidímetro modelo DRT-1000. Dichas variables se muestrearon diariamente por la mañana entre 8:00 a.m. y 9:00 a.m. a excepción de la turbidez que fue cada tercer día.

La duración del experimento fue de tres meses, y comprendió del 25 de agosto al 2 de diciembre de 1997, tomando este tiempo ya que se asemeja a lo que es un ciclo de cultivo en condiciones semi-intensivas.

Se utilizaron dos estanques rectangulares excavados (4 x 10 x 1.20 mts) con recubrimiento de polipropileno de color negro los cuales se encuentran en las instalaciones del Instituto de Investigaciones Oceanológicas.

En los dos estanques con una columna de agua de 60 cm aproximadamente, se sembraron juveniles de *Penaeus stylirostris* los cuales consistieron en tres tallas con un peso promedio de 0.3gr, 0.8gr y 5.0gr, así como juveniles de *Penaeus vannamei* con un peso promedio de 0.3gr, a una razón de 40 organismos/m², siendo 715 ± 2 de *P. stylirostris* y 750 ± 5 de *P. vannamei*. Los organismos de la especie *P. stylirostris* se obtuvieron en el laboratorio de larvas del Centro Regional de Investigación Pesquera - Ensenada (CRIP), y los organismos de la especie *P. vannamei* se obtuvieron en la Facultad de Ciencias Marinas de la UABC.

G. pacifica fue colectada en el Estero de Punta Banda en el municipio de Ensenada, B.C. Se realizó una limpieza de organismos epífitos y se mantuvo en estanques exteriores localizados en el Instituto de Investigaciones Oceanológicas. Posteriormente se colocó en redes de plástico con 10 kg de planta siendo un total de cuatro distribuidas a lo largo del estanque, colocando pesos en las orillas de las redes con el fin de que la planta se mantuviera sumergida.

El tratamiento para el agua de mar empleada fue a través de un filtro rápido de arena, seguido de filtros específicos de 1 micra de porosidad para eliminar material

particulado y organismos no deseados.

El sistema de aireación utilizado para los estanques fue por medio de un soplador marca Fuji de 1/3 de caballo de potencia y con difusores de aire, manteniéndose durante todo el experimento.

El alimento que se suministró a los organismos fue del tipo particulado (pellets) de la marca Camaronina de Purina 35% y se administró una sola vez durante el día en charolas de alimentación colocadas en las esquinas de ambos estanques. La cantidad de alimento proporcionado se ajustó de acuerdo a los resultados obtenidos después de revisar cada charola de alimentación; si se observaba algún sobrante de alimento, la ración era disminuida y si se encontraba vacía, se agregaba o aumentaba dicha ración la cual fue del 10% de la biomasa de camarones colocada en los estanques. Las charolas de alimentación fueron construidas con tubería de plástico y malla de mosquitero como base, en los extremos se colgaron pesos para mantenerlas sumergidas y se colocaron pequeñas boyas para facilitar su manejo.

Durante el experimento se presentaron recambios de agua dependiendo de las condiciones de la misma, además, cada semana fue adicionada agua a los estanques para reponer la pérdida por evaporación y mantener la profundidad requerida.

El incremento de biomasa de *G. pacifica* se evaluó cada tres semanas a lo largo del experimento, la cual consistió en sacarla del estanque y pesar la biomasa total, posteriormente se volvía a introducir al estanque dejando la biomasa original de 10 kg.

Se calculó el crecimiento específico mediante la fórmula:

$$C = [(W_t / W_o)^{1/t} - 1] 100$$

donde:

C = crecimiento diario

W_t = Peso final

W_o = peso inicial

t = tiempo

El porcentaje de sobrevivencia así como la biomasa de las dos especies de camarón *P. stylirostris* y *P. vannamei* se determinó al final del experimento.

Para el análisis de los resultados se calcularon los promedios y desviaciones estándar de todas las variables y se aplicó una prueba t de Student para determinar si existen diferencias significativas de las variables entre los estanques.

III. RESULTADOS

III.1 Calidad de agua

III.1.1 Amonio total

Las concentraciones de amonio total para ambos estanques fueron similares y relativamente bajas a lo largo de todo el experimento, ya que nunca sobrepasaron el límite recomendado por Clifford, (1994) que va de 0.1 a 1.0 ppm. Dichas concentraciones fluctuaron entre 0.01 y 0.06 ppm con concentraciones promedio de 0.0253 ± 0.01 ppm para el estanque sin *G. pacifica* y de 0.0225 ± 0.009 para el estanque con *G. pacifica* (Figura 1). No se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas entre los estanques. El análisis de las muestras perdieron continuidad debido a fallas en el electrodo por lo que únicamente se hizo el muestreo de los datos hasta el día 14 de noviembre.

III.1.2 Nitratos

Las concentraciones de nitratos para ambos estanques fueron similares y bajas, manteniéndose en el óptimo para el cultivo de camarón que va de 0.4 a 0.8 ppm (Clifford, 1994). Las fluctuaciones presentes en los estanques fueron desde 0.0003 ppm a 0.99 ppm. Sin embargo, para finales del experimento se observó un incremento en las concentraciones para ambos estanques por arriba de 1 ppm. La concentración promedio para el estanque sin *G. pacifica* fue de 0.206 ± 0.386 ppm y para el estanque con *G. pacifica* fue de 0.198 ± 0.35 ppm (Figura 2). No se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas entre los estanques.

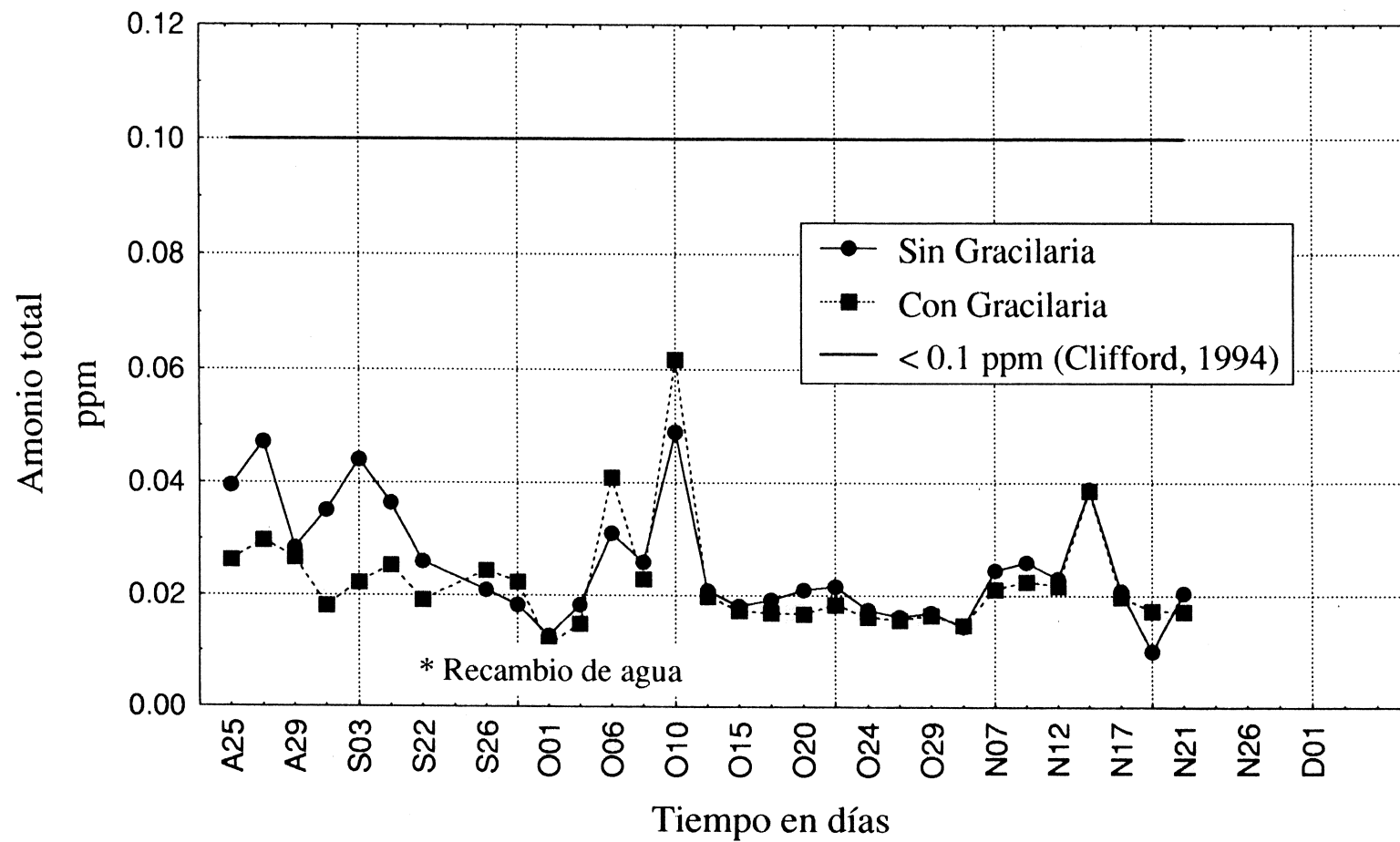


Figura 1 . Comportamiento del amonio total entre estanques.

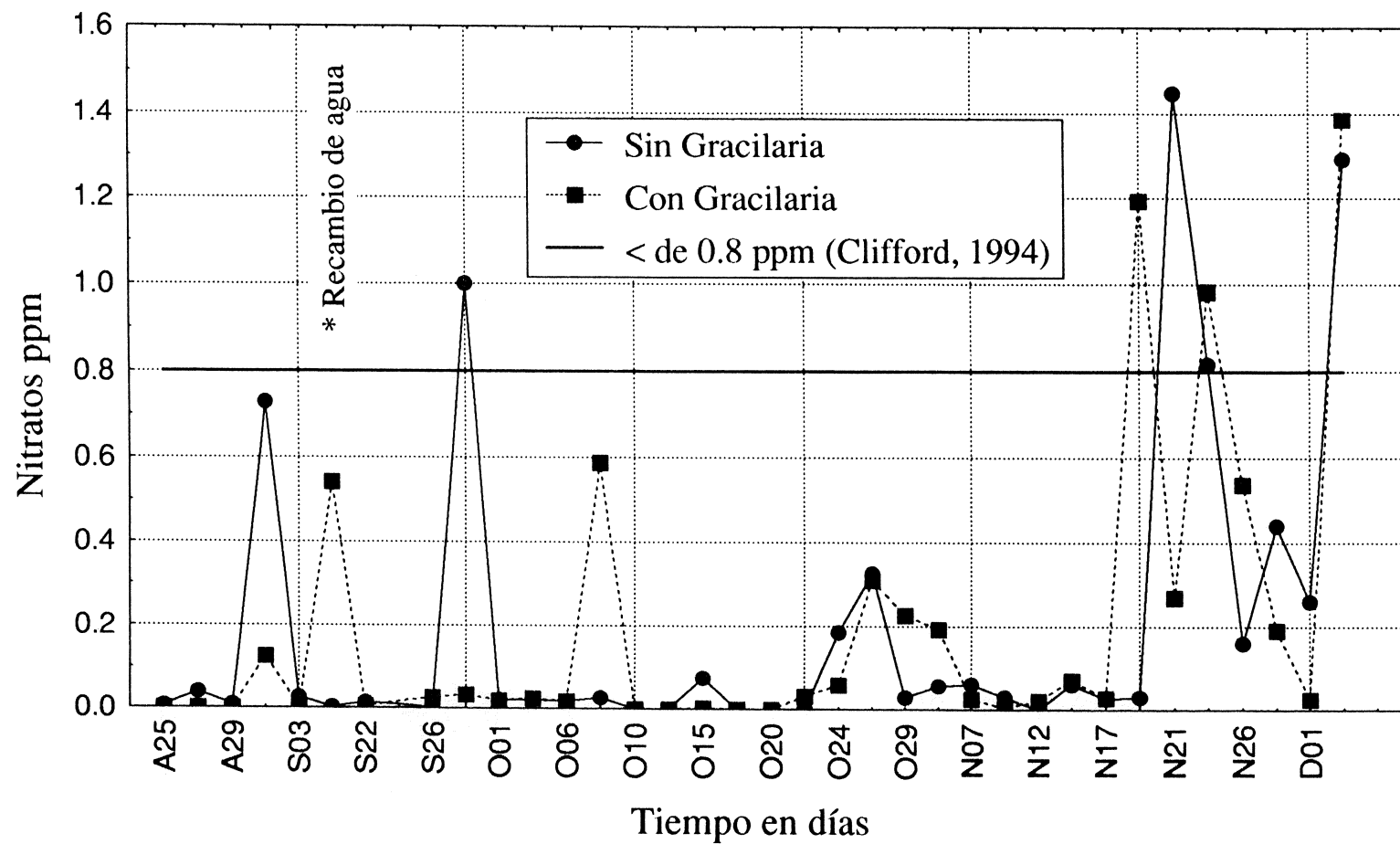


Figura 2. Comportamiento de los nitratos entre estanques

III.1.3 Nitritos

Las concentraciones de los nitritos a lo largo de todo el experimento fueron bajas y similares en ambos estanques. Dichas concentraciones se encontraron muy por debajo del límite óptimo para el cultivo de camarón que es menos de 1.0 ppm (Clifford, 1994). Las concentraciones fluctuaron entre 0.002 y 0.01 ppm en los dos estanques. La concentración promedio para el estanque sin *G. pacifica* fue de 0.0213 ± 0.025 ppm y para el estanque con *G. pacifica* fue de 0.0198 ± 0.020 ppm (Figura 3). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en los estanques.

III.1.4 Nitrógeno total

Las concentraciones entre los estanques fueron relativamente bajas durante los primeros treinta y tres días del experimento manteniéndose entre 0.03 y 0.7 ppm. Posteriormente se registró un notable incremento en ambos estanques aunque menor en el estanque con *G. pacifica*. En el estanque sin *G. pacifica* la concentración de nitrógeno total se incrementó por arriba de 2.0 ppm y se mantuvo en un intervalo promedio de 1.147 ± 0.82 ppm hasta el final del experimento. El incremento en el estanque con *G. pacifica* fue aproximadamente la mitad con fluctuaciones que van de 0.6 a 1.0 ppm con una concentración promedio de 1.073 ± 0.82 ppm (Figura 4).

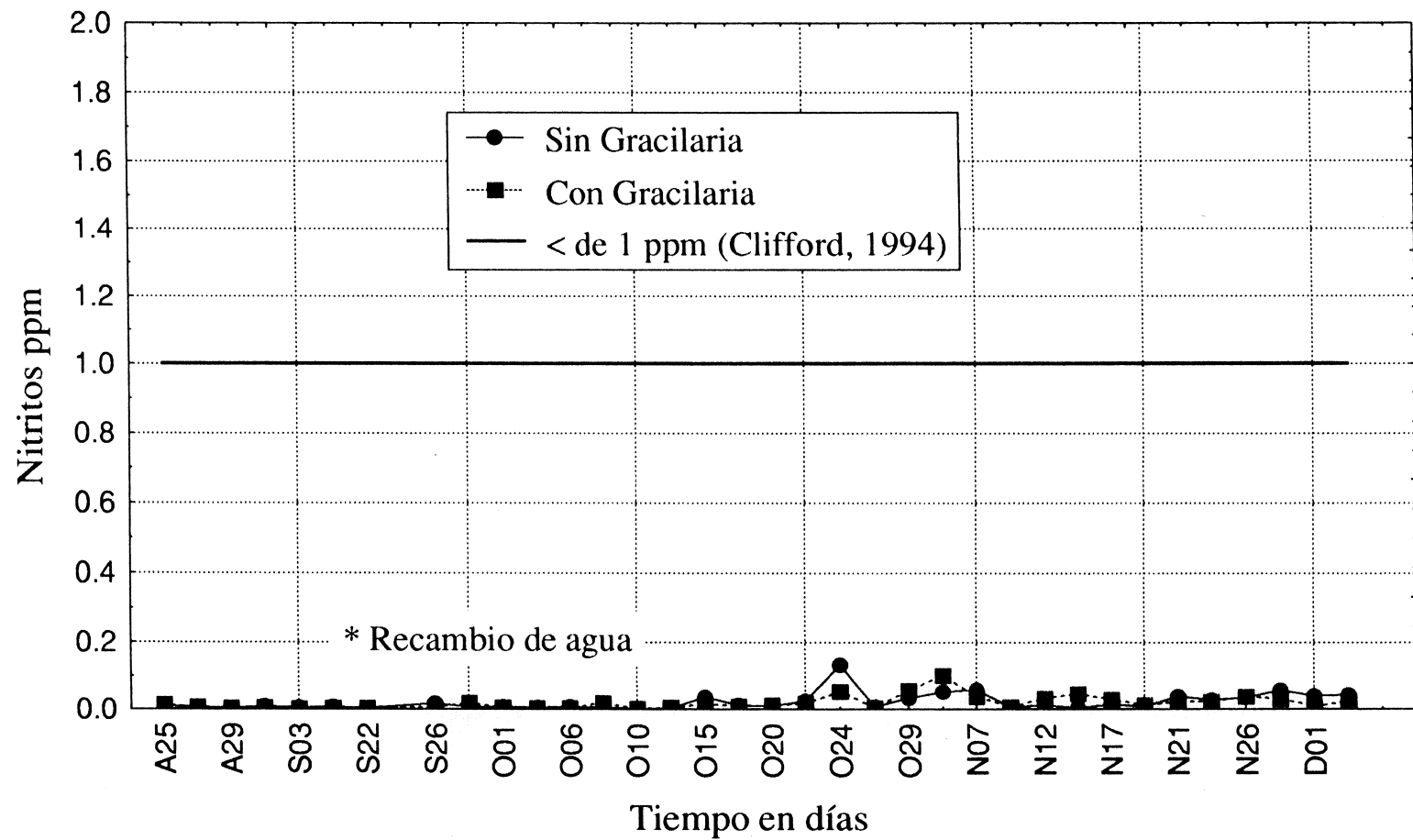


Figura 3. Comportamiento de los nitritos entre estanques.

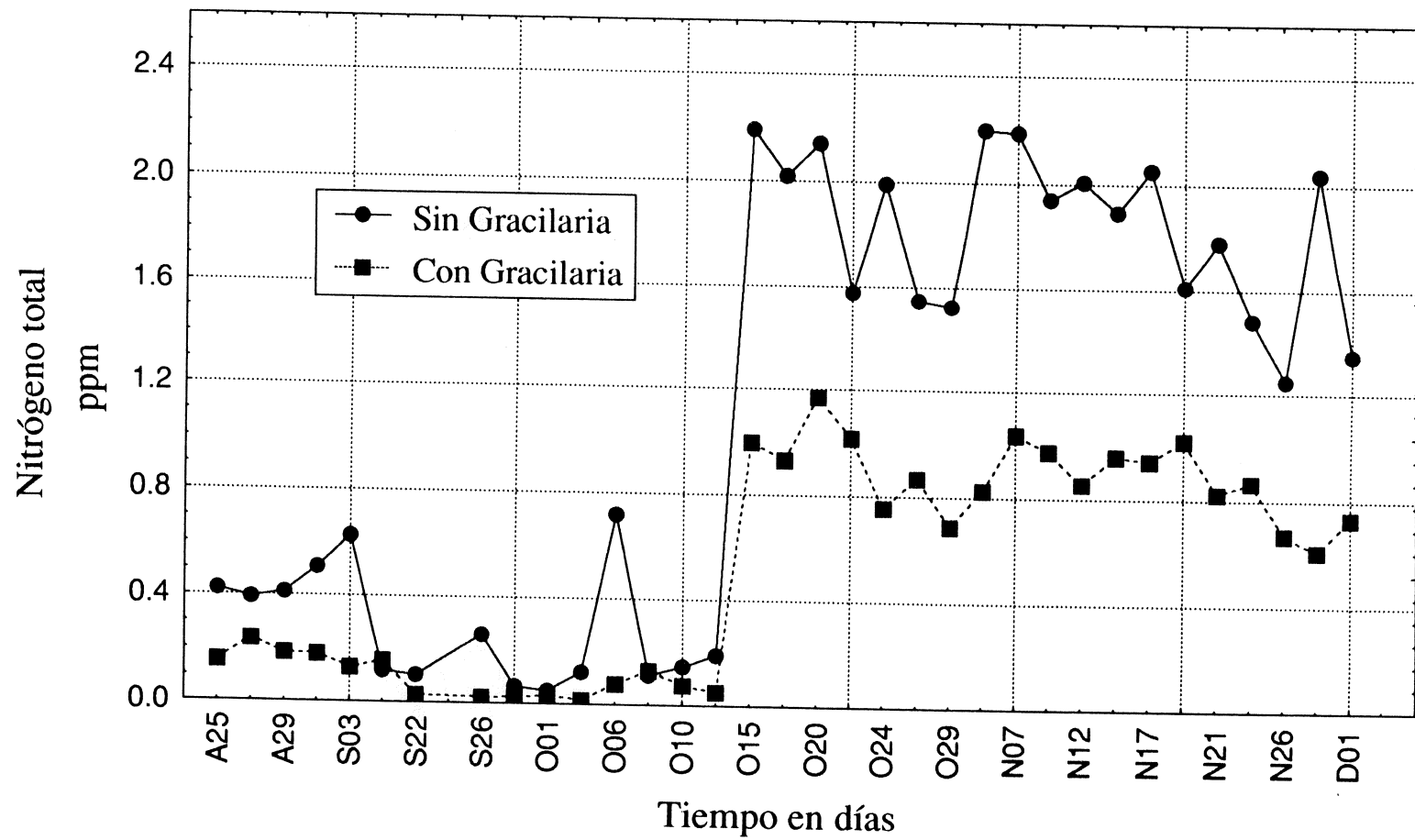


Figura 4. Comportamiento del nitrógeno total entre estanques

III.1.5 Fosfatos

La concentración de fosfatos para los dos estanques tuvo un incremento constante. Dichas concentraciones rebasaron el límite óptimo para el cultivo de camarón que es de 0.1 a 0.3 ppm (Clifford, 1994) desde el inicio del experimento alcanzando valores por arriba de 4 ppm.. La concentración promedio para el estanque sin *G. pacifica* fue de 2.269 ± 1.12 ppm mientras que el estanque con *G. pacifica* tuvo una concentración promedio de 2.101 ± 0.90 ppm (Figura 5). No se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas.

III.1.6 Clorofila *a*

Las concentraciones de clorofila *a* para ambos estanques son similares a lo largo del experimento, con fluctuaciones que van de 1.2 a 1.6 nanogramos / litro, sin embargo se presentó un incremento en la concentración del estanque sin *G. pacifica* por arriba de los dos nanogramos / litro. La concentración promedio para el estanque sin *G. pacifica* fue de 1.507 ± 0.22 nanogramos / litro y para el estanque con *G. pacifica* una concentración promedio de 1.372 ± 0.08 nanogramos /litro (Figura 6). Tampoco se encontraron diferencias estadísticamente significativas.

III.2 Parámetros fisicoquímicos

III.2.1. Temperatura

Respecto a la temperatura “in situ”, se observó una disminución constante de la temperatura en ambos estanques a lo largo del experimento. Se obtuvieron valores

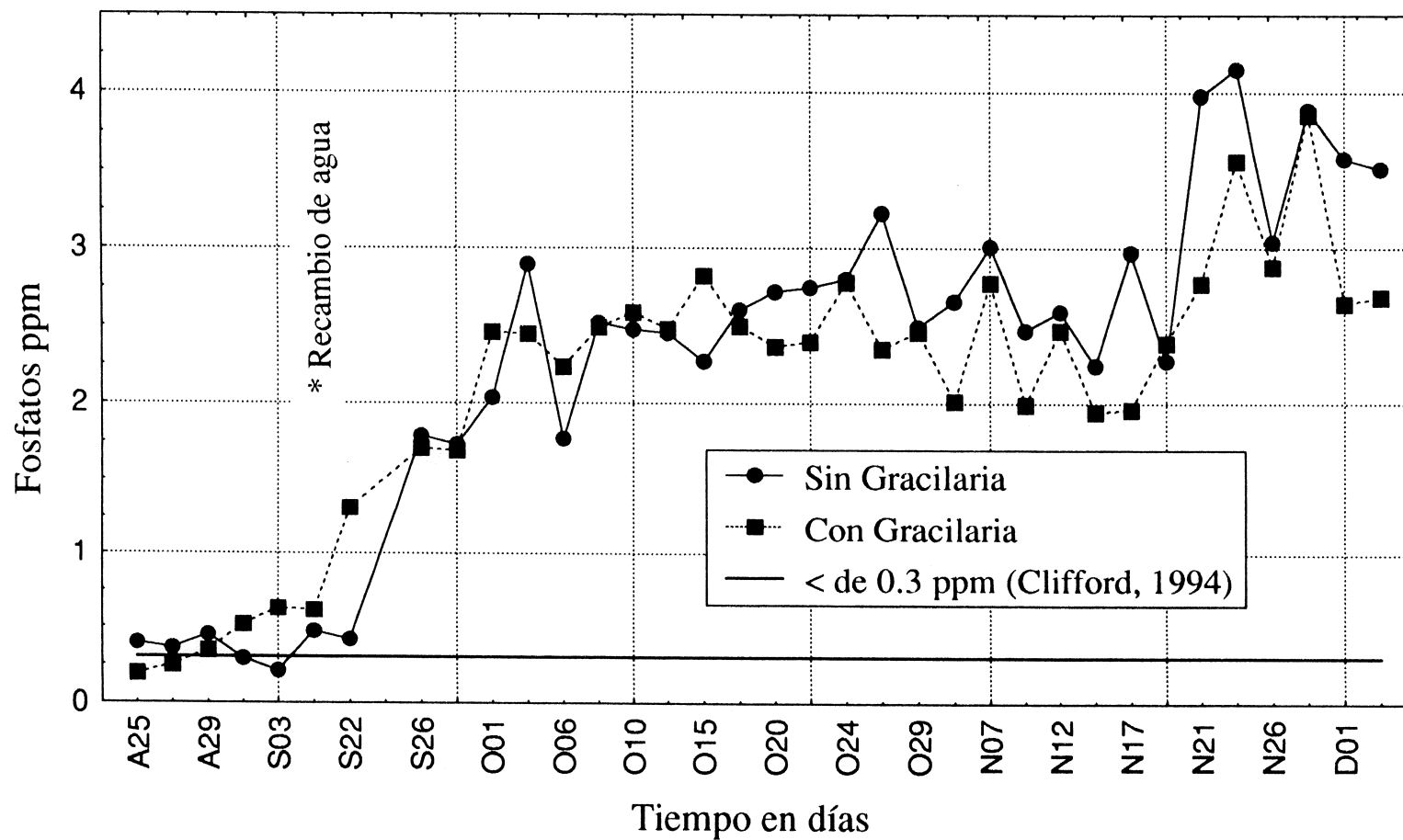


Figura 5. Comportamiento de los fosfatos entre estanques

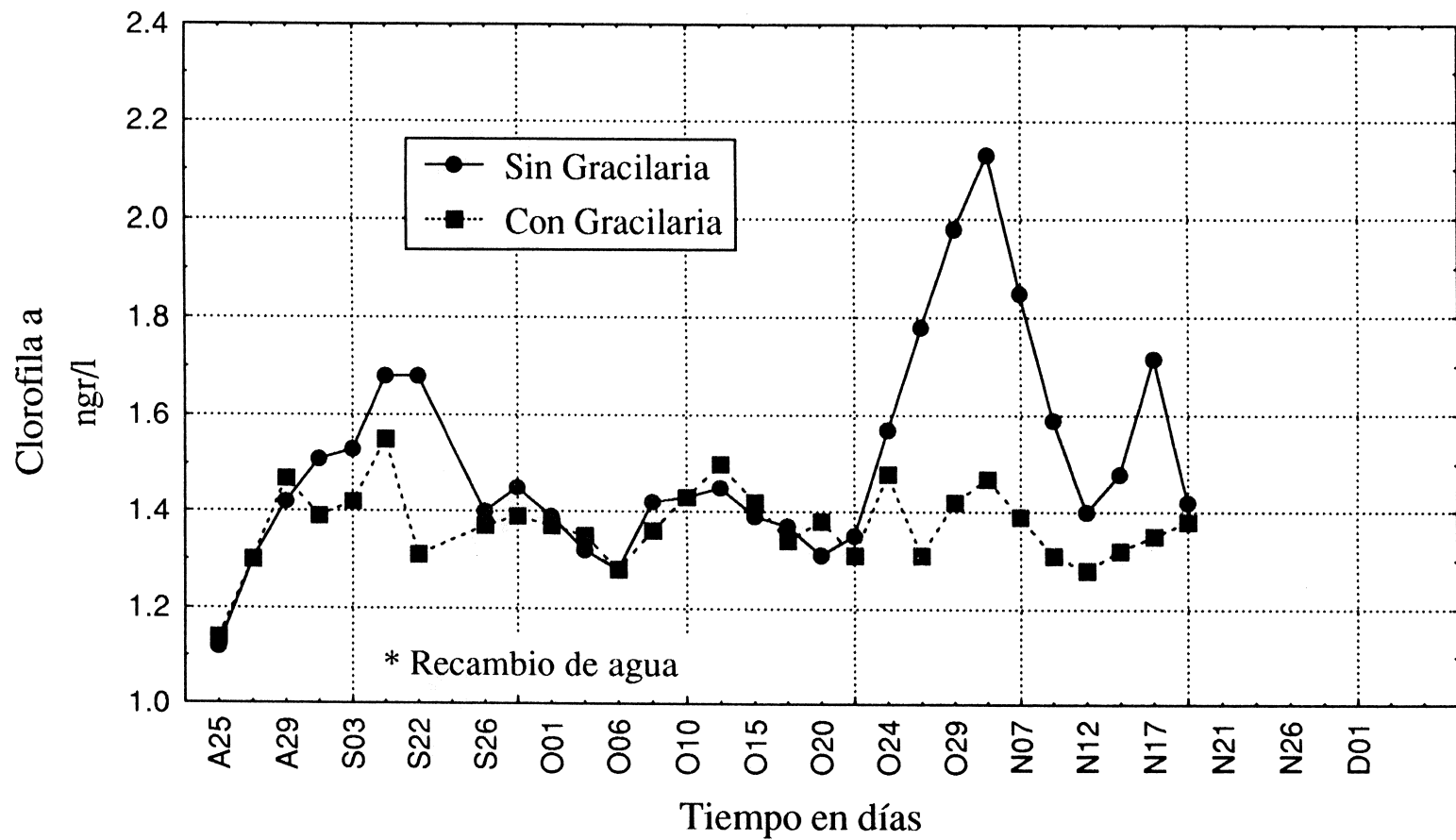


Figura 6. Comportamiento de la clorofila a entre estanques

de 28°C al inicio y para finales llegó a los 16.5°C, lo cual no concuerda con la óptima para el cultivo de camarón que es de 28°C (Clifford, 1994). El valor promedio para el estanque sin *G. pacifica* fue de 20.4°C $\pm$ 3.74, mientras que en el estanque con *G. pacifica* se registró un promedio de 20.5°C $\pm$ 3.76 (Figura 7). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los estanques.

III.2.2 Salinidad

La salinidad varió entre 27 y 38 ‰ siendo muy similar en ambos estanques. Estas variaciones correspondieron en parte al recambio total de agua o ausencia de los mismos a lo largo del experimento. Así, para el día cinco de Septiembre cuando se realizó el recambio del 90 ‰ se observó una disminución en la concentración de la misma. El estanque sin *G. pacifica* presentó una concentración promedio de 34.16 $\pm$ 2.32 ppm, mientras que el estanque con *G. pacifica* presentó una concentración promedio de 34.91 $\pm$ 2.45 ppm (Figura 8). No se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas.

III.2.3 Oxígeno disuelto

Las concentraciones de oxígeno disuelto durante el primer mes del experimento fueron muy similares, presentando fluctuaciones entre las 8.5 y 12 ppm. Posteriormente se registró una notable disminución en ambos estanques. El estanque sin *G. pacifica* presentó una concentración promedio de 7.82 $\pm$ 1.4 ppm, mientras que para el estanque con *G. pacifica* se obtuvo una concentración promedio de 8.13 $\pm$ 1.80

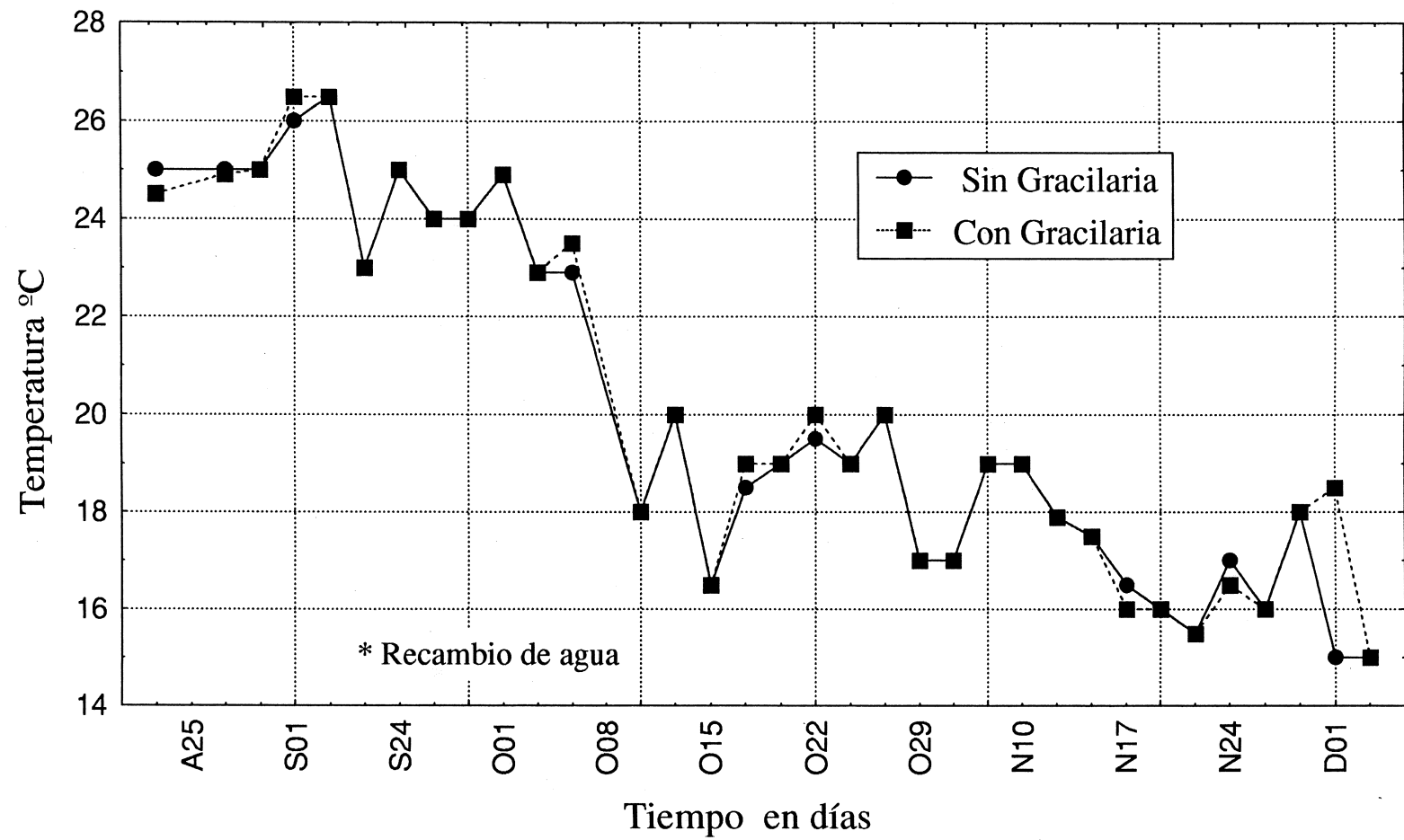


Figura 7. Comportamiento de la temperatura entre estanques

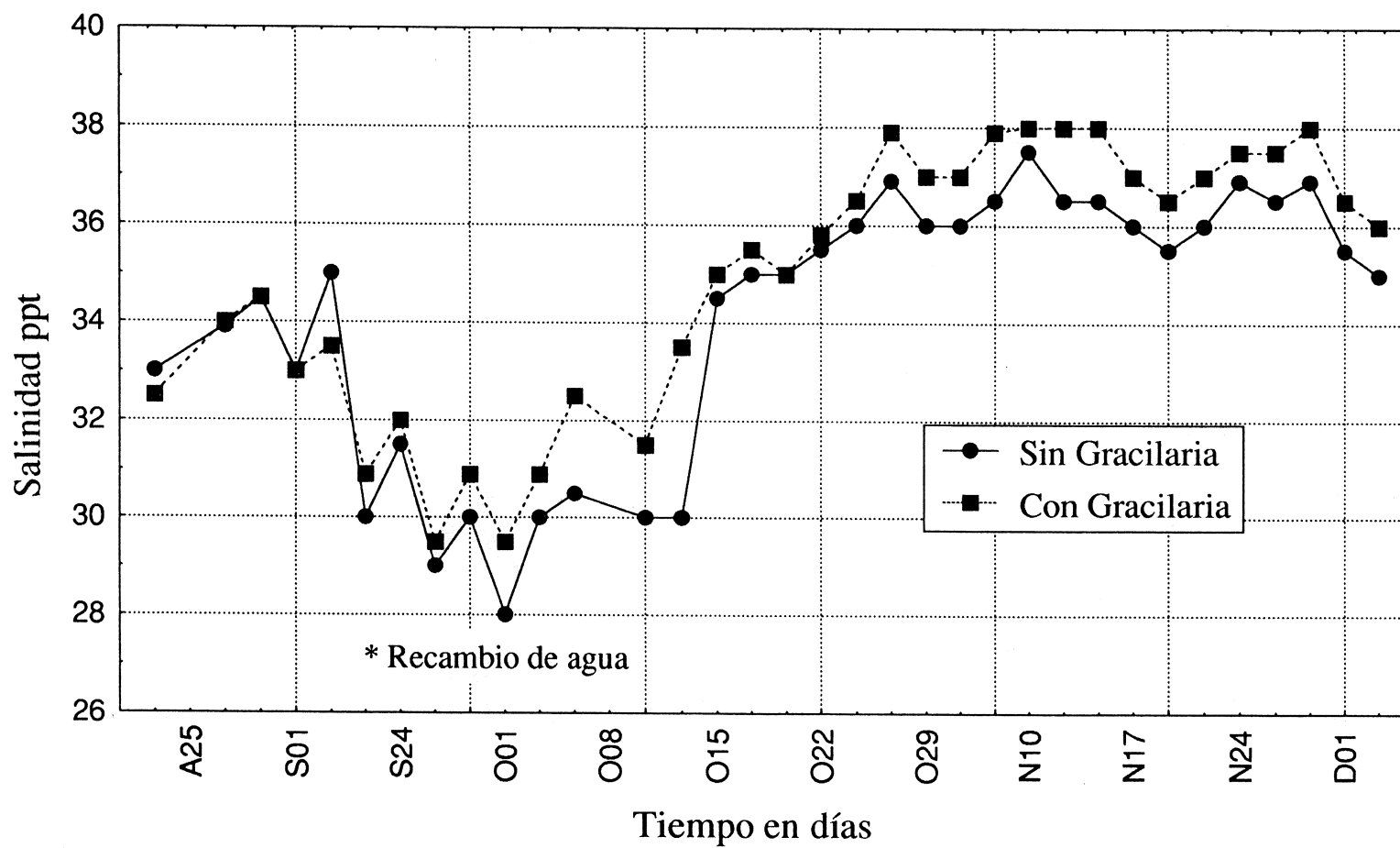


Figura 8. Comportamiento de la salinidad entre estanques

ppm (Figura 9) manteniéndose por arriba del óptimo inferior para cultivo de camarón que es de 6 ppm (Clifford, 1994). No se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas entre los estanques.

III.2.4 pH

Se presentó una disminución del pH durante las primeras semanas en los dos estanques, dichas concentraciones van de 9.60 para el estanque sin *G. pacifica* y de 9.14 para el estanque con *G. pacifica* llegando hasta 7.52 y 7.58 respectivamente. Posteriormente los estanques presentaron fluctuaciones hasta finales del experimento las cuales estuvieron entre 7.4 y 8.0, siendo inferior al óptimo de pH el cual va entre 8.1 - 9.0 propuesto por Clifford (1994). La concentración promedio para el estanque sin *G. pacifica* fue de 7.94 ± 0.39 y para el estanque con *G. pacifica* se presentó una concentración promedio de 7.92 ± 0.35 (Figura 10). No se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas entre los estanques.

III.3 Crecimiento de *G. pacifica* y de las especies *P. stylirostris* y *P. vannamei*.

III.3.1 *Gracilaria pacifica*

El crecimiento de *G. pacifica* se determinó por la ganancia de biomasa a lo largo del experimento. Para la primera evaluación se obtuvo una ganancia de biomasa promedio de 6.81 kg en las tres primeras semanas con un crecimiento

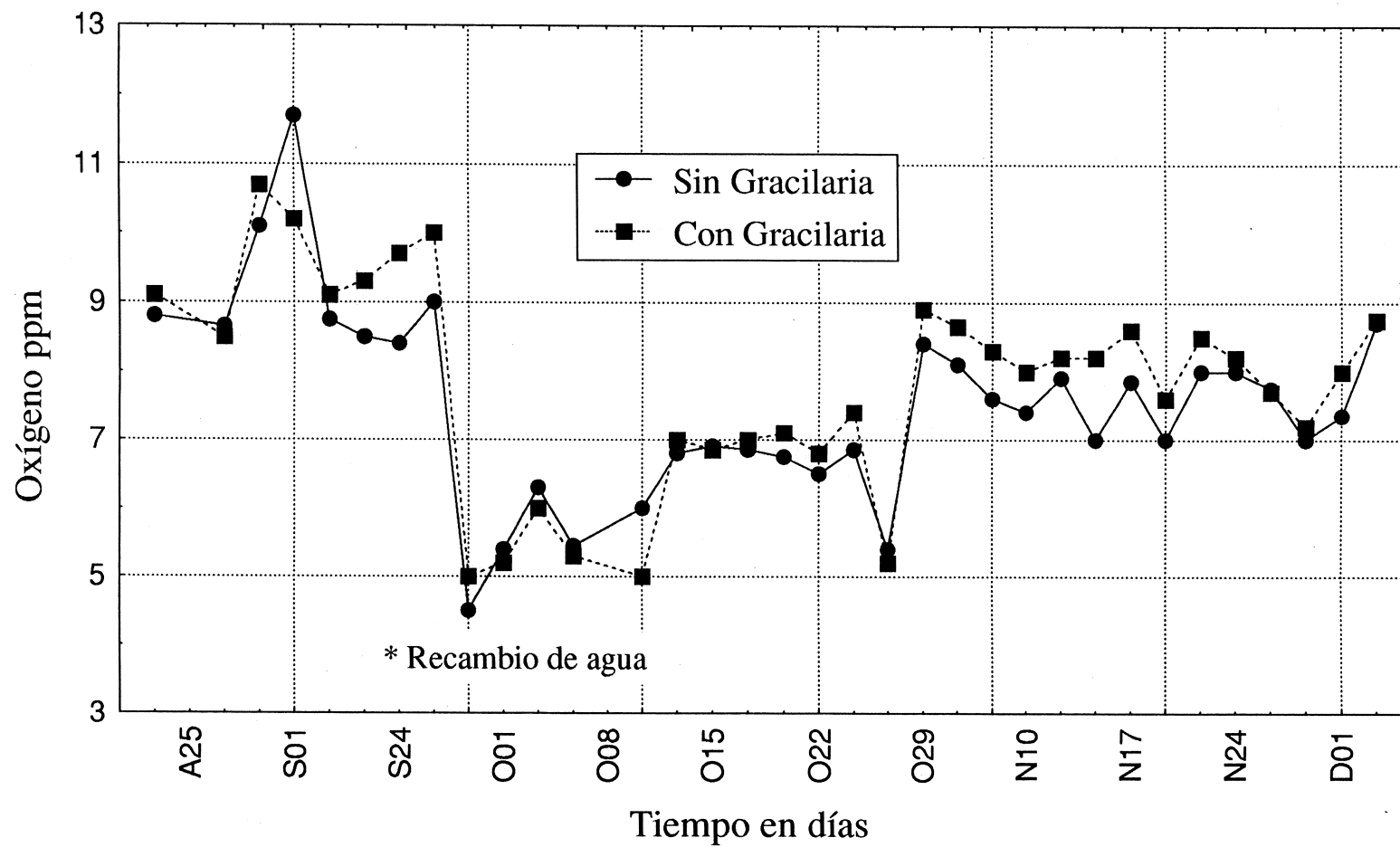


Figura 9. Comportamiento del oxígeno entre estanques

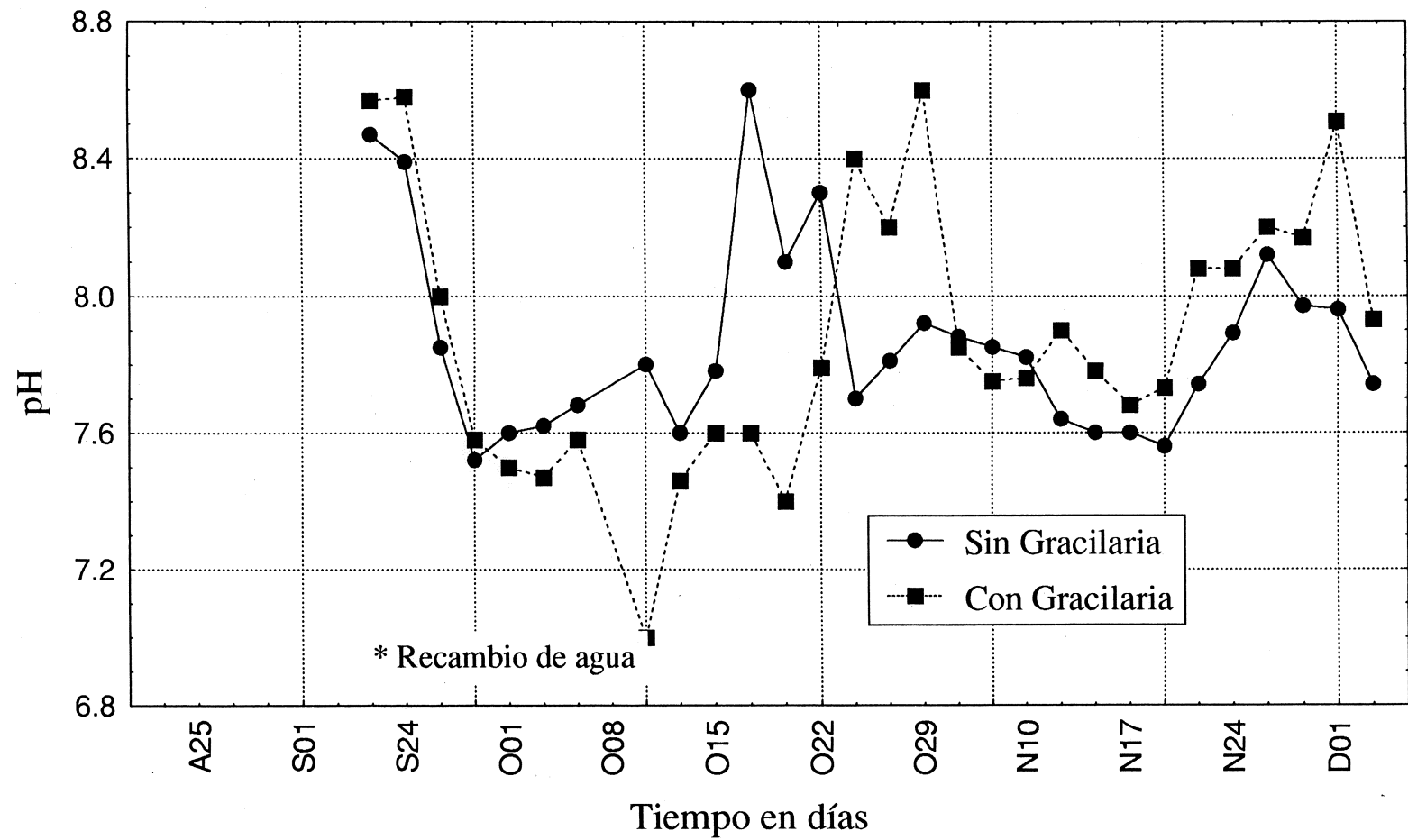


Figura 10. Comportamiento del pH entre estanques

promedio de 3.52% d⁻¹. Sin embargo, para la segunda evaluación la biomasa fue disminuyendo con un peso promedio de 3.67 kg lo que equivale a un crecimiento promedio de 2.10% d⁻¹, y para la tercera y última evaluación la ganancia de la biomasa en promedio fue de 2.6 kg y un crecimiento promedio de 1.55% d⁻¹ (Tabla I).

III.3.2 *Penaeus stylirostris*

Al término del experimento, se observó una clara deficiencia en cuanto a crecimiento y sobrevivencia de esta especie, ya que fueron pocos los organismos y su crecimiento fue muy lento. Los organismos contabilizados presentaron un peso promedio de 8.96 gr para el estanque sin *G. pacifica* y para el estanque con *G. pacifica* se obtuvieron organismos con un peso promedio de 9.3gr (Tabla II). Además, mostraron laceraciones en el exoesqueleto y necrosis en el músculo.

III.3.3 *Penaeus vannamei*.

Se observó que fue la especie que mejor se adaptó a las condiciones del sistema, ya que en el estanque sin *G. pacifica* se obtuvo un porcentaje de sobrevivencia del 59.6% con un peso promedio de 17.50 ± 3.31 gr, mientras que en el estanque con *G. pacifica* se obtuvo un porcentaje de sobrevivencia del 76.6% y un peso promedio de 16.38 ± 2.10 gr (Tabla II).

III.3.4 Algas oportunistas y predadores.

Durante el experimento se hizo la presencia de algas oportunistas en el

Tabla I. Crecimiento de *Gracilaria pacifica* durante el ciclo de cultivo

Cama No.	1a. Evaluación 22 Sep - 14 Oct (kg)	2a. Evaluación 14 Oct - 06 Nov (kg)	3a. Evaluación 06 Nov - 28 Nov (kg)
1	4.0	3.9	2.6
2	8.25	3.0	3.0
3	6.5	2.3	1.3
4	8.5	5.5	3.5
Crec. promedio diario	3.52 % / d ⁻¹	2.10 % / d ⁻¹	1.55 % / d ⁻¹

Tabla II. Crecimiento en peso y porcentaje de sobrevivencia de *Penaeus stylirostris* y *Penaeus vannamei*

Especie	Crecimiento (gr)		Porcentaje (%)	
	Sin <i>Gracilaria</i>	Con <i>Gracilaria</i>	Sin <i>Gracilaria</i>	Con <i>Gracilaria</i>
<i>Penaeus stylirostris</i>	8.96	9.3	-----	-----
<i>Penaeus vannamei</i>	17.5 ± 3.31	16.3 ± 2.10	59.6	76.6

estanque sin *G. pacifica* tales como *Enteromorpha spp.* y *Ulva spp.* las cuales fueron removidas en lo posible para que no interfirieran con el sistema. Sin embargo, no fue posible eliminar del todo a estas especies.

Otro problema fue el de los predadores siendo principalmente gaviotas y garzas las cuales se alimentaron de los camarones, por lo que se decidió colocar redes sobre los estanques. Sin embargo, siguieron apareciendo afectando la sobrevivencia final.

IV. DISCUSIONES

En el presente estudio la capacidad de remoción de nutrientes y mejoramiento de la calidad ambiental del cultivo de camarón mediante el uso de *G. pacifica* no se observó de manera clara debido al alto florecimiento de fitoplancton y algunas algas oportunistas presentes en los estanques junto con la macroalga.

A diferencia del estudio a pequeña escala de Aguilar (1997) donde el tratamiento con macroalgas inhibió - al menos temporalmente - el florecimiento de fitoplancton, este comportamiento no se mantuvo en la escala empleada en este estudio. Sin embargo, los beneficios de emplear *G. pacifica* se establecen a partir de que durante el cultivo se genera una biomasa adicional de *G. pacifica* que puede ser aprovechada comercialmente sin afectar la sobrevivencia de los camarones. De hecho se observó una mayor sobrevivencia en el estanque con *G. pacifica*.

El crecimiento de *G. pacifica* durante el periodo de cultivo generó una biomasa de 52.35 kg. peso húmedo. Suponiendo una relación peso seco: peso húmedo de 17.9 % y un contenido aproximado de 2% de nitrógeno (Hanisak, 1983), *G. pacifica* fue capaz de remover 0.35 kg. durante el cultivo. El hecho de que *G. pacifica* no inhibió el florecimiento de fitoplancton, sugiere que el estanque pudo haber soportado una mayor producción de la macroalga, aun cuando se inoculó el estanque con una densidad de macroalga igual a la empleada por Aguilar (1997), 1 kg/m². Los tanques que empleó tienen un mayor sombreado por unidad de área, en otras palabras, la altura del tanque es similar a la dimensión del fondo. Este efecto no se da en los estanques de 40 m² por lo que hay una mayor disponibilidad de luz que posiblemente

promovió un rápido crecimiento de fitoplancton y de las algas oportunistas como fue el caso de *Ulva spp.* que es una especie que ha sido utilizada como biofiltro (Cohen y Neori, 1991) y *Enteromorpha spp.* que es capaz de captar el amonio eficientemente durante el día (Santelices y Doty, 1989; D'Elia y DeBoer, 1978; Darley, 1987; Dawes, 1991), así como el fitoplancton interfirieron sobre el sistema de cultivo.

Las concentraciones obtenidas para los nutrientes (amonio, nitritos y nitratos) en ambos estanques se mantuvieron dentro de los parámetros óptimos establecidos por Clifford, (1994) a excepción de los nitratos ya que se presentaron inicialmente dos incrementos en las concentraciones para los días 1 y 26 de Septiembre en el estanque sin *G. pacifica* y en los días 5 de Septiembre y 6 de Octubre para el estanque con *G. pacifica*.

Estos incrementos se atribuyen a un error de medición en las técnicas principalmente; ya que no se correlacionan con ningún otro factor, ni se refleja en las concentraciones de nitrógeno total. Sin embargo, a finales del experimento las concentraciones de nitratos se incrementaron por arriba de lo establecido por Clifford, (1994) debido a que no existieron más recambios de agua sobre los cultivos y la carga del sistema se rebasó, esto es, se tenían concentraciones elevadas de materia orgánica, alimento no consumido, excretas de los camarones así como fitoplancton.

Tomando en cuenta los resultados de este estudio y comparándolos con lo reportado por Aguilar (1997), el cual menciona que dichos nutrientes se mantuvieron en concentraciones óptimas dentro de su cultivo y que *G. pacifica* tiene capacidad para remover el amonio, nitritos y nitratos, no se puede hacer alguna comparación y

hacer una afirmación sobre la capacidad de *G. pacifica* debido a la presencia de las algas oportunistas y del fitoplancton que también es capaz de absorber los nutrientes eficientemente (Guillard, 1963; citado en Riley y Chester, 1989).

Con relación a los fosfatos los cuales son parte esencial en el crecimiento y desarrollo de las algas (Darley, 1987) así como para todas las especies de fitoplancton que asimilan fácilmente el fósforo (Riley y Chester, 1989), se observó en este estudio, como era de esperarse, un incremento en la concentración desde el inicio del experimento llegando hasta concentraciones que pasan por mucho los rangos óptimos de cultivo que van de 0.1 a 0.3 ppm (Clifford, 1994). Dichas concentraciones puede atribuirse principalmente al alimento suministrado, ya que gran parte del fósforo en el alimento lo presenta la harina de pescado siendo un ingrediente con importantes cantidades de fósforo (Subramanyam, 1996).

Se observó que *G. pacifica* no fue capaz de remover fosfatos de manera eficiente de los estanques, lo cual concuerda con el trabajo de Aguilar (1997) en donde los fosfatos tampoco fueron removidos por la macroalga y pasaron las concentraciones establecidas por Clifford, (1994).

El crecimiento de fitoplancton se ve reflejado en el comportamiento a lo largo del experimento donde se presentaron fases de crecimiento (Paniagua *et al.* 1989), el cual es representado generalmente por un patrón definido el cual se presenta aparentemente en este estudio. Sin embargo, para las últimas mediciones se observó un incremento muy marcado en el estanque sin *G. pacifica*, más no así en el estanque con el alga, por lo que se asume que *G. pacifica* no permitió que las concentraciones

de fitoplancton aumentarán además de que mantuvo una concentración relativamente constante del mismo a lo largo del experimento lo cual puede ser una ventaja dentro de los sistemas de cultivo.

Santelices y Doty (1989); Chirapart & Ohno (1993) mencionan que el rango óptimo de temperatura para el cultivo de *Gracilaria spp.* es de 20 a 30°C. Dicho intervalo de temperatura se presentó en el sistema de cultivo hasta el 24 de octubre. Posteriormente debido a las condiciones del clima y la época del año se presentó una disminución de la temperatura, por lo que se vio reflejado en el crecimiento de *G. pacifica* (Tabla No.I), considerando a la temperatura como un factor muy importante que interviene en su crecimiento.

La salinidad es otro parámetro que puede influir en el crecimiento de las algas marinas. *G. pacifica*, empleada en este estudio se colectó en el Estero de Punta Banda que presenta salinidades de 33.2‰ a 35.30‰ (Contreras, 1985). En este estudio las concentraciones a partir del 22 de Octubre estuvieron por arriba de dicho intervalo, llegando hasta valores de 38‰, ya que no se presentaron más recambios de agua y por evaporación de la misma, lo cual se ve reflejado en el crecimiento (Tabla I), por lo tanto, se asume que la salinidad es también un factor importante en el crecimiento de *G. pacifica*.

Finalmente, el crecimiento promedio de *G. pacifica* fue de 2.4% /d⁻¹, un crecimiento mayor al que se reporta en el Estero de Punta Banda por Zertuche-González y García-Esquivel (1993), mientras que Aguilar (1997) reportó un crecimiento de 2.7 % / d⁻¹ que es muy similar al reportado en este estudio. Esto puede

considerarse una ventaja ya que tener porcentajes de crecimiento como los de estos estudios, si se aplicara a niveles comerciales se obtendrían producciones continuas que favorecerían a las industrias locales, así como el desarrollo de la industria del agar (Zertuche-González y García-Esquivel, 1993).

Para el camarón, Robertson *et al.* (1992) y Clifford (1994) mencionan que el crecimiento óptimo para *P. vannamei* va de 25° C a los 30° C, lo cual concuerda con las temperaturas que se obtuvieron hasta la mitad del experimento en los dos estanques. Posteriormente la temperatura fue disminuyendo hasta alcanzar temperaturas por debajo de los 15.5° C en los dos estanques al finalizar el experimento. Edwards (1977) encontró que en el medio natural el camarón crece lentamente en los meses de en los que la temperatura es menor de 22° C, por lo que la disminución de la temperatura en los estanques debió afectar el metabolismo y por lo tanto el crecimiento de los camarones.

La salinidad juega un papel importante en el crecimiento de los camarones peneidos. Dentro de este parámetro se tienen ciertas variaciones en cuanto a los rangos óptimos para *P. vannamei*. Chen, (1992) citado en Aragón (1993) y Clifford (1994) mencionan que la salinidad óptima para el cultivo de esta especie es de 15‰ a 25‰, mientras que Bray y Lawrence (1993), cultivaron *P. vannamei* a 45 ‰ obteniendo altas tasas de crecimiento. Por lo que el intervalo de salinidad óptimo para *P. vannamei* se puede considerar muy amplio, aunque deben tomarse en cuenta otros factores que influyen dentro de los cultivos y no a la salinidad por sí sola como un parámetro limitante.

La salinidad en este estudio fluctuó de 27‰ hasta 37.5‰ en el estanque sin *G. pacifica* y de 29.5‰ hasta 38‰ para el estanque con *G. pacifica*, estos valores se consideran altos tomando en cuenta los registrados por Chen, (1992) citado en Aragón (1993) y por Clifford (1994); más no así para Bray y Lawrence (1993). Cabe mencionar que dichas salinidades se dieron, principalmente, a que no se hicieron recambios constantes de agua en los estanques, además por la evaporación de la misma.

El oxígeno disminuye durante las noches y las primeras horas del día debido a que gran parte es consumido por el fitoplancton y por los organismos que se encuentran presentes en los cultivos. Dichas concentraciones llegan a tener hasta 2 ppm (Wickens, 1976), por lo que estas horas se consideran críticas.

Las mediciones realizadas en este experimento se hicieron por la mañana, presentando concentraciones que fluctuaron entre las 7 y 9 ppm para los dos estanques, manteniéndose en un intervalo óptimo, sin haber sido afectado por materia orgánica en descomposición, alimento no consumido así como la descomposición de micro y macroalgas. Dichas concentraciones se presentaron ya que a lo largo del experimento se mantuvo aireación constante y a la función que realizó el fitoplancton durante el día. Dichos factores se conjuntaron para mantener las concentraciones obtenidas, las cuales son adecuadas para el cultivo de *P. vannamei* que van de 6 a 10 ppm (Clifford, 1994).

Para el caso del pH, Tsai (1990) citado en Allan *et al.* (1992), considera que valores de pH por debajo de 4.8 o arriba de 10.6 son letales para camarones peneidos.

Clifford (1994), menciona que los rangos óptimos para el crecimiento de camarón van de 8.1 a 9.0. Al inicio del experimento (Figura 10) se presentaron concentraciones por arriba de 9.0, debido a la alta producción primaria presente en los estanques (Figura 6) que se traduce en un aumento de pH (Darley, 1987; Wyban, *et al.* 1987). Posteriormente se notó una gradual disminución en los dos estanques, dado que los organismos cultivados requerían una demanda mayor de oxígeno y por ende se presentaba un incremento en la concentración de CO₂ haciéndose notable la disponibilidad del mismo y por lo tanto una disminución del pH.

En cuanto al crecimiento de los camarones, se observó que la especie *P. stylirostris* mostró un pobre crecimiento además de una sobrevivencia baja con respecto a la especie *P. vannamei*. Esto se debió principalmente a que una vez que fueron cosechados todos los organismos, *P. stylirostris* mostró laceraciones en el exoesqueleto y necrosis en el músculo. Se ha observado que esta especie ha presentado dificultades en su cultivo dada la incidencia de una enfermedad viral denominada IHNV (Fueyo, 1998).

En cambio, *P. vannamei* se observó que fue la que mejor se adaptó a las condiciones del sistema obteniendo una talla más homogénea y una mayor sobrevivencia siendo mayor que la aceptada en este tipo de sistema de cultivo que es de aproximadamente el 55%. El crecimiento obtenido fue de 0.17gr d⁻¹ similar a lo reportado para esta especie por Arredondo-Figueroa (1986) que es de 0.20 gr d⁻¹. Se puede asumir que tanto la alta sobrevivencia así como el buen crecimiento de *P. vannamei* en el estanque con *G. pacifica* se dio en parte a que la macroalga sirvió de

refugio a los organismos cultivados e indirectamente sirvió como fuente de alimento.

Una alternativa más para mantener la calidad del agua dentro de los estanques fue la utilización de charolas de alimentación para hacer eficiente el suministro y el control del alimento, lo que a su vez puede verse reflejado en la reducción de costos ya que el alimento representa entre el 30 y 60 % de costos de producción (Zendejas-Hernández, 1994; citado en Zendejas, 1998), además de ser un factor esencial en el incremento de los nutrientes. Por lo que su uso puede mejorar la calidad del agua dentro del sistema y a su vez la del efluente (Niño, 1998).

Aún cuando la capacidad de remoción de nutrientes (y por ende el mejoramiento sanitario del cultivo) no pudo ser medido en forma directa en este estudio, se observó que *G. pacifica* fue capaz de generar una biomasa significativa (y por lo tanto remoción de nutrientes) que puede proporcionar un beneficio directo como fuente de agar, además de proveer refugio y condiciones que probablemente favorecieron la sobrevivencia y crecimiento de los camarones en comparación al cultivo que no tuvo la macroalga.

VI. LITERATURA CITADA

- Aguilar, M. B.** 1997. Uso del alga (*Gracilaria pacifica*) como biofiltro en un cultivo de camarón (*Penaeus vannamei*). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California. Facultad de Ciencias Marinas. 43 pp.
- Allan, G.** 1993. The Effects of Water Exchange on Production of *Metapenaeus macleayi* and Water Quality in Experimental Pools. Journal of the World Aquaculture Society. Vol. 24, No. 3. 321-328 pp.
- Allan, L. Geoff and Maguire, B. Greg.** 1992. Effects of pH and salinity on survival, growth and osmoregulation in *Penaeus monodon* Fabricius. Aquaculture, 107 (1992) 33-47. pp.
- Alvarez, T. P.** 1995. Memorias de la Reunión Técnica sobre Cultivo de Camarón en El Golfo de México y Mar Caribe. Instituto Nacional de la Pesca, SEMARNAP. 9 pp.
- Aquacop.** 1984. Review of ten year of experimental penaeid shrimp culture in Tahiti and New Caledonia (South Pacific). Journal of the World Mariculture Society. Vol. 15. 73-91 pp.
- Aragón, N. E.** 1993. Aplicación de tecnología tailandesa para el cultivo intensivo de camarón blanco *Penaeus vannamei* (Bone) en México. Tesis de Maestría. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. División de Oceanología. 60 pp.

- Arredondo, F. J. L.** 1986. Análisis preliminar del cultivo de camarón en México. Boletín No. 1. Informes técnicos de la Dirección General de Acuicultura. México, 18 pp.
- Boyd, C.E.** 1982. Water quality management for warm water fish culture. developments in aquaculture and fisheries science, Vol. 9. Elsevier, Amsterdam, 318 pp.
- Bray, W.A. y A.L. Lawrence.** 1993. Efecto de cuatro sustratos en el crecimiento y supervivencia de *Penaeus vannamei* en dos salinidades. Ciencias Marinas 19 (2): 229-244 pp.
- Buschmann, H. A. O. A. Mora, P. Gómez, M. Böttger, S. Buitano, C. Retamales, P. A. Vergara y A. Gutierrez.** 1994. *Gracilaria chilensis* outdoor tank cultivation in Chile: Use of land-based salmon culture effluents. Aquacultural Engineering. Vol. 13, No. 4, 283-300 pp.
- Chirapart, A. and M. Ohno.** 1993. Growth in tank culture of species of *Gracilaria* from the Southeast Asian Waters. Botanica Marina. 36: 9-13 p.p.
- Clifford, H.C.** 1994. Semi-intensive sensation . A case study in marine shrimp pond management. World Aquaculture. 25(3): 6-12 pp.
- Cohen, I. and Neori, A.** 1991. *Ulva lactuca* biofilters for marine fishpond effluents. "ammonia uptake kinetics nitrogen content". Botánica Marina. Vol. 34, 475 – 482 pp.
- Contreras, F.** 1985. Lagunas Costeras Mexicanas. Centro de Ecodesarrollo. Secretaría de Pesca. 253 pp.

- D'Elia C. F. and J. A. DeBoer.** 1978. Nutritional studies of two red. II. Kinetics of ammonium and nitrate uptake. *Phycol.* 14: 266-272 pp.
- Darley, W. M.** 1987. *Biología de las algas: Un enfoque fisiológico.* Editorial LIMUSA, México, D.F. 236 pp.
- Dawes, J.C.** 1991. *Botánica Marina. Primera reimpresión.* Editorial Limusa, S.A de C.V. México. 673 pp.
- Edwards, R.C.** 1977. Field experiment in growth and mortality of *Penaeus vannamei* in a mexican coastal lagoon complex. *Estuarine Coastal Marine Science* 5: 107-121 p.p.
- Enander and Hasselstrom.** 1994. An experimental wastewater treatment system for a shrimp farm. *aquaculture, INFOFISH International*, 4. 56-61 p.p.
- Fueyo, M. L.** 1998. Uso racional de los recursos naturales para el desarrollo integral de la acuicultura. En: *II Simposium Internacional de Acuicultura.* 6-18 p.p.
- Hanisak, M. D.** 1983. The nitrogen relationships of marine macroalgae. In: *Nitrogen in the marine environment.* Academic prees, Inc. (London). 900 pp.
- Hirose, L.** 1995. Camaronicultura Sostenible. Proyectos en áreas protegidas del estado de Yucatán. *Memorias de la Reunión Técnica sobre Cultivo de Camarón en El Golfo de México y Mar Caribe.* Instituto Nacional de la Pesca, SEMARNAP. 22 – 28 p.p.
- Hopkins, J. S; R. D. Hamilton, P. A. Sandifer, C. L. Browdy and A. D. Stokes.** 1993. Effect of water exchange rate on production, water quality,

effluent characteristics and nitrogen budgets of intensive shrimp ponds. *Journal of the World Aquaculture Society*. Vol. 24, No. 3. 304-320 p.p.

Hopkins J. S., P.A. Sandifer, M.R. De Voe, A.F. Holland, C.L. Browdy and A.D.

Stokes. 1995 a. Enviromental impacts of shrimp farming with special reference to the situation in the continental United States. *Estuaries. Journal of the Estuarine Research Federation*. Vol.18, No.1A. 25-42 pp.

Hopkins, J. S; P.A. Sandifer and C. L. Browdy. 1995 b. Effect of two feed protein

levels and feed rarte combinations on water quality and production of intensive shrimp ponds operated without water exchange. *Journal of Aquacultura Society*. Vol. 26 No. 1. 93 – 97 pp.

Niño, E. M. 1998. Comederos la mejor opción para reducir el índice de conversión alimenticia. En: II Simposium Internacional de Acuacultura. Mazatlán, Sinaloa, México. 110-113 pp.

Landesman, L. 1994. Negative impacts of coastal aquaculture development. Special Report. *World Aquaculture*. Vol. 25 No. 2. 12-17 pp.

Paniagua, M. J; L. F. Bückle, C. M. Granados, D.S. Loya. 1989. Manual de metodologías y alternativas para el cultivo de microalgas. Segunda edición. CICESE. 61 pp.

Parsons, R. T; Y. Maita and M. C. Lalli. 1980. A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Pergamon Press. 173 pp.

- Riley, P. J. y R. Chester.** 1989. Introducción a la química marina. Primera edición, Editorial A.G.T. Editor. México. 459 pp.
- Robertson, L., T. Samocha, K. Gregg y A. Lawrence.** 1992. Potencial de engorda postcriadero de *Penaeus vannamei* en un sistema intensivo tipo "raceway". Ciencias Marinas. 18(4): 47-56 pp.
- Ryther, J. H; J. C. Goldman, C. E. Gifford, J. E. Huguenin, A. S. Wing, J. P. Clarner, L.D. Williams and B. E. Lapointe.** 1975. Physical models of integrated waste recycling marine policulture systems. Aquaculture. 26: 107-115 pp.
- Santelices, B. and Doty, M.S.** 1989. A review of *Gracilaria* farming. Aquaculture, 78 (1989) p.p.95 – 133 pp.
- Shang, Y.C.** 1976. Economics aspects of *Gracilaria* culture in Taiwan. Aquaculture, 8 (1976) 1-7 pp.
- Shpigel, M.** 1993. A Proposed model for "Environmentally Clean" land-based culture of fish, bivalves and seaweeds. Elsevier Science Publishers. B.V., Amsterdam. Aquaculture, 117 (1993) 115 – 128 pp.
- Sphigel, M and Neori, A.** 1996. The integrated culture of seaweed, abalone, fish and clams in modular intensive land-based systems:I. Proportions of size and projected revenues. Aquacultural Engineering. Vol. 15, No. 5, 313-326 pp.
- Subramanyam, Mark.** 1996. Calidad de ingredientes en la producción y el rendimiento de alimentos para acuicultura. En: Memorias del

Segundo Simposium Internacional de Nutrición Acuicola. Monterrey, N.L. México. 243-264 pp.

Troell, M. C. Halling, A. Nilson, A. H. Buschmann, N Kautsky y L. Kautsky.

1997. Integrated marine cultivation of *Gracilaria chilensis* (Gracilariales, Rhodophyta) and salmon cages for reduced enviromental impact and increased economic output. Aquaculture. 156 (1997) 45-61 pp.

Wickens, J. F. 1976. Praw biology and culture. Oceanografic Marine Biology Ann. Rev. 14: 435-507 pp.

Wyban, J. A; C. S. Lee, V.T. Sato, J. N. Sweeney and W. K. Richards, Jr. 1987.

Effect of stocking density on shrimp growth rates in manure-fertilized ponds. Aquaculture. 61:23-32 pp.

Zendejas- Hernández, J. 1998. Avances y tendencias de la nutrición en la acuicultura. En: II Simposium Internacional de Acuicultura. Mazatlán, Sinaloa, México. 119-129 pp.

Zertuche-González, J.A. y García-Esquivel, J. 1993. Promoción del cultivo del alga *Gracilaria* en México. Situación actual de la industria de macroalgas productoras de ficocoloides en América Latina y el Caribe. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Documento de Campo No. 13. 47-56 pp.