

**FUNDACION UNIVERSIDAD DE BOGOTA JORGE TADEO LOZANO**

**FACULTAD DE BIOLOGIA MARINA**

ESTUDIO DE LA RESPIRACION DE FONDO EN ESTANQUES  
DE CULTIVO DE CAMARONES EN LAS CONDICIONES DE  
MEDIOAMBIENTE Y DE MANEJO EN

C. I .CARTAGENERA DE ACUACULTURA S.A

Trabajo de grado para optar al titulo de Biólogo Marino

POR:

ALEJANDRO RAMÍREZ ECHEVERRI

DIRECTOR:

Dr. SERGIO MARTINEZ IBARRA

CARTAGENA DE INDIAS, NOVIEMBRE de 2004

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres quienes fueron fundamentales por su apoyo y aliento, en los momentos mas difíciles, a Mauricio, Juliana y Maria, mis hermanos, y Ximena.

No puedo dejar de expresar mis mas sinceros agradecimientos a C. I. Cartagenera de Acuacultura, y sus directivos, los cuales fueron incondicionales en cuanto a la realización de este estudio, y en donde he terminado de formarme como profesional, al Doctor Sergio Martínez, Gerente General Técnico de la Empresa y director de la tesis, quien me guió durante todo este proceso y por sus sabios consejos, al Profesor Yoram Avnimelech, quien fue el progenitor de este estudio y quien me dio las bases del conocimiento en el tema de los suelos, y quien me ha dado bases sólidas sobre los procesos de investigación, a la Doctora Maria Claudia Baquero, Gerente de producción, por su dedicación, paciencia, e interés en enseñarme de manera desinteresada sus conocimientos, y por infundir en mi una disciplina de trabajo sin la cual no hubiera logrado este estudio, A los Señores Omar López, Regis Gambin , Julio Lobo, y Alexis Pérez, al personal del campo pues en muchas ocasiones me ayudaron durante la realización del estudio, a la Doctora Rosa Romano Jefe del Departamento de Control de Calidad, quien me

apoya siempre y me dio ánimos cuando los necesite, además fue de gran ayuda en la realización de los experimentos y las personas que lo componen, Marcos, Araelci, Yaneth y Melva, pues ellos son parte fundamental en la consecución de gran parte de los datos expuestos en este estudio, y por ayudarme de manera desinteresada durante la realización del mismo, y a todo el grupo en general de Cartagenera de Acuicultura, que de alguna manera ayudaron en la realización de este estudio.

Al Doctor Gabriel Cruz Cerón ph.D en Economía, Jefe de Programas Especiales, adscrito a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad De Caldas quien con su gran ayuda y asesoría estadística y económica fue posible la finalización del presente estudio, a Claudia, Cesar y Diana, a la Universidad de Caldas por facilitarme sus instalaciones de manera generosa.

## RESUMEN

El presente estudio fue realizado en la granja camaronera Cartagenera de Acuacultura, la cual se encuentra localizada en el corregimiento de La Barce, en el departamento de Sucre, durante la investigación se realizaron mediciones correspondientes al consumo de oxigeno por parte del suelo, la columna de agua y la producción de oxigeno en la columna de agua, para tal fin se implementaron tres tratamientos de fertilización orgánica durante el ciclo de cultivo:

- A) 200 Kg/ha de soya, durante la preparación de fondo, y 11 Kg/ha de soya semanales aplicados al estanque diariamente durante el ciclo de producción
- B) 200 Kg/ha de soya, durante la preparación de fondo y 11 Kg/ha de soya semanales durante el ciclo de producción, suplementariamente se realizó una fertilización inorgánica adicional la cual corresponde a la aplicación de 10 Kg/ha de DAP y nitrato de amonio durante la preparación, seguidos de 2 Kg/ha de DAP semanales durante las primeras tres semanas.
- C) 50 Kg/ha de soya, durante la preparación de fondo, y 23 Kg/ha de soya semanalmente durante el ciclo de producción.

Estos tres diferentes tratamientos fueron aplicados a estanques, sembrados con *Penaeus vannamei* (Boone 1931). Para la determinación en la respiración del

suelo se utilizaron cámaras de respiración, para la respiración en la columna de agua se utilizo la metodología de botellas claras y oscuras

La demanda de oxigeno por parte del sedimento corresponde a 0.0395, 0.15 y 0.064 gr O<sub>2</sub> m<sup>2</sup> hr<sup>-1</sup>, para cada uno de los tratamientos A, B y C. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en cuanto a la respiración de fondo entre los tratamientos siendo el B, el que presenta un mayor índice de consumo.

La respiración promedio en la columna de agua para cada tratamiento corresponde a , 0.345 g O<sub>2</sub> m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>, 0.364 g O<sub>2</sub> m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> y 0.368 g O<sub>2</sub> m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>, se encuentran diferencias estadísticamente significativas que prueban que la respiración en la columna de agua es superior a la del sedimento en los tratamientos A y C, ocurriendo lo contrario en el tratamiento B. La producción de oxigeno en la columna de agua para los tratamientos A,B y C, corresponden a 1.047, 0.814, y 1.028 g O<sub>2</sub> m<sup>2</sup> h<sup>-1</sup>.

## ABSTRACT

Measurements of bottom soil respiration, water column respiration, and oxygen production were made in three different ponds stocked with *Pennaeus vannamei* (Boone, 1931), with three different treatments of organic fertilization, described below:

A) 200 Kg/ha of soy , during the bottom preparation, and 11 Kg/ha of soy weekly

B) 200 Kg/ha, during the bottom preparation, and 11 Kg/ha of soy weekly during the crop cycle, an extra application of inorganic fertilizer were made based on 10 Kg/ha of DAP and ammonium nitrate during the preparation, follow by 2 Kg/ha of DAP weekly during the first three weeks.

C) 50 Kg/ha of soy, during the bottom preparation, and 23 Kg/ha of soy applied weekly during the crop cycle.

Bottom soil respiration was determined by benthic chambers, and clear and dark bottles methodology for water column respiration and production. The soil oxygen

demand corresponds to 0.0395, 0.15 y 0.064 gr O<sub>2</sub> m<sup>2</sup> hr<sup>-1</sup>, for each treatment A,B, and C. .

The average respiration in the water column for treatments A, B, and C, are 0.345 g O<sub>2</sub> m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>, 0.364 g O<sub>2</sub> m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> y 0.368 g O<sub>2</sub> m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>. Water column respiration was higher in treatments A,C, and lower in B.

The values for oxygen production in the water column are 0.47, 0.814, y 1.028 g O<sub>2</sub> m<sup>2</sup> h<sup>-1</sup>, for treatments A, B and C.

## LISTA DE TABLAS

	Pg
Tabla 1. Tratamiento de verano para cada uno de los estanques de cultivo.....	17
Tabla 2. Densidades de poliquetos expresados en ind./m <sup>2</sup> .....	36
Tabla 3. Respiración promedio para cada estación de muestreo.....	37
Tabla 4. Resumen de la abundancia fitoplanctónica durante el ciclo.....	43
Tabla 5. Resultados de la prueba de significancia en la comparación de promedios de la respiración en la columna de agua y fondo.....	49
Tabla 6. Valores promedio de respiración en la columna de agua y de fondo.....	49
Tabla 7. Resultados de la prueba de significancia en la comparación de promedios de la respiración en la columna de agua y fondo expresados en mg l <sup>-1</sup> hora <sup>-1</sup>	
Tabla 8. R.C.A, RF, Corresponden a los valores promedio de respiración en la columna de agua y respiración de fondo, expresados en mg/ l hora <sup>-1</sup> de O <sub>2</sub> .	

## LISTA DE FIGURAS

	Pg
Figura 1. Ubicación de las estaciones de muestreo dentro de cada estanque.....	17
Figura 2. Ubicación de las camaras en el fondo del estanque	
Figura 3. Respiración promedio del suelo para las 5 estaciones tto A .....	31
Figura 4. Respiración promedio del suelo para las 5 estaciones tto B.....	31
Figura 5. Respiración promedio del suelo para las 5 estaciones tto C.....	32
Figura 6. Grado de fauna zoobentónica tratamiento A.....	33
Figura 7. Grado de fauna zoobentónica tratamiento B.....	33
Figura 8. Grado de fauna zoobentónica tratamiento C.....	34
Figura 9. Respiración promedio en la columna de agua tratamiento A.....	45
Figura 10. Respiración promedio en la columna de agua tratamiento B.....	46
Figura11. Respiración promedio en la columna de agua tratamiento C.....	46
Figura 12. Productividad primaria en el tratamiento A.....	52
Figura 13. Productividad primaria Vs profundidad tratamiento A.....	53
Figura 14. Productividad primaria en el tratamiento B.....	53
Figura 15. Productividad primaria Vs profundidad tratamiento B.....	54
Figura 16. Productividad primaria en el tratamiento C.....	54
Figura 17. Productividad primaria Vs profundidad tratamiento C.....	55



## INTRODUCCIÓN

El presente estudio pretende determinar el efecto de la adición de materia orgánica en la respiración de fondo en los estanques de cultivo con *Litopenaeus vannamei* (Boone 1931), en las condiciones de C.I Cartagenera de Acuicultura, adicionalmente se desea medir la tendencia de la respiración del suelo durante el ciclo de cultivo y analizar las variaciones en el consumo de oxígeno durante el mismo, debido a la respiración de fondo y respiración en la columna de agua, determinar y evaluar los efectos de tratamiento sobre la respiración del suelo, medir la respiración y producción de oxígeno en la columna de agua, e identificar el efecto de la fertilización orgánica en la respiración de fondo, y la columna de agua con tres tratamientos diferentes de aplicación de materia orgánica, los cuales son de suma importancia en cultivos de camarón, debido a que estos organismos pasan gran parte de su tiempo en el fondo de los estanques, por lo tanto las investigaciones realizadas sobre dicho tema son de vital importancia para la actividad, debido a que ayudan a enriquecer el conocimiento de los procesos y dan una luz sobre posibles soluciones a los problemas que la aquejan.

El oxígeno es la variable más crítica en la calidad del agua en la camaricultura, es necesario para que pueda haber vida aeróbica, entra al agua desde la atmósfera por

difusión. Pero las fuentes más importantes que aportan oxígeno en los estanques son la fotosíntesis realizada por el fitoplancton, agitación del viento, y por flujos de agua.

El contenido de oxígeno en los estanques de cultivo es el resultado de la diferencia entre la producción total de oxígeno y principalmente el consumo total de los organismos vivos, la oxidación, y de la productividad primaria, la cantidad de biomasa está limitada por la capacidad del medio ambiente o capacidad de carga de los estanques, que a su vez dependen de la disponibilidad de nutrientes, dióxido de carbono y la energía solar Wedler, 1998.

El consumo de oxígeno es constituido por la respiración de la biomasa, descomposición de la materia orgánica, procesos de oxidación y reducción, salinidad, temperaturas altas, y una elevada alimentación.

La acumulación de materiales orgánicos en el sedimento procede fundamentalmente de diferentes orígenes, tales como, sobrealimentación, cúmulos de metabolitos y detritos no procedentes del alimento (algas, heces, mudas, etc.).

Cantidades significativas de materia orgánica y fertilizantes son adicionadas a los estanques, antes y durante el ciclo de producción, buscando fomentar procesos de productividad tanto en el agua como en el fondo, como promover la fauna bentónica, crear fuentes alternas de alimento para el camarón o crear ambientes propicios para el crecimiento del fitoplancton y zooplancton.

Con el transcurso del tiempo si no existe un buen mantenimiento de los estanques, el exceso de alimento y heces aunado a la eutrofización del estanque aceleran la deposición del detritus (material orgánico descompuesto), generando una reducción en el potencial de oxido reducción, caracterizados por pH bajo, aumento en la concentración de sulfuro de hidrogeno ( $H_2S$ ), amoniaco ( $NH_3$ ) y nitritos ( $NO_2$ ), (Chanratchakool, 1998)

Los organismos cultivados, al verse sometidos a dichas condiciones desfavorables en el ambiente, estarán sujetos a estrés y serán más susceptibles a daños. Así, el deterioro del substrato directa o indirectamente provoca la ocurrencia de enfermedades y eventualmente la muerte de los organismos (Boyd, 1989). Bajas concentraciones de oxígeno tienen un efecto adverso en el apetito y metabolismo del camarón, por lo tanto la conversión y eficiencia del alimento tiende a declinar drásticamente, produciéndose una disminución en la sobre vivencia de los organismos cultivados, crecimiento y consecuentemente una disminución en la producción.

La respiración del suelo es un índice de la actividad de los microorganismos en éste, la respiración de suelos acuáticos es particularmente importante porque representa una demanda de oxígeno, la cual puede resultar en disminuciones del mismo en los estanques . En un fondo limpio, sin tóxicos el camarón consume una

mayor cantidad de alimento, mejorando en un gran porcentaje su conversión alimenticia (Boyd, 1995).

La camaricultura como todas las actividades donde se cultivan organismos vivos, requiere monitoreos continuos de alimento a fin de evitar condiciones adversas; se hace necesario establecer las cantidades apropiadas de materia orgánica para mantener un óptimo balance en los estanques de cultivo.

## TABLA DE CONTENIDO

<b><u>MARCO TEORICO</u></b> .....	<b>3</b>
ANTECEDENTES.....	<b>19</b>
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	Error! Bookmark not defined.
OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	Error! Bookmark not defined.
HIPÓTESIS.....	Error! Bookmark not defined.
METODOLOGÍA .....	<b>25</b>
Manejo previo al llenado.....	25
Manejo posterior al llenado y siembra .....	26
<b>FUENTES DE INFORMACIÓN</b> .....	<b>28</b>
REGISTRO DE LOS VALORES DE RESPIRACIÓN .....	48
PRUEBA DE COMPARACIÓN MÚLTIPLE ENTRE TRATAMIENTOS MENDIANTE EL TEST DE TUKEY AL NIVEL DE SIGNIFICANCIA DEL 5%....	51
RESPIRACIÓN COLUMNA DE AGUA .....	<b>56</b>
PRODUCCIÓN DE OXIGENO EN LA COLUMNA DE AGUA.....	<b>63</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>70</b>
BIBLIOGRAFIA.....	<b>71</b>

## MARCO TEÓRICO

Colombia es un país privilegiado puesto que posee una gran diversidad biológica, condiciones ambientales ideales y abundantes recursos hídricos, para el cultivo de recursos hidrobiológicos. Cuenta con dos costas, sobre el mar Caribe y el Océano Pacífico y presenta ecosistemas que representan un gran potencial acuícola.

La costa Atlántica Colombiana tiene una longitud de 1560 km. la cual recibe el aporte de numerosos ríos, quebradas, etc. Lo que genera abundantes nutrientes de origen continental.

En el mar Caribe Colombiano el cultivo de camarón se desarrolla al sur de la ciudad de Cartagena en la Bahía de Barbacoas y en otras regiones tales como la Bahía de Cispatá, Galerazamba, y Punta Comisarios en Sucre. (Inpa, 1995).

La camaricultura trata básicamente de engordar el camarón con la máxima cantidad de postlarvas en condiciones parecidas a las que encuentran en los estuarios antes de su migración al mar, evitando la fase migratoria desde el estuario hacia el mar y obligándolo a terminar su crecimiento hasta adulto bajo condiciones controladas en estanques (Wedler, 1998).

Los estanques son cuerpos de agua artificiales, los cuales se realizan a partir de movimientos de tierra en un área específica, deben reunir condiciones ideales de topografía, suelos, agua, y área que justifiquen el proyecto. La superficie del fondo

de los estanques originalmente debe ser preferiblemente de arcilla, arenas, limo etc. a la cual se le ha removido la vegetación.

Los suelos juegan un papel fundamental en estanques destinados a la acuicultura, liberan y guardan nutrientes, además de materia orgánica y proveen un medio de crecimiento para criaturas bénticas, plantas y bacterias asociadas . Estos organismos pueden proveer alimento para los camarones, pueden reciclar nutrientes y degradar la materia orgánica (Boyd, 1998).

A pesar de que los camarones nadan frecuentemente, pasan la mayoría del tiempo buscando alimento en el fondo del estanque, por esta razón la condición del fondo tiene un mayor efecto en el camarón. Mantener un fondo saludable es esencial en todos los sistemas de cultivo (Chanratchakool et al, 1998).

En este caso es utilizado el sistema de tipo semi - intensivo, el cual se efectúa básicamente con fines comerciales; las cosechas y las siembras se llevan a cabo periódicamente obedeciendo a una programación de la producción. Se realiza un control permanente de calidad de agua y se practican abonamientos frecuentes con materiales orgánicos e inorgánicos. Bajo este sistema semi-intensivo se suministra alimento concentrado, con niveles de proteína previamente establecidos, en forma permanente y se programa la densidad de siembra (Inpa, 1995).

La actividad metabólica en el sistema semi-intensivo es elevada y por lo tanto se producen desechos en grandes volúmenes; generalmente no hay otros tipos de heterótrofos, y unos pocos autótrofos que puedan utilizar los desechos. La energía y los nutrientes en los desechos deben ser removidos para evitar condiciones tóxicas en el ecosistema ( Moore, 1986).

## ANTECEDENTES

En el Caribe Colombiano se conocen trabajos de tesis sobre fertilización en estanques con materia orgánica e inorgánica, pero se desconoce alguno que se encargue de medir la respiración del fondo en estanques de cultivo con fertilización orgánica, los trabajos mencionados corresponden a tipos de fertilización y sobre estudios de fondos.

Benítez, (1996) lleva a cabo estudios en la macrofauna y meiofauna bentónica en tres estanques durante un ciclo de cultivo de camarón *Litopenaeus vannamei* (Boone 1931), encuentra que 3 grupos taxonómicos principales son los que componen la meiofauna permanente de los estanques de cultivo: Crustácea, Rizopodea y Nematoda. Relaciona las menores abundancias de individuos en la fauna bentónica total con los menores incrementos en biomasa de camarón por

m<sup>2</sup>, y confirma la presencia de larvas planctónicas que colonizan los suelos de los estanques.

Torres y Faillace, (1993) realiza estudios basados en la oferta alimenticia en estanques para el cultivo de camarones Peneidos, fertilizados con abono inorgánico (Urea y Superfosfato triple), buscando determinar la oferta alimenticia aprovechada por el camarón y su relación con parámetros biológicos y fisicoquímicos Y concluye que . los grupos dominantes son las Diatomeas y Copépodos; observa que los contenidos estomacales de los camarones registran la presencia del alimento natural durante los dos primeros meses, para luego alimentarse con el alimento de suplemento.

García, (1984) realiza estudios sobre la influencia de dos fertilizantes en la sucesión del fitoplancton en estanques piscícolas, abonados con fertilizantes inorgánicos, se utilizan dos tratamientos, uno como control y otro el cual se fertiliza, la especie utilizada corresponde a *Sarotherodon niloticus* (Trewavas, 1973), obteniéndose crecimientos mayores en los estanques fertilizados que en los estanques de control.

Contreras y Puentes, (1978) realiza tratamientos en estanques con peces, *Pimelodus clarias* & *Pimelodus grosskopfii*, aplicando dos tratamientos con sus respectivas réplicas y 2 como controles, se utiliza como materia orgánica gallinaza a razón de 50 kg/mes dividido en 4 porciones, determinando pH, oxígeno disuelto

y productividad primaria.,se registra que el aporte de fosfatos es mayor en los estanques tratados, a pesar de la poca profundidad de los estanques, hallándose incrementos notorios en la cantidad de algas dependientes de la cantidad de materia orgánica aplicada.

Calderón, (1973) maneja en estanques de cultivo y fertilización, realizando estudios en un poli cultivo de *Sarotherodon niloticus* ( Trewavas, 1973), *Petenia umbrifera* (Meek Hildebran 1913) & *Cichla ocellaris* (Blosm & Schenneider, 1801), en estanques con fertilización orgánica; lleva a cabo un monitoreo de los principales factores bióticos y abióticos y sus relaciones ínter específicas en un medio de fertilización natural y otro con fertilización orgánica (estiércol de cerdo); se encuentra que el abonamiento orgánico incrementa la productividad primaria en el cuerpo de agua y por lo tanto una mayor disponibilidad de alimento natural para las poblaciones.

A nivel mundial los estudios realizados en respiración de fondo para estanques de cultivo, preparación y composición de los mismos, se han centrado principalmente en los Estados Unidos, Burford & Longmore, (2001) realizan un estudio para determinar la producción de amonio en los sedimentos de estanques con camarones, para ello utilizan cámaras bénticas *in-situ*, situadas en diferentes zonas del estanque; reportan valores de respiración del sedimento que se encuentran entre un rango de 30-350 mg O<sub>2</sub> m<sup>2</sup> h<sup>-1</sup>

Suplee & Cotner (1996), determinan cambios en la demanda de oxígeno del suelo, tasas de sulfato-reducción en estanques de camarón; para ello utiliza cámaras bénticas *in-situ*, y conteos de bacterias sulfato reductoras mediante el análisis de número más probable, reportan un incremento en la demanda de oxígeno por parte del sedimento, como también un incremento en la población de bacterias sulfato reductoras en un orden de magnitud y las tasas de sulfato reducción se incrementaron en dos ordenes de magnitud, registrando los valores más altos hacia el final del ciclo de cultivo, registrando valores de respiración del sedimento entre 60-330 mg de O<sub>2</sub> m<sup>2</sup> h<sup>-1</sup>.

Boyd & Pippopinyo (1993), estudian los factores que influyen en la respiración del suelo durante la fase de secado; utilizan cámaras de respiración con el fin de medir la influencia de varios tratamientos en la respiración de suelos en estanques de cultivo expuestos al aire, la humedad óptima para la respiración del suelo corresponde al 12-20 %, un mayor secado reduce la respiración del suelo, la cual es mayor en valores de pH entre 7.0 - 8.0, registrando que la utilización de Carbonato e Hidróxido de Calcio es efectivo para la respiración de suelos con pH bajos, y la fertilización con Nitrógeno muestra algún beneficio para la respiración del suelo.

Boyd & Teichert-Coddington, (1993) realizan estudios en la respiración del suelo durante periodos de cultivo y preparación de los mismos, en estanques de cultivo de peces altamente fertilizados; encuentran que la respiración del suelo es menor

a 1g de CO<sub>2</sub> /m<sup>2</sup>/día durante el periodo de cultivo. Cuando los estanques son secados para la cosecha de los peces, los suelos son expuestos al aire y las tasas de respiración de los mismos registran niveles hasta de 10g de CO<sub>2</sub> /m<sup>2</sup>/día.

Estudios de laboratorio muestran que el contenido óptimo de humedad para la respiración del suelo es cerca de la saturación, por lo tanto secarlo demasiado como saturarlo, reduce drásticamente la respiración.

Teichert-Coddington & Green, (1993) realizan una comparación de dos técnicas con el fin de determinar la respiración de la comunidad en estanques de tilapia con fertilización orgánica. Registran la respiración de todo el estanque de cultivo (WPR) a partir de cambios en las concentraciones de oxígeno disuelto corregidos por difusión, la respiración en la columna de agua, la respiración béntica y la de los peces. Se encuentran diferencias significativas entre las dos técnicas; el método utilizado se basan en la determinación de la respiración de fondo (BR) por medio de métodos *in situ* a partir de tubos de PVC dispuestos en el fondo del estanque, desde la parte mas somera hasta la mas profunda, en 5 diferentes puntos; la respiración en la columna de agua (WCR) es estimada mediante la incubación de muestras en botellas oscurecidas; la respiración por parte de los peces (FR) se define mediante el uso de una regresión desarrollada a partir de determinaciones en campo para las tasas de respiración a 30 °C de *Oreochromis niloticus*. Asumen que la respiración total del estanque de cultivo (WPR) es igual a la sumatoria de FR+BR+WCR, el estudio referenciado concluye que existen grandes

diferencias entre la respiración total del estanque y la sumatoria de los componentes, lo cual sugiere que la diferencia entre técnicas reside en subestimar los componentes de la comunidad.

Ellis, (1992) realiza un estudio sobre los ciclos de oxígeno, carbono, y sulfuro en los sedimentos en estanques con camarones, adicionalmente utilizó cámaras bénticas para la determinación del consumo de oxígeno por parte del sedimento, reportando valores superiores a  $290 \text{ mg de O}_2 \text{ m}^2 \text{ h}^{-1}$ .

Hassan & Fajamickam (1990), realizan estudios en estanques con peces y camarones, establecen la respiración del sedimento a partir del cálculo indirecto en la determinación de consumo de oxígeno, a partir de la realización de un presupuesto de oxígeno para todo el estanque, concluyen que la respiración del sedimento se encuentra entre  $300$  y  $1000 \text{ mg de O}_2 \text{ m}^2 \text{ h}^{-1}$ .

## METODOLOGÍA

### DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS Y MANEJO DE LOS ESTANQUES PARA LOS TRATAMIENTOS DE ENSAYO

#### *Manejo previo al llenado*

Las estaciones de medición dentro de los estanques utilizados, conforman el concepto de “unidad experimental” del ensayo o sea las entidades sobre las cuales se realizará el registro de la información.

A cada estanque previo a la siembra se realizó un tratamiento denominado de verano en el cual se seca por varios días la piscina con la finalidad de reducir o oxidar la materia orgánica en el fondo de los mismos (Tabla 1).

**Tabla1. Tratamiento de verano para cada uno de los estanques de cultivo previo a siembra.**

#### TRATAMIENTO A

TRATAMIENTO FÍSICO	INSUMO	Kg/ha	FERTILIZANTE ORGÁNICO	Kg/ha
SECADO (18 Días)	CaCO <sub>3</sub>	1000	POSTURINA	100
ARADO	Ca(OH) <sub>2</sub>	56	SOYA	200
ROTAVITOR	-	-	-	-

## TRATAMIENTO B

TRATAMIENTO FÍSICO	INSUMO	Kg/ha	FERTILIZANTE ORGÁNICO	Kg/ha
SECADO (26 Días)	CaCO <sub>3</sub>	-	POSTURINA	100
ARADO	Ca(OH) <sub>2</sub>	1000	SOYA	200
ROTAVITOR	-	-	-	-

## TRATAMIENTO C

TRATAMIENTO FÍSICO	INSUMO	Kg/ha	FERTILIZANTE ORGÁNICO	Kg/ha
SECADO (26 Días)	CaCO <sub>3</sub>	1000	POSTURINA	25
ARADO	Ca(OH) <sub>2</sub>	142	SOYA	50
ROTAVITOR	-	-	-	-

### ***Manejo posterior al llenado y siembra***

Una vez finalizado el tratamiento de verano, se procedió al llenado de los mismos el cual tuvo una duración de 4 días para todos los estanques, en los cuales se aplicaron las dosis de fertilización rutinaria tanto de fertilización inorgánica la cual consistió en 10 Kg/Ha de DAP (Fosfato diamónico), 10 Kg/Ha de Nitrato de amonio, 20kg/ha de melaza como fuente de materia orgánica; los días de llenado hasta siembra fueron los siguientes: tratamiento A, nueve días, tratamiento B, 13 días y C, 8 días.

Cada estanque se sembró a una densidad de 22 individuos  $m^2$ , las larvas se sembraron en horas de la noche para los tres estanques y fueron provistas por 3 diferentes laboratorios comerciales; la alimentación de las mismas se inició al día siguiente de la siembra, siendo la fechas de la siembra para cada uno de los estanques las siguientes: según el orden de los tratamientos, 12 de Febrero, 22 de Febrero y 13 de Febrero del año 2002, respectivamente para los tratamientos A, B y C. El área en hectáreas de cada uno de los estanques según el tratamiento asignado es de 8.86, 9.54, y 7.01

Se diseñaron tres tratamientos, cada uno a un estanque, los cuales se iniciaron una vez los estanques fueron sembrados;

D) 200 Kg/ha de soya, durante la preparación de fondo, y 11 Kg/ha de soya semanales aplicados al estanque diariamente durante el ciclo de producción

E) 200 Kg/ha de soya, durante la preparación de fondo y 11 Kg/ha de soya semanales durante el ciclo de producción, adicionalmente se realizó una fertilización inorgánica extra a la de preparación mencionada anteriormente, la cual corresponde a la aplicación de 10 Kg/ha de DAP y nitrato de amonio durante la preparación, seguidos de 2 Kg/ha de DAP semanales durante las primeras tres semanas.

F) 50 Kg/ha de soya, durante la preparación de fondo, y 23 Kg/ha de soya semanalmente durante el ciclo de producción.

### **FUENTES DE INFORMACIÓN Y VARIABLES DE RESPUESTA DEL ENSAYO**

Para cada fecha de muestreo o lectura periódica se registraron los datos correspondientes a la concentración de oxígeno, como también la temperatura dentro de las cámaras y el correspondiente a las botellas claras y oscuras, los cuales se reportaron en mg/l, se realizaron las mediciones durante los siguientes días durante el ciclo total:

**A:** 3,7,18,34,37,66,92,101,119

**B:** 4,7,16,20,29,34,67,92,103

**C:** 5,12,22,26,41,67,84,93,120

Para la medición del oxígeno se utilizó un oxímetro polarográfico marca YSI 55 de Yellow Springs Instruments; adicionalmente se recopilaron los datos de variables tales como: conteos de plancton (expresados en número de individuos por mililitro), registros de concentraciones de oxígeno diarios en miligramos por litro y densidad de organismos bentónicos determinado en individuos por metro cuadrado.

## **RESPIRACION EN LA COLUMNA DE AGUA**

Las mediciones para determinar la respiración en la columna de agua se llevaron a cabo durante los mismos días en que se realizaron las mediciones de fondo, a lo largo del ciclo de cultivo para cada estanque; las mediciones se realizaron en el lapso de tiempo comprendido entre las 9 a.m. y 1 p.m. ; los valores de respiración se expresaron en mg/l y para tal fin se determinaron las concentraciones iniciales y finales de oxígeno dentro de las botellas claras y oscuras, teniendo en cuenta que el oxígeno inicial es igual en ambas.

La disminución en la concentración de oxígeno disuelto en la botella oscura representa la cantidad del mismo consumido por la respiración de todos los organismos en la botella.

El incremento del oxígeno disuelto en la botella clara, representa la cantidad producida por la fotosíntesis, la cual excede el consumo del elemento debido a procesos respiratorios.

El incremento en el oxígeno disuelto en la botella clara representa la producción neta de este por la comunidad, desestimando la fotosíntesis neta (verdadera)

debido a que hay otros organismos además del fitoplancton consumiendo el oxígeno.

Mediante las siguientes formulas es posible determinar la respiración en cada una de las botellas;

- **Fotosíntesis Neta:** O.D Botella Clara - O.D Botella Inicial

- **Fotosíntesis Bruta:** O.D Botella Clara - O.D Botella Oscura

- **Respiración:** O.D Botella Inicial- O.D Botella Oscura

## **RESPIRACION DE FONDO**

Con la finalidad de estimar el cambio en la concentración del oxígeno disuelto atribuible a la respiración del suelo se realizaron los cálculos correspondientes a partir de los valores de oxígeno inicial y final dentro de las cámaras y los valores correspondientes al consumo de oxígeno en las botellas claras y oscuras, lo cual permite hacer una corrección al componente respiración en la columna de agua atribuible al plancton, y separarlo del componente suelo y de esta forma determinar el consumo de oxígeno atribuible a este componente.

Para estimar la cantidad de oxígeno consumido por parte del sedimento es necesario realizar los siguientes cálculos, y considerar las siguientes variables:

Oxígeno inicial dentro de la cámara :  $O_{ic}$

Oxígeno final dentro de la cámara :  $O_{if}$

Tiempo inicial de incubación:  $T_i$

Tiempo final de incubación:  $T_f$

Profundidad del sedimento:  $P_s$

Por lo tanto el consumo de oxígeno dentro la cámara de incubación es igual a:

$$D_{osr} = (O_{ic} - O_{if})$$

El tiempo de incubación corresponde a:

$$D_{tr} = (T_i - T_f)$$

Para determinar el consumo en unidad de tiempo dentro de la cámara de incubación:

$$C_{ot} = D_{osr} / D_{tr}$$

Para establecer la cantidad de oxígeno consumido dentro de la cámara por unidad de área, es necesario realizar la siguiente operación:

$$C_c = C_{ot} * P_s$$

Por lo tanto el consumo dentro de las cámaras es asumido para la respiración en la columna de agua y la respiración del sedimento por lo tanto es necesario restar la cantidad de oxígeno consumido en la columna de agua a partir de las botellas claras y oscuras y a este componente restarle la cantidad obtenida dentro de las cámaras para determinar la respiración por parte del sedimento.

La respiración en la columna de agua es igual a:

$$R_{ca} = O_2 \text{ Inicial} - O_2 \text{ Final (Botella oscura)}$$

El tiempo de incubación dentro las botellas corresponde a:

Tiempo inicial de incubación:  $T_{ib}$

Tiempo final de incubación:  $T_{fb}$

$$D_{tb} = (T_{ib} - T_{fb})$$

Para determinar el consumo en unidad de tiempo dentro de las botellas:

$$R_p = R_{ca} / D_{tb}$$

Con la finalidad de estandarizar el consumo de oxígeno dentro de las cámaras a la misma unidad de área, el resultado obtenido de  $R_p$ , debe ser multiplicado por la variable  $P_s$ , para que queden en iguales unidades.

$$R_{pca} = R_p * P_s$$


El consumo de oxígeno atribuido a la respiración del sedimento es igual a la resta del consumo realizado por parte de la columna de agua y la respiración dentro de la cámara por lo tanto:

$$R_s = C_c - R_{pca}$$

## FORMAS DE REALIZACIÓN DE MUESTREOS Y SITIOS DE MUESTREO EN LOS ESTANQUES

La siguiente metodología permite establecer la respiración de fondo *in-situ* y se basa en medir el descenso en la concentración de oxígeno en una muestra de agua incubada en contacto con el fondo del estanque tal como ha sido reportado por Burford & Longmore (2001), Suplee & Cotner (1996) y Ellis (1992). El número de sitios por muestreo correspondiente a la respiración de fondo es de 5 por estanque, en el cual cada sitio lleva una cámara de incubación (Figura 1).



 Figura 1: Ubicación de las estaciones de muestreo dentro de cada estanque.

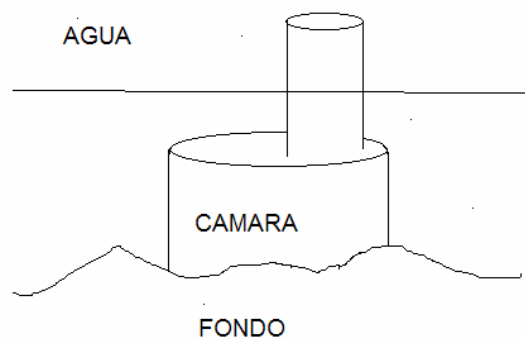
Los sitios de muestreo para cada uno de los estanques corresponden a las diferentes partes regiones de los estanques de cultivo, por lo tanto a cada estación se le denominó de la siguiente manera; 1-Entrada, 2-Canal Derecho, 3-Mesa, 4-Canal Izquierdo, 5-Salida.

Para la medición de la respiración de fondo, se construyeron 15 cámaras, a partir de tanques de 45 litros de capacidad, a los cuales se le acopló un tubo de PVC, de 150 cm de altura, con la finalidad de introducir el electrodo del oxímetro y facilitar las mediciones correspondientes en cada uno de los estanques; cada cámara en la parte inferior lleva dos orificios laterales como puntos de anclaje al fondo, para lo cual se usaron 2 varillas de hierro por tanque, para un total de 30.

Las cámaras se ubicaron en cada uno de los puntos mencionados por estanque, con la finalidad de realizar las mediciones; para tal objeto fue necesario sumergirlas totalmente en el agua para luego anclarlas en cada uno de los puntos (Figura 2).

El tiempo de incubación por cámara corresponde a 4 horas, en los cuales se tomaron los valores oxígeno inicial y final al cabo del tiempo de incubación, donde se registraron las variables oxígeno en miligramos de oxígeno disuelto por litro, como también temperatura en grados centígrados.

Los 5 lugares de muestreo fueron marcados mediante el uso de varas, con la finalidad de realizar los muestreos en los mismos lugares durante el ciclo de cultivo.



**Figura 2:** Ubicación de las cámaras en el fondo del estanque

Para la metodología correspondiente a las botellas claras y oscuras fue necesario la construcción de tres soportes metálicos con amarres paralelos movibles con la finalidad de ubicar las botellas a las profundidades deseadas, como también la consecución de 30 botellas vacías para realizar dicho experimento: 15 de las botellas mencionadas fueron pintadas de color negro (botellas oscuras) y las 15 restantes permanecieron translúcidas.

La realización de tal experimento tiene como finalidad la determinación del cambio de oxígeno disuelto en muestras de agua incubadas por un tiempo determinado bajo el agua.

## **CONTEO DE ZOOPLANCTON**

Las metodología para la recolección de muestras y su posterior conteo se realizo de acuerdo al manual de procedimientos establecido por el departamento de control de calidad de la granja camaronera.

Para la toma de la muestras en las piscinas o estanques de cultivo, se utiliza un tubo de PVC de 2" de diámetro por 1,50 metros de largo, en la estructura de salida de la piscina a una profundidad de 0.8 metros, una vez la muestra es tomada se deposita en un balde de plástico de 10 litros de capacidad, posteriormente la muestra se homogeniza y se toma una submuestra la cual se deposita en un recipiente de 250 ml de capacidad ya sea de plástico o de vidrio, a continuación se procede a fijar la muestra con lugol, para después ser vertida en un beaker de 250 ml, una alícuota de 0.1 ml debe ser depositada en el hematocitómetro o cámara de Neubauer, a continuación se realiza el conteo de algas, y cianobacterias, mediante la selección al azar de 4 cuadrantes en los cuales se realiza el conteo total de células presentes, luego de obtener el número total se multiplica el total de células por 16 y luego por 2500 para obtener el número total de células por mililitro, una vez realizada la operación anterior se procede a contar cada uno de

los cuadrantes de 1milimetro, para multiplicar el resultado de cada grupo taxonómico por 2500, para obtener el número de células por mililitro.

#### ANALISIS DE BENTOS EN LAS PISCINAS

Las metodología para la recolección de muestras y su posterior conteo se realizo de acuerdo al manual de procedimientos establecido por el departamento de control de calidad de la granja camaronera.

En cada piscina se toman 6 muestras de suelo dos por cada punto de muestreo, con la ayuda de la draga Ekman o con el corazonador de PVC de 2" de diámetro en los siguiente puntos: entrada, mesa, y salida, luego de tomar cada una de las muestras, se procede a pasarlas por un tamiz de 500 micras, para realizar su conteo el cual es promediado por cada punto de muestreo, una vez se ha realizado esta operación en cada uno de los puntos de muestreo (entrada, mesa y salida), se confrontan los resultados con la tabla de rangos, la cual depende de la cantidad total de poliquetos encontrada en los puntos de muestreo, la cual indica el número de estos por m<sup>2</sup> (Tabla 4).

Los rangos fueron calculados con base a muestreos realizados en la granja, utilizando una draga Eckman que cubre un área de 112.5 cm<sup>2</sup>. Las muestras fueron tamizadas a través de una malla de 500 micras ( $\pm 0.5$ ), que retiene los organismos de la macrofauna.



## MANEJO ESTADÍSTICO DE LA INFORMACIÓN

Para el tratamiento estadístico de los datos se realizó un Análisis de varianza (ANDV) mediante el software SAS (Statistical Analysis System).

La variable de respuesta analizada fue el nivel de respiración cuantificada en unidades miligramos por litro, la cual fue registrada a nivel de estanque para cada una de las 5 mediciones o registros tomados como repeticiones de la variable.

La unidad experimental considerada fue cada una de las estaciones dentro de los estanques o piscinas de experimentación en los cuales se registraron las diferentes mediciones; el Diseño experimental aplicado es el Diseño Completamente Aleatorio (CAA), para lo cual se asumió que las unidades experimentales conservaban entre sí una relativa homogeneidad; se registró como variable dependiente la variable “respiración” para cada uno de los tratamientos del ensayo: A, B, C, para un total de 15 observaciones para el análisis estadístico inferencial, considerando las 5 repeticiones por tratamiento.

La prueba de significancia del experimento se determinó aplicando la técnica del “Análisis de Varianza” y la prueba de comparación múltiple entre los tratamientos se realizó mediante la prueba de Tukey utilizando un nivel de significancia de la prueba del 5%.

Mediante la prueba de Tukey se comprobó la respuesta diferencial de los 3 tratamientos de aplicación de materia orgánica, comprobando el de mayor respuesta con relación a la variable “respiración” analizada.

## RESULTADOS Y DISCUSION DE LA INVESTIGACIÓN

Con la finalidad de graficar los resultados de cada uno de los componentes, respiración en la columna de agua, respiración de fondo, productividad primaria, y bentos, los resultados graficados se estandarizaron por muestra las cuales fueron tomadas los mismos días por tratamiento, cabe anotar que debido a la amplitud de los días en los cuales fueron tomadas dichas muestras, la tendencia de la grafica varia, a continuación se referencia las fechas de muestreo, días y para cada uno de los componentes.

**Tabla 2. Fechas de muestreo para cada uno de los tratamientos, correspondiente a respiración en la columna de agua, respiración de fondo y productividad primaria**

TRATAMIENTO A			TRATAMIENTO B			TRATAMIENTO C		
MUESTRA	DIAS	FECHA	MUESTRA	DIAS	FECHA	MUESTRA	DIAS	FECHA
1	3	02/15/2002	1	5	02/27/2002	1	4	02/17/2002
2	7	02/19/2002	2	12	03/06/2002	2	7	02/20/2002
3	18	03/02/2002	3	22	03/16/2002	3	16	03/01/2002
4	34	03/18/2002	4	26	03/20/2002	4	20	03/05/2002
5	37	03/21/2002	5	41	04/04/2002	5	29	03/14/2002
6	66	04/19/2002	6	67	04/30/2002	6	34	03/19/2002
7	92	05/15/2002	7	84	05/17/2002	7	67	04/21/2002
8	101	05/24/2002	8	93	05/26/2002	8	92	05/16/2002
9	119	06/11/2002	9	120	06/23/2002	9	103	05/27/2002

**Tabla 3. Fechas de muestreo de bentos para cada uno de los tratamientos**

TRATAMIENTO A			TRATAMIENTO B			TRATAMIENTO C		
MUESTRA	DIAS	FECHA	MUESTRA	DIAS	FECHA	MUESTRA	DIAS	FECHA
1	14	02/26/2002	1	13	02/26/2002	1	13	02/12/2002
2	38	03/22/2002	2	26	03/20/2002	2	36	02/26/2002
3	52	04/05/2002	3	49	04/12/2002	3	51	03/21/2002
4	69	04/22/2002	4	77	05/03/2002	4	77	04/05/2002
5	86	05/09/2002	5	94	05/20/2002	5	96	05/01/2002
6	111	06/03/2002	6	119	06/14/2002	6	111	05/20/2002

## RESPIRACION DEL SUELO

La demanda promedio de oxígeno durante todo el ciclo de cultivo, para los tratamientos A,B y C corresponden respectivamente a 0.0395, 0.15 y

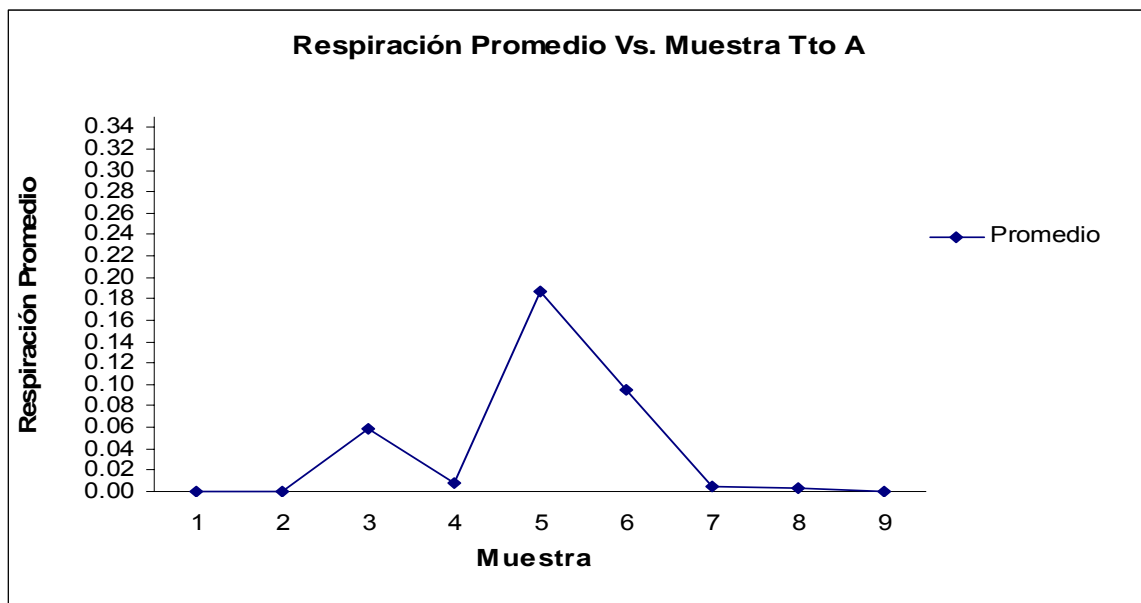
0.064 gr O<sub>2</sub> m<sup>2</sup> hr<sup>-1</sup>.

La demanda de oxígeno por parte del sedimento se encuentra dentro del rango reportado para estudios mediante cámaras de respiración *in situ*, en estanques de cultivo con camarón marino, los cuales son reportados por: Burford y Longmore (2001) Suplee y Cotner (1996) y Ellis (1992).

Para otras especies y estudios los valores se encuentran dentro de lo reportado por los siguientes autores: Hassan y Fajamanickam, Daniels y, Teichert-Coddington y Green (1993).

No se detectó respiración por parte del sedimento al inicio del estudio para los tratamientos A y C, a diferencia del tratamiento B, el cual si la presenta. Para los tres tratamientos se pueden observar variaciones en la respiración del sedimento durante el resto de los muestreos; los días en que se observan los mayores valores de respiración en el sedimento para los tratamientos A, B y C corresponden a las muestras 5, 4 y 6. (Figuras 3,4 y 5).

--



**Figura 3:** Respiración promedio para las cinco estaciones por muestra; el promedio representa el consumo de oxígeno por parte del sedimento expresado en  $\text{gr}\cdot\text{m}^2/\text{hr}$

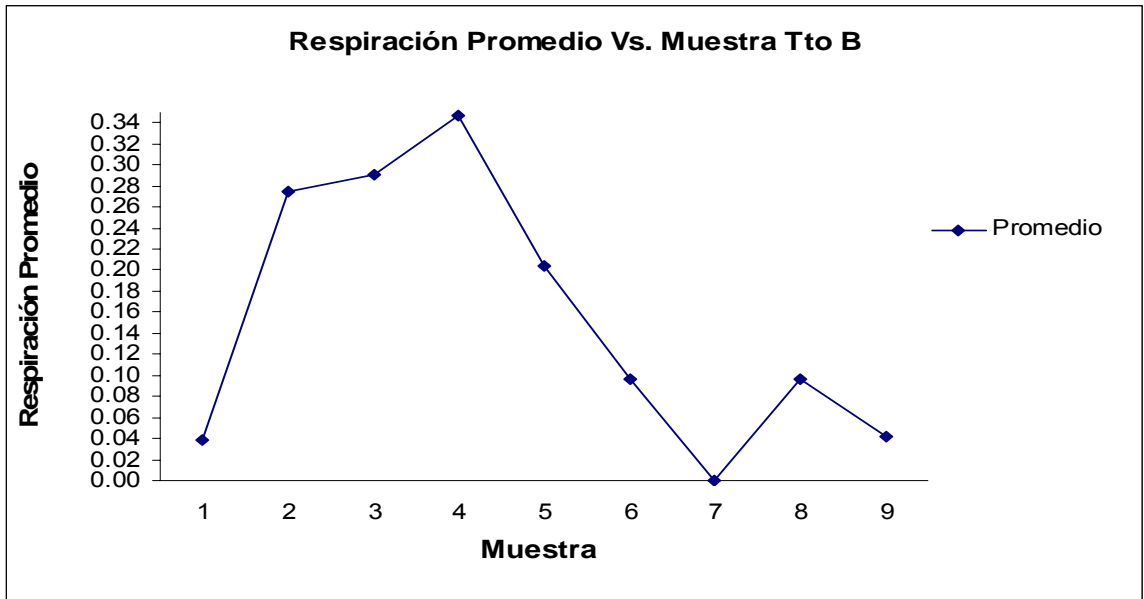


Figura 4: Respiración promedio para las cinco estaciones por muestra; el promedio representa el consumo de oxígeno por parte del sedimento expresado en  $gr \cdot m^2/hr$ .

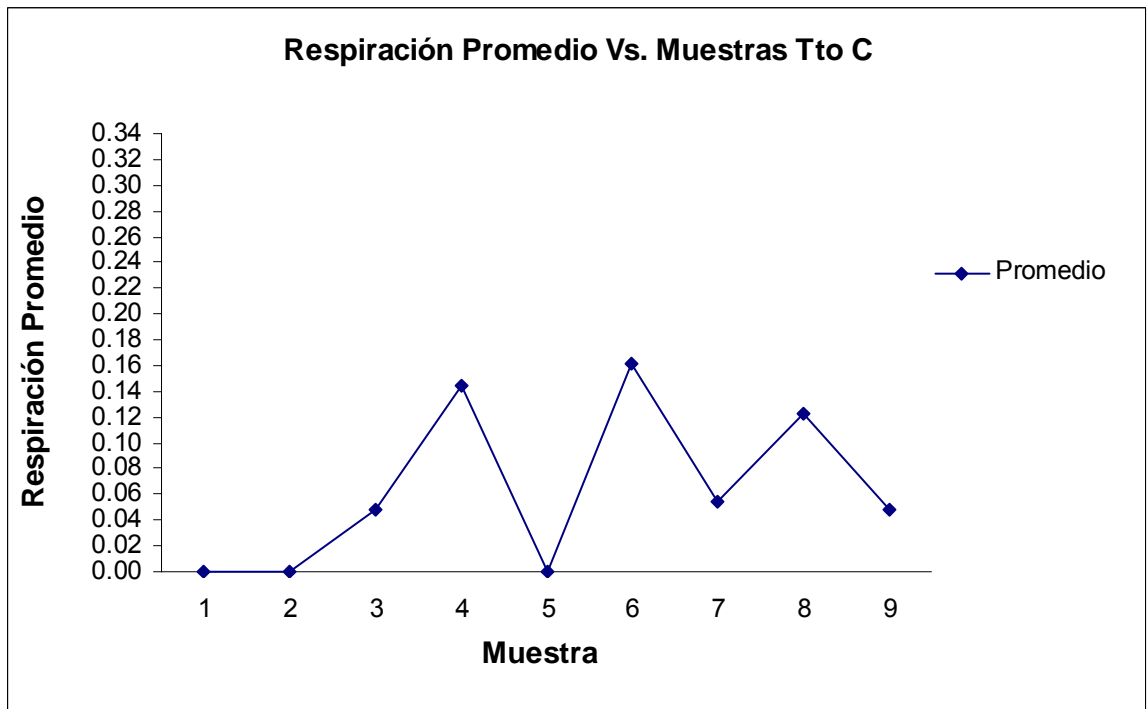
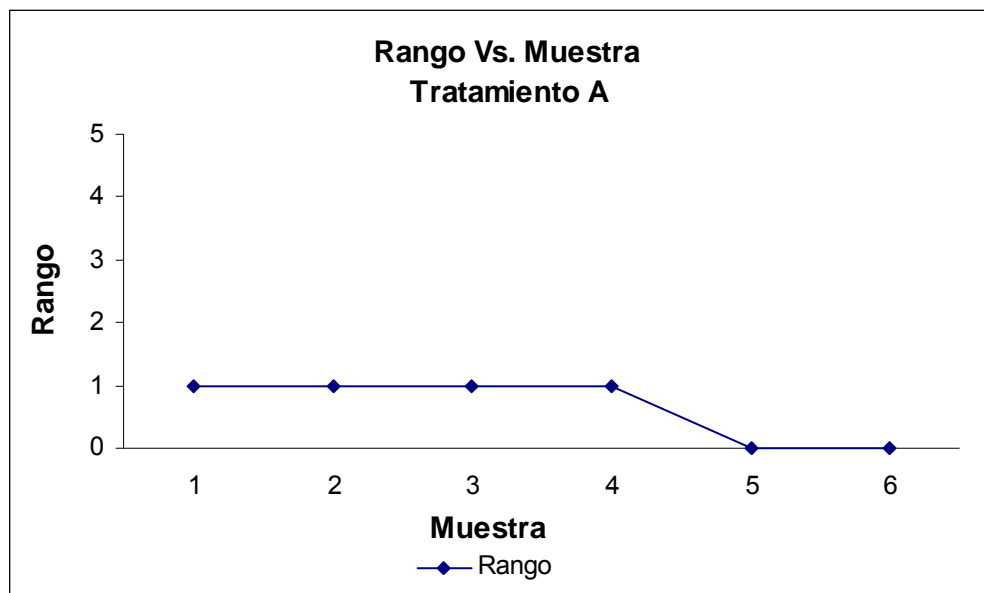


Figura 5: Respiración promedio para las cinco estaciones por muestra; el promedio representa el consumo de oxígeno por parte del sedimento expresado en  $gr \cdot m^2/hr$ .

Los días que presentan una mayor respiración de fondo en los tratamientos B y C corresponden a aquellos donde se registró el rango mas elevado de poliquetos, lo cual no ocurre para el tratamiento A, debido a que este presento el mismo grado hasta los 69 días.(Figura 6,7 y 8).



**Figura 6:** Rango por muestra

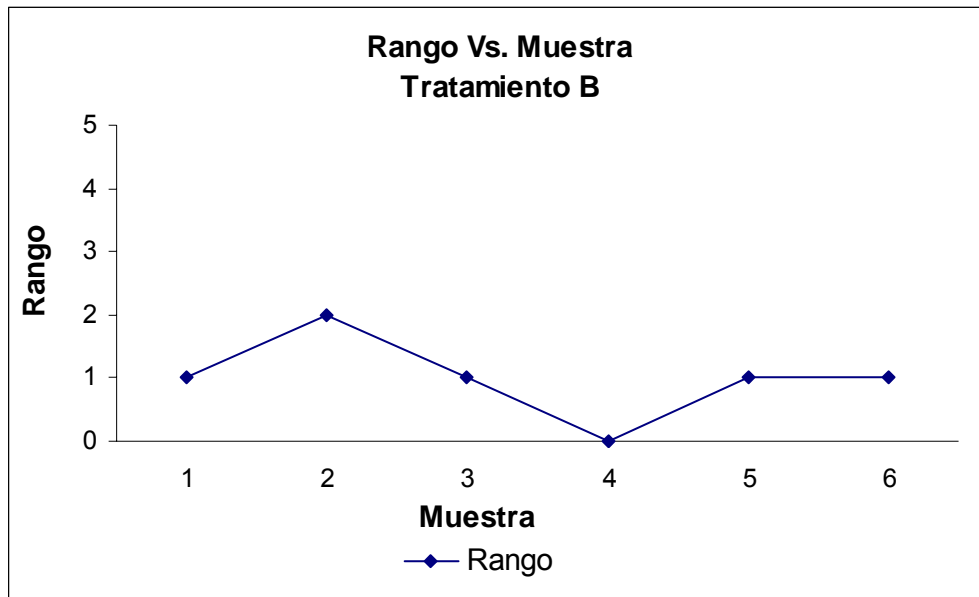


Figura 7: Rango por muestra

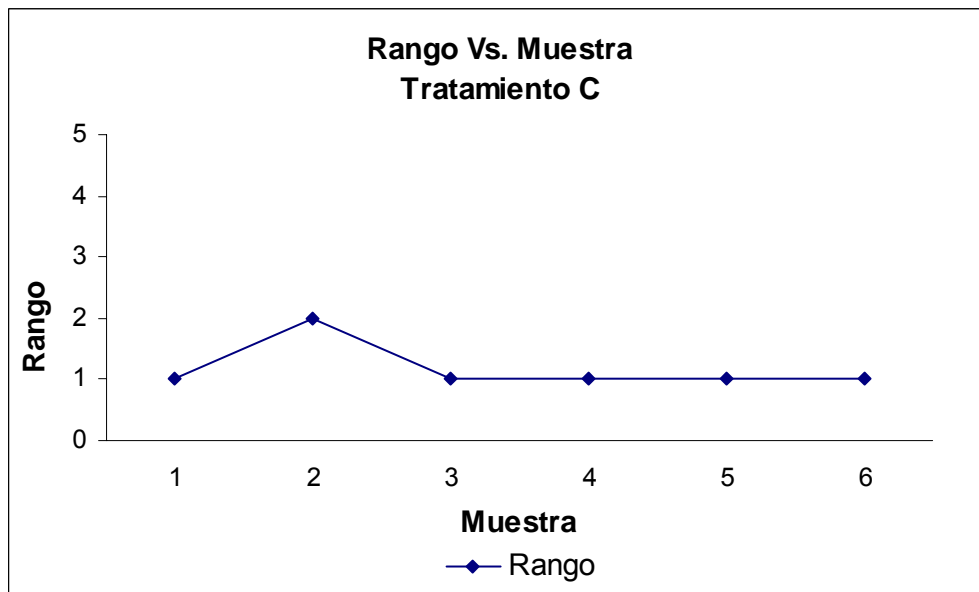


Figura 8: Rango por muestra.

Los valores más altos de respiración durante estos días son debidos al bentos, lo cual es afirmado por Benítez (1996), donde demuestra que la mayor cantidad de

bentos por  $m^2$  es alcanzada durante la tercera y cuarta semana de haber sido sembrados los estanques, en este caso la mayor cantidad de bentos por  $m^2$  se encuentra entre la tercera y la quinta semana.

Lo cual se interpreta como un incremento por  $m^2$  del bentos, sumado a la materia orgánica presente aumentan la demanda de oxígeno por parte del sedimento, la biomasa de los organismos zoobentónicos generalmente aumenta, con el incremento de los nutrientes (Nees 1946; Hall et al. 1970).

La materia orgánica adicionada durante la preparación, tiene como finalidad preparar el suelo para que los organismos bentónicos se desarrollen rápidamente en el estanque, una vez estos son llenados, pues el bentos es de gran importancia para la alimentación del camarón (Benítez, 1996). La fertilización orgánica está asociada al incremento en la población de macroinvertebrados benthicos. (Tidwell et al. 1995), lo cual es considerado como un efecto de la utilización de la misma.

El oxígeno respirado en el sedimento incluye la descomposición aeróbica de la materia orgánica por bacterias heterotróficas, autotróficas y la respiración de macroinvertebrados benthicos (Boyd y Tucker, 1998).

La descomposición de la materia orgánica es realizada por microorganismos que la usan como alimento, factores como la temperatura, pH, y la naturaleza de la materia orgánica afectan la tasa de descomposición de ésta. (Boyd 1995).

El rango en el ensayo se mantuvo entre los grados uno y dos (Tabla 4), para los tres estanques durante el ciclo de cultivo; las disminuciones durante el transcurso del ciclo pueden ser resultado de la depredación por parte del camarón, lo cual puede limitar la aparición del mismo, se registra que el zoobentos juega un papel muy importante en la alimentación del camarón confirmado por los reportes de (Moriarty et.al 1983; Lanari et al. 1989; Reymond y Lagardere, 1990). El camarón ejerce una fuerte presión de predación sobre los representantes bentónicos dominantes de la macrofauna y/o meiofauna regulando los cambios estructurales de la fauna. (Benítez, 1996)

**TABLA 4:** Tabla de rangos

<b>RANGO</b>	<b>CANTIDAD DE POLIQUETOS /m<sup>2</sup></b>
0	0
1	1-5
2	6-9
3	10-19
4	20-29
5	30 en adelante

### ***REGISTRO DE LOS VALORES DE RESPIRACIÓN***

Los puntos de muestreo donde se registraron los valores mas elevados con respecto a la respiración del sedimento corresponden al punto 5 para el tratamiento A, punto 3 tratamiento B, y punto 2 tratamiento C.(Figura 1) lo cual corresponde en su orden a las zonas de la Salida, Mesa y Canal de drenaje; esto

demuestra que no existe una uniformidad en la respiración del sedimento en cuanto a los sitios de muestreo y por lo tanto en cada estanque se presentan condiciones diferentes; estos resultados determinan que estos son los sitios donde ocurre una mayor actividad en cuanto a la respiración del sedimento.

Para el caso del tratamiento A el sitio en presentar una mayor respiración del sedimento corresponde a la zona de la salida, en la cual es donde se tienden a acumular todos los desechos provenientes del estanque, los cuales son conducidos por el canal de drenaje; tal punto también representa un mayor nivel de actividad para el caso del tratamiento C; finalmente para el tratamiento B la zona en presentar una mayor respiración en el sedimento corresponde a la parte central del estanque, lo cual es atribuible a la materia orgánica acumulada durante el ciclo de cultivo y los organismos macrobentónicos contenidos en ésta.

**Tabla 5:** Respiración promedio para cada estación de muestreo, TTO, tratamientos, R.F respiración del sedimento, expresados en  $\text{g de O}_2 \text{ m}^2 \text{ h}^{-1}$

TTO	ESTACIONES	R.F
<b>A</b>	1	0.0020
	2	0.045
	3	0.051
	4	0.038
	5	0.061
<b>B</b>	1	0.178
	2	0.145
	3	0.212
	4	0.130
	5	0.091
<b>C</b>	1	0.009
	2	0.098
	3	0.080

	4	0.087
	5	0.054

Con la finalidad de establecer si hay diferencias significativas en cuanto a los tratamientos y su influencia en la respiración del fondo se plantearon las siguientes hipótesis,

**H<sub>0</sub>:** Hay diferencias significativas en cuanto a la respiración de fondo entre tratamientos de ensayo.

**H<sub>a</sub>:** No existen diferencias significativas en cuanto a la respiración de fondo entre los tratamientos de ensayo.

Se comprueba que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos del ensayo mediante la prueba estadística de F "Fisher".

Con la finalidad de establecer entre cuales tratamientos existen diferencias estadísticamente significativas se realizó el test de tukey, el cual arrojó los resultados, consignados en la pagina siguiente.

**PRUEBA DE COMPARACIÓN MÚLTIPLE ENTRE TRATAMIENTOS  
MENDIANTE EL TEST DE TUKEY AL NIVEL DE SIGNIFICANCIA  
DEL 5%**

Agrupación de Tukey	Media	tto
A	1.5120	B
B	0.7760	C
B	0.3952	A

**NOTA (\*)**: Tratamientos con la misma letra se consideran con igual efecto.

La prueba de comparación múltiple entre los 3 tratamientos del ensayo realizada mediante el test estadístico de Tukey determina que el tratamiento B es el de mejor respuesta (promedio =1.5120) respecto a los otros tratamientos A y C del ensayo, o sea que se registra una diferencia estadísticamente significativa con respecto a los tratamientos mencionados; a su vez entre los tratamientos C y A no se registran diferencias significativas o sea que se considera que su respuesta es igual con respecto a la variable “respiración” analizada.

**.EVALUACIÓN DE LA ABUNDANCIA FITOPLANCTONICA**

El grupo de las cianobacterias demuestra gran superioridad a nivel de todos los tratamientos, encontrando en el segundo lugar al grupo de las Cyanophytas para los tratamientos C, B y A, continuando con el grupo de las Diatomeas, para los tratamientos C, A y B. y el grupo de los Dinoflagelados finalizan en los tratamientos A, B y C, El grupo de menor cantidad de individuos corresponde a las Clorofitas en los tratamientos C, A y B. (Tabla 6).

La mayor cantidad de individuos registrados corresponde al grupo de las Cianobacterias, debido posiblemente a diferentes factores biológicos, y adaptaciones lo que las hace sobrevivir a condiciones adversas; tales bacterias tienden a formar colonias lo que las hace ser resistentes a la predación por parte del zooplancton, son de poco valor alimenticio, su digestibilidad es muy baja y pueden ser tóxicas. (Paerl, 1988), lo cual hace que no exista un consumidor directo para ellas, lo cual facilita sus ciclos de vida.

Adicionalmente poseen pigmentos fotosintéticos, que les permiten el uso de la luz en longitudes de onda que son usadas por otro tipo de algas, pueden controlar su posición en la columna de agua, lo que les permite evitar una limitante por la disponibilidad de luz, Algunas especies poseen la capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico.

Los promedios registrados demuestran que la mayor frecuencia de aparición corresponde a las cianobacterias en el tratamiento C, seguido de los tratamientos A y B; en segundo lugar se encuentra el grupo de las Cyanophytas, presentando una mayor nivel en los tratamientos C, B y A, y les sigue el grupo de las diatomeas las cuales presentan una mayor abundancia en los tratamientos C, A y B, respectivamente (Tabla 6).

En tercer lugar lo ocupan los dinoflagelados, presentando una mayor abundancia en los tratamientos A, B, y C respectivamente. Para finalizar el grupo en exhibir una menor abundancia es el de las Clorofitas, en los tratamientos B, C y A. (Tabla 6).

Los valores reportados para los coeficientes de variación, sugieren una alta variabilidad en el comportamiento, de cada uno de los grupos reportados, las biomásas fitoplanctónicas son el resultado de una interacción dinámica entre la luz, disponibilidad de nutrientes, crecimiento y reproducción del plancton como también, pastoreo por parte de los organismos herbívoros, por lo tanto se pueden presentar cambios dramáticos en las densidades poblacionales de un día para otro, debido a que sus ciclos de vida son cortos (días o horas), los cuales pueden generar cambios rápidos en la calidad del agua, (Wetzel, 1983).

La mayor variabilidad se encuentra en el grupo de las Cianobacterias y corresponde al tratamiento B, con un coeficiente de variación del 209%; el de menor variabilidad pertenece al grupo de las Cyanophytas en el tratamiento C, con

un 59%. Los tratamientos restantes presentan valores superiores al 72%. (Tabla 6), confirmando la observación de alta variabilidad ya comentada.

La disponibilidad de nutrientes es el componente que más afecta la estructura de la comunidad fitoplanctónica; en general, los cuerpos de agua con cargas bajas a moderadas (particularmente fósforo y nitrógeno) tienden a presentar una gran diversidad.

En estanques con altas tasas de alimentación como ocurre en el caso del presente ensayo, los nutrientes son aportados constantemente, haciendo que estos sean siempre disponibles, teniendo una mayor influencia, factores tales como la disponibilidad de la luz , y la temperatura del agua.

La composición de especies y las comunidades varían entre un estanque y otro debido a los cambios asincrónicos que ocurren en la comunidad.(Boyd y Tucker,1998)

**Tabla 6:** Resumen de abundancia Fitoplanctónica, para los tratamientos A, B y C durante el ciclo de cultivo, los datos se encuentran reportados en número de células por ml.( C.V) ; coeficiente de variación, en cada uno de los tratamientos.

<b>TT O</b>	<b>Indicadores Estadísticos</b>	<b>Clorofitas</b>	<b>Cyanophytas</b>	<b>Diatomeas</b>	<b>Dinoflagelados</b>	<b>Cianobacterias</b>
<b>A</b>	<b>Sumatoria</b>	142,000	4,426,513	1,293,171	256,666	59,537,500
	<b>Promedio</b>	4,733	147,550	43,106	8,556	1,984,583
	<b>C.V</b>	121%	92%	122%	162%	163%
<b>B</b>	<b>Sumatoria</b>	120,000	8,273,000	685,251	185,018	25,880,000
	<b>Promedio</b>	4,800	330,920	27,410	7,401	1,035,200
	<b>C.V</b>	139%	72%	108%	73%	209%
<b>C</b>	<b>Sumatoria</b>	177,500	11,347,500	1,391,333	137,638	65,560,000
	<b>Promedio</b>	6,339	405,268	49,690	4,916	2,341,429
	<b>C.V</b>	119%	59%	99%	93%	127%

## RESPIRACIÓN COLUMNA DE AGUA

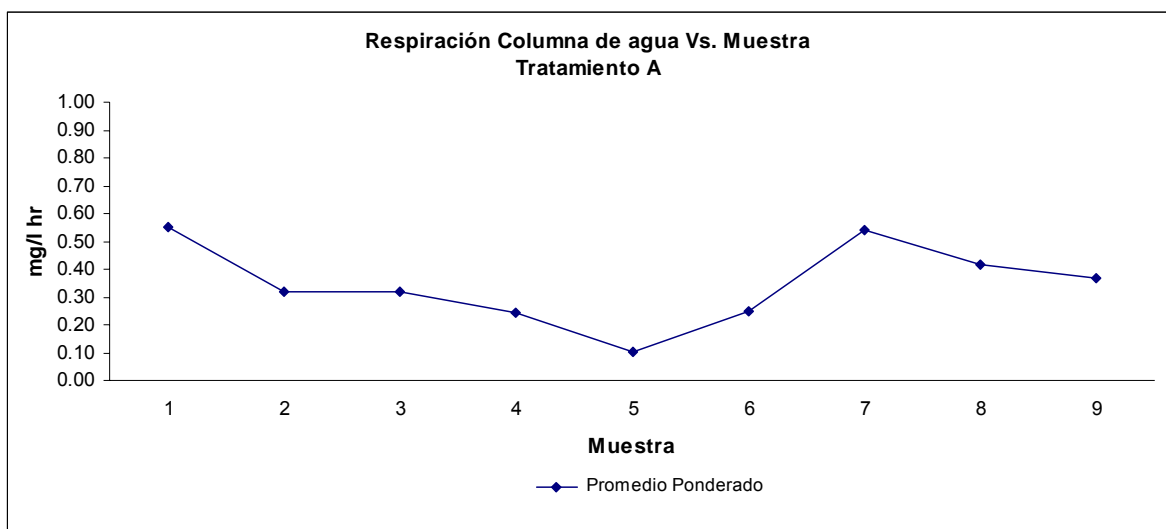
La respiración promedio ponderada para los tres tratamientos A,B y C corresponde respectivamente a , 0.345 g O<sub>2</sub> m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>, 0.364 g O<sub>2</sub> m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> y 0.368 g O<sub>2</sub> m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>, los valores promedio encontrados para la respiración en la columna de agua son superiores a los reportados para estanques de camarones, 0.13 g O<sub>2</sub> m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> (Fast et al.,1988), se reportan adicionalmente valores correspondientes de 0.29 en estanques con carpas, ( Schroeder, 1975), y de 0.36 g O<sub>2</sub> m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> en estanques con tilapias ( Zur, 1981), 0.240 a 0.822 g O<sub>2</sub> m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> (Teichert-Coodigtong, Green 1993).

La respiración en la columna de agua se determinó en botellas de 470 ml, lo cual no simula un estanque abierto donde las células del plancton y el material orgánico particulado se encuentra en constante mezcla con nutrientes y gases, lo anterior puede influir en la determinación de la misma, subestimando la valoración. Para minimizar el error se realizaron incubaciones por duplicado para cada tratamiento, siendo probable que la respiración en la columna de agua sea menor, bajo condiciones de viento, se debe tener en cuenta que la respiración en la columna

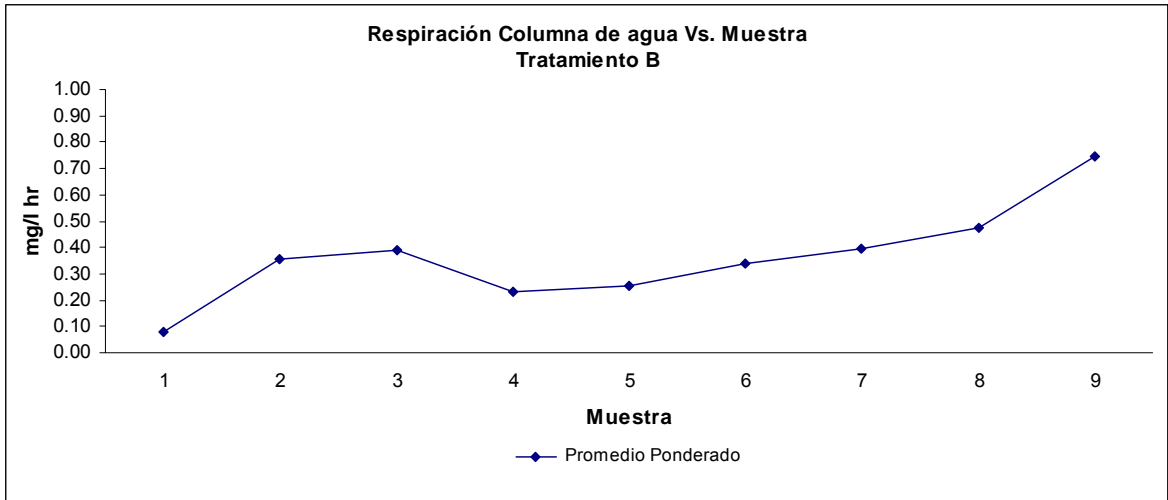
de agua se realizó durante horas del día, en las cuales no hay consumo de oxígeno por parte del fitoplancton, sino producción, por lo tanto los valores de respiración en la columna de agua se asumen dentro de las botellas oscuras, como consecuencia los valores pueden ser superiores, (Boyd, 1995).

La dinámica del oxígeno, en los estanques de cultivo se encuentra dominada por las poblaciones fitoplanctónicas, estas poblaciones fotosintetizan durante el día, incrementando las concentraciones de oxígeno, la respiración solamente ocurre en la noche, por lo tanto el consumo en la columna de agua es un valor aproximado del consumo realizado; para este estudio la respiración en la columna de agua no se realizó durante horas de la noche.

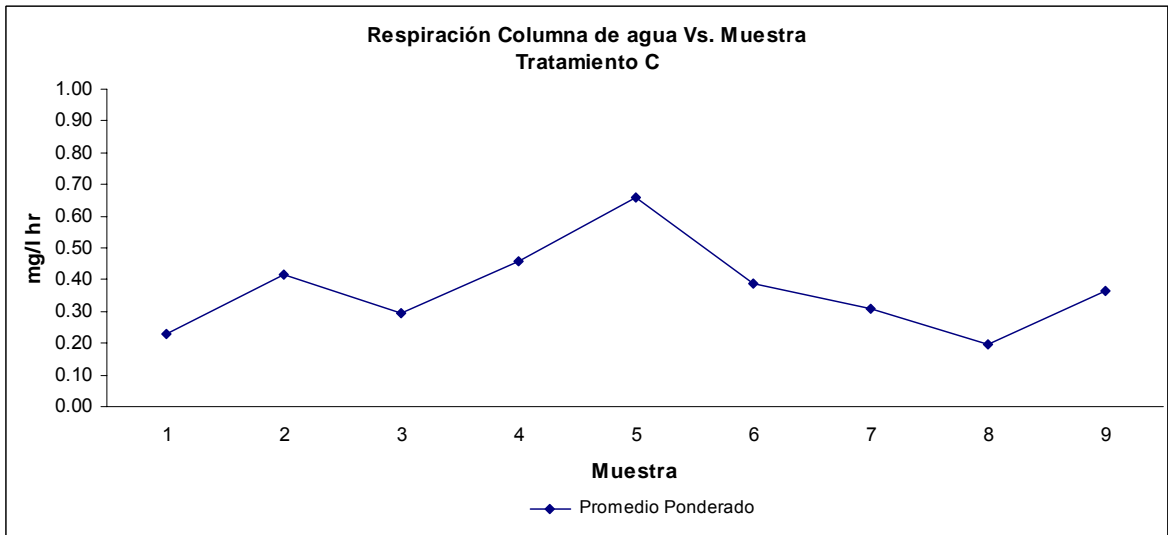
Para cada uno de los tratamientos se observa una variabilidad temporal en cuanto a la respiración en la columna de agua, ver figuras (9,10,11).



**Figura 9:** Respiración promedio en la columna de agua



**Figura 10:** Respiración promedio en la columna de agua



**Figura 11:** Respiración promedio en la columna de agua

Adicionalmente se debe tener en cuenta que existen numerosos factores físicos, químicos y biológicos, los cuales pueden ser fuentes de variabilidad del oxígeno y así causar descensos en el mismo. (Boyd & Tucker, 1998).

La transferencia de oxígeno aire-agua, demanda de oxígeno por parte del sedimento, respiración animal, respiración del plancton, y la fotosíntesis, causan un efecto directo en la concentración de oxígeno en la columna de agua, por lo tanto estos procesos tienden a dominar los presupuestos de oxígeno en los estanques de cultivo.

La respiración en el sedimento influye en la respiración en la columna de agua debido a que es la fuente principal de oxígeno, el cual es usado en la descomposición aerobia de la materia orgánica, por influencia de las bacterias heterotróficas; el oxígeno usado en la respiración de los macroinvertebrados benthicos en la mayoría de procesos que involucran respiración en el sedimento corresponden a procesos biológicos.

El metabolismo planctónico es el mayor componente que afecta la dinámica del oxígeno disuelto en estanques de acuicultura, siendo el fitoplancton la principal fuente de oxígeno y el principal consumidor del mismo en la columna de agua.

En un día la diferencia entre el oxígeno producido por la fotosíntesis, y el oxígeno usado para la respiración del fitoplancton representa esencialmente la disponibilidad de oxígeno para suplir los requerimientos del resto de los organismos en el estanque, incluyendo el de los organismos bajo cultivo; en estanques con altas densidades de fitoplancton y organismos cultivados, la producción de

oxígeno apenas alcanza los requerimientos lo cual ocasiona una depleción del mismo en el sistema.

Con la finalidad de establecer si la respiración en la columna de agua es superior a la respiración del sedimento se plantea la siguiente hipótesis para cada uno de los tratamientos :

**H<sub>0</sub>**: La respiración en la columna de agua es mayor a la respiración del sedimento.

**H<sub>a</sub>**: La respiración en la columna de agua es menor a la respiración del sedimento.

Se realizó el t-test, con un intervalo de confianza del 95%, para los tres tratamientos. (Tabla 5). Los resultados se relacionan a continuación :

- Tratamiento A: Se prueba que hay diferencias estadísticamente significativas que prueban que la respiración en la columna de agua es mayor a la respiración del sedimento.
- Tratamiento B: Se prueba que la respiración en la columna de agua es menor a la de sedimento.
- Tratamiento C: Se prueba que hay diferencias estadísticamente significativas que prueban que la respiración en la columna de agua es mayor que la respiración en el sedimento

**Tabla 7:** Resultados de la prueba de significancia en la comparación de promedios de la respiración en la columna de agua y fondo expresados en  $\text{mg l}^{-1} \text{ hora}^{-1}$ .

TRATAMIENTO	A	B	C
P- VALOR	0.000482522	0.531973	0.0139552

**NOTA:** Valores de probabilidad  $<0.05$  se consideran estadísticamente significativos. Valores de probabilidad  $< 0.01$  se consideran altamente significativos.

Los anteriores resultados de las pruebas estadísticas corroboran los valores promedio de  $\text{O}_2$  expresados en  $\text{mg/l hora}^{-1}$  para la respiración en la columna de agua y los de respiración del sedimento. (Tabla 8)

**Tabla 8:** R.C.A, RF, Corresponden a los valores promedio de respiración en la columna de agua y respiración de fondo, expresados en  $\text{mg/ l hora}^{-1}$  de  $\text{O}_2$ .

Tratamiento	R.C.A	R.F
A	0,345	0.077
B	0.363	0.375
C	0.367	0.132

Para el tratamiento B, la respiración en el sedimento fue superior que la respiración en la columna de agua, lo cual indica que existe una mayor actividad en cuanto a la respiración en el sedimento que en la columna de agua; se evidencia que no todo el consumo de oxígeno por parte del sedimento es realizado por las comunidades microbiales; se deben a si mismo tener en cuenta a los invertebrados que viven en el sedimento los cuales consumen oxígeno.

Otra parte del oxígeno es utilizada para oxidar las sustancias orgánicas reducidas en las interfases aerobias y anaerobias.

Es muy importante tener en cuenta que la tasa de respiración del sedimento depende de la cantidad del substrato orgánico y de la cantidad de oxígeno que penetra el suelo. (Boyd, 1995).

Todos los factores mencionados anteriormente afectan de manera significativa la degradación de la materia orgánica, y esto se verá reflejado en la respiración del sedimento; sin embargo la respiración del sedimento es independiente a la cantidad de oxígeno contenida en el agua.( Boyd, 1995).

## PRODUCCIÓN DE OXIGENO EN LA COLUMNA DE AGUA

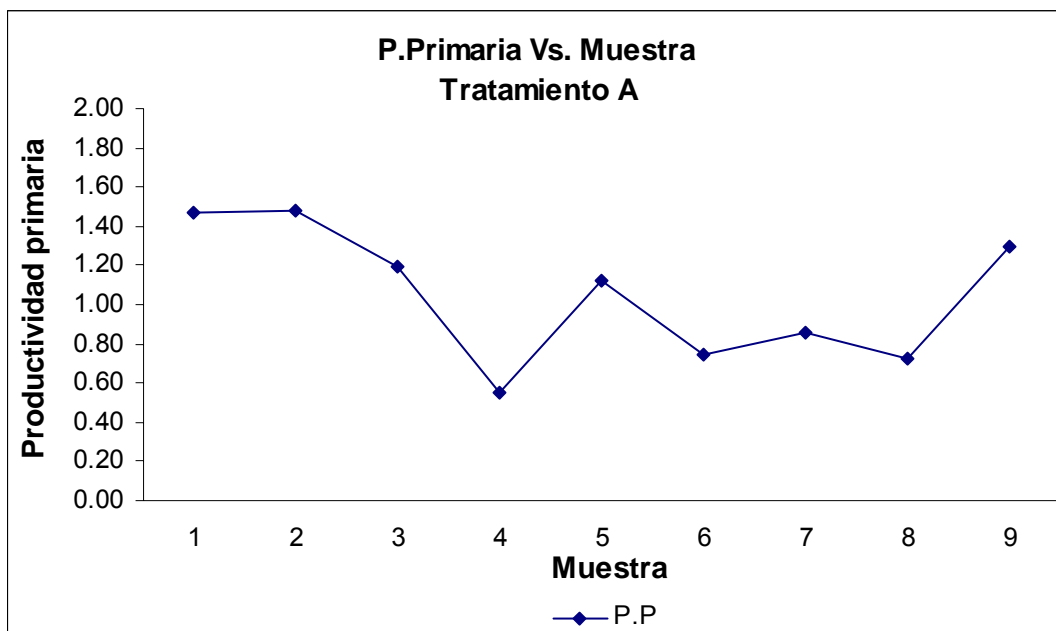
Los valores de producción de oxígeno para 1 metro en la columna de agua corresponden a 1.047, 0.814, y 1.028 g O<sub>2</sub> m<sup>2</sup> h<sup>-1</sup> para cada uno de los tratamientos, A, B y C respectivamente.

El comportamiento de la producción de oxígeno en la columna de agua presenta variaciones durante el ciclo de cultivo; tales variaciones se deben a los cambios cíclicos que presentan las poblaciones de fitoplancton en los estanques de cultivo, (Figuras 12,14,16).

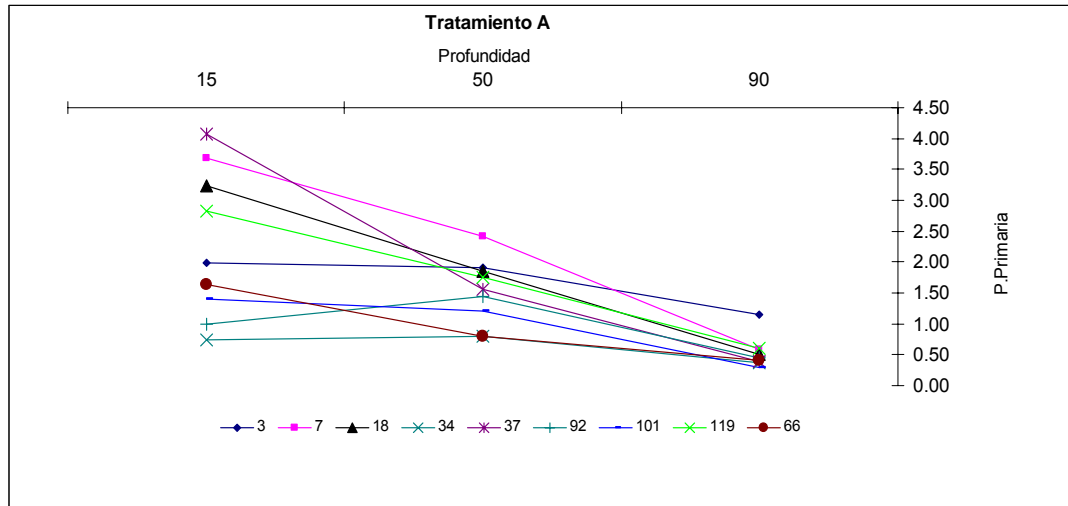
Se observa un descenso de la misma debido a la extinción de la luz, y tal comportamiento puede causar una estratificación del oxígeno en los estanques de cultivo; adicionalmente la mayor productividad se observa en los primeros 15 centímetros y esta decrece con la profundidad. Es importante observar que en los días donde se registra un comportamiento diferente, es decir que la productividad es menor en la superficie que en los 50 centímetros, se debe a la foto inhibición, lo cual ocurre cuando la intensidad de la luz en los primeros 15 centímetros es demasiada, por lo tanto los foto sistemas de los productores de oxígeno se bloquean dando origen a este fenómeno, factores tales como la concentración del fitoplancton, disponibilidad de nutrientes en el agua, luminosidad, turbidez del agua, y pH, dan origen a las variaciones en las comunidades fitoplanctónicas y por lo tanto afectan directamente la producción de oxígeno en la columna de agua.

Los valores de producción de oxígeno por día para cada uno de los tratamientos A, B y C corresponden respectivamente a 12.57, 9.78, y 12.34 g de O<sub>2</sub> m<sup>2</sup> día.

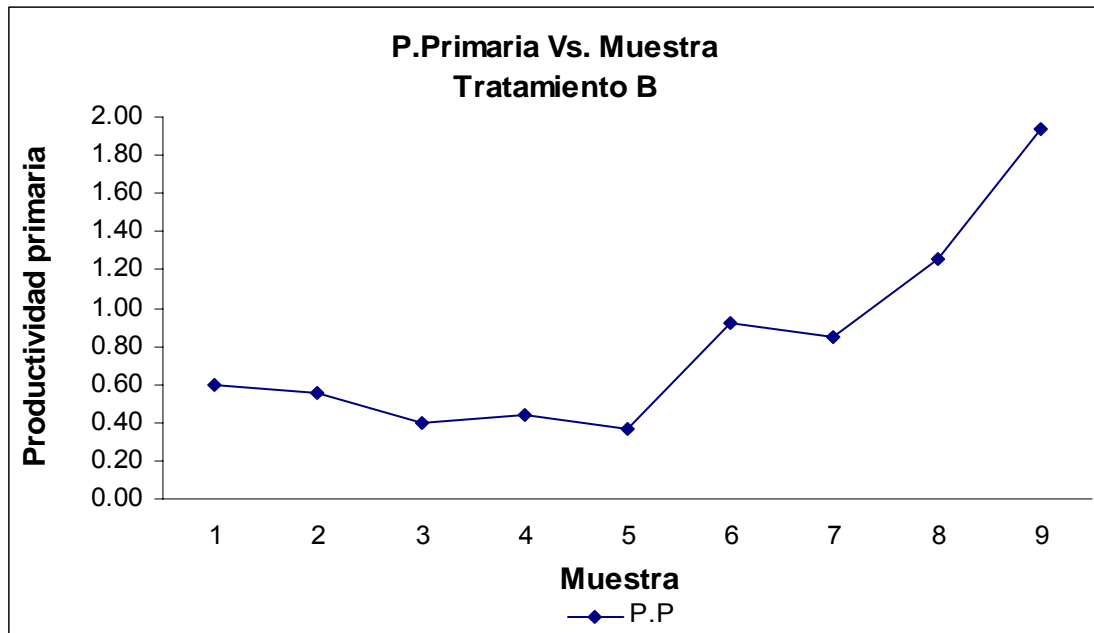
El tratamiento que presenta una menor producción de oxígeno es el tratamiento B, y la producción de oxígeno de los otros dos tratamientos es muy similar.



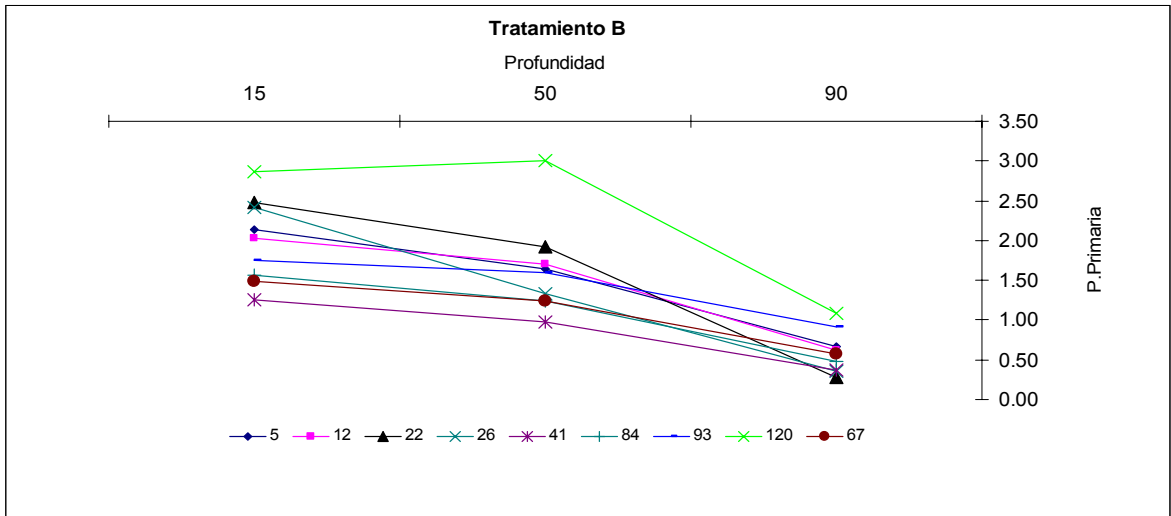
**Figura 12:** Productividad primaria expresada en g de O<sub>2</sub> m<sup>2</sup> día, tratamiento A



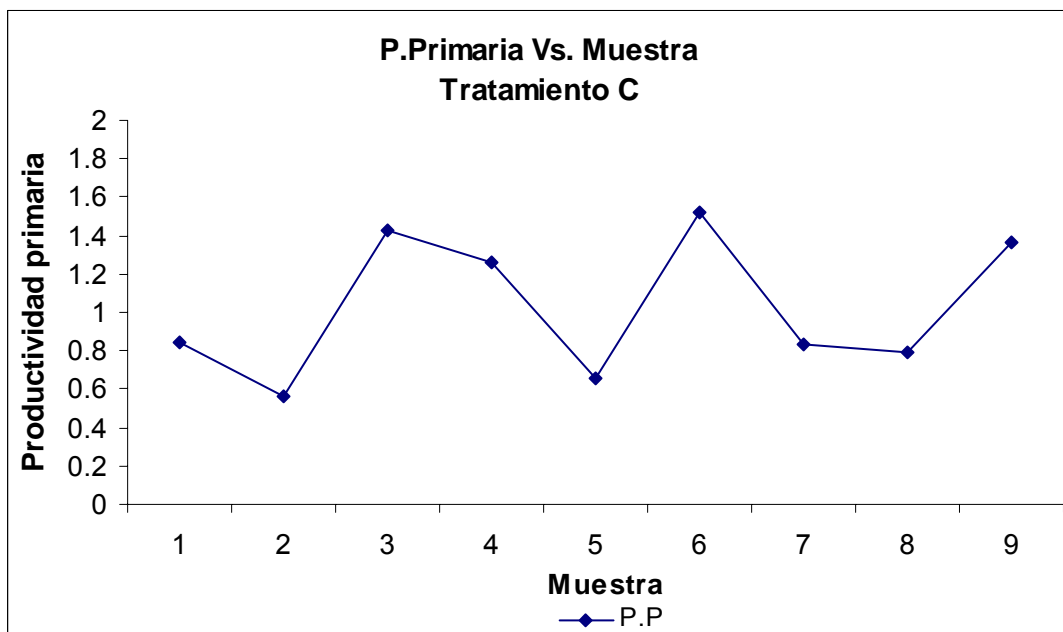
**Figura 13:** Productividad primaria Vs Profundidad, expresada en g de O<sub>2</sub> m<sup>2</sup> día y centímetros para el tratamiento A, durante las fechas de muestreo.



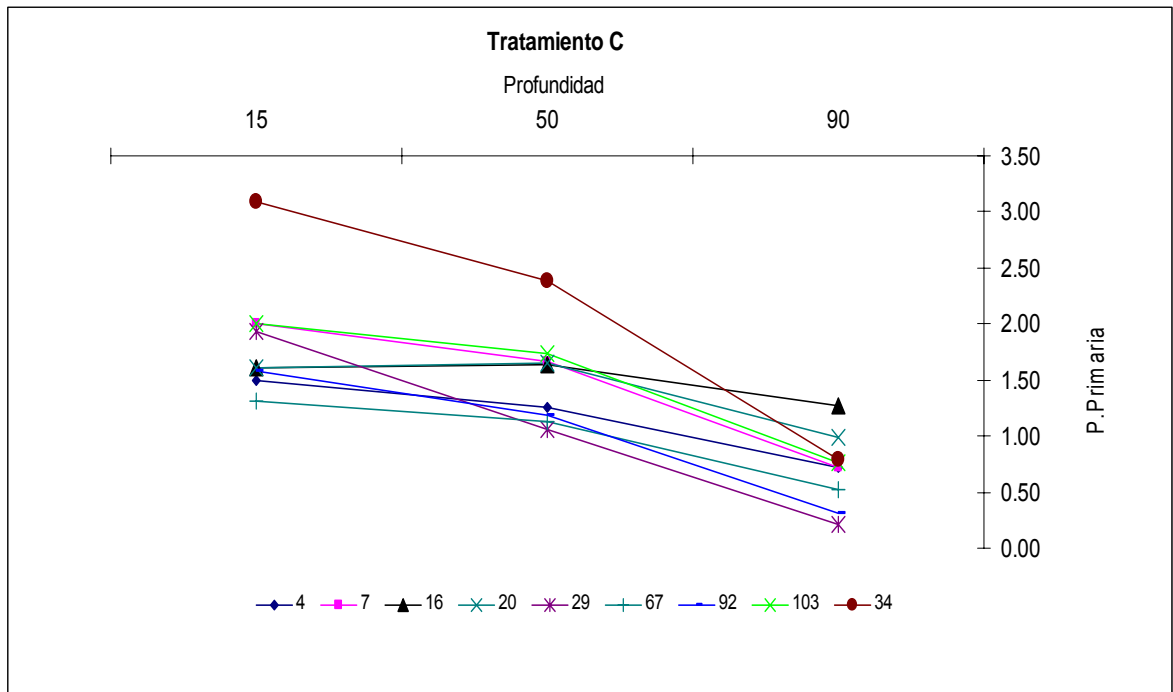
**Figura 14:** Productividad primaria expresada en g de O<sub>2</sub> m<sup>2</sup> día, tratamiento B



**Figura 15:** Productividad primaria Vs Profundidad, expresada en g de O<sub>2</sub> m<sup>2</sup> h<sup>-1</sup> y centímetros para el tratamiento B, durante las fechas de muestreo.



**Figura 16:** Productividad primaria expresada en g de O<sub>2</sub> m<sup>2</sup> día, tratamiento C



**Figura 17:** Productividad primaria Vs Profundidad, expresada en g de O<sub>2</sub> m<sup>2</sup> h<sup>-1</sup> y centímetros para el tratamiento C, durante las fechas de muestreo.

## CONCLUSIONES

Los puntos de muestreo donde se registraron los valores más elevados con respecto a la respiración del sedimento para los tratamientos A,B y C, corresponden en su orden a las zonas de la Salida, Mesa y Canal de drenaje, esto demuestra que no existe una uniformidad en la respiración del sedimento en cuanto a los sitios de muestreo y por lo tanto en cada estanque se presentan condiciones diferentes.

La adición de materia orgánica en los estanques de cultivo tiene un efecto directo en el incremento de la fauna bentónica, lo cual se ve reflejado en la aparición de estos en el suelo, y las densidades durante el ciclo de cultivo, lo cual hacen de la fertilización de fondo a partir de adiciones de materia orgánica una herramienta muy eficaz para la promoción de fuentes alternas de alimento.

Los resultados sugieren que para el caso de cada uno de los tratamientos el que presento una menor respiración de fondo corresponde al tratamiento C, siendo este al que le fue adicionada una menor cantidad de materia orgánica, por lo tanto es el que presenta una mayor efectividad, en comparación a los otros dos.

## **RECOMENDACIONES**

Realizar estudios similares con la finalidad de establecer el consumo de los componentes evaluados en este estudio, para mejorar las condiciones y el tratamiento de los suelos en los estanques de cultivo y evitar condiciones adversas en los mismos.

Evaluar la adición de diferentes fuentes de materia orgánica en los estanques de cultivo debido a que estas son imprescindibles para la fauna bentónica y por consiguiente en la alimentación del camarón.

Establecer las dosis óptimas de fertilizante orgánico con la finalidad de mantener las poblaciones bentónicas estables durante todo el ciclo de cultivo.

El suelo es de vital importancia para el cultivo de camarón, debido a que gran parte de sus actividades son realizadas en este, por lo tanto es necesario evaluar diferentes estrategias, que sirvan al mejoramiento de este, tanto en calidad como habitat, y fuente de alimento bentónica, realizando un énfasis en la fertilización del fondo para promover fuentes proteicas alternas de alimento, diferentes a las del alimento artificial.

Realizar fertilizaciones controlando las cantidades de materia orgánica con la finalidad de obtener sus beneficios.

Para determinar el consumo de oxígeno por parte de la columna de agua se recomienda tomar muestras en horas de la noche, debido a que no hay luz y por lo tanto no existe posibilidad alguna de sobreestimar dicho parámetro, a diferencia de realizarla durante el día.

Se recomienda realizar estudios en diferentes tipos de suelo, con la finalidad de evaluar la incidencia de este sobre la respiración de fondo.

## BIBLIOGRAFIA

AVNIMELECH, Y. and RITVO G. 2002. Shrimp and fish pond soils: processes and management. *Aquaculture* 1-19.

BENÍTEZ, R.A. 1996. Estudio del desarrollo de la fauna bentónica en estanques, durante un ciclo de cultivo de camarón *Penaeus vannamei* (Boone, 1931). tesis para optar el título de Biólogo Marino. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Santa Marta.

BURFORD, M.A. and LONGMORE, A.R., 2001. High ammonium production from sediments in hypereutrophic shrimp ponds. *Marine Ecology progress series*. 224, 187-195.

BOYD, C.E., 1989. Water quality management and aeration in shrimp farming. *Fisheries and Allied aquaculture departmental series*, Vol. 2. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Alabama 77 p.

BOYD, C.E., 1990. Water quality in ponds for aquaculture. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Alabama.

BOYD, C.E. and S. PIPPOPINYO. 1993. Factors affecting respiration in dry pond bottom soils. Alabama Agricultural Experiment Station. Auburn University. Alabama. 22p.

BOYD, C.E. and TEICHERT-CODDINGTON. 1993. Pond bottom soil respiration during fallow and culture periods in heavily-fertilized tropical fish ponds. Alabama Agricultural Experiment Station. Auburn University. Alabama. 21p.

BOYD, C.E. 1995. Bottom Soils, Sediment, and Pond Aquaculture. Chapman & Hall. New York.. 348p.

- BOYD, C.E and TUCKER C.S. 1998 Water quality and pond soil analyses for aquaculture. Alabama Agricultural Experiment Station. Auburn University. Alabama.. 183p.
- CALDERÓN, C. 1973. Policultivo de *Sarotherodon niloticus* (Trewavas, 1972), *Petenia umbrifera* (Meek hildebrand, 1973) y *Cicla ocellaris* (Blosm y scheneider, 1801), en estanques con fertilización natural y orgánica. tesis para optar él titulo de Biólogo Marino. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Santa fé de Bogotá.
- CONTRERAS, M & PUENTES, M. 1978. Efectos del abonamiento orgánico en el ecosistema de estanques piscícolas. tesis para optar al titulo de Biólogo Marino. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Santafé de Bogotá.
- COSTA-PIERCE, B.A., CRAVEN, D.B., KARL, D.M and Laws, E.A., 1984. Correlation of in situ respiration rates and microbial biomass in prawn (*Macrobrachium rosembergii*) ponds. *Aquaculture*, 37:157-168.
- CHANRATCHAKOOL, P. TURNBULL, J.F. FUNGE-SMITH, S.J. MACRAE, I.H. LIMSUAN, C. 1998. Health management in shrimp ponds. Third edition. Bangkok. 152p.
- DANIELS, H.V., and BOYD, C.E.,1989. Chemical budgets for polyethylene-lined brackish water ponds. *J. World Aquaculture Society.*, (2): 53-60.
- ELLIS, M.S.,1992. Oxygen, carbon and sulfur cycling in the sediments of hypereutrophic mesocosms (shrimp mariculture ponds). MSc thesis, Texas A&M University, Texas. 152 pp.

- FAST, A.W., CARPENTER, K.E., ESTILO, V.J. and GONZALES, H.J.,1988. Effects of water depth and artificial mixing on dynamics of Philippines brackishwater shrimp ponds. *Aquaculture Eng.*, 7: 349- 361.
- GARCÍA, E. 1984. Influencia de dos fertilizantes en la sucesión del fitoplancton en estanques de piscícolas y su taxonomía. tesis para optar al título de Biólogo Marino. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Cartagena.
- HALL, D.J., COOPEER, W.E., and WERNER, E.E. 1970. An experimental approach to the production dynamics and structure of freshwater animal communities. *Limnology and Oceanography* 15: 839-928.
- HASSAN, R.B., FAJAMANICKAM, L.D. 1990. Preliminary investigation on the total sediment oxygen demand in brackish water fish/shrimp ponds in Malaysia. *Fish. Bull., Dep. Fish. Malaysia* 64 (66p).
- INPA. 1995 Fundamentos de acuicultura marina, serie fundamentos número 2. Santa fé de Bogotá.. 225p.
- LANARI D.,BALLESTRAZZI, R. AND TIBALDI, E., 1989. Effects of fertilization and stocking rate on the performance of *Penaeus Japonicus* (Bate) in ponds. *Aquaculture*, 83, 269-279.
- MOORE B.L. 1986. Input of organic materials into aquaculture systems: Emphasis on feeding semi-intensive systems. *Aquacultural Engineering* Vol 5. p.123-133.W
- MORIARTY W. COOK H.L, HASSANA R.B., and THANABAL M.1983 Primary production meiofauna in some penaeid prawn aquaculture ponds at Geland Patah. *Malasyan and Agriculture Journal*, 54, 37-51.

- NEES, J.C. 1946. Development and status of pond fertilization in central Europe. Transactions of the American fisheries society. 76: 335-358.
- PAERL, H.W. 1988. Nuisance phytoplankton blooms in coastal, estuarine, and inland waters. Limnology and Oceanography 28:847-857.
- RAYMOND, H. and LAGARDERE J.P. 1990. Feeding rythms and food of *Penaeus Japonicus* (Bate) in salt marsh ponds: role of halophilic entomofauna. Aquaculture, 84, 125-143.
- SUPLEE, M.W., and COTNER, J.B., 1996. Temporal changes in oxygen demand and bacterial sulfate reduction in inland shrimp ponds. Aquaculture 145, 141-158
- TEICHERT-CODDINGTON and GREEN, 1993 Comparison of two techniques for determinig community respiration in tropical fish ponds. Aquaculture. Vol 114, 41-50.
- TIDWELL, J.H., WEBSTER, C.D., SEDLACEK, J.D., WESTON, P.A., KNIGHT, W.L., HILL, S.J., D' ABRAMO, L.R., DANIELS, W.H., FULLER, M.J., MONTAÑEZ, L. 1995. Effects of complete and supplemental diets and organic pond fertilization on production of *Macrobrachium rosenbergii* and associated benthic macroinvertebrate populations. Aquaculture. Vol 138, 169-180.
- TORRES, J.H & FAILLACE, J.F. 1993. Análisis de la oferta alimenticia en estanques para el cultivo de camarones peneidos. Tesis para optar él titulo de Biólogo Marino. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Cartagena.
- WEDLER, E. 1998. Introducción en la acuacultura con énfasis en los geotrópicos. Editorial Litoflash. Santa Marta. 388 p.
- WETZEL, R.G., 1983. Limnology, 2nd ed., Saunders College Publishing, Philadelphia, PA,

ZUR, O. 1981. Primary production in intensive fish ponds and complete organic balance in the ponds      *Aquaculture*, 23: 197-210.

