

# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

U

## FACULTAD DE PESQUERIA



### **EFECTO DEL CULTIVO DE FONDO DE LA CONCHA DE ABANICO (*Argopecten purpuratus*) SOBRE LA PRODUCTIVIDAD PRIMARIA EN PLAYA ATENAS, BAHÍA DE PARACAS, DURANTE PRIMAVERA 2004-VERANO 2005**

Tesis para optar el Título de Ingeniero Pesquero

Diego de la Cadena Mory

La Molina 2005

## INDICE GENERAL

	Pg.
<b>I. RESUMEN</b>	12
<b>II. INTRODUCCIÓN</b>	15
<b>1. REVISIÓN DE LITERATURA</b>	
1.1. Antecedentes	19
1.2. Características de la Bahía de Paracas	23
1.3. Cultivo de la concha de abanico en la Bahía de Paracas	25
1.4. Aspectos alimentarios de la concha de abanico	26
1.4.1. Factores que influyen en el consumo de alimento	
1.4.1.1. Oferta alimenticia	27
1.4.1.2. Tamaño de las partículas de fitoplancton	29
1.4.1.3. Temperatura	29
1.4.1.4. Salinidad	30
1.4.2. Mecanismo de excreción de la concha de abanico	30
1.5. Productividad primaria	
1.5.1. Definición	31
1.4.2. Parámetros que afectan la productividad primaria	
1.4.2.1. Luz	32
1.4.2.2. Profundidad	33
1.4.2.3. Temperatura	33
1.4.2.4. Salinidad	34
1.4.2.5. Nutrientes	34

<b>2. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	
<b>2.1. Diseño del experimento</b>	<b>36</b>
<b>2.1.1. Descripción de la unidad experimental</b>	<b>37</b>
<b>2.1.2. Procedimiento de campo</b>	<b>38</b>
<b>2.1.3. Análisis de muestras</b>	<b>40</b>
<b>2.1.3.1. Método de la ganancia de oxígeno</b>	<b>40</b>
<b>2.1.3.2. Método colorimétrico para determinación de nutrientes</b>	<b>42</b>
<b>2.2. Procesamiento de datos</b>	<b>46</b>
<b>3. RESULTADOS</b>	
<b>3.1. Valores de oxígeno disuelto, temperatura y visibilidad en la zona con concha de abanico y la zona de control.</b>	<b>48</b>
<b>3.2. Variación de los nutrientes a diferentes profundidades en la zona con concha de abanico y la zona de control.</b>	<b>57</b>
<b>3.3. Densidad de carga</b>	<b>64</b>
<b>3.4. Análisis de productividad primaria neta en la zona con concha de abanico y la zona de control.</b>	<b>65</b>
<b>3.6. Relación entre la productividad primaria neta y los parámetros abióticos.</b>	<b>74</b>
<b>4. DISCUSIONES</b>	<b>78</b>
<b>5. CONCLUSIONES</b>	<b>85</b>
<b>6. RECOMENDACIONES</b>	<b>86</b>
<b>7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>88</b>
<b>8. ANEXOS</b>	<b>99</b>

## INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

	Pg.
<b>Tabla 1. Valores promedio de oxígeno disuelto (mg/L) a diferentes profundidades en la zona con concha de abanico y zona de control en Playa Atenas durante Octubre del 2004 a Abril del 2005.</b>	51
<b>Tabla 2. Valores de temperatura (° C) registrados a diferentes profundidades en la zona con concha de abanico y zona de control en Playa Atenas durante Octubre del 2004 a Abril del 2005.</b>	53
<b>Tabla 3. Valores de visibilidad (m) registrados a diferentes profundidades en la zona con concha de abanico y zona de control en Playa Atenas durante Octubre del 2004 a Abril del 2005.</b>	56
<b>Tabla 4. Valores de nitratos (µg/L) registrados a diferentes profundidades en la zona con concha de abanico y zona de control en Playa Atenas durante Octubre del 2004 a Abril del 2005.</b>	58
<b>Tabla 5. Valores de fosfatos (µg/L) registrados a diferentes profundidades en la zona con concha de abanico y zona de control en Playa Atenas durante Octubre del 2004 a Abril del 2005.</b>	61
<b>Tabla 6. Densidad de carga (Kg/m<sup>2</sup>) de concha de abanico en Playa Atenas Durante Octubre del 2004 a Abril del 2005.</b>	64
<b>Tabla 7. Valores promedio de la productividad primaria neta (mg C/m<sup>3</sup>/hr) a diferentes profundidades en la zona con concha de abanico y zona de control en Playa Atenas durante Octubre del 2004 a Abril del 2005.</b>	66
<b>Tabla 8. Resultados de la aplicación del test de Kruskal-Wallis para</b>	

productividad primaria neta a diferentes profundidades en la zona con concha de abanico en Playa Atenas, Bahía de Paracas.	69
Tabla 9. Resultados de la aplicación del 2 Way - ANOVA para productividad primaria neta a diferentes profundidades en la zona con concha de abanico y zona de control en Playa Atenas, Bahía de Paracas.	69
Tabla 10. Resultados de la aplicación del test de Kruskal-Wallis para productividad primaria neta a diferentes profundidades en la zona de control en Playa Atenas, Bahía de Paracas.	70
Tabla 11. Resultados de la aplicación del test de Kruskal-Wallis para productividad primaria neta en superficie en la zona con concha de abanico y zona de control en Playa Atenas, Bahía de Paracas.	71
Tabla 12. Resultados de la aplicación del test de Kruskal-Wallis para productividad primaria neta en fondo en la zona con concha de abanico y zona de control en Playa Atenas, Bahía de Paracas.	72
Tabla 13. Resultados de análisis de correlación de productividad primaria neta con algunos factores físico – químicos en superficie de zona con concha de abanico.	74
Tabla 14. Resultados de análisis de correlación de productividad primaria neta con algunos factores físico – químicos en superficie de la zona de control.	75
Tabla 15. Resultados de análisis de correlación de productividad primaria neta con algunos factores físico – químicos en fondo de la zona con concha de abanico.	75
Tabla 16. Resultados de análisis de correlación de productividad primaria neta	

con algunos factores físico – químicos en fondo de la zona de control.	76
Tabla 17. Resultados de análisis de correlación de productividad primaria neta con algunos factores físico – químicos en superficie y fondo en la zona con concha de abanico y zona de control.	77
Figura 1. Mapa de la bahía de Paracas. Estaciones de muestreo.	43
Figura 2. Estaciones de muestreo donde se realizó la evaluación.	43
Figura 3. Caseta Laboratorio de la UNALM.	44
Figura 4 Unidad experimental para determinar la productividad primaria.	44
Figura 5. Embarcación utilizada para el trabajo de campo.	45
Figura 6. Variación del oxígeno disuelto (mg /L) a diferentes profundidades en la zona con concha de abanico en Playa Atenas durante Octubre del 2004 a Abril del 2005.	51
Figura 7. Variación del oxígeno disuelto (mg/L) a diferentes profundidades en Zona de control en Playa Atenas durante Octubre del 2004 a Abril del 2005.	52
Figura 8. Variación del oxígeno disuelto (mg/L) en superficie en la zona con concha de abanico y zona de control en Playa Atenas durante Octubre del 2004 a Abril del 2005.	52
Figura 9. Variación del oxígeno disuelto (mg/L) en fondo en la zona con concha de abanico y zona de control en Playa Atenas durante Octubre del 2004 a Abril del 2005.	53
Figura 10. Variación de la temperatura (° C) a diferentes profundidades en la zona con concha de abanico en Playa Atenas durante Octubre del	

2004 a Abril del 2005.	54
<b>Figura 11. Variación de la temperatura (° C) a diferentes profundidades en la zona de control en Playa Atenas durante Octubre del 2004 a Abril del 2005.</b>	54
<b>Figura 12. Variación de la temperatura (° C) en superficie en la zona con concha de abanico y zona de control en Playa Atenas durante Octubre del 2004 a Abril del 2005.</b>	55
<b>Figura 13. Variación de la temperatura (° C) en fondo en la zona con concha de abanico y zona de control en Playa Atenas durante Octubre del 2004 a Abril del 2005.</b>	55
<b>Figura 14. Variación de nitratos (µg/L) a diferentes profundidades en la zona con concha de abanico en Playa Atenas durante Octubre del 2004 a Abril del 2005.</b>	59
<b>Figura 15. Variación de nitratos (µg/L) a diferentes profundidades en zona de control en Playa Atenas durante Octubre del 2004 a Abril del 2005.</b>	59
<b>Figura 16. Variación de nitratos (µg/L) en superficie en la zona con concha de abanico y zona de control en Playa Atenas durante Octubre del 2004 a Abril del 2005.</b>	60
<b>Figura 17. Variación de nitratos (µg/L) en fondo en la zona con concha de abanico y zona de control en Playa Atenas durante Octubre del 2004 a Abril del 2005.</b>	60
<b>Figura 18. Variación de fosfatos (µg/L) a diferentes profundidades en la zona con concha de abanico en Playa Atenas durante Octubre del 2004 a Abril del 2005.</b>	61

- Figura 19. Variación de fosfatos ( $\mu\text{g/L}$ ) a diferentes profundidades en zona de control en Playa Atenas durante Octubre del 2004 a Abril del 2005.** 62
- Figura 20. Variación de fosfatos ( $\mu\text{g/L}$ ) en superficie en la zona con concha de abanico y zona de control en Playa Atenas durante Octubre del 2004 a Abril del 2005.** 62
- Figura 21. Variación de fosfatos ( $\mu\text{g/L}$ ) en fondo en la zona con concha de abanico y zona de control en Playa Atenas durante Octubre del 2004 a Abril del 2005.** 63
- Figura 22. Variación de la Productividad Primaria Neta ( $\text{mg C/ m}^3/\text{hr}$ ) a diferentes profundidades en la zona con concha de abanico en Playa Atenas durante Octubre del 2004 a Abril del 2005.** 67
- Figura 23. Variación de la Productividad Primaria Neta ( $\text{mg C/ m}^3/\text{hr}$ ) a diferentes profundidades en zona de control en Playa Atenas durante Octubre del 2004 a Abril del 2005.** 67
- Figura 24. Variación de la Productividad Primaria Neta ( $\text{mg C/ m}^3/\text{hr}$ ) en superficie en la zona con concha de abanico y zona de control en Playa Atenas durante Octubre del 2004 a Abril del 2005.** 73
- Figura 25. Variación de la Productividad Primaria Neta ( $\text{mg C/ m}^3/\text{hr}$ ) en fondo en la zona con concha de abanico y zona de control en Playa Atenas durante Octubre del 2004 a Abril del 2005.** 73

## I. RESUMEN

El presente estudio brinda *información sobre* el impacto que el cultivo de bivalvos puede causar *sobre* la productividad primaria en la columna de agua y si su presencia puede o no, ejercer un control "*top - down*" en el ecosistema. La evaluación se llevó a cabo en Playa Atenas, Bahía de Paracas (Pisco, de *Octubre* del 2004 a Abril del 2005 con el fin de determinar el efecto que produce el cultivo de fondo *de Argopecten purpuratus* sobre la productividad primaria de fitoplancton en dos épocas del año: primavera y verano. Se *realizó un* experimento que *consideró colocar* en el mar dos estructuras metálicas para incubar botellas de 100 ml a 1.5 y 4.5 metros de profundidad con el propósito de evaluar la productividad primaria en dos zonas: una con *A. purpuratus* y otra sin *A. purpuratus* (control) y observar el efecto que presenta sobre la columna de agua. Paralelamente se evaluó la densidad de individuos por metro cuadrado y algunos factores físico - químicas tales como nitratos, fosfatos, temperatura, oxígeno disuelto y visibilidad. La densidad de carga promedio de concha *de abanico* fue de 2.31 (ds=J.566) Kg/m<sup>2</sup>. El experimento se realizó cada 15 días a primeras horas del día y los análisis se realizaron en la caseta - laboratorio de la UNALM ubicado en Playa Atenas.

La productividad primaria neta **en la zona con concha de abanico** presentó un valor máximo de 212.26 (ds=31.24) mgC/m<sup>3</sup>/hr en superficie y 109.12 (ds=2.49) mg C/m<sup>3</sup>/hr

en el fondo. *Los valores mínimos en superficie* fueron de 4.69 (ds=5.41) mg C/m<sup>3</sup>/hr mientras que en *el fondo* se presentaron valores de 0.0 mg C/m<sup>3</sup>/hr. El control presentó un valor máximo de 183.61 (ds=13.70) mg C/m<sup>3</sup>/hr en superficie y 147.52 (ds=29.44) mg C/m<sup>3</sup>/hr en el fondo. *Los valores mínimos fueron de 2.25 (ds=2.6<3) mg C/m<sup>3</sup>/hr en superficie y mgC / m<sup>3</sup>/hr en el fondo.*

Los análisis estadísticos mostraron diferencias significativas de productividad primaria en la columna de agua para ambas zonas con mayor frecuencia en la zona de engorde, mientras que la comparación entre ambas zonas indicó mayores diferencias en el fondo que en la superficie.

Al final de este estudio, se pudo concluir que la presencia de concha de abanico a densidades moderadas, ejerce un control "top - down" y "bottom up" ya que presenta un comportamiento regulador de la productividad en la columna de agua. Los bivalvos reducen la turbidez del medio al consumir grandes cantidades de fitoplancton y controlan la productividad primaria disminuyéndola cuando se encuentra a altas concentraciones e incrementándola cuando se encuentra por debajo de los 22 mg C/m<sup>3</sup>/hr. También se observó que la productividad primaria tiene una relación inversa con la profundidad ( $r=0,334$ ,  $p=0.02$ ) y el efecto regulador que tienen los bivalvos filtradores sobre esta variable se presenta tanto en superficie como en fondo, siendo más notable y con mayor influencia, sobre la cama donde se encuentran los organismos. Además de la profundidad, la productividad primaria está regulada directamente por la cantidad de oxígeno disuelto ( $r=0.437$ ,  $P=0.002$ ). Sin embargo, la presencia de organismos filtradores fluye en el medio incrementando las concentraciones de

fosfatos en el fondo por medio de la excreción de heces y pseudoheces y creando una relación directa entre este nutriente y la productividad ( $r=0.733$ ,  $P=0.016$ ). Los resultados obtenidos se evaluaron utilizando el programa estadístico Minitab Release 12.1 y SPSS 12.0 para Windows.

## II. INTRODUCCION

La Bahía de Paracas presenta excelentes condiciones oceanográficas y climáticas para el crecimiento de bivalvos pectínidos como por ejemplo la concha de abanico *Argopecten purpuratus* por lo que ha sido durante muchos años escenario para su cultivo (Wolf y Wolf 1983, Mendo *et al* 1987, Mendo *et al* 1989). Estos organismos son filtradores suspensívoros por lo que obtienen su alimento de las partículas en suspensión de la columna de agua, principalmente fitoplancton (Farias-Molina 2001), es por eso que una variación significativa en la disponibilidad de alimento puede ser tanto favorable como desfavorable para el desarrollo de esta y otras especies.

En playa Atenas, Bahía de Paracas, el cultivo de *A. purpuratus* se realiza en sistemas de corral utilizando el fondo como medio para desarrollarse y crecer libremente. Existe una relación entre este bivalvo, los nutrientes circundantes y la productividad primaria, observándose que este recurso juega un rol muy importante en la disponibilidad de fitoplancton (Kotta y Mohlenberg, 2001). las diferentes densidades a las cuales se cultiva van a influir en la cantidad de alimento neto disponible debido al consumo (Newell 1989 citarlo por Kotta y Mohlenberg; 2001) y en su tasa de producción diaria por aportación de material utilizable para el fitoplancton (Asmus *et al* 1991 citado por Ogilvie *et al* 2003).

Diferentes autores (McKinnon et al 2003; Newell et al 2004; Olgivie et al 2003, Fahnenstiel et al 1995; Nakamura et al 2000; Newell 2004; Fanslow et al 1995) afirman que el cultivo de bivalvos puede tener un fuerte impacto sobre el medio pelágico y bentónico debido al alto consumo y posterior agotamiento de fitoplancton además de una alteración del ciclo del nitrógeno y la cantidad y composición del seston en la columna de agua (Dame et al, en McDonald et al 1994). Un cultivo con densidades muy altas podría reducir el eutrofismo en la bahía trayendo como consecuencia un agotamiento, de alimento y por consiguiente competencia entre la misma y otras especies (Peterson en MacDonald et al 1994), que puede reflejarse en el aletargamiento del crecimiento y aumento en el tiempo de cultivo (Kasper 1985 citado por McKinnon 2003), Sin embargo otros estudios afirman que el cultivo de bivalvos a altas densidades puede producir eutrofización ( McKinnon 2003) y que las mareas rojas o los centros de gran productividad primaria aparecen siempre en zonas donde se practica la acuicultura (Song et al. 2004).

Verwey (1952, en Newell 2004) fue el primero en identificar el importante rol ecológico que cumplen los bivalvos al servir como agentes acopladores entre el medio bentónico y pelágico debido a que se alimentan del seston y transfieren al sedimento material orgánico e inorgánico no digerido dentro de sus heces y pseudoheces, el cual después de ser degradado por acción bacteriana es utilizado nuevamente para producción de fitoplancton. Conocer el efecto del cultivo de fondo de *A. Purpuratus* sobre la productividad primaria de fitoplancton en Playa Atenas nos indicaría cual es el papel que desempeña en este ecosistema y cómo el aumento o disminución de este

indispensable alimento, el cual es la base para sostener niveles tróficos más altos (Newell 2004) en la bahía de Paracas,

Newell (1988) afirma que a disminución en el stock de organismos indicadores, puede traer como consecuencia que organismos oportunistas pelágicos como el zooplancton puedan incrementarse rápidamente debido a la alta disponibilidad de alimento. Esto indicaría que los bivalvos filtradores ejercen un control "top down" en la columna de agua disminuyendo el alimento disponible, ya sea para el zooplancton, como para larvas de peces que ingresan a la bahía a alimentarse.

En bahía de Paracas y bahía Independencia se han realizado muchos estudios sobre la distribución (Yamashiro *et al.* 2002 Mendo *et al.* 1987, Mendo *et al.* 1989) reclutamiento natural (Arenas *et al.* 2002), captación de semillas (Vargas 1986), crecimiento y supervivencia (Mendo *et al.* 2002), comportamiento alimenticio (Rouillon. 1998) y la evaluación de factores externos y su efecto sobre el metabolismo de *A. purpuratus* (Tam *et al.* 2002), sin embargo, hasta el momento no se han realizado estudios para determinar el efecto que este recurso puede presentar sobre el medio bentónico y pelágico cuando se cultiva a gran escala y altas densidades, por lo tanto, este trabajo constituye la primera contribución a este tema en el Perú.

El presente estudio pretende evaluar el impacto que produce el cultivo de concha de abanico sobre la productividad primaria en la columna de agua, la cual puede ser alterada significativamente y afectar tanto a la fauna circundante (especies en estado larval que ingresan a la bahía como zona de protección) como al mismo cultivo

(Peterson en MacDonald et al, 1994). Este trabajo se podría considerar como la base para un posterior Estudio de Impacto Ambiental (EIA ) o Programa de Adecuación para el Medio Ambiente (PAMA) para la actividad acuícola realizada Bahía de Paracas u otras zonas similares. Es por eso que para esta investigación, se plantea una hipótesis en la cual se considera que el cultivo de fondo de *A. purpuratus* a densidades altas ejerce un fuerte impacto sobre el medio bentónico y pelágico influyendo significativamente sobre la productividad primaria de fitoplancton y que su alto consumo ejerce un control "top down" al disminuir la biomasa fitoplanctónica en la columna de agua.

#### OBJETIVO GENERAL

- Determinar el efecto que produce el cultivo de fondo de *Argopecten purpuratus* sobre la productividad primaria del fitoplancton durante la estación de primavera 2004 y verano 2005 en la Playa Atenas, Bahía de Paracas.

#### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Comparar la productividad primaria fitoplanctónica entre una zona poblada con *A. purpuratus* con otra zona ausente de ella.

- Comparar la productividad primaria fitoplanctónica en la columna de agua entre una zona poblada con *A. purpuratus* con otra zona ausente de ella.
- Relacionar algunos factores físico - químicos con la productividad primaria fitoplanctónica en una zona poblada con *A. purpuratus* y en otra zona ausente de ella.

## **1. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **1.1. Antecedentes**

La mayoría de estudios relacionados entre los bivalvos y la productividad primaria se ha llevado a cabo con organismos bentónicos demostrando que causan una reducción en la biomasa fitoplanctónica (Ogilvie *et al.* 2003, Fahnenstiel *et al.* 1995, Newell 2004, Fanslow 1995) regulando directamente la producción primaria e indirectamente la producción secundaria (Cloern 1982 citado por Orav-Kotta 2004). Sin embargo otros estudios demuestran que los bivalvos también pueden promover esta *producción* primaria convirtiendo el nitrógeno particulado en nitrógeno inorgánico disuelto volviéndolo disponible para su utilización por parte del fitoplancton (Ogilvie *et al.* 2003), jugando un rol ecológico importante como recicladores de nutrientes (Higano 2004): De igual forma el amonio, liberado por los moluscos se encuentra inmediatamente disponible para la producción de fitoplancton, sin embargo, los cultivos de bivalvos a grandes escalas pueden causar el agotamiento de nutrientes, principalmente el nitrógeno que juega un papel crucial en la producción de fitoplancton limitando así la cantidad de alimento disponible para los bivalvos (Kasper 1985 citado por Mackinnon 2003), Mugg Pietros *et al.* (2003) encontraron que el cultivo de *Cassostrea virginica* tenía poco efecto sobre algunos parámetros ambientales, sin embargo sí tenía un efecto sobre la composición de especies fitoplanctónicas y en la sedimentación,

Estudios realizados por Nakamura *et al.* (2000) con *Corbicula apanica* en lago Shinji, Japón, demuestran que su presencia a altas densidades disminuye notablemente los valores de clorofila *a* debido a las altas tasas de filtración y estimula la productividad primaria a pocas kilómetros debido al alto aporte de nutrientes ocasionado por las altas tasas de excreción.

El impacto producido en la zona pelágica por cultivo de bivalvos es fuertemente influenciado por la intensidad operativa con que se realiza y las características físicas de la zona como mareas, *profundidad* y corrientes (McKinnon 2003). Es muy probable que el efecto que tienen los bivalvos de alterar la calidad de agua esté influenciada directamente con la densidad en que se encuentran y que esta pueda cambiar el medio ambiente y afectan de alguna manera a otras especies (Newell 2004), Buschmann (2001) afirma que bajo sistemas de cultivo de moluscos se ha incrementado la abundancia de poliquetos oportunistas, cambios en las tramas tróficas y disminución de la diversidad como consecuencia del aumento de la materia orgánica y al cambio que origina en el sedimento el aporte de las heces y pseudoheces (Boucher *et al.*, 1988, Klerb *et al.*, 1996). **Newell** (2004) afirma, que pueden haber otras repercusiones positivas con poblaciones de densidades bajas o moderadas, pero *estos* cambios benéficos pueden reducirse o perderse a *densidades* extremadamente altas como es el resultado de la acuicultura superintensiva.

De Casablanca *et al.*, citado por **McKinnon** 2003, afirman que el cultivo de bivalvos son la mayor causa de eutrofización en Laguna Thau, Francia, y que el poco intercambio de agua entre la zona de cultivo y sin cultivo predispone una región con

problemas de eutrafización: Así mismo un estudio realizado por Song et al (2004) en bahía Daya, China, demuestra que las mareas rajadas o los centros de gran producción primaria aparecen siempre en zonas donde se practica la acuicultura, Bahía Daya se ha vuelto más eutrófica presentando mayor biomasa **fitoplanctónica** y más producción primaria que antes debido al aumento de impactos antropogénicos. La actividad humana no solo afecta el patrón de distribución de la Clorofila a y la producción primaria sino que también causa una variación en el tiempo de larga duración y está causando una mayor ocurrencia de mareas rojas (Song *et al.* 2004). Contrariamente, Higano (2004) afirma que la aparición de mareas rojas puede deberse a un decrecimiento en la población de organismos bivalvos debido a una disminución de la presión filtradora por parte de ellos, caso ocurrido en la bahía de Tokio y bahía de Mikawa ocasionado por la sobreexplotación del recurso.

En el año 2003 Ogilvie *et al.* realizaron un estudio en Bahía Wilson, Nueva Zelanda, con el fin de determinar la influencia que tenía el cultivo del choro *Perna canaliculus* sobre la producción de fitoplancton. El experimento se llevó a cabo en verano e invierno cuando la cantidad de nitrógeno en el medio era baja y alta respectivamente, En cada fase del experimento se realizaron 4 pruebas similares: zona sólo con choro; zona con adición de nitrógeno; zona con choro y adición de nitrógeno ; y control. Para la época de verano se observó un gran aumento de la concentración de clorofila a en respuesta al experimento que se adicionó nitrógeno, demostrando que el nitrógeno es un limitante para la producción de fitoplancton. Comparando el experimento que sólo se adicionó nitrógeno versus el que tenía **choro** y se adicionó nitrógeno se observó un aumento del 50% de la biomasa fitoplanctónica indicando que el otro 50% fue consumido por el

bivalvo. En verano cuando las concentraciones naturales de nitrógeno en el ambiente son bajas se observó un pequeño pero significativo aumento de clorofila a debido a la excreción de amonio que es inmediatamente utilizable por el fitoplancton, justificando la hipótesis que la excreción de estos bivalvos puede estimular la producción primaria.

El efecto de los choros está ligado a los ciclos estacionales, En invierno cuando las concentraciones de nitrógeno son favorables pero la luz no, los **choros** reducen la concentración de fitoplancton, Inversamente en verano, las concentraciones de nitrógeno son bajas resultando bajas concentraciones de fitoplancton, Sin embargo, el pastoreo del choro puede compensar la limitación de nutrientes produciendo amonio incrementando la biomasa fitoplanctónica, Viéndolo en una escala anual, el cultivo de **choros** podría tener un efecto de estabilización sobre la *biomasa* fitoplanctónica, disminuyendo las altas *concentraciones* en invierno y aumentando los bajos niveles en verano (Ogilvie *et al*, 2003).

Newell, *et al*. 2004, Newell (2004); Higano (2004) y Peterson *et al* (1999) afirman que los bivalvos filtradores suspensivos producen un acoplamiento entre los procesos de la zona bentónica con la pelágica debido a que consumen el seston que se encuentra en la columna de agua reduciendo la turbidez y aumentando la cantidad de luz en el fondo para el microfitobentos. Adicionalmente desempeñan un papel *biogeoquímico* muy importante en el ecosistema porque el nitrógeno y fósforo que se encuentra en la columna de agua es transferido al fondo a través de excreciones y por acción de las bacterias se regenera a la columna de agua, La claridad del agua promueve el crecimiento del microfitobentos, el cual es una fuente importante de alimento para

organismos herbívoros bentónicos, tanto sésiles como móviles, los cuales a su vez son consumidos por peces carnívoros, Por lo tanto, una comunidad abundante de microfitoros puede sostener niveles tróficos más altos (Newell 2004),

Kotta y Mohlenberg (2001) midieron el impacto que producía el *Mitylus edulis* en el Golfo de Riga, Mar Báltico, y se observó que presentaba una menor tasa de filtración a bajas temperaturas (invierno) y que constituían una importante fuente de disminución de fitoplancton en verano cuando este se encontraba en grandes cantidades; sin embargo, cuando la temperatura del medio sobrepasa los valores óptimos de crecimiento se produce un aumento de la tasa de respiración y una disminución de la capacidad de filtración (Navarro 2001). Por otro lado, Bricelj et al. (citado por Maeda - Martínez et al. 2001) afirman que es importante que la concentración de partículas no sea excesiva para evitar el bloqueo del sistema de fijación de los moluscos, ya que su tasa de filtración, dentro de ciertos límites, varía inversamente proporcional a la concentración de partículas,

## **1.2. Características de la Bahía de Paracas**

Bahía de **Paracas** es una bahía semi cerrada con una profundidad promedio de 10m cerca a la costa acentuándose en el centro con 10m y profundizándose más hasta la salida, Debido a su ubicación es un área de alta productividad primaria causada por la presencia de las aguas frías de la Corriente de Humboldt, En Paracas se presenta una diversidad de hábitats costeros que han favorecido al establecimiento de variadas comunidades, entre ellas bentónicas a lo largo de la orilla, pelágicas y fitoplanctónicas en la columna de agua. La Bahía de Paracas sustenta una rica fauna residente y

migratoria como delfines, peces herbívoros, como la sardina (*Sardinops sagax*)

pejerrey (*Odontheistes regia regia*), anchoveta (*Engraulis rigens*) y tortugas marinas (Pinilla 2004)

Los vientos característicos en horas de la mañana son débiles y provenientes del Norte (N) y Nor Oeste (NO). A partir de las 10:00 y 11:00 horas se presenta el viento del *sur* Ramero y Orrego 1983, a) presentándose con gran fuerza en invierno (vientos Paracas) y adquiriendo mayor fuerza alrededor de las 15 o 16 horas cesando con la puesta del sol (Romero y Orrego 1983, b).

La corriente marina superficial presenta zonas de convergencia frente a Talpo - Candelabro y Punta Ripio - Puerto San Martín y una tendencia generalizada con dirección Sur en toda la bahía. La mayor intensidad de las corrientes se presenta al Oeste y Noroeste de la bahía en la salida de la misma, con direcciones predominantes del Sur y valores de 0,15 y 0:12 m/s respectivamente, mientras que en el lado Este se presentan velocidades menores de 0.1 m/s (Romero y Orrego, 1983, b).

La corriente marina subsuperficial presenta una entrada de aguas al Este *de* la bahía con velocidades menores de 0.15 m/s y una salida de aguas en la *parte central de la* bahía, como también pegada a la costa en la península con velocidades menores de 0,1 m/s (Romero y Orrego, 1983, b)

La circulación del agua en la bahía muestra una entrada de agua superficial frente a Punta Ripio y Puerto San Martín para desplazarse hacia el Suroeste y profundizar

mientras que la salida se presenta al Oeste de la bahía tanto superficial como subsuperficial (Romero y Orrego, 1983, b).

La distribución horizontal de la temperatura superficial presenta una disminución hacia el Norte y Noroeste de la bahía y la distribución subsuperficial se muestra uniforme dentro de la bahía con características similares a masas de agua procedentes de zonas abiertas, mientras que la distribución vertical presenta características similares frente a Talpo - Punta Pejerrey con una termoclina próxima a la costa que se debilita a medida que *se aleja* de ésta, y frente a Candelabro - Punta Ripio, con una termoclina que se hace más intensa a medida que se aleja de la costa (Romero y Orrego 1983, a).

La profundidad de visibilidad aumenta hacia el Noroeste de la bahía, presentándose los mayores valores frente a Talpo (>7m) y los menores frente a Puerto San Martín y sobre el eje central mayor, las que podrían estar asociadas con áreas de mayor producción orgánica. En general las aguas de la bahía se diferencian de las aguas de mar abierto en su menor transparencia

### 1.3. Cultivo de concha de abanico en la Bahía de Paracas

Bahía de Paracas ha sido escenario para el cultivo de concha de abanico desde 1978 hasta el presente siendo Punta Atenas el primer criadero artesanal, transformándose con el transcurso de los años en un sistema de cultivo industrial. En el año 1982 existían 2 criaderos en toda la bahía y para el año 1984 habían 67 criaderos que utilizaban el sistema de crianza de fondo, repartidos principalmente en la zona de Playa Atenas y Santo Domingo habiéndose concedido un área total de 1,643,078 Ha de las cuales el 74% correspondía a Playa Atenas (Vargas 1986; Yockteng 1984). En la actualidad

existen 30 lotes habilitados para el cultivo perteneciéndole el 94,4% a empresas privadas y el 5.6% al Gremio de pescadores totalizando un área de 141.81 Ha (PRODUCE 2005 área de cada lote varía desde 3.0 hasta 5 hectáreas (convers.pers. Luis Sabala 2005).

#### **1.4. Aspectos alimentarios de la concha de abanico**

Los pectínidos son organismos superiores, por lo que obtienen su alimento de las partículas en suspensión de la columna de agua, Debido a que estas partículas son principalmente fitoplancton se les puede *considerar* herbívoros (Farias - Molina 1992), Sin embargo, dada la capacidad de ingerir tanto las partículas vivas como las inertes del seston (Winter, 1976), también se ha propuesto considerarlos sestotróficos (Farias - Molina 1992),

Los organismos filtradores se alimentan removiendo el material particulado que se encuentra suspendido en el agua, el que además de fitoplancton incluye partículas inertes que componen el detritus, pudiendo ser este último de origen orgánico o inorgánico (Côté, et al. 1993), Estos organismos hacen pasar una corriente de agua a través de sus branquias, donde el alimento es colectado (Uribe y Blanco 2001 ) y llevado al estómago y a la glándula digestiva mediante transporte ciliar, y es ahí donde ocurren los procesos de digestión y absorción (Navarro 2001). El número de células de fitoplancton ingeridas por unidad de tiempo (mg/hr ó cel/hr) se conoce como tasa de ingestión (Uribe y Blanco 2001).

*Argopecten purpuratus* Es un bivalvo filtrador no sifoneado que presenta el borde del manto no fusionado como en otros bivalvos filtradores (Bricelji y Shumway, citado por Maena - Martínez *et al*, 2001), El proceso de alimentación se inicia con el ingreso de agua a la cavidad del manto a lo largo del borde ventral anterior y es expulsada a través de la abertura exhalante posterior y su orientación es de preferencia en contra de la dirección de la corriente de agua (Hartnoll 1967),

El volumen de agua libre de partículas que ingresa al manto por unidad de tiempo se denomina tasa de filtración (litros/hora) (Uribe y Blanco 2001; Winter 1976) mientras que la tasa de aclaración es la remoción de partículas suspendidas en el agua, es decir, el volumen de agua liberada de sus partículas por unidad de tiempo (litros/hora) (Navarro 2001 ).

Este sistema de filtración puede ser bloqueado debido a una excesiva concentración de partículas ya que su tasa de filtración, dentro de ciertos límites, varía inversamente proporcional a la concentración de partículas (Bricelj y Shumtway citado por Maena - Martínez *et al* 2001; Winter 1976), Contrariamente, la tasa de filtración se incrementa directamente con el tamaño corporal y con la temperatura hasta un valor óptimo, ya que sobrepasando estos límites se produce un descenso drástico (Winter 1976).

#### **1.4.1. Factores que influyen en el consumo de alimento**

##### **1.4.1.1. Oferta alimenticia**

Uno de los principales factores ambientales que afecta la fisiología de la alimentación de los organismos filtradores es la oferta de alimento. la cual esta representada por el

material particulado en suspensión (seston) en el ambiente natural, (Navarro, 2001), El fitoplancton forma parte de la oferta alimenticia natural o material particulado en suspensión, el que además está compuesto por otros tipos de materiales vivos como bacterias y microorganismos no fotosintéticos asociados a restos orgánicos (Winter, 1976), pudiendo tener cada componente diferente valor nutritivo como alimento para un organismo filtrador (Navarro, 2001), En algunas situaciones las pseudoheces que no han sido expuestas a ningún tipo de degradación digestiva pueden llegar a ser desde el 80 hasta el 90% del total del volumen del material particulado filtrado (Tenore *et al.* 1973, en Newell 2004),

Algunos autores han demostrado que *dentro* del seston, el fitoplancton es el alimento principal de los organismos filtradores de partículas en suspensión y se le considera como la principal fuente de energía en la columna de agua para los pectínidos (Shumway *et al.* 1987 en Rouillon *et al.* 2002). Rouillon (1998) observó que el fitoplancton representó el 87% del plancton, siendo el más importante en número de especies y en abundancia,

Cranford y Grant (citado por Navarro; 2001) afirman *que* en algunas especies el detritus puede contribuir a la dieta durante períodos en los cuales la oferta ambiental del *fitoplancton* es inferior a las demandas de energía de los pectínidos.

Rouillon (1998) encontró diferencias significativas entre el número de especies y número total de células en el contenido estomacal de diferentes tallas de *A. purpuratus*,

Sin embargo sugiere que las diferentes tallas *no* estarían seleccionando el fitoplancton y que esta característica se puede deber a la capacidad del estómago.

#### **1.4.1.2. Tamaño de las partículas de fitoplancton**

La retención de partículas sobre *los 5 a 6  $\mu\text{m}$*  es de 100% tanto en *Cassostrea virginica* (Riisgard; 1988) como en *Argopecten irradians* (Riisgard 1988, Vahl 1973 en Navarro 2001), sin embargo para partículas de *2  $\mu\text{m}$*  la eficiencia de retención *Crassostea virginica* decrece gradualmente a 50% mientras que en *A. irradians* desciende bruscamente a 15%. Así mismo, estudios realizados por Cranford y Grant (citado por Côté *et al*; 1993) con *Placopecten magellanicus* demuestran que estos organismos retienen de un 80 - 100% partículas entre 5 a 40  $\mu\text{m}$ , siendo menor su retención con partículas pequeñas. Sin embargo Bayne et al. (1983, en Newell 2004) afirma que los bivalvos filtradores, ingieren partículas mayores a 3  $\mu\text{m}$  con gran eficiencia en épocas del año en que la temperatura es suficiente para promover la actividad.

#### **1.4.13. Temperatura**

La temperatura es uno de los factores que produce cambios en la fisiología de los organismos, principalmente en la tasa de filtración y en el crecimiento de los moluscos bivalvos (Uribe y Blanco 2001), Navarro (2001) (2001) afirma que la temperatura óptima para un organismo es aquella en la cual este obtiene la mayor energía para manutención, crecimiento, movimiento, etc. Winter (citado por Kirby 1973) demostró que la densidad óptima de alimento para la máxima eficiencia de asimilación aumentaba con un aumento de la temperatura y que los organismos asimilaban más alimento por unidad de tiempo a mayores temperaturas.

#### **1.4.1.4. Salinidad**

La salinidad presenta un claro efecto sobre la tasa de aclaración e ingestión mostrándose altas tasas a mayores salinidades y bajas tasas frente a una disminución de salinidad (Navarro 2001). Se han descrito como respuestas típicas de los bivalvos el cierre hermético de las valvas frente a una baja de salinidad (Hand y Stickle 1977), la reducción de las tasas de alimentación y bajas tasas de crecimiento (Widdows 1985), sin embargo, a diferencia de muchos bivalvos los pectinidos carecen de la capacidad de cerrar herméticamente las valvas para poder aislarse del medio externo cuando ocurren eventos ambientales adversos como son las fluctuaciones repentinas de salinidad (Navarro 2001).

#### **1.4.2. Mecanismo de excreción**

El material ingerido por los **bivalvos** está sujeto a la digestión intracelular y extracelular, y los restos son eliminados dentro de las 24 horas, Los bivalvos digieren y asimilan diferentes fuentes de material orgánico particulado con eficiencias que pueden variar alrededor de 20 hasta 90% (Bayne *et al.* 1983, en Newell 2004). Esta eficiencia varía dependiendo en qué tan susceptibles sean las partículas al rompimiento enzimático. La eficiencia de asimilación de algunas partículas incluyendo fitoplancton, también varía estacionalmente (Kreeger *et al.* 2001, en Newell 2004). Esta alta variabilidad, junto con la considerable cantidad de material orgánico particulado no digerido en las heces y pseudoheces, significa que grandes cantidades de nitrógeno orgánico particulado y fósforo no digerido son transferidos al sedimento (Newell 2004),

Estudios realizados por Uribe y Blanco (2001) en *Bahía Tongoy* (Chile), demuestran que la producción en promedio de biodeposiciones de un ejemplar de *A. purpuratus* durante el ciclo de cultivo de 15 meses es alrededor de 1.9 veces su peso. Del nitrógeno absorbido del alimento ingerido por los bivalvos, la mayor cantidad se utiliza para crecimiento muscular y otra parte es excretada como orina, donde: el 70% es amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), de 0% a 13% urea y 5% a 12% amino- N (Bayne *et al.* 1992, en Newell 2004, Navarro 2001).

La salinidad tiene un efecto sobre la excreción de amonio reflejando mayores tasas de excreción al disminuir la salinidad (Navarro *et al.*, citado por Navarro 2001). A altas concentraciones de alimento, la mayor proporción de alimento consumido es eliminada como pseudoheces (Winter citado por Kirby 1973),

## **I-S. Productividad primaria**

### **1-5.1. Definición**

La productividad primaria es la cantidad de materia orgánica producida por organismos autótrofos expresada en mg de carbono por una unidad de área y periodo de tiempo determinado (Trainor 1978; Raymont 1973). Esta productividad varía temporalmente debido a los cambios climáticos estacionales y la interacción biológica existente en el lugar presentando un incremento que se encuentra en función de factores tales como incidencia de luz, temperatura, disponibilidad de nutrientes (Guillén e Izaguirre 1968), mientras que su disminución está en función del pastoreo del zooplancton (Guillén e Izaguirre 1968) y los organismos filtradores que utilizan el fitoplancton como fuente de alimento (Ogilvie *et al.* 2003, Luckenbach *et al.* 2004),

La producción puede ser medida en términos *de* producción primaria bruta (PPB) y producción primaria neta (PPN) (Cole 1983, Belka y Moore 2004, Zuta y Guillén 1970). La producción primaria bruta es el total de materia orgánica producida incluyendo la respiración (Cole 1983, Zuta y Guillén 1970) y la producción primaria neta es la cantidad de materia orgánica que queda disponible para los organismos heterótrofos después de la respiración de los productores primarios (Zutu y Guillén 1970). La producción primaria bruta y la respiración total de la comunidad pueden estar o no en equilibrio completo.

### **1-5.2. Parámetros que afectan la productividad primaria**

#### **1-5.2. 1. Luz**

La luz es uno de los parámetros *que* regula la productividad primaria (Uribe y Blanco 2001) jugando un rol importante con la actividad fotosintética (Raymont; 1963). A intensidades bajas de luz, la tasa de fotosíntesis del fitoplancton se incrementa en proporción a la intensidad de luz, a intensidades moderadas, la tasa de incremento llega a ser menor y se alcanza la saturación de la luz. Si la intensidad de la luz se incrementa promueve la aparición de la inhibición, tal vez como resultado de inhibición de la producción de clorofila, y la tasa de fotosíntesis decrece (Riley y Chester 1989).

En invierno debido a las bajas densidades de luz, los puntos de compensación (profundidad en la cual la producción primaria es igual a la respiración) se ubican cerca de la superficie y la producción neta puede únicamente ser significativa en la capa superficial, la producción óptima se presentará si las células de las plantas están uniformemente dispersas por debajo de la zona eufótica. En contraste, en el verano la

fuerte intensidad de la luz provoca que la tasa de fotosíntesis sea mayor y la zona eufórica sea gruesa. En esta época del año la zona de máxima productividad se ubica a alguna distancia debajo de la superficie debido probablemente al efecto de inhibición de la fuerte luz sobre la fotosíntesis (Riley y Chester 1989).

#### **1-5.2.2. Profundidad**

La variación de la productividad primaria con la profundidad es determinada por numerosos factores tales como: la intensidad de la luz en la superficie, la manera en la cual la luz es atenuada, no solamente por la propia agua sino también por las células del fitoplancton y por el material suspendido, tanto orgánico como inorgánico; y la naturaleza de la relación de la fotosíntesis y la intensidad de la luz (Riley y Chester 1989). Según Calienes *et al.* (1985) la mayor parte de la producción en Pisco, ocurre sobre los 20 metros siendo más intensa en la capa de 0 - 10 metros,

#### **1-5.2.3. Temperatura**

El fitoplancton tolera solamente cambios limitados considerables de temperatura y éste rápidamente morirá a temperaturas de 10 - 15° C superiores a las cuales éstos están adaptados para vivir (Riley y Chester 1989), sin embargo, Fraga (1972) afirma que la temperatura influye indirectamente sobre la producción primaria descomponiendo los compuestos orgánicos más rápido a mayores temperaturas y convirtiéndolos en material disponible para los organismos autótrofos.

#### **1-5.2.4, Salinidad**

Las variaciones de la salinidad *tienen* un efecto sobre la tasa de fotosíntesis donde la mayor parte del verdadero fitoplancton marino crecerá a salinidades de 1.5% o incluso menores. *En* realidad muchos de ellos se desarrollan mejor a salinidades bajas (Riley y Chester 1989).

#### **1-5.2-5. Nutrientes**

El fitoplancton marino requiere de ciertos elementos traza para su óptimo crecimiento, dentro de los cuales los más importantes son el nitrógeno y el fósforo (Riley y Chester 1989) además de estar controlada por el abastecimiento de nutrientes en la zona fótica (Giller et al, 1992),

Las principales formas orgánicas del nitrógeno son el amoníaco, el cual está en equilibrio con el ion amonio, el ion nitrito y el ion nitrato *que* probablemente sea el principal factor limitante de la producción primaria marina (Riley y Chester 1989), Estas tres combinaciones de nitrógeno son utilizables por el fitoplancton marino para sintetizar sus proteínas (Fraga 1972). El amoníaco y los nitratos pueden ser asimilados tanto a la luz como en la oscuridad, mientras que los nitritos lo son *tan* solo a la luz (Fraga 1972). El fitoplancton cuando se nutre *de* nitratos, no asimila todo el nitrato utilizado, sino que parte de él lo reduce a nitrito y lo cede al agua (Fraga 1972), Los compuestos de nitrógeno solubles excretados por los animales son rápidamente degradados a amoníaco por medio de bacterias proteolíticas y posteriormente a nitritos y nitratos por medio de bacterias nitrito - oxidantes (Riley y Chester; 1989),

El fósforo se presenta en una variedad de formas disueltas y particuladas, sin embargo, el fitoplancton satisface su requerimiento del elemento por la asimilación directa del ortofosfato, el cual se encuentra en forma de fósforo orgánico disuelto (Riley y Chester 1989). Según Guillén *et al* (1964) los fosfatos son rápidamente utilizados por el fitoplancton en primavera y verano, debido a que la cantidad y *calidad de luz* favorecen la actividad fotosintética.

En general, un empobrecimiento de nutrientes del agua desarrollará una producción de células deficientes en clorofila y por lo tanto tendrán una *baja* productividad (Riley y Chester 1989).

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El área seleccionada para el presente estudio *se ubicó* en la Playa Atenas, en el Distrito de Paracas, Provincia de Pisco, Departamento de Ica, El principal acceso a la zona es la carretera Panamericana Sur hasta el desvío de la carretera Pisco - Paracas, La distancia hasta la ciudad de Lima es de 245 Km aproximadamente. El área de estudio se encuentra a 32 kilómetros de la ciudad de Pisco (Fig, 1)

### 11. Diseño del experimento

Para el presente estudio se ubicaron dos estaciones de muestreo georeferenciadas ubicadas a 100 metros de la costa y a una distancia aproximada entre ambas de 700 metros, cada una dentro de diferentes lotes de cultivo,

La estación N° 1 sirvió de control en la evaluación y se ubicó a los 13' 49' 2"S 76° 17' 57.77" O en una zona libre de concha de abanico *Argopecten purpuratus*. La estación N° II se ubicó a los 13' 49' 04" S 76° 17' 49.7" O en una zona de engorde de *A. purpuratus* (Fig, 2 ).

Ambas zonas presentaron la misma profundidad y características de sustrato similares para la instalación del experimento.

El experimento se llevó a cabo durante los meses de Octubre del 2004 a Abril del 2005 (primavera y verano) con una densidad de carga promedio en la zona de cultivo de 2,31

( $ds = 0.566$ ) Kg/m<sup>2</sup>. La comparación se realizó entre la zona *con* concha y la zona *sin* concha (control) para cada muestreo,

La evaluación se realizó cada dos semanas a las 8:00 am, por un período de dos horas y se trabajó simultáneamente en ambas estaciones de modo que los parámetros ambientales permanezcan constantes al momento de tomar los datos,

El análisis de muestras se realizó en la Caseta - Laboratorio de la UNALM ubicada en el campamento de la concesión Mulluwasi en la Playa Atenas (Fig. 3).

#### 2.1.1. Descripción de la unidad experimental

Se construyeron dos estructuras metálicas desmontables destinándose una para *cada* estación. La estructura fija constaba de un lastre de *forma* cúbica elaborado con varillas de metal de 1 pulgada de diámetro en el cual se colocaron rocas en su interior. La parte central del lastre presentaba un tubo vertical unido desde la base hasta la parte superior el cual sirvió para la instalación de otro tubo de menor diámetro, Esta estructura fue instalada en ambas estaciones y permaneció en el agua durante todo el estudio. Con la finalidad de facilitar su posterior ubicación se colocó un cabo con una boya.

La parte desmontable de la estructura estaba constituida por un tubo principal de 3 metros de largo, el cual se instalaba primero, y dos juegos de canastillas para incubar las muestras a 1,0 m y 3.5 m de profundidad.

Cada juego de canastillas estaba diseñado con dos varillas de metal unidas a los lados opuestos de la parte exterior de un tubo de 10 cm de largo y mayor diámetro que el tubo

principal, Este presentaba un dispositivo que permitía regular la profundidad deseable de las canastillas (Fig. 3).

Ambos extremos de las varillas contaban con canastillas en forma de anillos en las cuales se colocaban las botellas para su posterior incubación,

### 2.1.2. **Procedimiento de campo**

El trabajo de campo se realizó simultáneamente en las dos estaciones con el apoyo de 6 personas las cuales estuvieron distribuidas en 2 grupos de 3 utilizando dos embarcaciones de 5 y 9 metros de eslora con motor fuera de borda de 60 y 40 H,P, respectivamente (Figura 4).

Las muestras de agua se tomaron con botellas Niskin de 6 litros de capacidad y se transfirieron inmediatamente a las botellas de experimentación protegiéndolas de la luz o de un cambio brusco de temperatura hasta que comience la incubación (Holm-Hansen y Eieibiing 3995),

Se procedió p oro a extraer las muestras de fondo y posteriormente las de superficie destinándose una parte para la determinación de productividad primaria y otra parte para determinación de nutrientes, Los frascos con las muestras para determinar nutrientes se almacenaron en frío hasta su posterior análisis en la caseta - laboratorio,

Las botellas para la determinación de productividad primaria fueron llenadas cuidadosamente permitiendo que la muestra ingrese lentamente a través de una manguera lo *suficientemente* larga como para que alcance el fondo de la botella y no

produzca turbulencia. Se dejó rebosar el agua hasta la mitad de su volumen y luego se tapó el rasco sin que quede ninguna burbuja atrapada en el interior (Stirling 1985). Se utilizó una batería de botellas para superficie y otra para fondo en cada una de las estaciones muestreo, la cual constaba de dos botellas para oxígeno inicial y dos botellas claras,

Una vez colocadas las botellas en su canastilla respectiva se procedía a sumergir la muestra a la profundidad correspondiente mediante buceo autónomo. Las botellas que contenían 1 t d de fondo fueron las primeras en ser incubadas y luego las de superficie manteniéndolas bajo el agua por un período de dos horas. No se recomienda prolongar las incubaciones por más de este tiempo ya que los experimentos largos tienen el inconveniente que durante ese tiempo varía la concentración de nutrientes y se altera notablemente la composición de las poblaciones (Peña *al.* 1995, Bustillos-Guzmán *et al.* 1985).

Después de haber pasado dos horas de incubación se extrajeron as botellas para fijar inmediatamente el oxígeno disuelto presente. Las primeras en fijarse fueron las de fondo y una vez terminadas se continuó con las de superficie. Las botellas se guardaban y protegían del sol para luego ser analizadas en el laboratorio,

La temperatura del agua se midió cada hora y la visibilidad al inicio y final del experimento mediante un Disco Secchi. También se registraron las características climáticas tales como nubosidad y vientos presentes durante el transcurso del experimento

Durante el lapso de la incubación se evaluó la densidad e individuos por metro cuadrado al rededor de la estación de muestreo,

Una vez culminado el trabajo de campo se llevaban las muestras a la en laboratorio para ser analizadas inmediatamente.

### **2.13. Analisis de muestras**

La metodología utilizada para determinar la productividad primaria fue el método de ganancia de oxígeno descrito por Stirling (1985).

Para la determinación de nitratos y fosfatos se utilizó un colorímetro Hatch DR/890 utilizando los siguientes métodos respectivamente, método de reducción por cadmio y método del ácido ascórbico.

Los datos de temperatura superficial del agua se obtuvieron con un termómetro simple con un rango de 0° a 40° C y los de fondo mediante un sensor logger de temperatura marca hobo modelo water temp pro con rango de 0° a 50° C, La visibilidad del agua se determinó con un disco Secchi,

La evaluación de *densidad* de *A. purpuratus* se realizó alrededor de la estructura de muestreo con un cuadrado metálico de un metro cuadrado con cuatro repeticiones y utilizando el buceo semi autónomo,

#### **2. 1.3,1. Método de la ganancia de oxígeno**

El procedimiento consiste en llenar botellas de 100 ml con la muestra de agua extraída" mitad de las botellas deben ser claras y la otra mitad oscuras pintadas con pintura negra y envueltas en papel píatino. Se tiene además dos botellas para obtener el oxígeno disuelto inicial las cuales inmediatamente se fijan por el *método de* Winkler mientras las

otras botellas se colocan a la profundidad donde se extrajo la muestra. Las muestras se incuban por un periodo de dos horas (Bustillos-Guzmán, *et al.* 1985) y luego se extraen para fijar el oxígeno presente y analizar posteriormente en laboratorio,

El método se basa en el hecho que la botella clara produce oxígeno por fotosíntesis, mientras que en la botella oscura solamente hay utilización del oxígeno por respiración vegetal, animal y bacteriana, y el contenido final de este restado del inicial, corresponde al consumido por respiración. La diferencia entre las botellas clara y oscura indica la medida del oxígeno producido por fotosíntesis bruta (Stirling 1985),

La producción primaria bruta (PPB) se obtiene de la diferencia entre las botellas clara y oscura, mientras que la producción primaria neta (PPN) se obtiene de la diferencia entre las botellas clara e inicial. En esta investigación sólo se consideró la PPN ya que esta es la materia remanente que se acumula en el ecosistema después de los procesos de respiración, siendo este el principal objeto de estudio. Las fórmulas son las siguientes,

$$\text{Fotosíntesis Bruta} = B - C$$

$$\text{Respiración} = A - C$$

$$\text{Fotosíntesis Neta} = B - A$$

Donde: A = Oxígeno disuelto inicial

B = Oxígeno disuelto de la botella clara

C = Oxígeno disuelto de la botella oscura

El incremento de la concentración de oxígeno de la botella clara durante el periodo de incubación es una medida de la producción neta, la cual debido al uso de oxígeno en la

respiración es un poco menos que la producción bruta. La pérdida de oxígeno en la botella oscura es usada para estimar la respiración (Stirling 1980).

Para calcular la productividad. Primaria Neta y Bruta para cada profundidad de incubación se deben incluir los valores obtenidos anteriormente en la siguiente fórmula,

$$\text{mg Carbono fijado/m}^3/\text{hr} = \text{mg Oxígeno liberado} * 12/32 * 1.2 * 1000/\text{tiempo}$$

Donde el factor 12/32 significa que una mol de oxígeno liberado (12 g) equivale a una mol de carbón fijado (32 gr) (Stirling 1985 y el factor 1.2 representa el coeficiente fotosintético que debe utilizarse en aguas con suficiente cantidad de nutrientes (Stirling 1985, Riley y Chester 1989).

#### **2.1.3.2. Método colorimétrico para la determinación de nutrientes**

Método de reducción por Cadmio. Este método consiste en que el metal cadmio reduce los níos presentes en la muestra a nitritos, El ión nitrito reacciona en un medio ácido con el ácido sulfánico para formar una sal diazónica la cual se asocia con el ácido gentisico para formar un producto de color ámbar. La precisión de este método es de  $\pm 0.3$  ug/L.

Método del ácido ascorbico. Este método consiste en que el ortofosfato en molibdato en medio ácido para producir el complejo fosfomolibdato. Luego el ácido ascórbico reduce el complejo produciendo un intenso color azul de molibdeno, la precisión de este método es de  $\pm 0,05$  ug/L,



Fig. 1. Mapa de la Bahía de Paracas.



Fig. 2. Estaciones de muestreo donde se realizó la evaluación.

Fig. 4. Unidad experimental para determinar la productividad primaria.

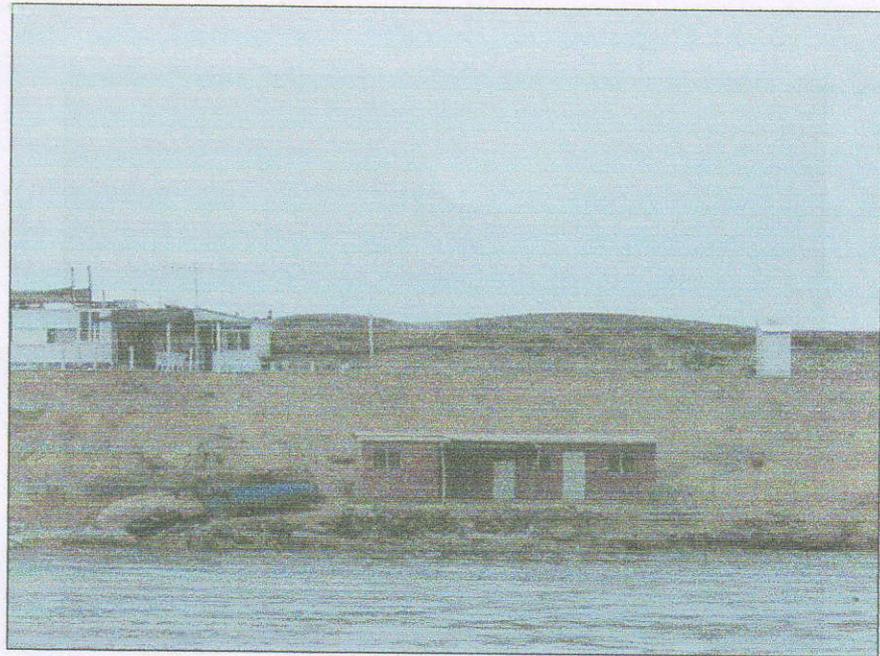


Fig. 3. Caseta laboratorio de la UNALM.



Fig. 4. Unidad experimental para determinar la productividad primaria.

## 2.2. Procesamiento de datos

De la determinación de oxígeno disuelto por el método Winkler en laboratorio, se procedió a

cuantificar la presencia de oxígeno disuelto en el agua de la zona de estudio.

Finalmente, los datos fueron procesados en el programa Microsoft

Excel 6.0

Algunos de

los resultados

se muestran

en el

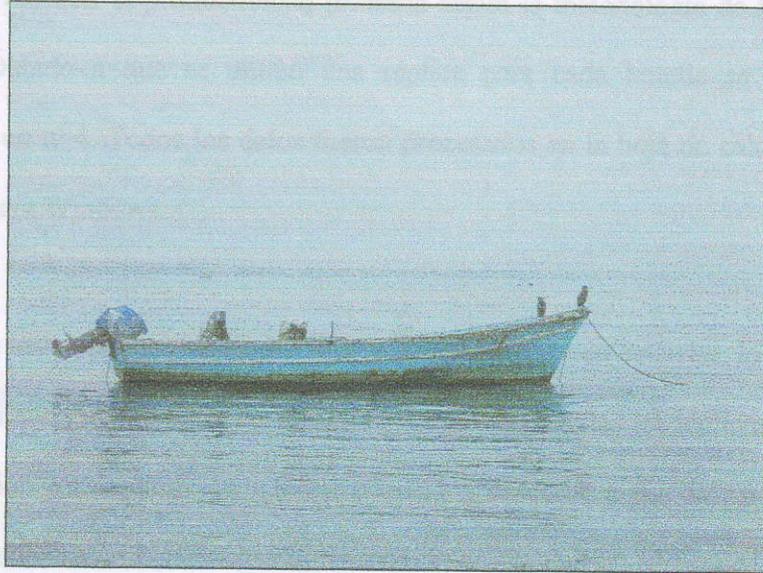


Fig. 5. Embarcación utilizada para el trabajo de campo.

Para determinar estadísticamente diferencias significativas entre la productividad primaria neta en las dos zonas evaluadas se realizó para cada muestreo un análisis de varianza (ANOVA) 2 factorial para aquellos datos que presentaban una distribución normal y cumplían con la homogeneidad de varianzas y una prueba de Kruskal - Wallis para aquellos que no cumplían con la homogeneidad de varianzas. El ANOVA 2 factorial refleja el efecto que presentan dos factores sobre una variable, en este análisis la variable bajo consideración fue la productividad primaria neta y los dos factores evaluados simultáneamente fueron zona con presencia de bivalvo y profundidad. Como hay dos niveles en el primer factor (zona con presencia de bivalvo y zona sin presencia de bivalvo) y dos niveles en el segundo factor (superficie y fondo), el diseño experimental se denomina  $2 \times 2$  ( $2^2$ ) factorial.

## 2.2. Procesamiento de datos

De la determinación de oxígeno disuelto por el método Winkler en laboratorio, se procedió a calcular la productividad primaria según la metodología de la ganancia de oxígeno. Debido a que se utilizó una réplica para cada botella se pudo obtener finalmente un  $n=4$ . Todos los datos fueron procesados en la hoja de cálculo Microsoft Excel 6.0 para Windows.

Algunos de los resultados obtenidos muestran alta desviación estándar, lo cual indicaría una elevada variabilidad entre las muestras, sin embargo todas las réplicas cumplen con la distribución normal de Ryan – Joiner ( $P>0.1$ ) y descartar algún dato podría sesgar el resultado final.

Para determinar estadísticamente diferencias significativas entre la productividad primaria neta en las dos zonas evaluadas se realizó para cada muestreo un análisis de varianza (ANOVA) 2 factorial para aquellos datos que presentaban una distribución normal y cumplían con la homogeneidad de varianzas y una prueba de Kruskal – Wallis para aquellos que no cumplían con la homogeneidad de varianzas. El ANOVA 2 factorial refleja el efecto que presentan dos factores sobre una variable; en este análisis la variable bajo consideración fue la productividad primaria neta y los dos factores evaluados simultáneamente fueron: zona con presencia de bivalvo y profundidad. Como hay dos niveles en el primer factor (zona con presencia de bivalvo y zona sin presencia de bivalvo) y dos niveles en el segundo factor (superficie y fondo), el diseño experimental se denomina  $2 \times 2$  (ó  $2^2$ ) factorial.

En la prueba de Kruskal – Wallis se evaluó la diferencia significativa de productividad primaria neta en la columna de agua (superficie - fondo) de una misma zona y la diferencia significativa entre superficie y entre fondo de las dos zonas.

Las hipótesis planteadas ( $H_0$ ) fueron las siguientes: Existe un efecto de la presencia de *A. purpuratus* en la productividad primaria ( $\mu_1 \neq \mu_2$ ), la productividad primaria es diferente entre fondo y superficie ( $\mu_1 \neq \mu_2$ ) y, existe interacción entre la presencia de *A. purpuratus* y la profundidad con la productividad primaria.

Para determinar la relación de algunos factores físicos y químicos con la productividad primaria en la zona poblada con *A. purpuratus* y el control, se realizaron análisis de correlación múltiple para determinar si es que existe una relación o nivel de asociación estadística significativa entre las variables (producción primaria neta, zona con concha de abanico y control, profundidad, oxígeno disuelto, nitratos, fosfatos, temperatura y densidad de carga de concha de abanico). Aquellos datos que no cumplieran con una distribución normal fueron transformados logarítmicamente y se utilizó el coeficiente de Pearson (two – tailed) y la rho de Spearman (two – tailed) para los datos paramétricos y no paramétricos respectivamente. El análisis se realizó independientemente para la zona con concha de abanico y el control, tanto para superficie como fondo. Además se observó en la columna de agua la relación existente entre todas las variables en ambas zonas durante todo el transcurso del experimento.

### 3. RESULTADOS

#### *Valores de oxígeno disuelto, temperatura y visibilidad en la zona con concha de abanico y la zona de control*

Durante el transcurso de la investigación se obtuvieron resultados de oxígeno disuelto altos y en algunas ocasiones situaciones de hipoxia ( $<2.0$  mg/L, Díaz 2000) (Tabla 1). Los valores máximos y mínimos de oxígeno en la zona con concha de abanico se presentaron en el mes de Diciembre y Abril respectivamente, tanto para superficie como en fondo, registrando un valor promedio superficial de 4.59 (ds=1.66) mg/L con una máxima de 7.15 mg/L y una mínima de 1.83 mg/L, mientras que en el fondo se registró un promedio de 3.69 (ds=1.80) mg/L con una máxima de 6.94 mg/L y una mínima de 1.55 mg/L (Figura 6).

En el control, el comportamiento fue muy parecido pero con valores un poco inferiores ya que en superficie presentó un promedio de 4.26 mg/L (ds=1.47) con una máxima de 6.39 mg/L en el mes de Diciembre y una mínima de 1.48 mg/L en el mes de Abril, mientras que el fondo presentó un promedio de 3.26 mg/L (ds=1.47) con una máxima de 5.81 mg/L en el mes de Octubre y una mínima de 1.09 mg/L en el mes de Noviembre (Figura 7).

Generalmente los niveles de oxígeno entre superficie y fondo no presentaron una gradiente muy marcada, sin embargo a pesar de la poca profundidad de la bahía se

presentaron grandes diferencias los días: 13 de Noviembre con 2.5 mg en el control; 5 de Marzo con 3.8 mg en el control y el 18 de Marzo en la zona con concha con 2.0 mg. Los días que se presentaron valores muy bajos de oxígeno hubo presencia de marea blanca (evento producido por cocolitoforos que produce en el agua una coloración verde lechosa, Rhodes *et al.* 1995), la cual además, redujo la visibilidad en la columna de agua. Los valores de oxígeno tanto en superficie como en fondo de la zona con concha de abanico presentaron mayores concentraciones en comparación al control (Figura 8 y 9).

En la tabla 2 se observan los valores de temperatura registrados en la zona con concha de abanico y el control a diferentes profundidades. La temperatura promedio en la zona con concha de abanico fue de 18.59° C (ds=2.15) en la superficie, presentando una máxima de 23° C a inicios de Marzo y una mínima de 16° C a fines de Diciembre, mientras que en el fondo el promedio fue de 18.17° C (ds=1.84) exhibiendo una máxima de 22° C a mediados de Febrero y dos mínimas de 16° C en la quincena de Noviembre y fines de Diciembre (Figura 10).

En el control el comportamiento fue similar, presentando un promedio de 18.74° C (ds=2.18) en superficie con una máxima de 23° C a inicios de Marzo y una mínima de 16° C a fines de Diciembre. En el fondo el promedio fue de 18.03° C (ds=1.80) exhibiendo una máxima de 22° C a mediados de Febrero y una mínima de 16° C a fines de Diciembre (Figura 11).

La temperatura en la zona con concha de abanico presentó valores muy similares tanto en superficie como en fondo hasta fines de Diciembre, manteniendo una temperatura

*constante de 17° C a excepción del 22 de Diciembre que presentó la mínima de 16° C.*

En el control, se observó un comportamiento similar en la columna de agua y presentó las mismas temperaturas que la zona con concha de abanico, sin embargo el 13 de Noviembre se observó una gran diferencia de 2° C con la zona con concha presentando una máxima de 19° C en superficie y 18° C en el fondo.

Desde comienzos de Enero la temperatura en ambas zonas fue más variada, presentándose valores desde 18 a 23° C en superficie y 17.5° a 22° C en el fondo. La diferencia entre ambas profundidades fue generalmente de 1° C, sin embargo en la zona con concha de abanico, el 5 de Marzo se observó una gradiente de 2° C y el 2 de Abril la temperatura en el fondo fue mayor por 0.5° C. En el control las temperaturas fueron las mismas que la zona en comparación sin observar ninguna anomalía (Figura 12 y 13).

La visibilidad en la zona con concha de abanico presentó un promedio de 3.18 m (ds=1.10), mientras que el control estuvo en 3.12 m (ds=1.0). Ambas zonas exhibieron una mínima de 1.6 m y una máxima de 4.5 m (Tabla 3).

Tabla 1. Valores de oxígeno disuelto (mg/L) a diferentes profundidades en la zona con concha de abanico y zona de control en Playa Atenas durante Octubre del 2004 a Abril del 2005.

Fecha	Hora	Zona con concha de abanico		Zona de control	
		Profundidad		Profundidad	
		1.5m	4.5m	1.5m	4.5m
30.Oct.04	08:50	5.73	5.63	5.64	5.81
13.Nov.04	08:30	3.87	2.43	3.59	1.09
25.Nov.04	09:00	4.68	3.63	3.89	3.28
11.Dic.04	09:20	4.86	2.23	4.19	3.65
22.Dic.04	09:00	7.15	6.94	6.39	5.55
08.Ene.05	08:45	4.51	4.67	4.93	3.79
21.Ene.05	08:30	3.27	3.06	3.96	2.91
04.Feb.05	10:00	2.25	1.65	2.25	2.13
18.Feb.05	09:30	6.59	5.52	4.89	4.27
05.Mar.05	09:10	6.24	4.92	6.19	2.39
18.Mar.05	08:55	4.05	2.04	3.68	2.91
02.Abr.05	08:55	1.83	1.55	1.48	1.39
Promedio		4.59	3.69	4.26	3.26
ds		1.66	1.80	1.47	1.47

Figura 6 Variación del oxígeno disuelto (mg/L) a diferentes profundidades en la zona de control en Playa Atenas durante Octubre del 2004 a Abril del 2005

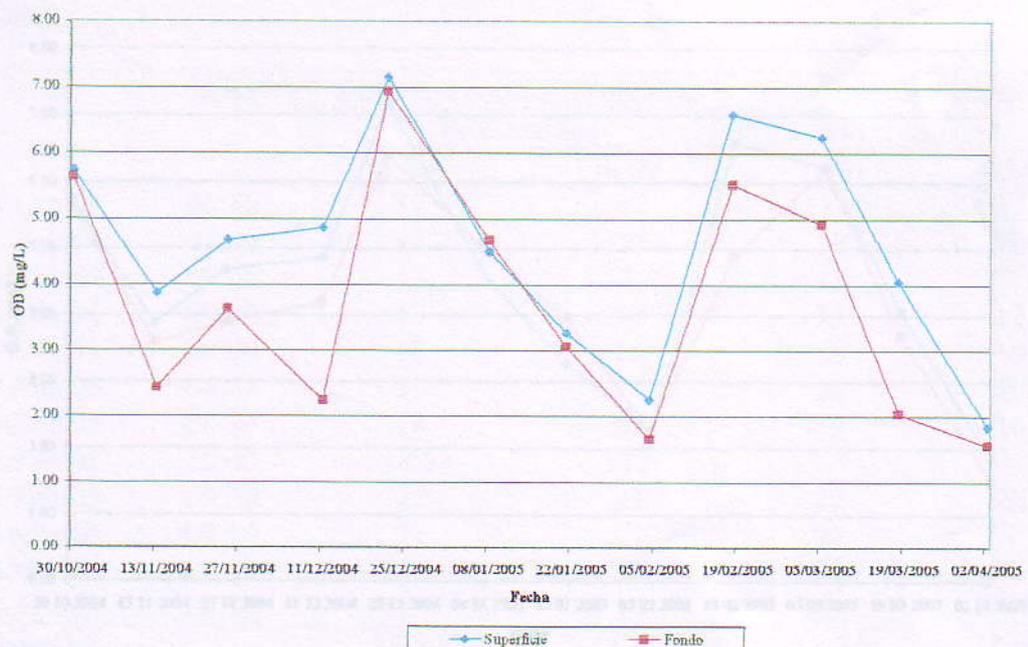


Figura 6 Variación del oxígeno disuelto (mg /L) a diferentes profundidades en la zona con concha de abanico en Playa Atenas durante Octubre del 2004 a Abril del 2005

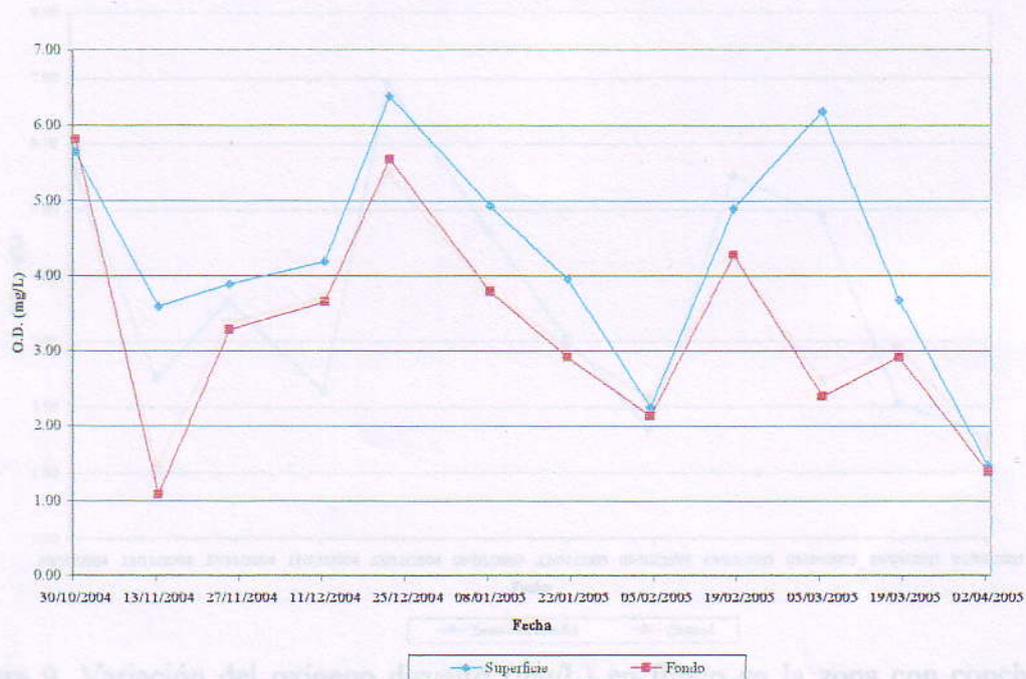


Figura 7. Variación del oxígeno disuelto (mg/L) a diferentes profundidades en la zona de control en Playa Atenas durante Octubre del 2004 a Abril del 2005

Tabla 2. Valores de temperatura (° C) registrados a diferentes profundidades en la zona con concha de abanico y zona control en Playa Atenas durante Octubre del 2004 a Abril del 2005.

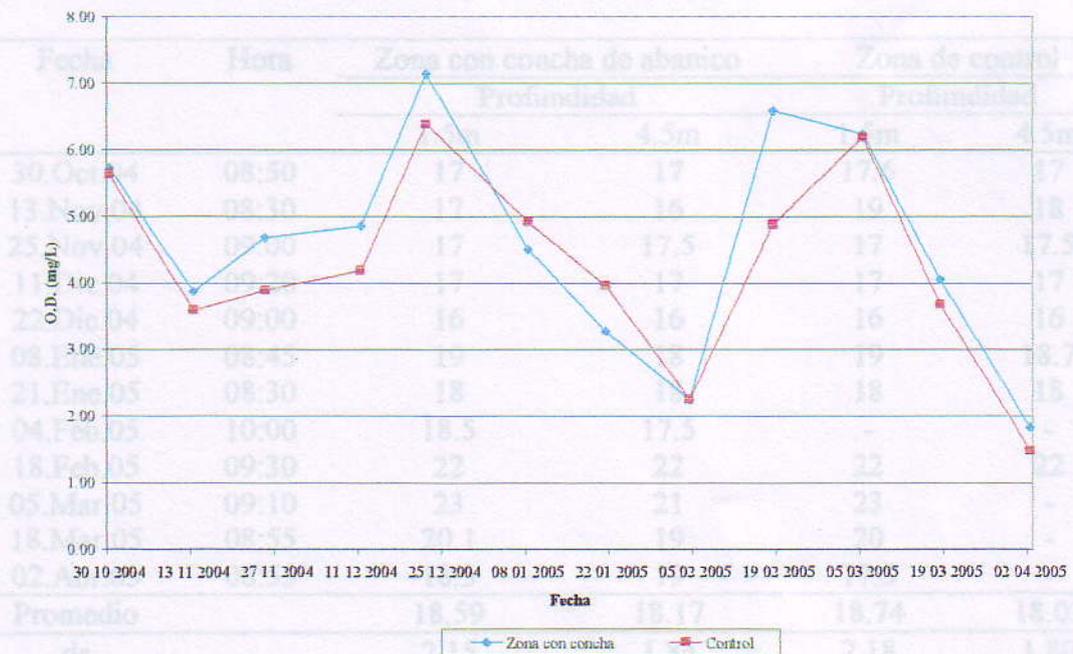


Figura 8. Variación del oxígeno disuelto (mg/L) en superficie en la zona con concha de abanico y zona de control en Playa Atenas durante Octubre del 2004 a Abril del 2005

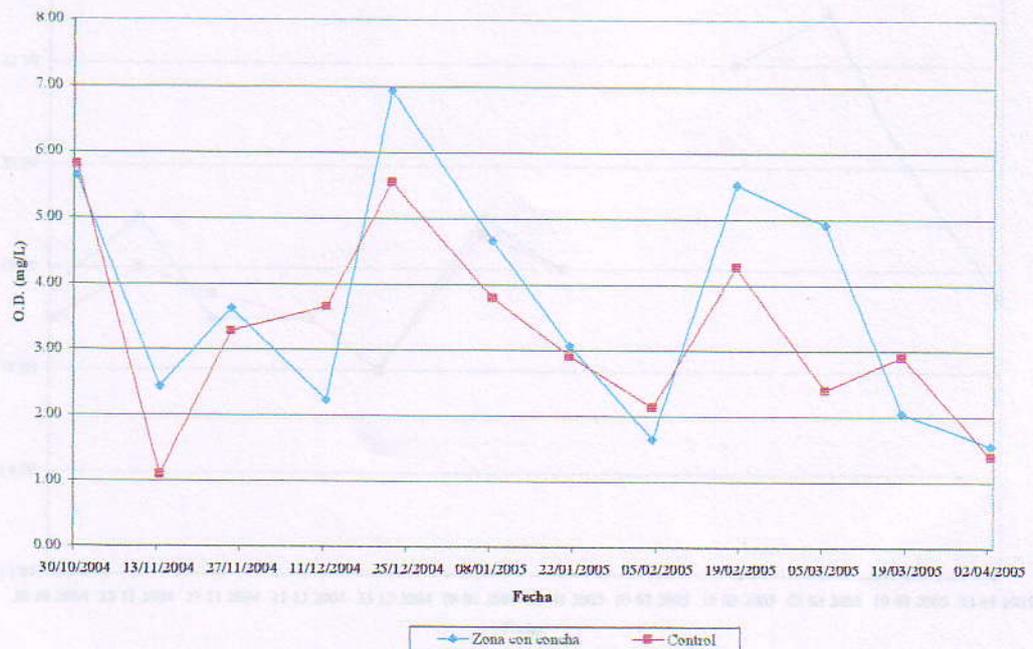


Figura 9. Variación del oxígeno disuelto (mg/L) en fondo en la zona con concha de abanico y zona de control en Playa Atenas durante Octubre del 2004 a Abril del 2005

Tabla 2. Valores de temperatura (° C) registrados a diferentes profundidades en la zona con concha de abanico y zona control en Playa Atenas durante Octubre del 2004 a Abril del 2005.

Fecha	Hora	Zona con concha de abanico		Zona de control	
		Profundidad		Profundidad	
		1.5m	4.5m	1.5m	4.5m
30.Oct.04	08:50	17	17	17.6	17
13.Nov.04	08:30	17	16	19	18
25.Nov.04	09:00	17	17.5	17	17.5
11.Dic.04	09:20	17	17	17	17
22.Dic.04	09:00	16	16	16	16
08.Ene.05	08:45	19	18	19	18.7
21.Ene.05	08:30	18	18	18	18
04.Feb.05	10:00	18.5	17.5	-	-
18.Feb.05	09:30	22	22	22	22
05.Mar.05	09:10	23	21	23	-
18.Mar.05	08:55	20.1	19	20	-
02.Abr.05	08:55	18.5	19	17.5	-
Promedio		18.59	18.17	18.74	18.03
ds		2.15	1.84	2.18	1.80

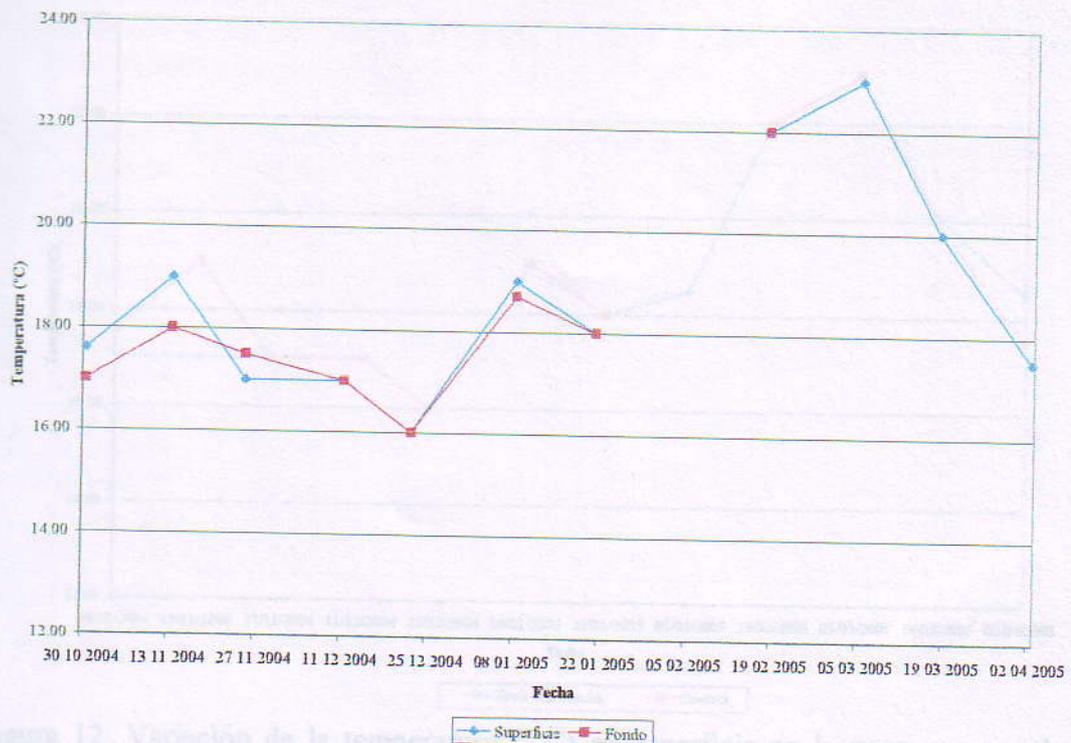


Figura 10. Variación de la temperatura ( $^{\circ}$  C) a diferentes profundidades en la zona con concha de abanico en Playa Atenas durante Octubre del 2004 a Abril del 2005

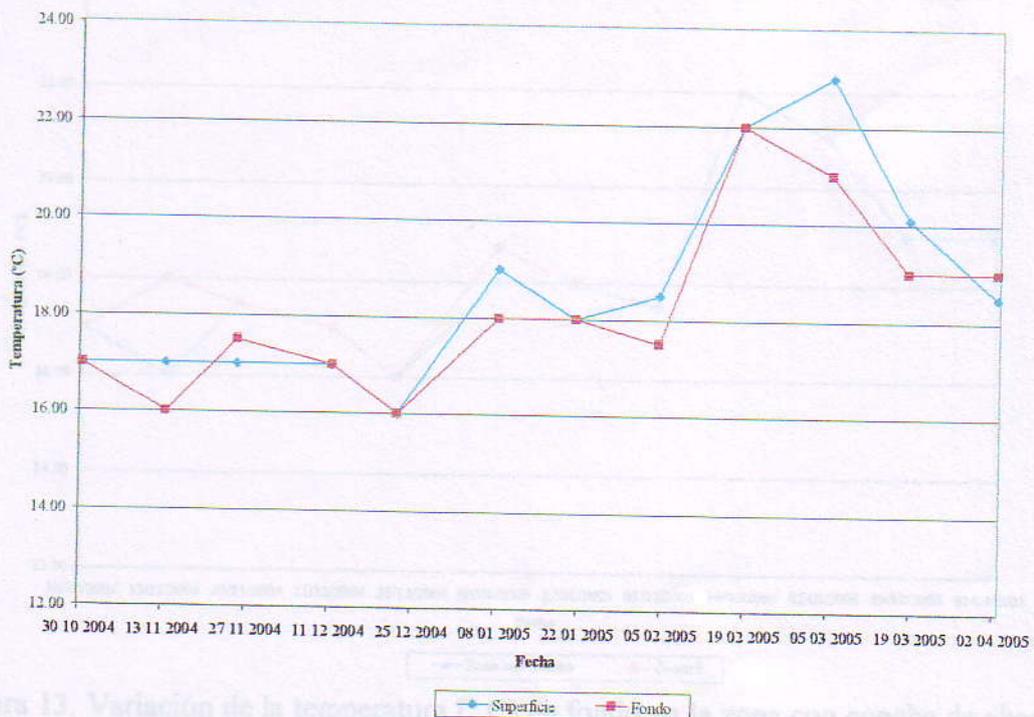


Figura 11. Variación de la temperatura ( $^{\circ}$  C) a diferentes profundidades en zona de control en Playa Atenas durante Octubre del 2004 a Abril del 2005

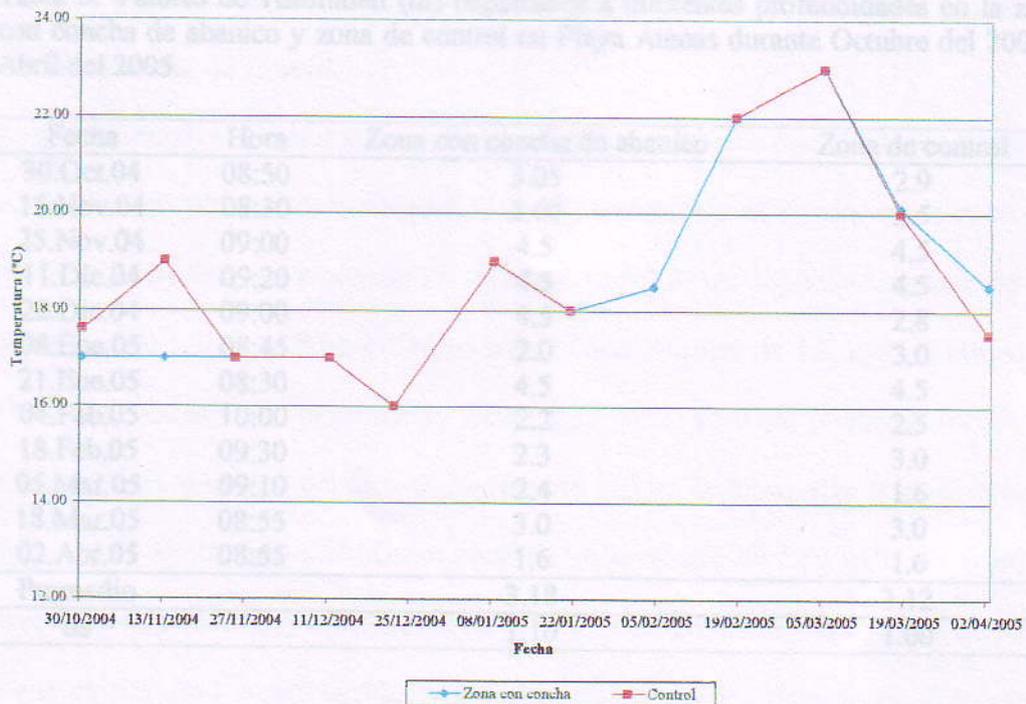


Figura 12. Variación de la temperatura (° C) en superficie en la zona con concha de abanico y zona de control en Playa Atenas durante Octubre del 2004 a Abril del 2005

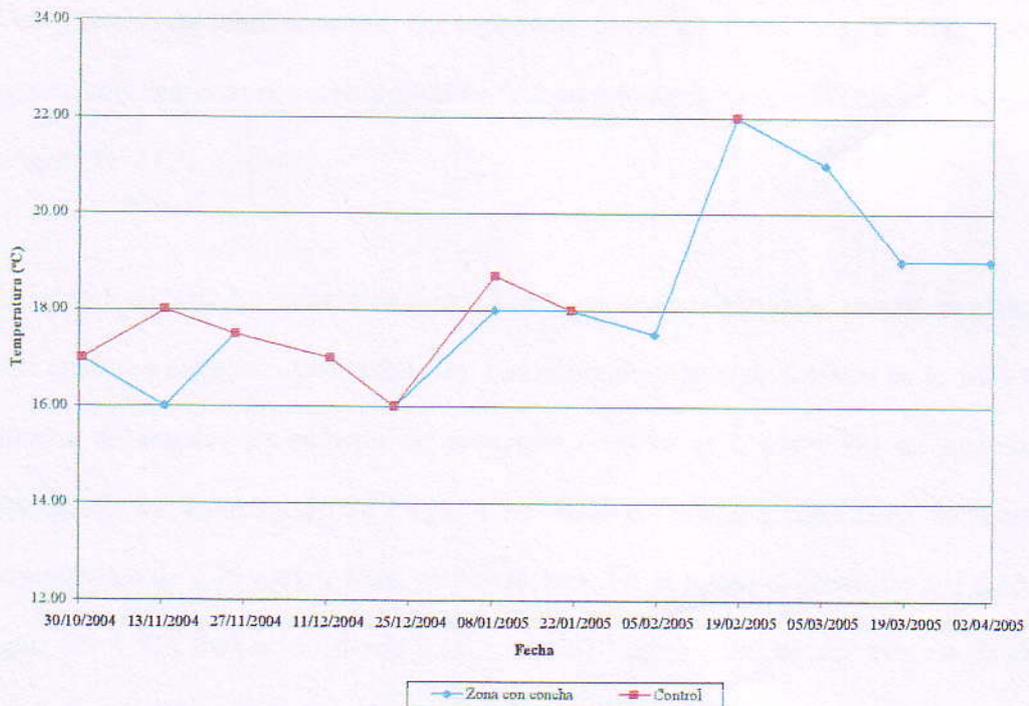


Figura 13. Variación de la temperatura (° C) en fondo en la zona con concha de abanico y zona de control en Playa Atenas durante Octubre del 2004 a Abril del 2005

Tabla 3. Valores de visibilidad (m) registrados a diferentes profundidades en la zona con concha de abanico y zona de control en Playa Atenas durante Octubre del 2004 a Abril del 2005.

Fecha	Hora	Zona con concha de abanico	Zona de control
30.Oct.04	08:50	3.05	2.9
13.Nov.04	08:30	3.60	3.5
25.Nov.04	09:00	4.5	4.5
11.Dic.04	09:20	4.5	4.5
22.Dic.04	09:00	4.5	2.8
08.Ene.05	08:45	2.0	3.0
21.Ene.05	08:30	4.5	4.5
04.Feb.05	10:00	2.2	2.5
18.Feb.05	09:30	2.3	3.0
05.Mar.05	09:10	2.4	1.6
18.Mar.05	08:55	3.0	3.0
02.Abr.05	08:55	1.6	1.6
Promedio		3.18	3.12
ds		1.10	1.00

*Variación de los nutrientes a diferentes profundidades en la zona con concha de abanico y zona de control*

La tabla 4 muestra los valores de nitratos registrados en la zona con concha de abanico y el control a diferentes profundidades. Las concentraciones de nitratos en la zona con bivalvos presentaron un promedio de 1.22 ug/L ( $ds=0.50$ ) en superficie, mostrando una mínima de 0.1 ug/L a fines de Noviembre y una máxima de 1.8 ug/L a inicios de Diciembre. En el fondo el promedio fue de 1.15 ug/L ( $ds=0.64$ ) fluctuando desde 0.1 hasta 1.8 ug/L a inicios del mes de Noviembre y fines de Diciembre respectivamente (Figura 14). En contraste, el control presentó un promedio de 1.56 ug/L ( $ds=0.99$ ) en superficie mostrando dos mínimas de 0.6 ug/L a fines de Noviembre e inicios de Abril, y una máxima de 2.9 ug/L la primera quincena de Noviembre. En el fondo el promedio fue de 1.36 ug/L ( $ds=0.56$ ) con un valor mínimo de 0.4 ug/L a inicios de Abril y un valor máximo de 2.2 ug/L a mediados de Noviembre (Figura 15).

Los valores de nitratos, tanto en superficie como en fondo, de la zona control presentaron mayores concentraciones en comparación a la zona con concha de abanico (Figura 16 y 17).

La tabla 5 muestra los valores de fosfatos registrados en la zona con concha de abanico y el control a diferentes profundidades. Las concentraciones de fosfatos en la zona con concha de abanico presentaron un promedio de 0.95 ug/L ( $ds=0.79$ ) en superficie, mostrando dos mínimas de 0.19 ug/L a mediados de Marzo y comienzos de Abril, y una máxima de 2.75 ug/L a fines de Noviembre. En el fondo el promedio fue de 0.67 ug/L ( $ds=0.75$ ) fluctuando desde 0.18 hasta 2.75 ug/L a inicios del mes de Abril y mediados de Diciembre respectivamente (Figura 18). En contraste, el control presentó

un promedio de 0.62 ug/L (ds=0.31) en superficie mostrando una mínima de 0.19 ug/L a inicios de Abril, y una máxima de 1.23 ug/L a inicios de Diciembre. En el fondo el promedio fue de 0.76 ug/L (ds=0.27) con un valor mínimo de 0.18 ug/L a mediados de Marzo y un valor máximo de 1.15 ug/L a fines de Diciembre (Figura 19).

Los valores promedio de fosfatos en la zona con concha de abanico fueron mayores en superficie y menores en el fondo en comparación a la zona control (Figura 20 y 21).

Tabla 4. Valores de nitratos ( $\mu\text{g/L}$ ) registrados a diferentes profundidades en la zona con concha de abanico y zona control en Playa Atenas durante Octubre del 2004 a Abril del 2005.

Fecha	Hora	Zona con concha de abanico		Zona de control	
		Profundidad		Profundidad	
		1.5m	4.5m	1.5m	4.5m
30.Oct.04	08:50	1.7	1.5	-	-
13.Nov.04	08:30	1.5	1.7	2.9	2.2
25.Nov.04	09:00	0.1	0.1	0.6	0.8
11.Dic.04	09:20	1.8	0.6	0.7	2.1
22.Dic.04	09:00	1.6	1.8	2.2	1.0
08.Ene.05	08:45	-	-	-	-
21.Ene.05	08:30	1.1	0.4	2.8	1.4
04.Feb.05	10:00	1.3	1.1	1.1	1.3
18.Feb.05	09:30	1.4	1.4	0.9	1.2
05.Mar.05	09:10	1.2	1.8	2.8	1.4
18.Mar.05	08:55	1.1	1.7	1.0	1.8
02.Abr.05	08:55	0.6	0.5	0.6	0.4
Promedio		1.22	1.15	1.56	1.36
ds		0.50	0.64	0.99	0.56

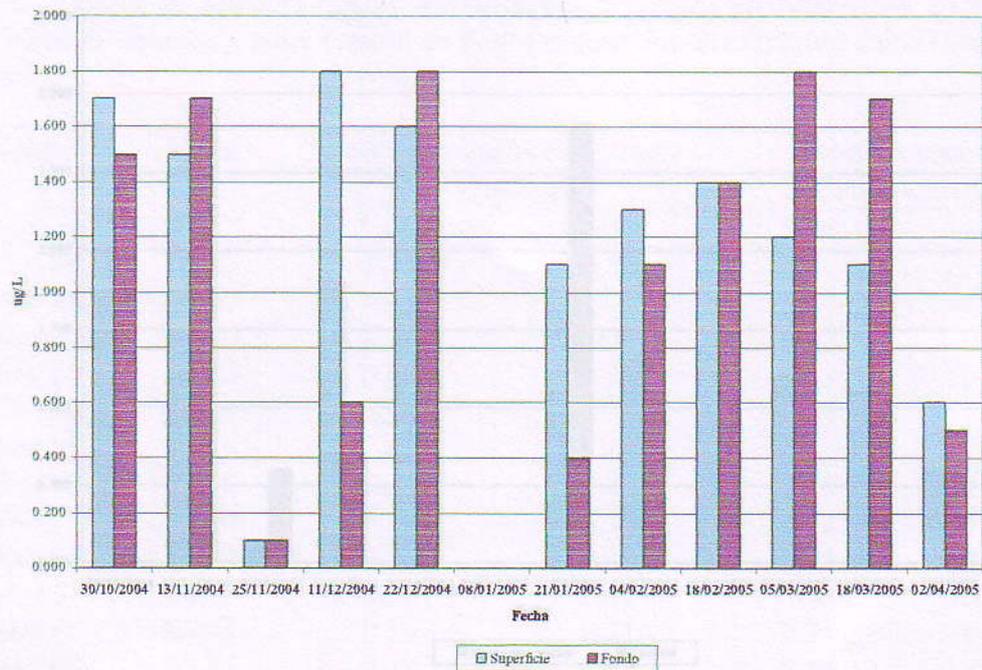


Figura 14. Variación de nitratos ( $\mu\text{g/L}$ ) a diferentes profundidades en la zona con concha de abanico en Playa Atenas durante Octubre del 2004 a Abril del 2005

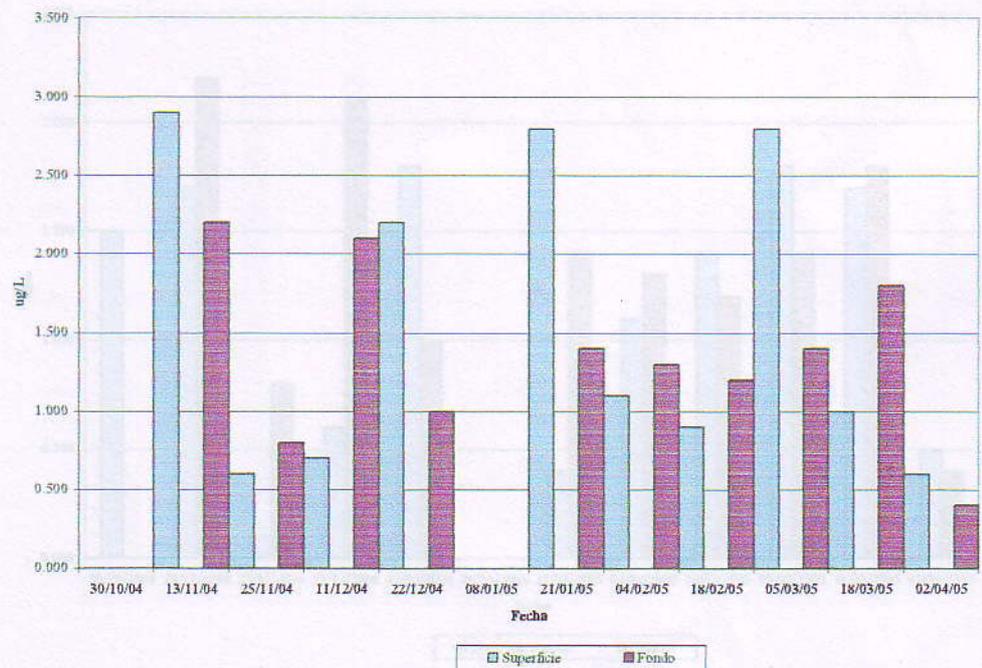


Figura 15. Variación de nitratos ( $\mu\text{g/L}$ ) a diferentes profundidades en la zona de control en Playa Atenas durante Octubre del 2004 a Abril del 2005

Tabla 5. Valores de fosfatos ( $\mu\text{g/L}$ ) obtenidos a diferentes profundidades en la zona con concha de abanico y zona control en Playa Atenas durante Octubre del 2004 y Abril del 2005

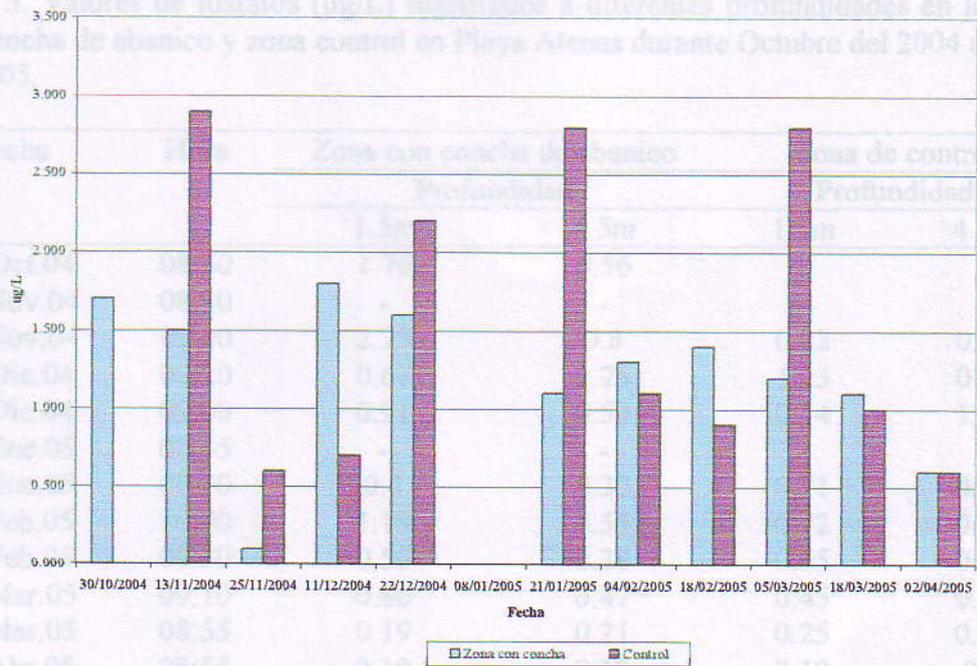


Figura 16. Variación de nitratos ( $\mu\text{g/L}$ ) en superficie en la zona con concha de abanico y la zona de control en Playa Atenas durante Octubre del 2004 a Abril del 2005

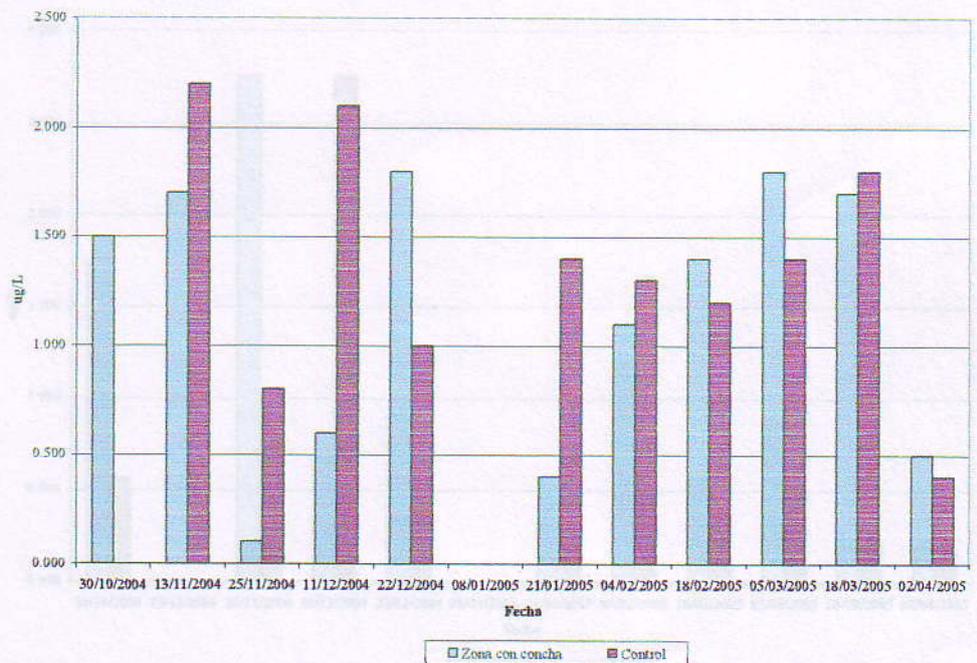


Figura 17. Variación de nitratos( $\mu\text{g/L}$ ) en fondo en la zona con concha de abanico y la zona de control en Playa Atenas durante Octubre del 2004 a Abril del 2005

Tabla 5. Valores de fosfatos ( $\mu\text{g/L}$ ) registrados a diferentes profundidades en la zona con concha de abanico y zona control en Playa Atenas durante Octubre del 2004 a Abril del 2005.

Fecha	Hora	Zona con concha de abanico		Zona de control	
		Profundidad		Profundidad	
		1.5m	4.5m	1.5m	4.5m
30.Oct.04	08:50	1.76	0.56	-	-
13.Nov.04	08:30	-	-	-	-
25.Nov.04	09:00	2.75	0.8	0.82	0.67
11.Dic.04	09:20	0.67	2.75	1.23	0.97
22.Dic.04	09:00	0.91	0.56	0.54	1.15
08.Ene.05	08:45	-	-	-	-
21.Ene.05	08:30	0.4	0.32	0.71	0.68
04.Feb.05	10:00	1.19	0.51	0.72	0.72
18.Feb.05	09:30	0.56	0.38	0.65	0.81
05.Mar.05	09:10	0.86	0.47	0.45	0.77
18.Mar.05	08:55	0.19	0.21	0.25	0.18
02.Abr.05	08:55	0.19	0.18	0.19	0.9
Promedio		0.95	0.67	0.62	0.76
ds		0.79	0.75	0.31	0.27

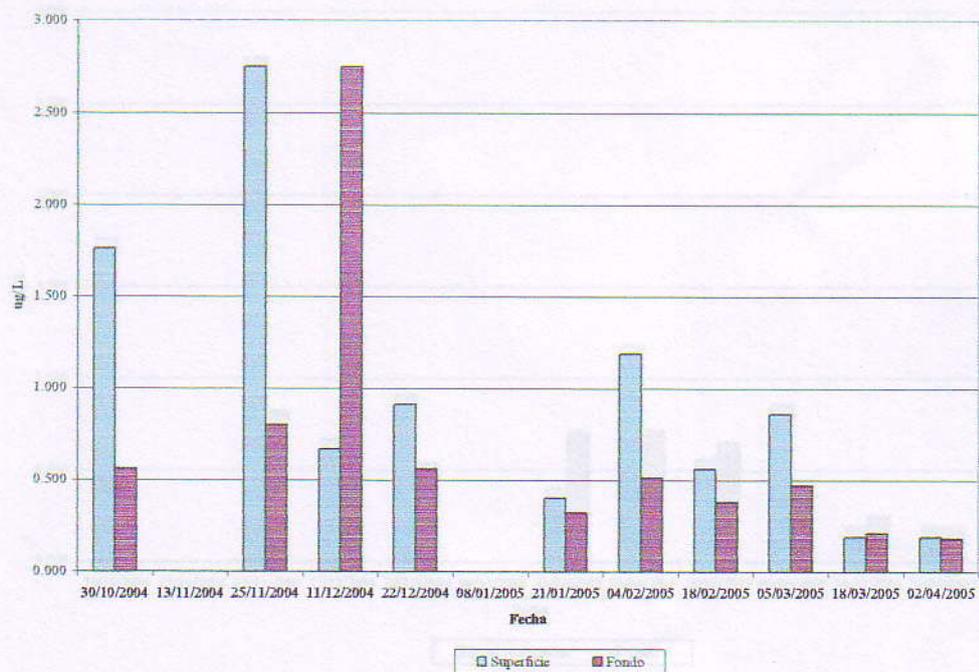


Figura 18. Variación de fosfatos ( $\mu\text{g/L}$ ) a diferentes profundidades en la zona con concha de abanico en Playa Atenas durante Octubre del 2004 a Abril del 2005

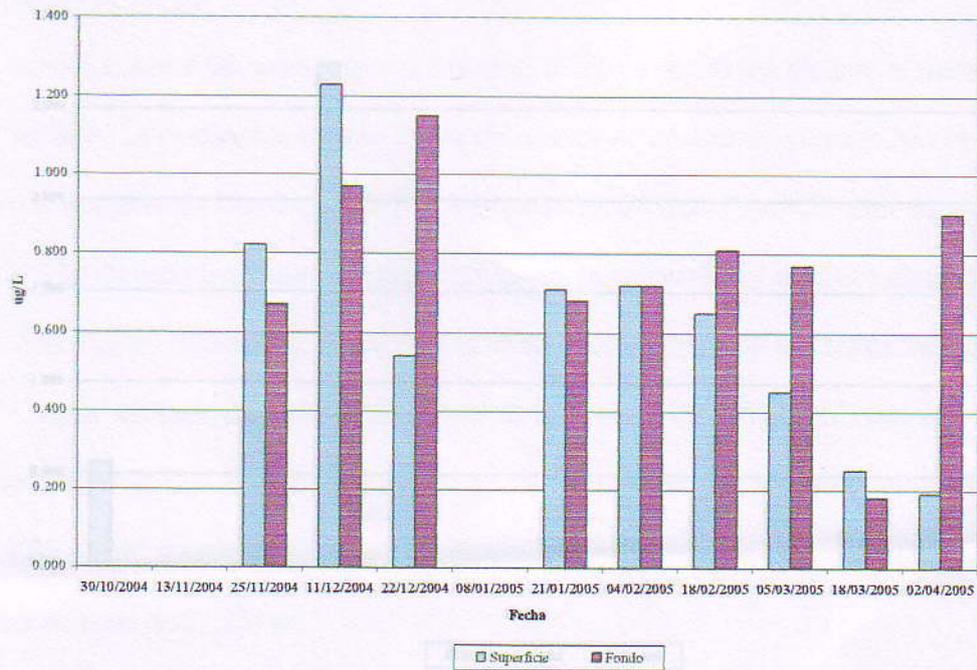


Figura 19. Variación de fosfatos ( $\mu\text{g/L}$ ) a diferentes profundidades en la zona de control en Playa Atenas durante Octubre del 2004 a Abril del 2005

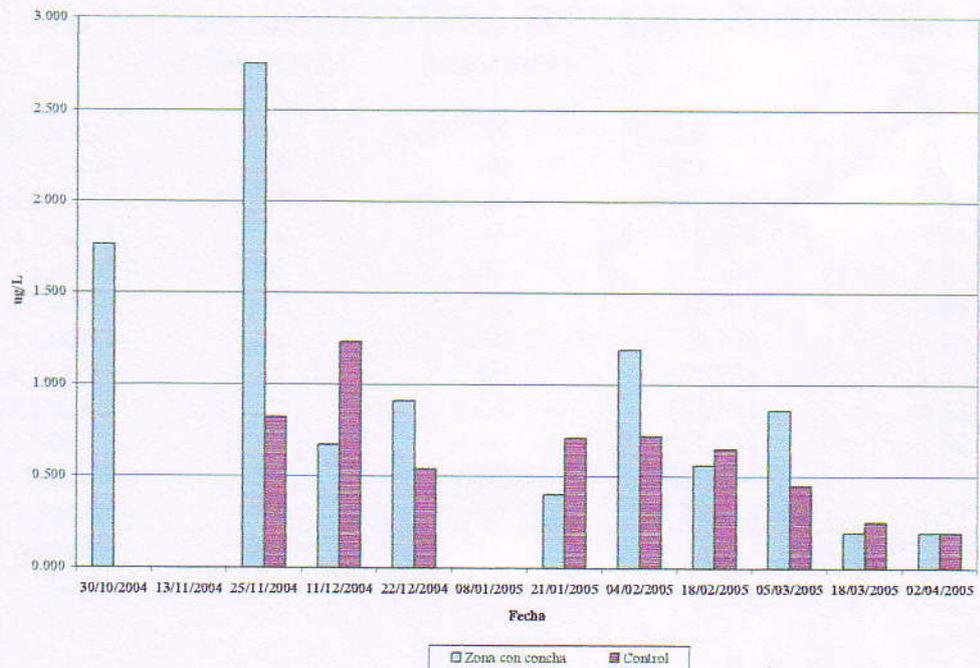


Figura 20. Variación de fosfatos ( $\mu\text{g/L}$ ) en superficie en la zona con concha de abanico y la zona de control en Playa Atenas durante Octubre del 2004 a Abril del 2005

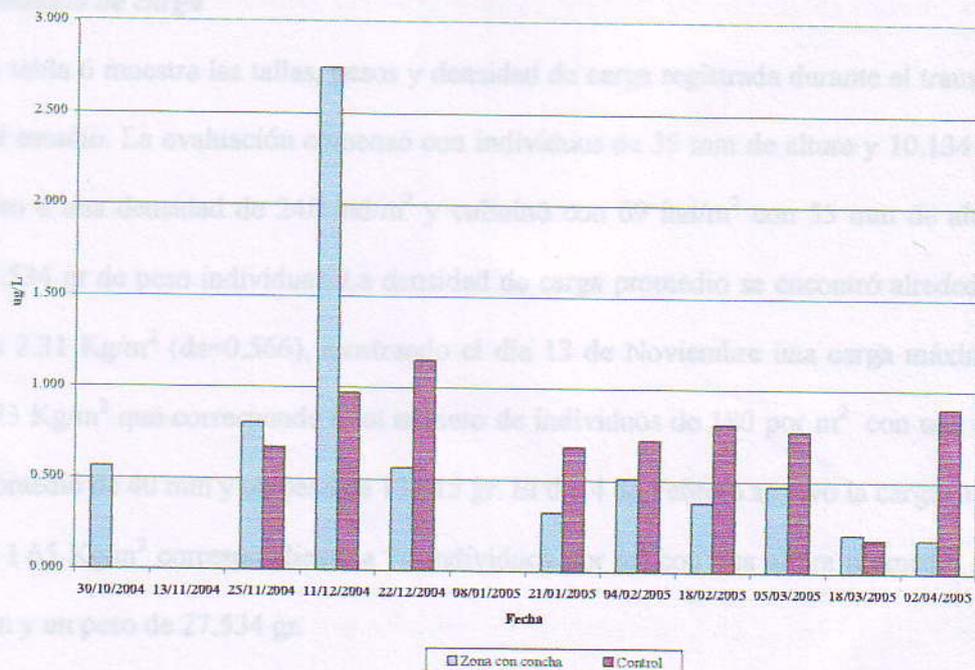


Figura 21. Variación de fosfatos ( $\mu\text{g/L}$ ) en fondo en la zona con concha de abanico y la zona de control en Playa Atenas durante Octubre del 2004 a Abril del 2005

Fecha	Densidad de individuos ( $\text{ind}/\text{m}^2$ )	Moda de Altura (mm)	Peso individual (g)	Densidad de Carga ( $\text{Kg}/\text{m}^2$ )
30/Oct/04	218	35	10.134	2.4
13/Nov/04	180	40	13.615	3.73
25/Nov/04	168	40	13.615	2.38
11/Dic/04	102	43	15.976	1.35
22/Dic/04	34	45	17.666	1.81
08/Ene/05	122	50	22.302	2.89
21/Ene/05	90	50	22.302	2.13
04/Feb/05	74	55	27.534	1.65
18/Feb/05	87	55	27.534	2.32
05/Mar/05	88	55	27.534	2.30
18/Mar/05	80	55	27.534	2.11
02/Abr/05	69	55	27.534	1.67
Promedio				2.31
ds				0.57

### *Densidad de carga*

La tabla 6 muestra las tallas, pesos y densidad de carga registrada durante el transcurso del estudio. La evaluación comenzó con individuos de 35 mm de altura y 10.134 gr de peso a una densidad de 248 ind/m<sup>2</sup> y culminó con 69 ind/m<sup>2</sup> con 55 mm de altura y 27.534 gr de peso individual. La densidad de carga promedio se encontró alrededor de los 2.31 Kg/m<sup>2</sup> (ds=0.566), mostrando el día 13 de Noviembre una carga máxima de 3.73 Kg/m<sup>2</sup> que corresponde a un número de individuos de 180 por m<sup>2</sup> con una altura promedio de 40 mm y un peso de 13.615 gr. El día 4 de Febrero se tuvo la carga mínima de 1.65 Kg/m<sup>2</sup> correspondiente a 74 individuos por m<sup>2</sup> con una altura promedio de 55 mm y un peso de 27.534 gr.

Tabla 6. Densidad de carga de concha de abanico en Playa Atenas durante Octubre del 2004 a Abril del 2005.

Fecha	Densidad de individuos (ind/m <sup>2</sup> )	Moda de Altura (mm)	Peso individual (gr)	Densidad de Carga (Kg/m <sup>2</sup> )
30.Oct.04	248	35	10.134	2.4
13.Nov.04	180	40	13.615	3.73
25.Nov.04	108	40	13.615	2.38
11.Dic.04	102	43	15.976	2.35
22.Dic.04	84	45	17.666	1.81
08.Ene.05	122	50	22.302	2.89
21.Ene.05	90	50	22.302	2.15
04.Feb.05	74	55	27.534	1.65
18.Feb.05	87	55	27.534	2.32
05.Mar.05	88	55	27.534	2.30
18.Mar.05	80	55	27.534	2.11
02.Abr.05	69	55	27.534	1.67
Promedio				2.31
ds				0.57

*Análisis de la productividad primaria neta en la zona con concha de abanico y zona de control*

En la tabla 7 se presentan los valores de productividad primaria neta a diferentes profundidades en la zona con concha de abanico y el control. En la zona con bivalvos, los valores de superficie estuvieron en el rango de 4.69 a 212.26 mg C/m<sup>3</sup>/hr, presentando la mínima a inicios de Febrero y la máxima a fines de Diciembre, mientras que en el fondo los valores se hallaron en un rango de 0.0 a 109.12 mg C/m<sup>3</sup>/hr mostrando la mínima a inicios de Marzo y la máxima a inicios de Enero.

El control presentó valores superficiales en un rango de 2.25 a 183.61 mg C/m<sup>3</sup>/hr, mostrando la mínima en Abril y la máxima en Diciembre. En el fondo los valores se ubicaron dentro de un intervalo de 0.0 a 147.52 mg C/m<sup>3</sup>/hr, mostrando una máxima en Enero y dos mínimas: una en Febrero y otra en Abril.

En la zona con concha de abanico los valores de productividad primaria neta en superficie fueron aumentando marcadamente desde el inicio de la evaluación en el mes de Octubre, con 47.60 mg C/m<sup>3</sup>/hr (ds=9.01) hasta finales de Diciembre donde alcanzó su valor máximo correspondiente a 212.26 mg C/m<sup>3</sup>/hr (ds=31.24) y descendió bruscamente a mediados de verano para luego recuperarse levemente con valores alrededor de 100 mg C/m<sup>3</sup>/hr. En el fondo se observó un comportamiento similar pero más irregular, con valores que se mantuvieron dentro del rango 10.69 a 105.06 mg C/m<sup>3</sup>/hr, sin presentar picos pero sí una mínima de 0.00 mg C/m<sup>3</sup>/hr al inicio de Marzo (Figura 22). Por el contrario, en el control los valores de productividad en superficie fueron aumentando gradual y paulatinamente desde Octubre, con 39.77 mg

C/ m<sup>3</sup>/hr (ds = 46.43), hasta fines de Diciembre donde presentó una máxima de 183.61 mg C/ m<sup>3</sup>/hr (ds = 13.70) y comenzó a descender nuevamente manteniendo niveles próximos a 50 mg C/ m<sup>3</sup>/hr hacia fines de verano. En el fondo la productividad fue muy parecida y presentó la misma tendencia, aumentando hacia fines de Diciembre donde se observó un alto valor de 147.52 mg C/ m<sup>3</sup>/hr (ds = 29.44) y descendiendo hacia fines de verano mostrando una inclinación a mantenerse a niveles alrededor de 20 mg C/ m<sup>3</sup>/hr en los meses posteriores, (Figura 23).

Tabla 7. Valores promedio de la Productividad Primaria Neta (mg C/m<sup>3</sup>/hr) a diferentes profundidades en la zona con concha de abanico y zona de control en Playa Atenas durante Octubre del 2004 a Abril del 2005.

Fecha	Hora	Zona con concha de abanico		Zona de control	
		Profundidad		Profundidad	
		1.5m	4.5m	1.5m	4.5m
30.Oct.04	08:50	47.60 (9.01)	58.82 (52.57)	39.77 (46.43)	36.22 (41.98)
13.Nov.04	08:30	33.75 (9.19)	31.37 (14.62)	42.75 (6.62)	22.72 (8.38)
25.Nov.04	09:00	101.70 (4.28)	45.90 (5.60)	57.60 (6.06)	48.60 (18.82)
11.Dic.04	09:20	97.75 (3.08)	105.06 (2.40)	87.21 (100.74)	10.79 (13.02)
22.Dic.04	09:00	212.26 (31.24)	18.57 (16.66)	183.61 (13.70)	147.52 (29.44)
08.Ene.05	08:45	122.00 (35.67)	109.12 (2.49)	88.70 (9.01)	59.50 (13.04)
21.Ene.05	08:30	141.75 (7.57)	18.48 (1.26)	28.82 (9.23)	46.51 (21.81)
04.Feb.05	10:00	4.69 (5.41)	33.98 (9.08)	41.02 (25.71)	0.00 (0.0)
18.Feb.05	09:30	58.41 (24.03)	61.88 (1.30)	58.41 (11.31)	21.38 (6.50)
05.Mar.05	09:10	10.55 (4.88)	0.00 (0.0)	44.00 (33.51)	16.50 (14.27)
18.Mar.05	08:55	102.38 (19.31)	33.18 (9.58)	72.48 (8.0)	24.88 (18.31)
02.Abr.05	08:55	40.50 (46.77)	10.69 (12.38)	2.25 (2.60)	0.00 (0.0)

( ) Desviación estándar

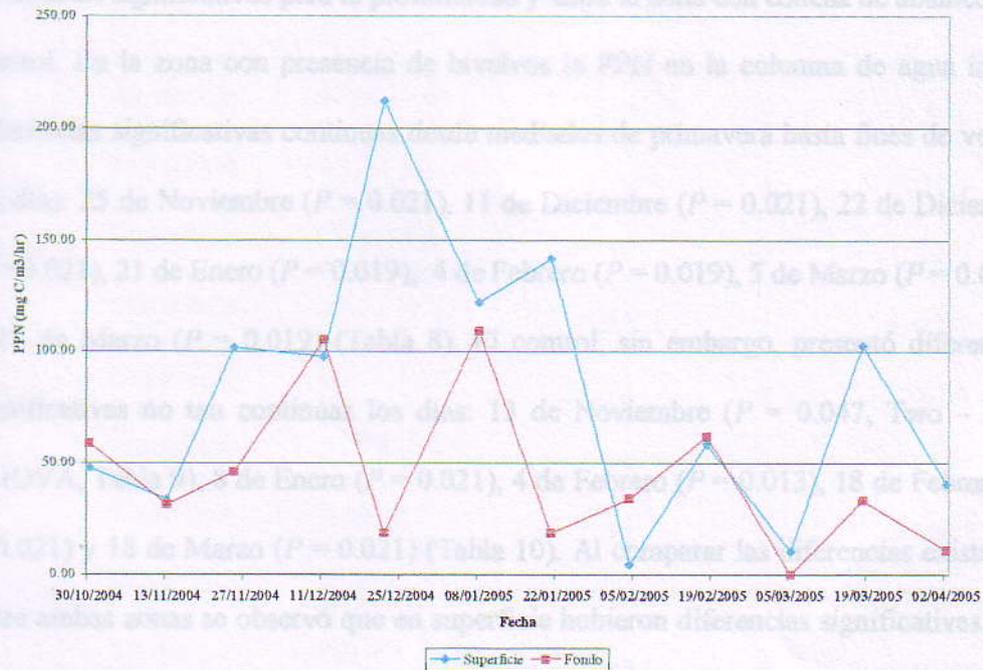


Figura 22. Variación de la Productividad Primaria Neta ( $\text{mg C/ m}^3/\text{hr}$ ) a diferentes profundidades en la zona con concha de abanico en Playa Atenas durante Octubre del 2004 a Abril del 2005

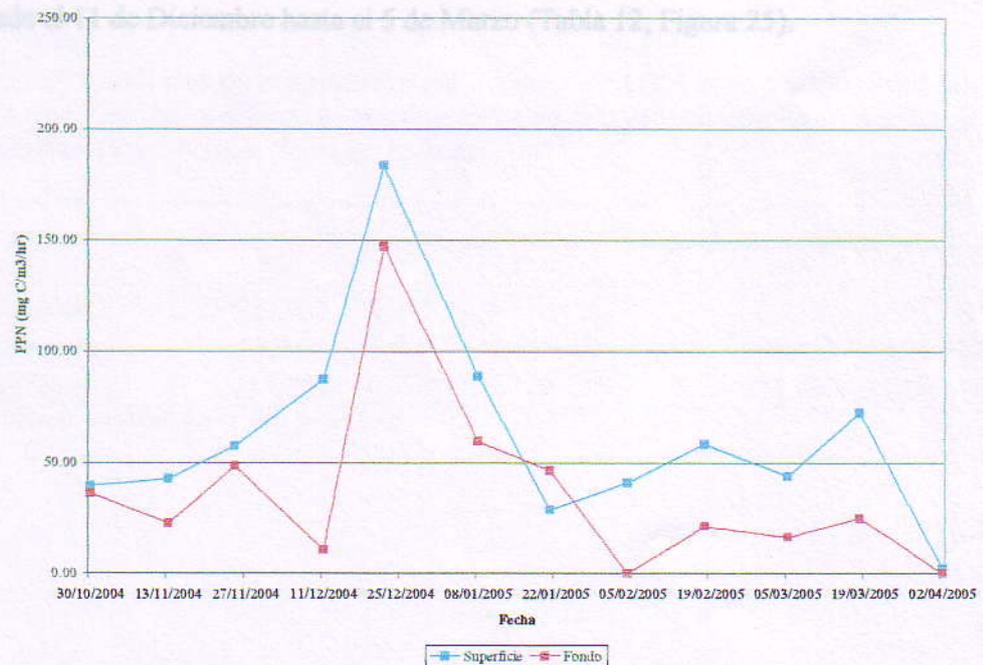


Figura 23. Variación de la Productividad Primaria Neta ( $\text{mg C/ m}^3/\text{hr}$ ) a diferentes profundidades en la zona de control en Playa Atenas durante Octubre del 2004 a Abril del 2005

El test de Kruskal – Wallis aplicado a los datos de productividad primaria neta muestra diferencias significativas para la profundidad y entre la zona con concha de abanico y el control. En la zona con presencia de bivalvos la PPN en la columna de agua indicó diferencias significativas continuas desde mediados de primavera hasta fines de verano los días: 25 de Noviembre ( $P = 0.021$ ), 11 de Diciembre ( $P = 0.021$ ), 22 de Diciembre ( $P = 0.021$ ), 21 de Enero ( $P = 0.019$ ), 4 de Febrero ( $P = 0.019$ ), 5 de Marzo ( $P = 0.014$ ), y 18 de Marzo ( $P = 0.019$ ) (Tabla 8). El control, sin embargo, presentó diferencias significativas no tan continuas los días: 13 de Noviembre ( $P = 0.047$ , Two – Way ANOVA, Tabla 9), 8 de Enero ( $P = 0.021$ ), 4 de Febrero ( $P = 0.013$ ), 18 de Febrero ( $P = 0.021$ ) y 18 de Marzo ( $P = 0.021$ ) (Tabla 10). Al comparar las diferencias existentes entre ambas zonas se observó que en superficie hubieron diferencias significativas sólo en cuatro ocasiones: 25 de Noviembre ( $P = 0.021$ ), 21 de Enero ( $P = 0.021$ ), 4 de Febrero ( $P = 0.018$ ) y 18 de Marzo ( $P = 0.043$ ) (Tabla 11, Figura 23), mientras que la comparación entre fondo presentó una diferencia significativa continua e ininterrumpida desde el 11 de Diciembre hasta el 5 de Marzo (Tabla 12, Figura 25).

Tabla 8. Resultados de la aplicación del test de Kruskal-Wallis para productividad primaria ( $\text{mg C/m}^3/\text{hr}$ ) neta a diferentes profundidades en la zona con concha de abanico en Playa Atenas, Bahía de Paracas.

Fecha	Profundidad	Mediana	Chi - Cuadrado	G.L.	Significancia ( $p$ )
30 Oct	Superficie	47.60 (4.0)	0.33	1	0.564
	Fondo	53.68 (5.0)			
25 Nov	Superficie	101.70 (6.5)	5.33	1	0.021*
	Fondo	45.90 (2.5)			
11 Dic	Superficie	97.75 (2.5)	5.33	1	0.021*
	Fondo	105.06 (6.5)			
22 Dic	Superficie	212.27 (6.5)	5.33	1	0.021*
	Fondo	16.98 (2.5)			
08 En	Superficie	122.0 (5.0)	0.33	1	0.564
	Fondo	109.1 (4.0)			
21 En	Superficie	141.75 (6.5)	5.46	1	0.019*
	Fondo	18.48 (2.5)			
04 Feb	Superficie	4.69 (2.5)	5.46	1	0.019*
	Fondo	33.985 (6.5)			
18 Feb	Superficie	58.42 (4.5)	0.0	1	1.0
	Fondo	61.88 (4.5)			
05 Mar	Superficie	1.06E+01 (6.5)	6.05	1	0.014*
	Fondo	0.00E+00 (2.5)			
18 Mar	Superficie	102.37 (6.5)	5.46	1	0.019*
	Fondo	33.17 (2.5)			
02 Abr	Superficie	40.50 (5.0)	0.38	1	0.536
	Fondo	10.12 (4.0)			

\* Diferencia significativa a un nivel de  $\alpha = 0.05$

Tabla 9. Resultados de la aplicación del 2 Way - ANOVA para productividad primaria neta ( $\text{mg C/m}^3/\text{hr}$ ) a diferentes profundidades en la zona con concha de abanico y zona control en Playa Atenas, Bahía de Paracas.

Fuente	30-Oct				13-Nov			
	GL	MS	F	P	GL	MS	F	P
Ubicación	1	925.833	0.548	0.473	1	0.119	0.001	0.973
Profundidad	1	58.944	0.035	0.855	1	502.432	4.875	0.047*
Ubic*Prof	1	218.227	0.129	0.726	1	311.699	3.024	0.108

\* Diferencia significativa a un nivel de  $\alpha = 0.05$

Tabla 10. Resultados de la aplicación del test de Kruskal-Wallis para productividad primaria neta ( $\text{mg C/m}^3/\text{hr}$ ) a diferentes profundidades en la zona de control en Playa Atenas, Bahía de Paracas.

Fecha	Profundidad	Mediana	Chi - Cuadrado	G.L.	Significancia ( $p$ )
30 Oct	Superficie	35.58 (4.7)	0.09	1	0.758
	Fondo	34.03 (4.2)			
25 Nov	Superficie	57.60 (4.7)	0.08	1	0.773
	Fondo	48.60 (4.2)			
11 Dic	Superficie	85.465 (5.0)	0.38	1	0.538
	Fondo	8.475 (4.0)			
22 Dic	Superficie	183.6 (5.9)	2.55	1	0.110
	Fondo	147.5 (3.1)			
08 En	Superficie	88.71 (6.5)	5.33	1	0.021*
	Fondo	59.50 (2.5)			
21 En	Superficie	28.82 (3.5)	1.33	1	0.248
	Fondo	46.52 (5.5)			
04 Feb	Superficie	4.10E+01 (6.5)	6.22	1	0.013*
	Fondo	0.00E+00 (2.5)			
18 Feb	Superficie	58.41 (6.5)	5.33	1	0.021*
	Fondo	21.37 (2.5)			
05 Mar	Superficie	44.0 (5.5)	1.33	1	0.248
	Fondo	16.0 (3.5)			
18 Mar	Superficie	72.47 (6.5)	5.33	1	0.021*
	Fondo	24.88 (2.5)			
02 Abr	Superficie	2.25E+00 (5.5)	2.33	1	0.127
	Fondo	0.00E+00 (3.5)			

\* Diferencia significativa a un nivel de  $\alpha = 0.05$

Tabla 11. Resultados de la aplicación del test de Kruskal-Wallis para productividad primaria neta ( $\text{mg C/m}^3/\text{hr}$ ) en superficie en la zona con concha de abanico y zona de control en Playa Atenas, Bahía de Paracas.

Fecha	Ubicación	Mediana	Chi - Cuadrado	G.L.	Significancia ( $p$ )
30 Oct	Zona Control	35.58 (4.5)	0.0	1	1.0
	Zona con Concha	47.60 (4.5)			
25 Nov	Zona Control	57.60 (2.5)	5.33	1	0.021*
	Zona con Concha	101.70 (6.5)			
11 Dic	Zona Control	85.46 (4.5)	0.0	1	1.0
	Zona con Concha	97.75 (4.5)			
22 Dic	Zona Control	183.6 (3.5)	1.33	1	0.248
	Zona con Concha	212.3 (5.5)			
08 En	Zona Control	88.71 (3.2)	2.08	1	0.149
	Zona con Concha	122.0 (5.7)			
21 En	Zona Control	28.82 (2.5)	5.33	1	0.021*
	Zona con Concha	141.75 (6.5)			
04 Feb	Zona Control	41.015 (6.5)	5.60	1	0.018*
	Zona con Concha	4.690 (2.5)			
18 Feb	Zona Control	58.41 (4.5)	0.0	1	1.0
	Zona con Concha	58.42 (4.5)			
05 Mar	Zona Control	44.0 (6.0)	3.0	1	0.083
	Zona con Concha	10.55 (3.0)			
18 Mar	Zona Control	72.47 (2.7)	4.08	1	0.043*
	Zona con Concha	102.37 (6.2)			
02 Abr	Zona Control	2.250 (4.0)	0.39	1	0.533
	Zona con Concha	40.50 (5.0)			

\* Diferencia significativa a un nivel de  $\alpha = 0.05$

Tabla 13. Resultados de la aplicación del test de Kruskal-Wallis para productividad primaria neta ( $\text{mg C/m}^3/\text{hr}$ ) en fondo en la zona con concha de abanico y zona de control en Playa Atenas, Bahía de Paracas.

Fecha	Ubicación	Mediana	Chi - Cuadrado	G.L.	Significancia ( <i>p</i> )
30 Oct	Zona Control	34.03 (4.2)	0.09	1	0.767
	Zona con Concha	53.68 (4.7)			
25 Nov	Zona Control	48.60 (4.5)	0.0	1	1.0
	Zona con Concha	45.90 (4.5)			
11 Dic	Zona Control	8.475 (2.5)	5.40	1	0.020*
	Zona con Concha	105.060 (6.5)			
22 Dic	Zona Control	147.52 (6.5)	5.33	1	0.021*
	Zona con Concha	16.98 (2.5)			
08 En	Zona Control	59.50 (2.5)	5.33	1	0.021*
	Zona con Concha	109.12 (6.5)			
21 En	Zona Control	46.52 (6.5)	5.46	1	0.019*
	Zona con Concha	18.48 (2.5)			
04 Feb	Zona Control	0.00E+00 (2.5)	6.05	1	0.014*
	Zona con Concha	3.40E+01 (6.5)			
18 Feb	Zona Control	21.37 (2.5)	5.46	1	0.019*
	Zona con Concha	61.88 (6.5)			
05 Mar	Zona Control	1.60E+01 (6.0)	3.94	1	0.047*
	Zona con Concha	0.00E+00 (3.0)			
18 Mar	Zona Control	24.88 (4.0)	0.34	1	0.559
	Zona con Concha	33.17 (5.0)			
02 Abr	Zona Control	0.00E+00 (3.5)	2.29	1	0.131
	Zona con Concha	1.01E+01 (5.5)			

\* Diferencia significativa a un nivel de  $\alpha = 0.05$

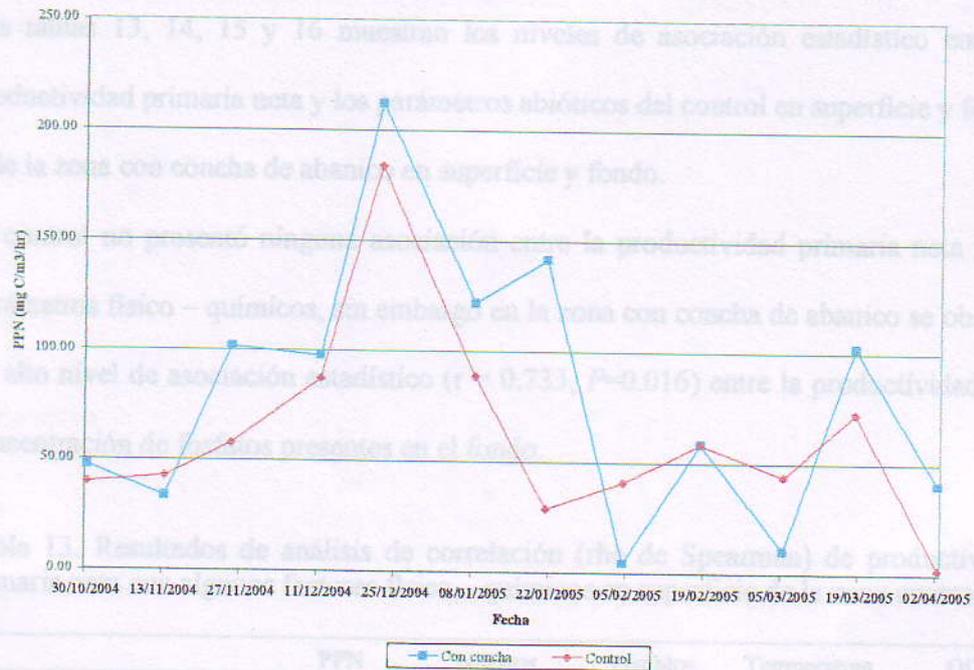


Figura 24. Variación de la Productividad Primaria Neta ( $\text{mg C/m}^3/\text{hr}$ ) en superficie en la zona con concha de abanico y la zona de control en Playa Atenas durante Octubre del 2004 a Abril del 2005

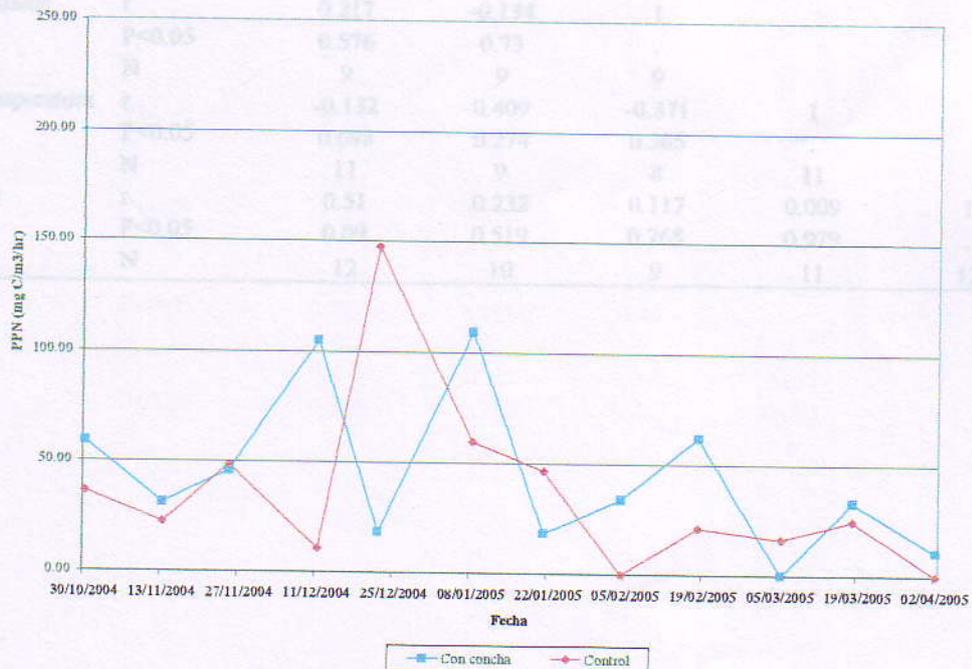


Figura 25. Variación de la Productividad Primaria Neta ( $\text{mg C/ m}^3/\text{hr}$ ) en fondo en la zona con concha de abanico y la zona de control en Playa Atenas durante Octubre del 2004 a Abril del 2005

***Relación entre la productividad primaria neta y los parámetros abióticos***

Las tablas 13, 14, 15 y 16 muestran los niveles de asociación estadístico entre la productividad primaria neta y los parámetros abióticos del control en superficie y fondo; y de la zona con concha de abanico en superficie y fondo.

El control no presentó ninguna asociación entre la productividad primaria neta y los parámetros físico – químicos, sin embargo en la zona con concha de abanico se observó un alto nivel de asociación estadístico ( $r = 0.733$ ,  $P=0.016$ ) entre la productividad y la concentración de fosfatos presentes en el fondo.

Tabla 13. Resultados de análisis de correlación (rho de Spearman) de productividad primaria neta con algunos factores físico – químicos en superficie de la zona control.

		PPN	Nitratos	Fosfatos	Temperatura	OD
PPN	r	1				
	P<0.05	.				
	N	12				
Nitratos	r	-0.116	1			
	P<0.05	0.75	.			
	N	10	10			
Fosfatos	r	0.217	-0.134	1		
	P<0.05	0.576	0.73	.		
	N	9	9	9		
Temperatura	r	-0.132	0.409	-0.371	1	
	P<0.05	0.698	0.274	0.365	.	
	N	11	9	8	11	
OD	r	0.51	0.232	0.117	0.009	1
	P<0.05	0.09	0.519	0.765	0.979	.
	N	12	10	9	11	12

Tabla 14. Resultados de análisis de correlación (coeficiente de Pearson) de productividad primaria neta con algunos factores físico – químicos en fondo de la zona de control.

		PPN	Nitratos	Fosfatos	Temperatura	OD
PPN	r	1				
	P<0.05	.				
	N	10				
Nitratos	r	-0.656	1			
	P<0.05	0.078	.			
	N	8	10			
Fosfatos	r	0.261	-0.306	1		
	P<0.05	0.571	0.423	.		
	N	7	9	9		
Temperatura	r	-0.355	-0.071	-0.421	1	
	P<0.05	0.388	0.893	0.48	.	
	N	8	6	5	8	
OD	r	0.471	-0.129	0.392	-0.17	1
	P<0.05	0.169	0.722	0.297	0.687	.
	N	10	10	9	8	12

Tabla 15. Resultados de análisis de correlación (coeficiente de Pearson) de productividad primaria neta con algunos factores físico – químicos en superficie de zona con concha de abanico.

		PPN	Nitratos	Fosfatos	Temperatura	OD
PPN	r	1				
	P<0.05	.				
	N	10				
Nitratos	r	-0.656	1			
	P<0.05	0.078	.			
	N	8	10			
Fosfatos	r	0.261	-0.306	1		
	P<0.05	0.571	0.423	.		
	N	7	9	9		
Temperatura	r	-0.355	-0.071	-0.421	1	
	P<0.05	0.388	0.893	0.48	.	
	N	8	6	5	8	
OD	r	0.471	-0.129	0.392	-0.17	1
	P<0.05	0.169	0.722	0.297	0.687	.
	N	10	10	9	8	12

Tabla 16: Resultados de análisis de correlación (coeficiente de Pearson) de productividad primaria neta con algunos factores físico – químicos en fondo de la zona con concha de abanico

		PPN	Nitratos	Fosfatos	Temperatura	OD	Carga
PPN	r	1					
	P<0.05	.					
	N	12					
Nitratos	r	-0.231	1				
	P<0.05	0.495	.				
	N	11	11				
Fosfatos	r	.733(*)	-0.212	1			
	P<0.05	0.016	0.556	.			
	N	10	10	10			
Temperatura	r	-0.143	0.099	-0.419	1		
	P<0.05	0.658	0.772	0.229	.		
	N	12	11	10	12		
OD	r	0.059	0.446	0.102	0.105	1	
	P<0.05	0.855	0.169	0.779	0.746	.	
	N	12	11	10	12	12	
Carga	r	0.394	0.213	0.433	-0.159	0.113	1
	P<0.05	0.205	0.529	0.211	0.621	0.727	.
	N	12	11	10	12	12	12

\*\* Correlación es significativa a un nivel de 0.01 (2-tailed).

La tabla 17 presenta los resultados obtenidos en el análisis de correlación en la columna de agua de la zona con concha de abanico y el control, observándose que la productividad tiene una relación inversa con la profundidad ( $r = -0.334$ ,  $P = 0.02$ ) y una relación directa con la concentración de oxígeno disuelto ( $r = 0.437$ ,  $P = 0.002$ ).

Tabla 17. Resultados de análisis de correlación (rho de Spearman) de productividad primaria neta con algunos factores físico – químicos en superficie y fondo en la zona con concha de abanico y la zona control

		PPN	Zona	Profundidad	Nitratos	Fosfatos	Temperatura	OD	Carga
PPN	r	1							
	P<0.05	.							
	N	48							
Zona	r	0.122	1						
	P<0.05	0.409	.						
	N	48	48						
Profundidad	r	-0.334(*)	0	1					
	P<0.05	0.02	1	.					
	N	48	48	48					
Nitratos	r	-0.076	-0.104	-0.026	1				
	P<0.05	0.631	0.51	0.872	.				
	N	42	42	42	42				
Fosfatos	r	0.123	-0.115	-0.062	-0.098	1			
	P<0.05	0.462	0.49	0.71	0.557	.			
	N	38	38	38	38	38			
Temperatura	r	-0.204	-0.019	-0.127	-0.016	-0.451(**)	1		
	P<0.05	0.189	0.903	0.417	0.926	0.008	.		
	N	43	43	43	37	33	43		
OD	r	.437(**)	0.101	-0.307(*)	.320(*)	0.199	-0.056	1	
	P<0.05	0.002	0.496	0.034	0.039	0.232	0.723	.	
	N	48	48	48	42	38	43	48	
Carga	r	0.208	.926(**)	0	-0.053	0.026	-0.106	0.176	1
	P<0.05	0.155	0	1	0.737	0.876	0.499	0.232	.
	N	48	48	48	42	38	43	48	48

\* Correlación es significativa a un nivel de 0.05 (2-tailed).

\*\* Correlación es significativa a un nivel de 0.01 (2-tailed).

#### 4. DISCUSIONES

Según Newell (2004), es probable que algunos de los efectos que tienen los bivalvos sobre el ecosistema sean una función lineal de la densidad en que se encuentran y que ciertos efectos pueden ser positivos a densidades bajas y moderadas pero estos cambios benéficos pueden ser reducidos o perdidos a densidades extremadamente altas, como los cultivos superintensivos. En este estudio la densidad de carga se mantuvo relativamente baja ( $2.31 \text{ Kg/m}^2$ ,  $ds = 0.566$ ), sin embargo se pudieron notar diferencias de la zona evaluada con el control y el papel que cumple la concha de abanico en playa Atenas y probablemente en toda la Bahía de Paracas.

La productividad observada en superficie fue mayor que en el fondo, tanto para la zona con concha como en el control, encontrándose diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) y una relación inversa y significativa con la profundidad ( $r = -0.334$ ,  $P = 0.02$ ). Sin embargo, la productividad del fondo de la zona con bivalvos superó significativamente a la superficial en dos ocasiones: una a fines de primavera el 11 de Diciembre y otra en verano el 4 de Febrero. En la primera oportunidad se encontró en el fondo una concentración de fosfatos mucho mayores y en verano concentraciones un poco mas bajas. Posiblemente esto podría deberse a que la densidad de carga para el 11 de Diciembre fue superior con  $2.35 \text{ Kg/m}^2$  en comparación al 4 de Febrero que fue de  $1.65 \text{ Kg/m}^2$  pudiendo haber liberado y transferido al sedimento mayor fósforo no digerido en forma de heces (Newell 2004), así como también concentraciones de amonio que son

rápidamente utilizados por el fitoplancton (Peterson *et al.* 2004). En esta fecha también se observó que no hubo presencia de vientos, lo que podría señalar que los bivalvos consumen el fitoplancton presente en la columna de agua disminuyendo sus concentraciones en superficie y aumentándolas en el fondo debido a sus excreciones (Newell *et al.* 2004).

Por otro lado el acontecimiento de verano podría atribuirse a que en esta ocasión se presentó por primera vez una marea blanca la cual disminuyó la visibilidad y las concentraciones de oxígeno en la columna de agua, mostrando en el control una productividad baja en superficie y de “cero” en el fondo. En esta oportunidad tampoco hubo presencia de vientos, lo cual pudo haber permitido el descenso del fitoplancton como en la ocasión anterior. Según los resultados obtenidos por Ogilvie *et al.* (2003) con *Perna canaliculus*, los bivalvos filtradores controlan las concentraciones de fitoplancton aumentando su abundancia cuando hay niveles bajos debido a la excreción de nutrientes rápidamente utilizables por las microalgas y disminuyéndola cuando hay concentraciones altas debido a su alta tasa de filtración. Por lo tanto podría asumirse que la concha de abanico cumple el mismo patrón y consume el fitoplancton que se encuentra en la columna de agua (explicando la baja producción en superficie de la zona con concha comparado con el control) e incentivando la productividad en el fondo debido a sus excreciones, las cuales pueden llegar hasta un 70% de amonio (Navarro 2001) siendo las tasas más altas en verano (Newell 2004).

El 5 de Marzo se observó que la productividad en el medio fue baja en comparación con otros días por lo que se hubiera vuelto a esperar que los bivalvos jueguen el rol de

controladores incrementando la productividad alrededor de la zona de cultivo, sin embargo ocurrió lo contrario, encontrándose incluso que la productividad en el fondo llegó a niveles de cero. Este día a diferencia de otros, el cielo se encontró totalmente nublado durante todo el transcurso del día y no hubo presencia de vientos. Ya que uno de los factores que controlan la productividad primaria es la incidencia de luz (Guillén e Izaguirre 1968), podría suponerse que la carencia de este parámetro no haya permitido el incremento de producción sobre la cama de filtradores y contrariamente estos hayan consumido todo el fitoplancton presente en la columna de agua. Nuevamente se puede observar que la falta de vientos promueve el descenso del fitoplancton mientras es consumido por los bivalvos. Así mismo, este comportamiento indica que la productividad primaria además de estar regulada por la filtración y excreción de la concha de abanico puede estar limitada por la intensidad de incidencia de luz más que por los nutrientes de la zona.

El 2 de Abril se volvió a presenciar una marea blanca mostrando nuevamente hipoxia y poca visibilidad en la columna de agua, sin embargo aunque en esta oportunidad no hubieron diferencias significativas en la columna de agua ni con el control, se volvió a observar nuevamente que en esta última la productividad en el fondo fue de “cero” y en superficie casi nula. En contraste al 4 de Febrero que la zona con concha presentó mayores valores en fondo que en superficie, en esta oportunidad el comportamiento fue inverso. La diferencia se puede atribuir a que en la primera ocasión no hubieron vientos, permitiendo el descenso del fitoplancton por la columna de agua debido al consumo por parte de los bivalvos, mientras que el 2 de Abril los vientos pudieron

provocar el ascenso del fitoplancton mostrando valores superiores en superficie. Esto corrobora nuevamente lo mencionado por Ogilvie *et al.* (2003).

Estudios realizados por Mugg (2003) indican que altas densidades de bivalvos filtradores en zonas someras han producido hipoxia debido al alto porcentaje de heces acumuladas en el fondo. Los resultados obtenidos en este estudio no muestran relación alguna entre la densidad de carga y las concentraciones de oxígeno, debido posiblemente a que las densidades de este trabajo fueron relativamente moderadas. El exceso de biodeposiciones, especialmente en ambientes con bajos flujos de agua tienen el potencial de estimular la respiración bacteriana a tal extremo de convertir los sedimentos en anóxicos, sin embargo estos inconvenientes pueden ser mejorados por la acción de corrientes de agua moderadas que permiten dispersar las biodeposiciones a lo largo del fondo del área y mezclar el oxígeno de la superficie con las aguas del fondo (Newell 2004), lo que podría estar ocurriendo en la Bahía de Paracas por la fuerte acción de los vientos.

El 13 de Noviembre se presentó por tercera vez un ambiente de condiciones hipóxicas, sin embargo en esta ocasión no se debió a una marea blanca. La única zona afectada fue el control y la zona con concha tuvo concentraciones bajas pero sin llegar a los límites mínimos. La zona con bivalvos presentaba en esta oportunidad la carga máxima registrada con  $3.73 \text{ Kg/m}^2$ , sin embargo como se mencionó anteriormente los niveles en esta zona no fueron hipóxicos. Los bajos niveles en el control se explican a una entrada de aguas subsuperficiales provenientes de otra zona con mayor temperatura ( $18^\circ \text{ C}$ ) a

comparación de la zona con concha (16° C) que mantuvo una temperatura normal para esa época del año.

Aunque el comportamiento de la productividad haya sido muy parecido entre la zona con bivalvos y el control, esta última muestra a nivel superficial, una conducta de aumento gradual hacia fines de primavera en comparación de la zona con concha la cual presenta un crecimiento un poco irregular y valores más altos con mayor frecuencia. El pico que se observa en ambas zonas el 22 de Diciembre se presentó junto con la mínima de temperatura (16° C) y valores intermedios de fosfatos y nitratos, lo que según Zuta y Guillén (1970) es característico de aguas de afloramiento, sin embargo los valores de oxígeno fueron los más altos, contrariamente a lo postulado por los mismos autores donde afirman la presencia de bajos niveles de oxígeno. Aunque este evento de afloramiento haya incrementado los niveles de productividad en el ambiente para ambas zonas, es evidente que la presencia de pectínidos tiene un efecto sobre la columna de agua al presentar valores muy superiores en la superficie y bajos en el fondo a diferencia del control. Como se mencionó anteriormente, aquellos días con ausencia de vientos, se presentaron bajos niveles de productividad en superficie debido al consumo por los bivalvos y se incrementó en el fondo debido a sus excreciones. Los días con vientos suaves, la productividad en la zona con concha de abanico presentó valores superficiales mayores que el control, por lo que podría suponerse que la acción de los vientos puede promover un ascenso de la nueva materia producida en el fondo por parte de los pectínidos y al obtener mayor incidencia luminosa en la superficie incrementan sus valores, como lo ocurrido en esta fecha.

Según Winter (citado por Kirby 1973) la densidad óptima de alimento para la máxima eficiencia de asimilación se incrementa con un aumento de la temperatura y los organismos asimilan más alimento por unidad de tiempo a mayores temperaturas. Sin embargo, en esta ocasión se presentó la mínima temperatura registrada durante el estudio y se observó una gran diferencia en el fondo entre ambas zonas, indicando un mayor consumo a temperaturas mas bajas. Nuevamente los resultados de Ogilvie *et al.* (2003) tienen semejanza a los de este estudio, al presentar un comportamiento regulador de la productividad y biomasa fitoplanctónica en la columna de agua. También esta gran diferencia podría atribuirse a lo mencionado por Newell (2004) donde sostiene que una alta abundancia de filtradores reduce enormemente la turbidez del medio al consumir grandes cantidades de fitoplancton, aunque para esa fecha la densidad de carga fue baja ( $1.81 \text{ Kg/m}^2$ ) en comparación con los otros días evaluados.

En varias situaciones la productividad del fondo en la zona con concha de abanico superó a la del control, sin embargo sólo en cuatro oportunidades esta fue significativa. Cuando la productividad del medio fue menor e igual a  $21.38 \text{ mg C/m}^3/\text{hr}$ , la zona con concha presentó valores superiores, a excepción del 5 de Marzo que las condiciones ambientales fueron particulares. Aunque otros días las diferencias no hayan sido significativas, se pudo notar que cuando los valores de productividad del medio son menores a  $24.88 \text{ mg C/m}^3/\text{hr}$ , la productividad en la zona con concha es mayor.

Para la época de verano se volvió a observar un comportamiento muy irregular comparado con el control, sin embargo nuevamente la productividad en la zona con concha fue superior con mayor frecuencia. En superficie y fondo, el control mantuvo

una tendencia uniforme mas prolongada, mientras que la otra zona cambiaba constantemente. Las diferencias superficiales encontradas fueron menos frecuentes que en el fondo pero aún así indicaron mayor productividad en la zona con concha a excepción del 4 de Febrero en que el control fue superior, lo cual fue explicado en párrafos anteriores por el suceso de la marea blanca.

Por el contrario en el fondo, las diferencias se presentaron desde inicios de Diciembre hasta inicios de Marzo observándose que un 63% de las oportunidades, la productividad en la zona con concha de abanico fue mayor que el control. El análisis de correlación mostró que en todo el transcurso de la evaluación la productividad primaria y la concentración de fosfatos tuvieron una correlación positiva y significativa ( $r=0.733$ ,  $P=0.016$ ) en el fondo de la zona con bivalvos a diferencia del control que no la hubo. Esta relación existente entre la productividad y los fosfatos únicamente para esta zona podría deberse a la influencia que tiene la presencia de los bivalvos filtradores ya que se alimentan del seston y transfieren al sedimento mayor fósforo no digerido en forma heces y pseudoheces (Newell 2004), el cual después de ser degradado por acción bacteriana es utilizado nuevamente para producción de fitoplancton (Verwey 1952, en Newell 2004).

## 5. CONCLUSIONES

1. Se determinó que la presencia de concha de abanico a una densidad de carga de 2.31 Kg/m<sup>2</sup> ( $ds=0.566$ ) ejerce un control “*top – down*” y “*bottom – up*” en playa Atenas ya que presenta un comportamiento regulador de la productividad primaria y biomasa fitoplanctónica en la columna de agua. Los bivalvos reducen la turbidez del medio al consumir grandes cantidades de fitoplancton y controlan la productividad primaria disminuyendo sus niveles en la superficie e incrementándola en el fondo cuando se encuentra en niveles menores a 22 mg C/m<sup>3</sup>/hr.
2. La productividad primaria en un ambiente de aguas someras como playa Atenas disminuye con la profundidad y el efecto regulador que tienen los bivalvos filtradores sobre esta variable se presenta tanto en superficie como en fondo, siendo más notable y con mayor influencia sobre la cama donde se encuentran los organismos.
3. En playa Atenas la productividad primaria está determinada directamente por la cantidad de oxígeno disuelto ( $r=0.437$ ,  $P=0.002$ ) e inversamente por la profundidad ( $r=-0.334$ ,  $P=0.02$ ), sin embargo la presencia de organismos filtradores influye en el medio incrementando las concentraciones de fosfatos en el fondo y creando una relación directa ( $r=0.733$ ,  $P=0.016$ ) entre este nutriente y la productividad primaria debido a la transferencia de fósforo no digerido al sedimento en forma de heces el cual es nuevamente utilizado para producción de fitoplancton.

• Relación del trabajo con el aporte de  
nutrientes de fabricación  
• Como fue el estudio

## 6. RECOMENDACIONES

Capacidad de carga

1. Realizar la misma investigación a una escala más grande tomando diferentes puntos en transectos que consideren la zona con presencia de bivalvos como el punto medio y así observar la variación espacial existente y efecto que puede tener sobre otras variables biológicas.
2. Realizar las mediciones considerando diferentes densidades de carga para poder observar el efecto que puede tener a densidades leves – moderadas a extremadamente altas.
3. Calcular la tasa de filtración y excreción de los bivalvos para obtener una información más detallada sobre la cantidad de material ingerido y el porcentaje de nutrientes presentes en las biodeposiciones que se aporta al sistema. Así mismo se debe considerar la concentración de amonio en las zonas evaluadas ya que indicaría su disponibilidad para el fitoplancton y explicar mejor algunos resultados que otras variables no explican.
4. El empleo de instrumentos para medir la incidencia luminosa y la velocidad del viento serían favorables para conocer exactamente la intensidad de luz que recibe la columna de agua y la fuerza del viento sobre la superficie acuática.

- - Tasa de crecimiento
- Estudios espaciales \*
- - Concentraciones ambientales

5. Realizar estudios que determinen la capacidad de carga de la bahía de Paracas para tener un aprovechamiento máximo sostenible y mantener la bahía en condiciones óptimas que no afecten a otras especies filtradoras u otras que dependen secundariamente de la base alimenticia fitoplanctónica.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arenas, J., Galindo, O., Alva, J. 2002: Reclutamiento natural de concha de abanico *Argopecten purpuratus* en playa Raspón, Lagunillas, Pisco. pp. 37 – 39. En: Memorias I Jornada Científica. Reserva Nacional de Paracas. Universidad Nacional Agraria La Molina, 244 pp. Editores: Jaime Mendo y Matthias Wolff.
- Belka, M., Moore, I. 2004: The primary production of benthic algae in Lake Erken. Erken Laboratory. Norr Malma, Sweden.
- Boucher, G., Boucher – Rodoni, R. 1988: In situ measurement of respiratory metabolism and nitrogen fluxes at the interface of oyster beds. En: Marine Ecology Progress Series. Vol. 44:229 – 238.
- Buschmann, A. 2001: Impacto ambiental de la acuicultura. El estado de la investigación en Chile y el mundo: Un análisis bibliográfico de los avances y restricciones para una producción sustentable en los sistemas acuáticos. Universidad de los Lagos, Osorno, Chile.
- Bustillos-Guzmán, J., Olivares-González, E. 1985: Fitoplancton en tres ecosistemas de manglar de la Bahía de La Paz B.C.S., México. I.I. Producción primaria bruta, neta

y respiración. En: Anales del Centro de Ciencia del mar y Limnología. Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur, México.

Cole, G. 1983: Manual de Limnología. Ed. Hemisferio sur. Argentina.

Côté, J., Himmelman, J.H., Claereboudt, M., Bonardelli, J.C. 1993: Influence of density and depth on the growth of juvenile sea scallops (*Placopecten magellanicus*) in suspended culture. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 50:1857 – 1869.

Díaz, R. J. 2000: Overview of hypoxia around the world. Journal of Environmental Quality 30:275–281.

Fahnenstiel, G., Bridgeman, T., Lang, G., McCormick, M., Nalepa, T. 1995: Phytoplankton productivity in Saginaw Bay, Lake Huron: Effects of Zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) colonization. En: J. Great Lakes Research. 2 (4):465 – 475.

Fanslow, D., Nalepa, T., Lang, G. 1995: Filtration rates of Zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) on natural seston on Saginaw Bay, Lake Huron. En: J. Great Lakes Research. 21 (4):489 – 500.

Farías-Molina, A. 2001. Nutrición en moluscos pectínidos. pp. 89 – 104. En: Los moluscos Pectínidos de Iberoamérica: Ciencia y Acuicultura. A.N. Maeda-Martínez (ed). México.

- Fraga, F. 1972: Ecología marina. Estación de Investigaciones Marinas de Margarita. Fundación La Salle de Ciencias Naturales. Ed. Dossat S.A. Caracas.
- Gibbs, M., Ross, A., Downes, M. 2002: Nutrient cycling and fluxes in Beatrix Bay, Pelorous Sound, New Zealand. *Journal of Marine and Freshwater Research*, Vol. 36: 675–697.
- Giller, P. S., Hildrew, A.G., Raffaelli, D.G. 1992: Aquatic Ecology: Scale, pattern and process. The 34 th symposium of the British Ecological Society with the American Society of Limnology and Oceanography. University College, Cork.
- Guillén, O., Izaguirre, R. 1968: Producción primaria de las aguas costeras del Perú en el año 1964. pp. 352 – 376. En: Boletín del Instituto del Mar del Perú. Vol. 1 N° 7.
- Hand, S. C. & W.B. Stickle. 1977: Effects of tidal fluctuations of salinity on pericardial fluid composition of the American oyster *Cassostrea virginica*. *Mar. Biol.* 42:259 – 271.
- Hartnoll, R.G. 1967. An investigation of the movement of the scallop, *Pecten maximus*. En: *Helgol. Wiss. Meeresunters* 15:523:533.
- Higano, J. 2004: Influence of environmental changes in the tidal flats on the filtration and respiration of bivalve mollusks. pp. 33 – 40. En: Bulletin of Fisheries Research Agency. Supplement N° 1.

- Holm-Hansen, O., Helbling, E. 1995: Manual de métodos ficológicos. Técnicas para la medición de productividad primaria en el fitoplancton. Universidad de Concepción Chile.
- Kirby-Smith, W., Barber, R. 1973: Suspension feeding aquaculture systems: Effects of phytoplankton concentration and temperature on growth of the bay scallop. Duke University Marine Laboratory, Beaufort, N.C. (U.S.A.).
- Klerks, P., Fraleigh, P., Lawniczak, J. 1996: Effects of zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) on seston levels and sediment deposition in western Lake Erie. En: Can. J. Fish. Aquat. Sci. 53:2284 – 2291 (1996).
- Kotta, J., Mohlenberg F. 2002: Grazing impact of *Mitylus edulis L.* and *Dreissena Polimorpha* (Pallas) in the Gulf of Riga, Baltic sea estimated from biodeposition rates of algae pigments. En: Ann. Zool. Fenicci. 39:151-160.
- Luckenbach, M. & Wang, H. 2004: Linking watershed loading and basin-level carrying capacity models to evaluate the effects of land use on primary production and shellfish aquaculture. En: Bulletin of Fisheries Research Agency. Supplement No 1, pp. 123 – 132. Japan.
- Maeda – Martínez, A., Lombeida, P., Freitas, L., Lodeiros, C., Siscard, M. 2001: Cultivo de pectínidos en fondo y estanques. pp. 213 – 231. En: Los moluscos

- Pectínidos de Iberoamérica: Ciencia y Acuicultura. A.N. Maeda-Martinez (ed). México.
- MacDonald, B., Ward, J. 1994: Variation in food quality and particle selectivity in the sea scallop *Placopecten magellanicus* (Mollusca: Bivalvia). En: Marine Ecology Progress Series. Vol. 108: 251 – 264.
- McKinnon, L., Parry G., Leporati, S., Heislars, S., Werner, G., Gason, A., Fabris, G., O'Mahony, N. 2003: Blue mussel (*Mytilus edulis*) aquaculture in Port Phillip Bay. En: Fisheries Victoria Research Report Series N° 1, Australia.
- Mendo, J., Valdivieso, V., Yamashiro, C., Jurado, E., Morón, O., Rubio, J. 1987: Evaluación de la población de concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en la Bahía Independencia, Pisco, Perú. 17 de Enero - 4 de Febrero de 1987. En: Informe del Instituto del Mar del Perú. N° 91.
- Mendo, J., Yamashiro, C., Rubio, J., Kamella, A., Jurado, E., Maldonado, M., Guzmán, S. 1989: Evaluación de la población de concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en la Bahía Independencia, Pisco, Perú. 23 de Setiembre - 9 de Octubre de 1987. En: Informe del Instituto del Mar del Perú. N° 94/95.
- Mendo, J., Cosavalente, C., Tam, J., Bandin, R. 2002: Growth and survival of the peruvian scallop (*Argopecten purpuratus*) in suspended cultures in Independencia Bay (Pisco, Peru). pp. 171 – 183. En: Memorias I Jornada Científica. Reserva Nacional

- de Paracas. Universidad Nacional Agraria La Molina, 244 pp. Editores: Jaime Mendo y Matthias Wolff.
- Mugg Pietros, J., Rice, M. 2003: The impacts of aquacultured oysters, *Cassostrea virginica* (Gmelin; 1791) on water column nitrogen and sedimentation: Results of a mesocosm study. En: *Aquaculture* 220 (2003) 407 – 422.
- Nakamura, Y., Kerciku, F. 2000: Effects of filter feeding bivalves on the distribution of water quality and nutrient cycling in a eutrophic coastal lagoon. En: *Journal of marine systems*. Vol. 26 N° 2, pp. 209 – 221.
- Navarro, J. 2001: Fisiología energética de los pectínidos Iberoamericanos. pp. 61 – 76. En: *Los moluscos Pectínidos de Iberoamérica: Ciencia y Acuicultura*. A.N. Maeda-Martínez (ed). México.
- Navarro, J.M. & González, C.M. 1998: Physiological responses of the Chilean scallop *Argopecten purpuratus* to decreasing salinities. En: *Aquaculture* 167:315 – 327.
- Newell, R.I.E. 1988: Ecological changes in Chesapeake Bay: Are They the Result of Overharvesting the American Oyster, *Crassostrea virginica*? En: “Understanding the Estuary: Advances in Chesapeake Bay Research” (eds. By Lynch M.P. and Krome E.C.), Chesapeake Research Consortium Publication 129 (CBP/TRS 24/88), Gloucester Point, VA, pp. 536 – 546.

- Newell, R.I.E. 2004: Ecosystem influences of natural and cultivated populations of suspension-feeding bivalve mollusks: A review. pp. 51 – 61. En: Journal of shellfish Research. Vol. 23 N° 1.
- Newell, R.I.E., Cornwell, J., Hood, R., Koch, E. 2004: Understanding the influence of bivalve suspension – feeder populations on water quality in eutrophic coastal waters. En: Bulletin of Fisheries Research Agency. Supplement N° 1, pp. 153 – 154.
- Newell, R.I.E., TR Fisher, RR Holyoke & JC Cornwell, 2004: The comparative Roles of Suspension Feeders in Ecosystems. Influence of eastern oysters on nitrogen and phosphorus regeneration in Chesapeake Bay, USA (eds. Richard Dame and Sergej Olenin), NATO Science Series: IV - Earth and Environmental Sciences. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Ogilvie, S., Ross, A., James, M., Schiel, D. 2003: In situ enclosure experiments on the influence of the cultured mussels (*Perna canalicatus*) on phytoplankton at times of high and low ambient nitrogen. 295: 23-39. En: Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. New Zealand.
- Orav-Kotta, Helen 2004: Habitat choice and feeding activity of benthic suspension feeders and mesograzers in the northern Baltic Sea. University of Tartu, Estonia.

- Peña, A., Harrison, G. 1995: Manual de métodos ficológicos. Determinación de producción primaria mediante el método de nitrógeno  $-15$ . Universidad de Concepción, Chile.
- Peterson, B., Heck, K. 1999: The potential for suspension feeding bivalves to increase seagrass productivity. En: *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 240 (1999) 37 – 52.
- Pinilla, F. 2004: Línea base de biología marina. En: Estudio de impacto ambiental y social del proyecto planta de fraccionamiento de LGN e instalaciones de carga Playa Lobería.
- Raymont, J.E. 1963: Plankton and productivity in the oceans. En: *International series of monographs on pure and applied biology*. Ed. Mcmillan. New York.
- Rhodes, L., Peake, B., Mackenzie, A.L., Marwick, S. 1995: *Coccolithophores Gephyrocapsa oceanica and Emiliana huxleyi* (Prymnesiophyceae = Haptophyceae) in New Zealand's coastal waters: characteristics of blooms and growth in laboratory culture. En: *New Zealand Journal of marine and fresh water research*. Vol. 29:345 – 357.
- Rüsgard, H.U. 1988: Efficiency of particle retention and filtration rate in 6 species of northeast American bivalves. En: *Marine Ecology Progress Series*. Oldendorf. Vol. 45 N° 3 pp. 217 – 223.

- Riley, J.P., Chester R. 1989: Introducción a la química marina. A.G.T. editor S.A. 415 pp. Barcelona.
- Romero, A.; Orrego, H. 1983 (a): Estudio preliminar microoceanográfico de la Bahía de Paracas – Primavera 1981. En: Anales científicos UNALM. Vol 23:211 – 218.
- Romero, A.; Orrego, H. 1983 (b): Estudio preliminar microoceanográfico de la Bahía de Paracas – Invierno 1983. En: Anales científicos UNALM. Vol 26 (3/4):827 – 847.
- Rouillon, G.1998: Fitoplancton en el contenido estomacal de concha de abanico (*Argopecten purpuratus*, Lamarck 1719) de diferentes tallas en cultivos suspendidos. Bahía Independencia, Pisco. Tesis Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Rouillon, G., Mendo, J., Ochoa, N. 2002: Fitoplancton en el contenido estomacal de *Argopecten purpuratus* (Mollusca, bivalvia) suspendida a diferentes profundidades en Bahía Independencia. pp. 60 – 67. En: Memorias I Jornada Científica. Reserva Nacional de Paracas. Universidad Nacional Agraria La Molina, 244 pp. Editores: Jaime Mendo y Matthias Wolff.
- Song, X., Huang, L., Zhang, J., Huang, X., Zhang, J., Yin, J., Tan, Y., Liu, S. 2004: Variation of phytoplankton biomass and primary production in Daya Bay during spring and summer. En: Marine Pollution Bulletin.

- Stirling, Hadrian. 1985: Chemical and biological methods for water analysis for aquaculturists. Institute of aquaculture. University of Stirling. Scotland.
- Tam, J., Vera, G., Pinto, E. 2002: Evaluación de los efluentes pesqueros y sus efectos sobre el metabolismo de la concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en la bahía de Paracas (Pisco, Perú) durante el otoño del 1999 pp. 24 – 29. En: Memorias I Jornada Científica. Reserva Nacional de Paracas. Universidad Nacional Agraria La Molina, 244 pp. Editores: Jaime Mendo y Matthias Wolff.
- Trainor, F.R. 1978: Introductory Phycology. University of Connecticut. United States of America.
- Uribe, E. & Blanco, J. 2001: Capacidad de los sistemas acuáticos para el sostenimiento del cultivo de pectínidos: El caso de *Argopecten purpuratus* en la Bahía de Tongoy, Chile. pp. 233 – 248. En: Los moluscos Pectínidos de Iberoamérica: Ciencia y Acuicultura. A.N. Maeda-Martinez (ed). México.
- Vargas, J. 1986: Técnicas de captación de semilla de la concha de abanico "*Argopecten purpuratus*" en la bahía de Paracas. En: Tesis Universidad Nacional agraria La Molina, Lima – Perú.
- Widdows, J. 1985: Effects of fluctuating and abrupt changes in salinity on the performance of *Mytilus edulis*. pp. 555 – 566. En: J.S. Gray & M.E. Christiansen

(eds.). Marine Biology of polar regions and effects of stress on marine organism.  
Wiley – Interscience.

Winter, J. 1976: A critical review on some aspects of filter – feeding in lamellibranquiate bivalves. pp. 71 – 87. En: Haliotis, 1976 – 1978, Vol. 7.

Wolff, M., Wolff, R. 1983: Observaciones sobre la utilización y el rendimiento del pectínido *Argopecten purpuratus* (L) en el área de pesca de Pisco, Perú. En: Boletín del Instituto del Mar del Perú. Vol 7 (6).

Yamashiro, C., Rubio, J., Taipe, A., Aguilar, S. 2002: Fluctuaciones de la población de concha de abanico *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1861) en la bahía Independencia (Pisco, Perú) durante el período 1984 – 2000, pp. 77 – 87. En: Memorias I Jornada Científica. Reserva Nacional de Paracas. Universidad Nacional Agraria La Molina, 244 pp. Editores: Jaime Mendo y Matthias Wolff.

Yockteng, J. 1984: Criaderos de concha de abanico en la bahía de Paracas. pp. 38 – 46.  
En: Documenta. Vol. 12 (93).

Zuta, S., Guillén, O. 1970: Oceanografía de las aguas costeras del Perú. En: Boletín Instituto del Mar del Perú. Vol. 2 N° 5. pp. 157 – 324.

## 8. ANEXOS

### Anexo 1. Condiciones ambientales durante las evaluaciones

FECHA	HORA	Característica
30.Oct.04	08:50	Despejado, muy soleado, viento suave
13.Nov.04	08:30	Despejado, soleado, viento suave
25.Nov.04	09:00	Despejado, muy soleado, viento fuerte
11.Dic.04	09:20	Poco soleado, sin vientos
22.Dic.04	09:00	Despejado, soleado, viento suave
08.Ene.05	08:45	Despejado, soleado, viento suave
21.Ene.05	08:30	Despejado, soleado, sin vientos
04.Feb.05	10:00	Despejado, soleado, marea blanca, sin vientos
18.Feb.05	09:30	Nublado, noche anterior con lluvias hasta las 8:00 hrs, viento intermedio
05.Mar.05	09:10	Nublado, sin vientos
18.Mar.05	08:55	Despejado, soleado, sin vientos
02.Abr.05	08:55	Despejado, soleado, marea blanca, viento moderado

### Anexo 2. Dimensiones de la unidad experimental

#### Dimensiones del lastre

Descripción	Dimensiones (m)
Largo	0.6
Altura	0.5
Ancho	0.5
Largo tubo de acople	0.5
Diámetro tubo de acople	0.04

#### Dimensiones del tubo principal

Descripción	Dimensiones (m)
Largo	3.20
Diámetro	0.03

#### Dimensiones de canastilla

Descripción	Dimensiones (m)
Largo total	0.6
Diámetro canastilla	0.06
Diámetro tubo de acople	0.04
Largo tubo de acople	0.095
Diámetro perno - seguro	½ pul