



Universidad Católica del Norte

ver más allá

Facultad de Ciencias del Mar

INFORME FINAL

PROYECTO FIP Nº 2006-37

**ESTABLECIMIENTO DE UN PROTOCOLO DE
SEGUIMIENTO AMBIENTAL PARA LA
DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA
PARA EL CULTIVO DEL OSTIÓN DEL NORTE**

UNIDADES EJECUTORAS:

UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL NORTE
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
DEPARTAMENTO DE ACUICULTURA
SEDE COQUIMBO

COQUIMBO, AGOSTO 2008

Coordinador: Eduardo Uribe T. - Universidad Católica del Norte

Autores : Universidad Católica del Norte

Eduardo Uribe T.

Julio Moraga O.

Sergio Zúñiga J.

Sergio Rosales G.

Gonzalo Álvarez V.

Paulo Ávalos E.

Sergio Chirino

Old Dominion University

José Luis Blanco

AGOSTO, 2008

Nombre	Título	Función
Eduardo Uribe Tapia	Dr. en Biología	Director de Proyecto. Requerimientos de Calidad de agua y disponibilidad de alimento. Diseño y validación de Protocolo de Capacidad de Carga. Evaluación socio-económica.
Julio Moraga Opazo	M.Sc. en Oceanografía	Director Alterno de Proyecto. Diseño y validación de Protocolo de Capacidad de Carga. Búsqueda de financiamiento.
José L. Blanco García	Ph.D. Oceanografía	Requerimientos de Calidad de agua y disponibilidad de alimento. Diseño y validación de Protocolo de Capacidad de Carga.
Sergio Zúñiga Jara	Dr. en Economía	Evaluación socio-económica. Búsqueda de financiamiento.
Sergio Rosales Gallardo	M.Sc. en Oceanografía	Requerimientos de Calidad de agua y disponibilidad de alimento. Diseño y validación de Protocolo de Capacidad de Carga.
Gonzalo Alvarez Vergara	M.Sc. en Acuicultura	Requerimientos de Calidad de agua y disponibilidad de alimento. Diseño y validación de Protocolo de Capacidad de Carga.
Paulo Avalos Escobar	Ingeniero en Acuicultura	Requerimientos de Calidad de agua y disponibilidad de alimento. Diseño y validación de Protocolo de Capacidad de Carga.
Sergio Chirino Guajardo	Ingeniero Comercial	Evaluación socio-económica.

RESUMEN EJECUTIVO

Los problemas mas comunes que se enfrentan diariamente los administradores de recursos marinos, es como determinar la capacidad de carga de los cuerpos de agua donde se realizan los cultivos, y la experiencia le ha demostrado que la determinación de los límites de la capacidad de carga no es a menudo un cálculo directo. El presente trabajo soluciona en parte esta problemática, ya que presenta estrategias alternativas al elabora un protocolo de seguimiento ambiental que permita determinar la capacidad de carga de las bahías donde se desarrolla el cultivo del ostión del Norte. Además incluye modelos predictivos para que la administración maneje los conceptos “máxima producción sostenible del cultivo dentro de una bahía” o “el nivel biofísico del cultivo que no conduce a cambios significativos a las comunidades ecológicas en el ambiente” y finalmente en su aspecto social: “el nivel del cultivo, o espacio del agua ocupado por el cultivo sea aceptado por la comunidad”.

Para comprender la dinámica de las bahías donde se cultiva Ostión del norte, se recurrió a una modelación numérica, que permitiera describir el patrón de circulación en las bahías de Tongoy, Guanaqueros e Inglesa, par lo cual se implemento el modelo de volumen finito FVCOM (Chen et. al. 2003, 2006), modelo que resuelve las ecuaciones de momentum, continuidad, temperatura y densidad. Para forzar ambos dominios (Bahías Tongoy- Guanaqueros y Bahía Inglesa) de modelación se obtuvieron los campos tridimensionales de temperatura y salinidad de las salidas de resolución 1/12° de Ocean Circulation and Climate Advanced Modelling project (OCCAM) (Webb et al., 1998), seleccionando el mes de diciembre, dado que el objetivo era modelar la condición favorable a la surgencia durante el período en que ocurre el desove, deriva de larvas y colecta de las semillas de ostión del norte, las condiciones utilizadas no presentan efectos importantes del ENSO. Para ver el comportamiento pasivo del plancton en las distintas fases del proceso de surgencia se liberaron derivadores tanto al interior

como al exterior de cada bahía a distintas profundidades 5, 7, 9, 20, 40, 100 y 250 m de acuerdo con la profundidad de cada punto de liberación.

El Modelo desarrollado refleja muy bien la dinámica de la zona de estudio, permitiendo un mejor entendimiento de las características hidrodinámicas de las bahías Tongoy, Guanaqueros e Inglesa. La dinámica de ambos dominios están influenciados por la surgencia costera, aunque con diferencias importantes, mientras que el sector de Tongoy-Guanaqueros el proceso de surgencia responde al quiebre de la plataforma continental y a la forma de la costa. En el caso de Bahía Inglesa se le agrega la presencia de una cuña de mayor densidad que hace que la pluma de la surgencia se aleje de la costa.

Durante la fase de relajación de la surgencia en ambos dominios incrementa el tiempo de retención, lo que va a producir un incremento de la productividad, aprovechando el incremento de nutrientes producido por la surgencia. Los trazadores lanzados en el interior Bahía Tongoy se pueden mantener un tiempo en este cuerpo de agua, lo que indica que en algunos casos la dinámica de la bahía permite que el ciclo larval del Ostión se puede completar en el interior. Los trazadores lanzados en el interior de Bahía Inglesa permanecen en ella un mínimo de tiempo, este resultado confirma la baja probabilidad de captar larvas de esta especie de pectínido, como ha ocurrido durante todos estos años desde que la pectinicultura se instaló en esta bahía 1993.

Para una mejor comprensión de la dinámica física del sistema es necesario trabajar con un solo dominio de mayores extensiones que las cubiertas con las simulaciones de este trabajo.

Los valores promedio de biomasa fitoplanctónica fueron de 500 $\mu\text{gC/L}$ para Bahía Inglesa y de 1000 $\mu\text{gC/L}$ para Bahía Tongoy y 700 $\mu\text{gC/L}$ Guanaqueros, los que fueron multiplicado por la velocidad de la corriente (m/s) obtenida mediante el modelo numérico para cada nodo y como resultado se consiguió la Oferta

Fitoplanctónica (OF)(kJ/h/m²). Energía disponible para los ejemplares de ostiones cultivados en la columna de agua en las tres bahías. Bajo estos parámetros se observó que la mayor OF (> 3000 kJ/h/m²) se registró a los 5 m de profundidad durante el periodo de intensificación de la surgencia en las tres bahías y estas manchas de mayor concentración se ubicaron generalmente en el sector norte de ellas que coincide en las áreas de mayor tasa de crecimiento del ostión. Por el contrario los menores valores de alimento fitoplanctónico (< 500 kJ/h/m²) se registraron a 10m de profundidad. Cabe señalar que los sistemas de cultivos son instalados en su gran mayoría por las empresas entre 11 a 13m de profundidad, donde se encuentra el mínimo de alimento y menores velocidades de corrientes donde se obtiene valores de oferta bruta de alimento inferiores a 50 kJ/h/m², energía que esta bajo la ración de mantención del organismo o mejor dicho el alimento no es suficiente y ellos para sobrevivir tiene que sacar la energía de la gónada y músculo. Además se puede mencionar que a esta profundidad de cultivo (11-13m) se registran por lo general bajos valores de oxígeno disuelto (< 3 mg/L), que está en los límites de su necesidades fisiológicas, como lo ocurrido en la Rinconada de Bahía Mejillones donde la anoxia (<2 mg/L) en la columna de agua duró mas de dos meses, provocando la mortalidad de casi la totalidad de los ejemplares del cultivo.

El crecimiento de los organismos bajo condiciones de cultivo es la resultante de la interacción de factores ambientales (corriente, oxígeno disuelto, temperatura), biológicos (alimento, variables fisiológicas y reproducción del organismo) y tecnológicos (sistemas de cultivos que tiene diferentes valores de eficiencia). Los enfoques tradicionales al estudio del crecimiento de moluscos filtradores han conducido al desarrollo de modelos que no toman en cuenta el factor tecnológico como agente modificador de la respuesta de crecimiento de los organismos cultivados.

Bajo un proyecto FIP-IT/93-28 ejecutado durante 1994-95 se realizó un estudio para determinar la Capacidad de Carga en las bahías de la III y IV Región,

donde se obtuvieron valiosos resultados considerando valores de tasa de renovación y capacidad de cargas promedio para las bahías Tongoy, Guanaqueros e Inglesa, ahora con los modelos de circulación mas la disponibilidad de alimento fitoplanctónico (OF) nos podemos dar cuenta de la heterogeneidad de las bahía, y se puede señalar los sectores donde la capacidad de carga puede ser muy elevada y otro sectores con un bajo potencial de aliento para los ostiones. Con lo modelos de balance energético se puede dar un valor predictivo de crecimiento de los ostiones en sus sistemas de cultivo. Estos modelos están muy próximos a lo real, sin embargo aun falta mayor información de intensidad y dirección vientos en borde costero para validar los modelos numéricos de circulación, en especial en invierno, época del año donde no se puede muestrear por cierre de las bahías. También se debe validar los modelos de balance energético con mayor información de tasa de crecimiento, mortalidad por parte de los acuicultores. Finalmente se propone un proyecto para dejar validado los modelos, comprar los programas y computadores y dejar operativo en sistema predictivo para que los administradores de recursos marinos, puedan determinar la capacidad de carga de los cuerpos de agua donde se realizan los cultivos y rediseñar las áreas autorizadas para la acuicultura A.A.A.

INDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	PRODUCCION.....	7
2	REVISION BIBLIOGRAFICA.....	10
2.1	BIOLOGIA.....	11
2.1.1	Taxonomía	11
2.1.2	Sinonimia	12
2.1.3	Anatomía Externa	12
2.1.4	Anatomía interna	14
2.1.5	Reproducción	16
2.1.6	Registro del Índice Gonadosomático (IGS).	22
2.2	CULTIVO.....	30
2.2.1	Obtención de semillas	31
2.2.2	Etapa de precultivo	32
2.2.3	Etapa de engorda	32
2.3	FISIOLOGÍA DEL OSTIÓN DE CULTIVO EN LA COLUMNA DE AGUA... 33	
2.4	BIOMETRÍA DEL OSTIÓN DEL NORTE.....	35
2.5	OXÍGENO DISUELTO (OD) EN AMBIENTE.....	40
3	REVISION PROYECTOS FIP CON RELACION A LAS BAHIAS DE ESTUDIO. 48	
4	RESULTADOS PRELIMINARES.....	63
4.1	CONDICIONES HIDROGRÁFICAS Y CIRCULACIÓN.....	63
4.1.1	Bahía Guanaqueros	63
4.1.2	Bahía Tongoy	65
4.2	PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS.....	79
4.2.1	Oxígeno disuelto	81
4.2.2	pH	85
5	RESULTADO DEL MODELO NUMERICO.....	89
5.1	CIRCULACIÓN.....	89
6	ANALISIS FITOPLANCTÓNICO.....	99
6.1	BAHÍA GUANAQUEROS.....	101
6.2	BAHIA TONGOY.....	107
6.3	BAHÍA INGLESA.....	114
6.4	FITOPLANCTON Y RELACIONES AMBIENTALES.....	119
6.5	OFERTA DE ALIMENTO FITOPLANCTÓNICO.....	127
7	PRODUCCION DE OSTIONES EN BAHIA TONGOY POR SECTORES.....	135

8	MODELACIÓN NUMÉRICA.....	138
8.1	METODOLOGÍA.....	138
8.2	RESULTADOS	142
8.2.1	Dominio Tongoy-Guanaqueros	142
8.3	DISCUSIÓN.....	149
8.4	CONCLUSIONES.....	150
9	MODELO DE PREDICCIÓN DE CAPACIDAD DE CARGA.....	151
9.1	APROXIMACIÓN PREDICTIVA A DETERMINAR CAPACIDAD DE CARGA BIOFÍSICA.....	152
9.2	MODELACIÓN DE LA TASA ESPECIFICA DE CRECIMIENTO DE Argopecten purpuratus BAJO LIMITACIÓN DE ALIMENTO.	155
9.2.1	Balance energético	156
9.2.2	Discusión	160
9.3	MODELACION DE LA DISPONIBILIDAD DE ALIMENTO DISPONIBLE PARA EL CULTIVO DE OSTION	162
10	EVALUACION ECONOMICA OSTION DEL NORTE.....	166
10.1	ANÁLISIS DE ESCENARIO	167
10.2	RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN.	170
11	EVALUACIÓN SOCIAL ESTIMACIÓN CAPACIDAD DE CARGA OSTIÓN DEL NORTE BAHÍAS TONGOY, GUANAQUEROS Y BAHÍA INGLESA.....	171
11.1	TERCERA REGIÓN.....	173
11.2	RESUMEN EFECTO SOCIAL.	173
12	COSTO DEL MONITOREO EN LAS BAHÍAS TONGOY, GUANAQUEROS E INGLESA.....	174
13	LITERATURA CITADA.....	175

FIGURAS

Fig. 1.	Distribución de los principales bancos naturales de <i>A. purpuratus</i> en la costa de Chile – Perú.	3
Fig. 2.	Exportación nacional de Ostión del Norte	7
Fig. 3.	Exportación de Ostión del Norte congelado según países.	8
Fig. 4.	Exportación de Ostión del Norte fresco enfriado	8
Fig. 5.	Exportación nacional de Ostiones congelados por empresas	9
Fig. 6.	Exportación Nacional de Ostiones fresco refrigerado por empresa	10
Fig. 7.	Anatomía externa del ostión del norte (<i>Argopecten purpuratus</i>).	13
Fig. 8.	Anatomía Interna del ostión del Norte (<i>Argopecten purpuratus</i>)	15
Fig. 9.	Variabilidad del Índice gonadosomático (IGS) de <i>A purpuratus</i> en Bahía Tongoy entre 1997 y 2002	22
Fig. 10.	Variabilidad del Índice gonadosomático (IGS) de <i>A purpuratus</i> en Bahía Guanaqueros entre 1999 y 2001	23
Fig. 11.	Relación entre el peso de la gónada, IGS y talla de <i>A. purpuratus</i> en Bahía Tongoy.	24
Fig. 12.	Estados de desarrollo del ostión del norte (<i>Argopecten purpuratus</i>).	29
Fig. 13.	Etapas del cultivo del ostión del norte (<i>Argopecten purpuratus</i>). (Fuente: FONDEPES)	31
Fig. 14.	Registro de calados de colectores y captación de semillas en Bahía Tongoy entre 1988 y 2002.	32
Fig. 15.	Relación del peso total y la talla del ostión del norte (<i>Argopecten purpuratus</i>).	36
Fig. 16.	Relación entre los pesos y volumen, y la talla del ostión del norte (<i>Argopecten purpuratus</i>).	37
Fig. 17.	Concentración de oxígeno disuelto (mg O ₂ /L) de Bahía Mejillones, a 1 ,2 ,5 ,10 y 15 m de profundidad entre el 29 de enero a 9 de marzo de 2007.	41
Fig. 18.	Mortalidad de semilla de ostión (12mm) en 39 días de cultivo en Bahía Mejillones con menos de 3 mg/L.	42
Fig. 19.	Longitud en relación a la época del año y profundidad, en sistemas con y sin fouling (de Moya 1989)	46
Fig. 20.	Peso del músculo en relación a la época del año y profundidad, en sistemas con y sin fouling. (de Moya 1989)	47
Fig. 21.	a) Distribución vertical de temperatura (líneas blancas) y densidad en la boca de la bahía de Guanaqueros (líneas oscuras). b) Distribución horizontal de temperatura (líneas punteadas negras) y densidad (líneas blancas) en la capa superficial de la bahía.	64

Fig. 22.	Distribución de corrientes residuales a 2 m de profundidad (Valle-Levinson & Moraga, 2006).	65
Fig. 23.	Corrientes en la sección transversal de la boca de la Bahía Tongoy durante la época de otoño.	66
Fig. 24.	Corrientes en la sección transversal de la boca de la Bahía Tongoy durante la época de primavera.	67
Fig. 25.	Viento satelital (Quikscat) medido el día 23 de enero de 2007.	68
Fig. 26.	Climatología del viento obtenido por satélite en el Pacífico Sudoriental (Blanco 2008, Manuscrito no publicado)	69
Fig. 27.	Viento medido en Lengua de Vaca entre marzo 2003 y octubre 2007. (Izquierda) Gráfico de las componentes U vs V del viento. (Derecha) Componentes U (azul) y V (verde) del viento sin filtrar con respecto del tiempo.	70
Fig. 28.	Espectro de máxima entropía de las componentes perpendicular (U) y paralelo (V) del viento en Lengua de Vaca para el periodo Marzo 2005 a Octubre 2007. Se incluyen los niveles de confianza del 90% (azul) 95% (verde) y 99% (rojo).	71
Fig. 29.	Análisis mediante ondelet del viento en Punta Lengua de Vaca, durante los años 2005 y 2006.	72
Fig. 30.	Viento en Punta Lengua de Vaca desde marzo 2005 a octubre 2007. Valores horarios suavizados con un filtro de 5 días.	73
Fig. 31.	Superior - Nivel del mar observado en bahía Inglesa durante octubre y noviembre 2007. Inferior – Componentes armónicos de la marea observada.	74
Fig. 32.	Superior - Nivel del mar observado en Bahía Tongoy durante octubre y noviembre 2007. Inferior – Componentes armónicos de la marea observada.	75
Fig. 33.	Promedio semanal de temperatura superficial del mar obtenidas con el satélite MODIS/Terra para los días 1 y 30 de abril del 2007.	77
Fig. 34.	Variación temporal de temperatura en Bahía Tongoy. Valores horarios a diferentes profundidades.	78
Fig. 35.	Distribución vertical de temperatura en Bahía Tongoy durante 2006 y 2007. Valores horarios y suavizados con un filtro de 3 días.	79
Fig. 36.	Relación entre NO ₃ /PO ₄ en un muestreo intensivo durante 1994.	80
Fig. 37.	Variabilidad espacio temporal de NO ₃ /PO ₄ en Bahía Inglesa durante el año 1994.	81
Fig. 38.	Oxígeno disuelto (mg/L) a distintas profundidades en verano del 2006.	82
Fig. 39.	Porcentaje de saturación de oxígeno disuelto a distintas profundidades en el verano del 2006.	83
Fig. 40.	Oxígeno disuelto (mg/L) a distintas profundidades en el invierno del 2006.	84
Fig. 41.	Porcentaje de saturación de oxígeno disuelto a distintas	85

	profundidades en el verano del 2006.	
Fig. 42.	Distribución del pH en la bahía a distintas profundidades.	86
Fig. 43.	Distribución del NO ₃ en la bahía a distintas profundidades.	87
Fig. 44.	Distribución del PO ₄ en la bahía a distintas profundidades.	88
Fig. 45.	Viento en punta Lengua de Vaca utilizado como forzante del modelo numérico. Datos horarios y suavizados con filtro de 25hrs. Áreas marcadas representan periodos del modelo que fueron seleccionados para comparar resultados.	89
Fig. 46.	Nodos seleccionados en bahía Inglesa para visualización de series de tiempo.	90
Fig. 47.	Variación temporal del viento y la corriente a 0, 5 y 10 m de profundidad en nodo 786 de bahía Inglesa.	91
Fig. 48.	Vectores de corriente promedio en bahía Inglesa durante día 32 a 0, 5, 10 y 20 metros de profundidad (intensificación).	92
Fig. 49.	Vectores de corriente promedio en bahía Inglesa durante el día 40 a 0, 5, 10 y 20 metros de profundidad (relajación)	93
Fig. 50.	Nodos seleccionados en bahía Inglesa para visualización de series de tiempo.	94
Fig. 51a.	Vectores de corriente promedio en bahía Inglesa durante el día 32 a 5 metros de profundidad (Intensificación)	95
	Fig. 55. Abundancia de biomasa microalgal, integrando la columna de agua (0-15m) en Bahía Guanaqueros.	
Fig. 51b.	Vectores de corriente promedio en bahía Inglesa durante el día 32 a 20 metros de profundidad (Intensificación)	96
Fig. 52a.	Vectores de corriente promedio en bahía Inglesa durante el día 40 a 5 metros de profundidad (Relajación)	97
Fig. 52b.	Vectores de corriente promedio en bahía Inglesa durante el día 40 a 20 metros de profundidad (Relajación)	98
Fig. 53.	Relación entre la biomasa fitoplanctónica y Carbono orgánico a 10 m de profundidad en Bahía Guanaqueros entre 1998 y 2001.	100
Fig. 54.	Variación temporal de la temperatura y oxígeno disuelto a 10m de profundidad en Bahía Guanaqueros entre 1998 y 2001.	100
Fig. 55.	Abundancia de biomasa microalgal, integrando la columna de agua (0-15m) en Bahía Guanaqueros.	102
Fig. 56.	Porcentaje de abundancia de especies microalgales en bahía Guanaqueros por estaciones del año durante el 2006.	103
Fig. 57.	Porcentaje de abundancia de especies microalgales en bahía Guanaqueros por estaciones del año durante el 2007.	104
Fig. 58.	Carbono aportado por la biomasa microalgal en la columna de agua, en Bahía Guanaqueros.	105
Fig. 59.	Carbono por especies microalgales en bahía Guanaqueros por estaciones del año durante el 2006.	106
Fig. 60.	Energía aportada por la biomasa microalgal en la columna de agua, en Bahía Guanaqueros.	107

Fig. 61.	Abundancia de biomasa microalgal, integrando la columna de agua en Bahía Tongoy.	108
Fig. 62.	Abundancia por especies microalgales en Bahía Tongoy por estaciones del año durante el 2006.	109
Fig. 63.	Abundancia por especies microalgales en Bahía Tongoy por estaciones del año durante el 2007.	110
Fig. 64.	Carbono aportado por la biomasa microalgal en la columna de agua, en Bahía Tongoy.	111
Fig. 65.	Porcentaje de carbono aportado por especies microalgales en Bahía Tongoy por estaciones del año durante el 2006.	112
Fig. 66.	Porcentaje de carbono aportado por especies microalgales en Bahía Tongoy por estaciones del año durante el 2007	113
Fig. 67.	Abundancia de biomasa microalgal, integrando la columna de agua en Bahía Inglesa.	114
Fig. 68.	Porcentaje de abundancia de especies microalgales en bahía Inglesa por estaciones del año durante el 2006.	115
Fig. 69.	Porcentaje de abundancia de especies microalgales en Bahía Inglesa por estaciones del año durante el 2006.	116
Fig. 70.	Carbono aportado por la biomasa microalgal en la columna de agua, en Bahía Inglesa.	117
Fig. 71.	Porcentaje de carbono aportado por especies microalgales en Bahía Inglesa por estaciones del año durante el 2006.	118
Fig. 72.	Porcentaje de carbono aportado por especies microalgales en Bahía Inglesa por estaciones del año durante el 2006.	119
Fig. 73.	Distribución espacio-temporal de la temperatura en B Inglesa a los 0, 5 y 10m de profundidad, registrado a las 12 y 18h del 27-01-2007 y 10h del 28-01-2007.	121
Fig. 74.	Distribución espacio-temporal del O. D. en B Inglesa a los 0, 5 y 10m de profundidad, registrado a las 12 y 18h del 27-01-2007 y 10h del 28-01-2007.	122
Fig. 75.	Distribución espacio-temporal del % de saturación OD en B Inglesa a los 0, 5 y 10m de profundidad, registrado a las 12 y 18h del 27-01-2007y 10h del 28-01-2007	123
Fig. 76.	Distribución espacio-temporal del fitoplancton en B Inglesa a los 0, 5 y 10m de profundidad, registrado a las 12 y 18h del 27-01-2007 y 10h del 28-01-2007	124
Fig.77.	Distribución espacio-temporal del carbono fitoplanctónico en B Inglesa a los 0, 5 y 10m de profundidad, registrado a las 12 y 18h del 27-01 2007 y 10h del 28-01-2007	125
Fig. 78.	Distribución espacio-temporal del pH en B Inglesa a los 0, 5 y 10m de profundidad, registrado a las 12 y 18hs del 27-01-07 y a las 10hs del 28-01-2007	126
Fig. 79.	Oferta bruta de alimento en bahía Inglesa a 5 m de profundidad durante un periodo de intensificación de la surgencia (día 32)	127
Fig. 80.	Oferta bruta de alimento en bahía Inglesa a 10 m de profundidad durante un periodo de intensificación de la surgencia (día 32)	128

Fig. 81.	Oferta bruta de alimento en bahía Inglesa a 5 m de profundidad durante un periodo de relajación de la surgencia (día 40)	129
Fig. 82.	Oferta bruta de alimento en bahía Inglesa a 10 m de profundidad durante un periodo de relajación de la surgencia (día 40).	130
Fig. 83.	Oferta bruta de alimento en Bahía Tongoy y Guanaqueros a 5m de profundidad durante de intensificación de la surgencia (día 32)	131
Fig. 84.	Oferta bruta de alimento en Bahía Tongoy y Guanaqueros a 10m de profundidad durante de intensificación de la surgencia (día 32)	132
Fig. 85.	Oferta bruta de alimento en Bahía Tongoy a 5 m de profundidad durante un periodo de relajación de la surgencia (día 40)	133
Fig. 86.	Oferta bruta de alimento en Bahía Tongoy a 10m de profundidad durante un periodo de relajación de la surgencia (día 40)	134
Fig. 87.	Referencia de la ubicación de concesiones en Bahía Tongoy	135
Fig. 88.	Producción bianual (ton) en los años 2005-06 en Bahía Tongoy	136
Fig. 89.	Tasa de crecimiento (a) y error estándar (b) de semilla de ostión en Bahía Tongoy	137
Fig. 90.	a) Malla no estructurada de modelación y b) batimetría del dominio Tongoy-Guanaqueros.	139
Fig. 91.	a) Malla no estructurada de modelación y b) batimetría del dominio Inglesa.	139
Fig. 92.	Serie de tiempo del viento (m/s) y radiación solar (W/m ²).	140
Fig. 93.	Posición en las cuales se liberaron los derivadores (puntos rojos) en el dominio de la a) Tongoy-Guanaquero y b) Inglesa.	141
Fig. 94.	Patrón de circulación, temperatura y salinidad superficial bajo condiciones de a) inicio de surgencia, b) surgencia y c) relajación. Bahías Tongoy y Guanaqueros	143
Fig. 95.	Derivadores liberados a 5, 20, y 40 m de profundidad bajo una condición de a) inicio de surgencia, b) surgencia y c) relajación. Bahías Tongoy y Guanaqueros	144
Fig. 96.	Patrón de circulación, temperatura y salinidad superficial bajo condiciones de a) inicio de surgencia, b) surgencia y c) relajación. Bahía Inglesa	147
Fig. 97.	Derivadores liberados a 5, 20, y 40 m de profundidad bajo una condición de a) inicio de surgencia, b) surgencia y c) relajación. Bahía Inglesa	148
Fig. 98.	Balance energético tomando como volumen de control los distintos sistemas de cultivo.	156
Fig. 99.	Incremento en peso de las partes blandas en relación a la oferta de Alimento Fitoplanctónico (OF) a 0, 5, 10 y 15 m de profundidad del Ostión del norte	159

Fig. 100.	Incremento del peso del músculo aductor de Ostión del norte a diferentes profundidades en Bahía Tongoy (Moya 1998)	160
Fig. 101.	Dominio de modelación propuesto	162
Fig. 102.	Esquema de modelación planteado para determinar el alimento disponible para el Ostión del norte	163
Fig. 103.	Forzantes empleados en el modelo hidrodinámico y los resultados obtenidos en cada iteración.	164
Fig. 104.	Esquema de los ingresos al modelo NPZ, de las relaciones entre cada elemento del modelo y del alimento disponible para los ostiones.	164

TABLAS

Tabla I	Relación entre los sistemas de cultivos densidad y eficiencia (de Orellana 1999).	33
Tabla II	Parámetros fisiológicos de <i>Argopecten purpuratus</i> alimentados con <i>Isochrysis galbana</i> ver.Tiso	44
Tabla III	Parámetros fisiológicos de <i>Argopecten purpuratus</i> alimentados con <i>Skeletonema costatum</i> , <i>Chaetoceros didymus</i> <i>Stephanopixis turris</i> y <i>Akashiwo sanguinea</i>	45
Tabla IV	Eficiencia de los sistemas de cultivos usados por las empresas de cultivos en las bahías Tongoy, Guanaqueros e Inglesa. (de Orellana 1999)	155
Tabla V	Desembarco de Ostión del Norte (En toneladas)	168
Tabla VI	Flujo de Caja Incremental (En miles de pesos)	170

1 INTRODUCCIÓN

Argopecten purpuratus (Lamarck, 1819) se encuentra en bahías poco profundas, desde Paita, Perú (5°S, 81°O) a Valparaíso, Chile (33°S, 71°37'O), sin embargo los bancos naturales de esta especie, se distribuyen desde Bahía Sechura (5°35'S) a Bahía Tongoy (30°S), bahías generalmente abiertas hacia el norte. Las poblaciones más importantes en término de biomasa y productividad son las que se localizan en Bahía Sechura (5°35'S), Isla Lobos de Tierra (06°26'S) las Bahías Independencia (14°S), Mejillones (23° 25'S) y Tongoy (30°S). Poblaciones menores están localizadas en las bahías de Samanco (9°15'S), Tortugas (09°22'S) y en el norte del Perú y en las bahías de Arica (18° 30'S), Iquique (20° 11'S) e Inglesa (27° 07'S) en el norte de Chile; en todas estas áreas las mayores densidades se encuentran entre los 5 y 30 m de profundidad. (Vildoso & Chirichigno, 1956; Santa Cruz, 1977, 1981; Salazar, 1978; Alarcón & Wolf, 1991; Stotz & González, 1997; Navarro et al., 1991; Rubio et al., 1997; Wolff & Mendo, 2000; Uribe 2002) (Fig. 1.). Esta especie presenta una alta variabilidad genética, con un pronunciado polimorfismo de colores (blanco, amarillo, naranja, café y púrpura) (von Brand & Kajima, 1990). Estos morfos de colores están presentes en todas las poblaciones locales y su proporción puede variar entre las poblaciones de una bahía a otra (Vildoso & Chirichigno, 1956; Wolff & Garrido, 1991). Sin embargo, estudios de electroforesis no revelan diferencias significativas entre las poblaciones de Chile (Galleguillos & Troncoso, 1988). Al realizar la correlación inversa entre N_m y F_{ST} (Slatkin, 1985; Hartl & Clark, 1989) el flujo de larvas entre La Bahía La Arena (9°23'S) y Bahía Independencia es de 47 individuos por generación. Entre Arica y B. Tongoy el número de migrantes por generación es de 999999,0 número casi infinito, mientras que entre B. La Arena y las poblaciones de Chile, Arica y Tongoy es de 6,37 y 5,92 respectivamente. Bahía Independencia y Arica presentan 4,76 El valor de F_{ST} de 0.03, nos indica que un 3% de las diferencias están dadas entre las poblaciones y el 97% de las diferencias son entre las

poblaciones locales. Existe una baja distancia genética entre las poblaciones y alto flujo génico entre ellas (Uribe & von Brand datos no publicado)

Wolff & Mendo (2000), infieren que existe una sola metapoblación en esta región, ubicándose el centro de distribución de *A. purpuratus* en Bahía Independencia, con su extremo norte en bahía de Sechura y extremo sur en Bahía Tongoy. Las bahías donde habita *A. purpuratus* se caracterizan por una alta productividad, debido a frecuentes eventos de surgencia a lo largo de la costa chileno-peruana. Estas aguas subsuperficiales que emergen, son frías, con bajo contenido en oxígeno disuelto y alta concentración de nutrientes, generando en la capa fótica una alta biomasa fitoplanctónica, que es consumida por esta especie de pectínido (Olivares, 1988, 1989; Guillén et al., 1977; Mendo et al., 1989; Uribe & Blanco, 2001). En este ecosistema de surgencia, los parámetros que presentan una mayor variabilidad son la temperatura y oxígeno. La temperatura en Bahía Tongoy fluctúa entre los 11 y 21 °C, con una media de 15 °C (Uribe & Blanco, 2001), mientras que en Paita oscila entre los 14.2 y 25 °C con una media de 18.7 °C (Muck et al., 1989). El oxígeno disuelto a largo de la costa de Chile-Perú, presenta una variación de sus valores entre 1 - 11 mL/L. La salinidad en cambio, registra un rango de variación muy estrecho, entre 34.5 y 34.8 psu para las aguas de Bahía Tongoy (Uribe & Blanco, 2001) y entre 34.90 y 35.37 psu en bahía Independencia (Mendo et al., 1989, Yamashiro et al., 2001).

La salinidad es un parámetro ambiental muy importante en el control de la distribución de especies (Bernard, 1983), que influye en la actividad de alimentación y de respiración, y que puede afectar la respuesta funcional y estructural de los invertebrados marinos (Kinne, 1971). El efecto de la salinidad en bivalvos ha sido estudiado por Yamamoto (1956), Allen & Costello (1972), Bohle (1972), Gruffydd & Beaumont (1972), Culliney (1974), Davenport et al. (1975) Bayne et al. (1976), Gruffydd (1976), Shumway (1977), Paul (1980), Tettelbach & Rhodes (1981), Ventilla (1982), Maru (1985), Widdows (1985), Navarro (1988), Cragg & Crisp (1991). Navarro y González (1998), observaron en *Argopecten*

purpuratus que frente a una disminución de la salinidad, sus valvas permanecen parcialmente cerradas reduciendo su actividad de filtración, su consumo de oxígeno y su tasa de crecimiento.

Alarcón et al. (1991), detectan una variación latitudinal en el crecimiento de *A. purpuratus*, siendo más rápido en Perú, mientras que en Chile es más lento, pero de mayor talla asintótica y longevidad. Similar variación latitudinal presenta *Pecten maximus* en el hemisferio norte, registrando un mayor crecimiento en las poblaciones ubicadas hacia el sur, mientras que las del norte, presentan una mayor talla asintótica y longevidad (Dare & Edith, 1991; Acosta & Román, 1994). Los parámetros más importantes en el crecimiento de los pectínidos, es la temperatura y disponibilidad de alimento, tanto en su cantidad como calidad (Orensanz, 1986; Orensanz et al., 1991; Shumway et al., 1987) y además en la intensidad de la corriente que arrastraran estas partículas (Uribe & Blanco, 2001).

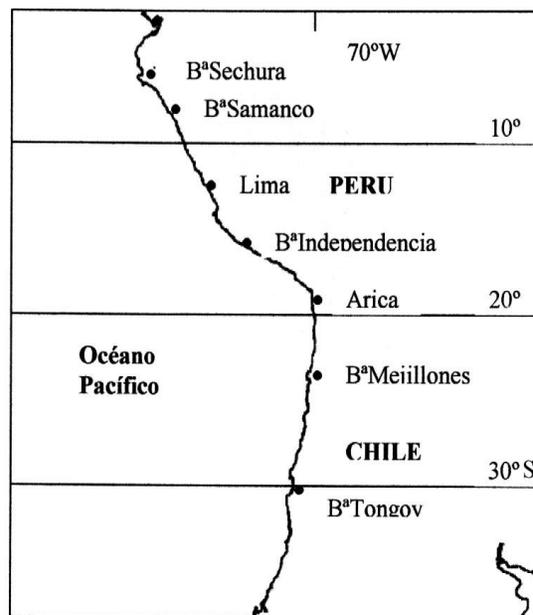


Fig. 1. Distribución de los principales bancos naturales de *A. purpuratus* en la costa de Chile – Perú.

El ostión del norte *Argopecten purpuratus* (Lamarck 1819), es un molusco bivalvo filtrador de plancton y detritus suspendido (Avila *et al.*, 1998), que se distribuye geográficamente desde Paita, Perú hasta Valparaíso, Chile (Sanzana, 1978; Alamo y Valdivieso, 1987), pero existen citas que lo sitúan en Corinto, Nicaragua (Grau, 1959; Uriarte *et al.*, 1996) y Panamá (Avendaño, 1993). Su mayor concentración demográfica se encuentra en las costas de Perú y en el norte de Chile (Pereira *et al.*, 1987; Peña, 2002), especialmente entre Antofagasta y Coquimbo (Avendaño y Cantillanez, 1996). Se han observado valvas antiguas en playas de Chiloé (Osorio y Bahamonde, 1968), existiendo algunas poblaciones asociadas a cultivos experimentales en el Golfo de Arauco y Calbuco en la zona sur de Chile (Avila *et al.*, 1998).

Este molusco se encuentra en bahías que poseen temperaturas que varían entre 12 y 20° C en el transcurso de año, fluctuaciones de oxígeno entre 1 a 5 ppm, salinidad de 34 ‰, corrientes no mayores a 10 m/min (Navarro *et al.*, 1991; Avendaño; 1993). Los niveles de profundidad varían entre 5 y 30 m y densidades de 1 a 37 ind/m² en Bahía Mejillones (Navarro *et al.*, 1991) y de 0,2 a 5 ind/m² en Bahía Tongoy (Illanes *et al.*, 1987)

En Chile, el Ostión del Norte ha sido explotado desde la época precolombina. Los registros oficiales de desembarque datan desde 1945 año en el cual se extrajeron 65 t. Entre los años 1946 y 1954, los desembarques fluctuaron entre 100 y 400 t (Avila *et al.*, 1994). La sobreexplotación de este recurso e indirectamente la explotación clandestina de los bancos naturales disminuyó significativamente la población (Wolff y Alarcón, 1993; Avila *et al.*, 1994; Avendaño y Cantillanes, 1997), por lo cual se estableció una veda indefinida desde Arica a Valparaíso (D.S. N° 87 del 15 de enero de 1958), siendo modificada en 1976, 1978, 1981, 1983, 1985 (para permitir su extracción temporal), 1986 año en el cual se decreta un periodo de veda total por dos años (Avila *et al.*, 1994; 1998) y en 1988 el cierre total para la extracción, hasta el año 2000 (Stotz, 2000), siendo el

último el DS N° 411/02 del 5 de Junio de 2002 que prohíbe la extracción hasta Junio de 2007 (Sernapesca, 2007).

Como consecuencia de la presión extractiva, en 1977 comienzan las investigaciones sobre el cultivo de Ostión del Norte desarrollándose los primeros estudios reproductivos (Sanzana, 1978), de desarrollo larval (Padilla, 1979) y de captación natural (Hogg, 1977; Bustos 1978). En 1981, la Universidad Católica del Norte con el apoyo de *Japan Internacional Cooperation Agency* (JICA) y la Subsecretaria de Pesca, comienza estudios para determinar la factibilidad de obtener larvas por captación natural (Pereira *et al.*; 1987) y desarrollo del cultivo de ostión en ambiente natural (Akaboshi e Illanes, 1983; Avila *et al.*, 1994) obteniendo auspiciosos resultados que permitirán el desarrollo de esta actividad. Simultáneamente, en 1982, el Servicio Nacional de Pesca con el apoyo de *Overseas Fishery Cooperation Foundation* (OFCF), inician un proyecto para adaptar y transferir la tecnología de cultivo utilizada en el ostión japonés *Patinopecten yessoensis* con el propósito de emplearla en el repoblamiento de *A. purpuratus* en Bahía Tongoy (Avila *et al.*, 1994). Estas investigaciones permitieron obtener grandes logros en el cultivo de esta especie, además de generar algunos conocimientos básicos sobre biología, reproducción y cultivo larval (Sanzana, 1978, Padilla, 1979) crecimiento y captación en ambiente natural (How, 1977; Bustos , 1978; Akaboshi e Illanes, 1982) y cultivo (DiSalvo *et al.*, 1984; Avendaño, 1984; Avendaño y Bariles, 1986; Illanes *et al.*, 1985; Pereira *et al.*, 1987), permitiendo que en 1984 comenzara la producción comercial de este recurso en centros de cultivo. Sin embargo, estos centros, captaban las semillas del ambiente natural, por lo que el abastecimiento era inestable por su fuerte dependencia de las condiciones ambientales (Avendaño, 1993; Avila *et al.*, 1994). En 1985, a través de una donación del Gobierno de Japón, se construye e implementa el Centro Costero de Acuicultura e Investigaciones Marinas de la Universidad Católica del Norte (UCN), permitiendo el desarrollo de proyectos y nuevas tecnologías para la producción de larvas en ambiente controlado, sin embargo, existen deficiencias en la producción de post-larvas viables (Avila *et al.*, 1994;

Uriarte *et al.*, 2001). En 1986, el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) y la UCN comienzan el estudio “Repoblamiento de recursos bentónicos, área piloto IV Región”. Este proyecto, en su primera fase permitió avanzar sustancialmente en lo referido a la producción de post-larvas y generó las bases biológicas para una tecnología de repoblación (Avila *et al.*, 1994). Estos avances y la continua renovación de las vedas permitieron que el sector privado invirtiera en esta actividad, existiendo en 1989 veintiséis centros de cultivo y 6 *hatcheries* en operación (Illanes, 1990; Uriarte *et al.*, 2001).

En la década de los 90, la Universidad Austral y el Centro Tecnológico de Putemún dependiente de IFOP, comienzan la producción de juveniles con el propósito de diversificar la acuicultura de moluscos de la X Región (Avila *et al.*, 1994; Vega *et al.*, 1994; Uriarte *et al.*, 2001). El número de centros operativos se incrementa a treinta y existen doce *hatcheries* para la producción de semillas. Los principales centros de cultivo se localizan en la IV Región (Bahía Tongoy y Bahía Guanaqueros), III Región (Bahía Inglesa) y en menor grado en la X Región (Chiloé y Puerto Montt) (Uriarte *et al.*, 2001).

En la Actualidad, esta industria ha mostrado un notable crecimiento en sus exportaciones, lo que ha incrementado sus niveles de producción y ha permitido la diversificación de sus productos en especial por los centros de cultivos de la III y IV Regiones. Cabe señalar que los cultivos en la X región no se han desarrollado por debido a la baja salinidad (<32 psu) que es una barrera para el crecimiento de esta especie (Navarro y González 1998 y Uribe 2002) Sin embargo, esta vigorosa actividad de cultivo ha generado una gran preocupación en las autoridades locales, debido al escaso conocimiento que se tiene de los cuerpos de agua y de las condiciones ambientales donde se desarrollan los cultivos. Por esta razón, la Subsecretaría de Pesca a través del Fondo de Investigación Pesquera (FIP) ha financiado algunos estudios para diseñar modelos y metodologías orientadas a conocer la capacidad de una Bahía para soportar un cultivo industrial de *A. purpuratus*, sin provocar una alteración del medio ambiente (Uribe et al. 1995).

Durante estos últimos años la exportación de ostión del Norte se ha mantenido en los niveles históricos.

1.1 PRODUCCION

Chile ha exportado 2.148,5 ton durante el año 2007, con 2.052,7 ton como producto congelado y le sigue 81,7 ton como fresco-refrigerado (Fig. 2)



Fig. 2. Exportación nacional de Ostión del Norte

Del producto congelado se exporta a 18 países, siendo Francia el principal comprador con 1.653,8 ton (Fig. 3)

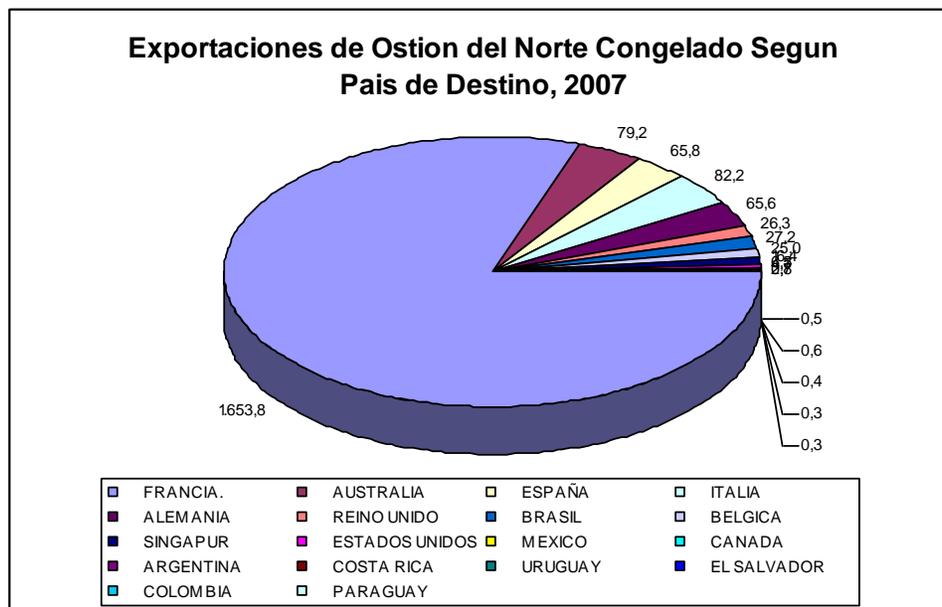


Fig. 3. Exportación de Ostión del Norte congelado según países.

El producto fresco enfriado se exporta solo a 4 países, siendo nuevamente Francia el principal comprador con 73,8 ton. (Fig. 4).

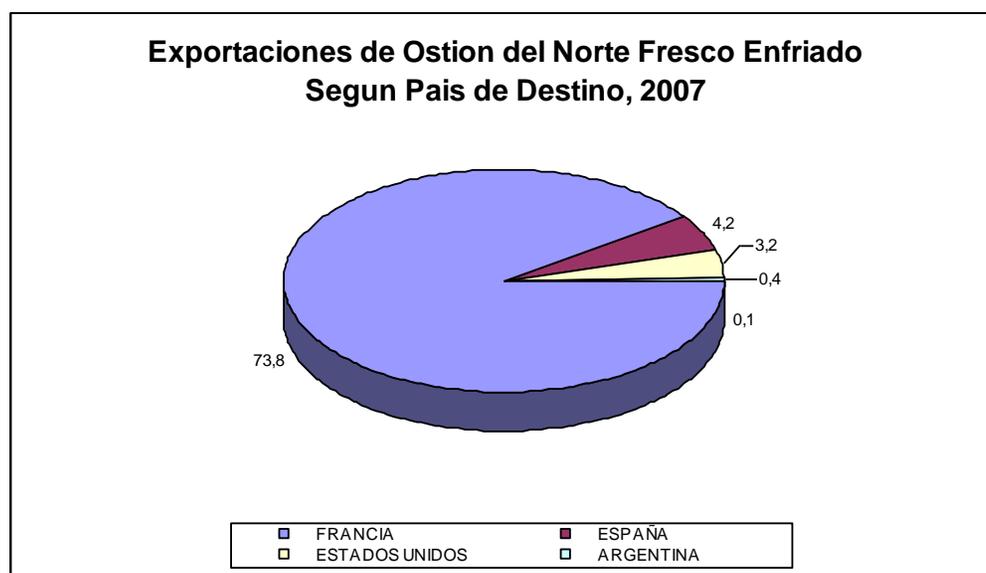


Fig. 4. Exportación de Ostión del Norte fresco enfriado

Esta producción de ostiones provienen principalmente de las regiones de Coquimbo y de Atacama, donde la Pesquera San José S.A. y Compañía Pesquera Camanchaca S.A. son la principales exportadores de producto congelado, con 658,6 ton y 636,7 ton respectivamente (Fig. 5)

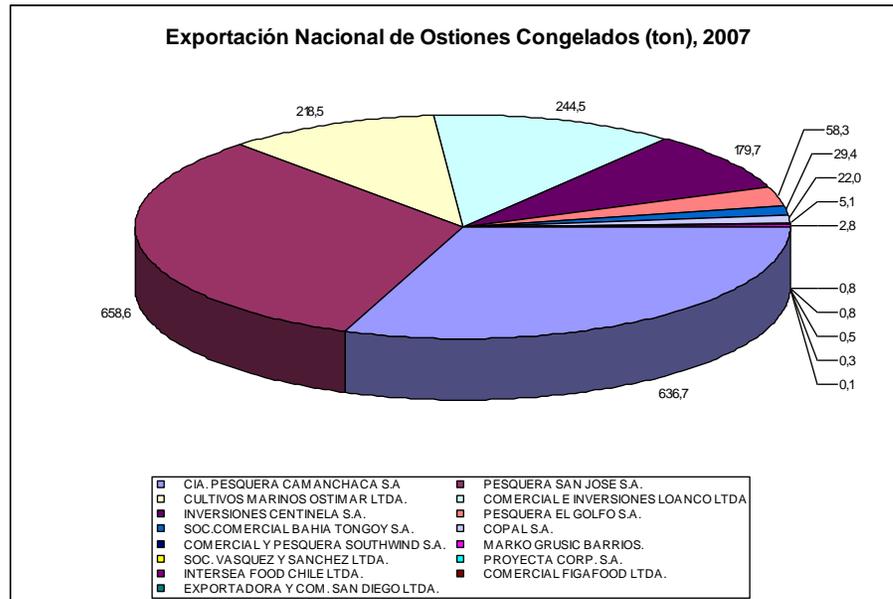


Fig. 5. Exportación nacional de Ostiones congelados por empresas

Con respecto al producto fresco refrigerado vuelve a ser la Pesquera San José S.A. la principal exportadora con 31 ton y se sigue Comercial Figafood Ltda. con 24,7 ton (Fig. 6)

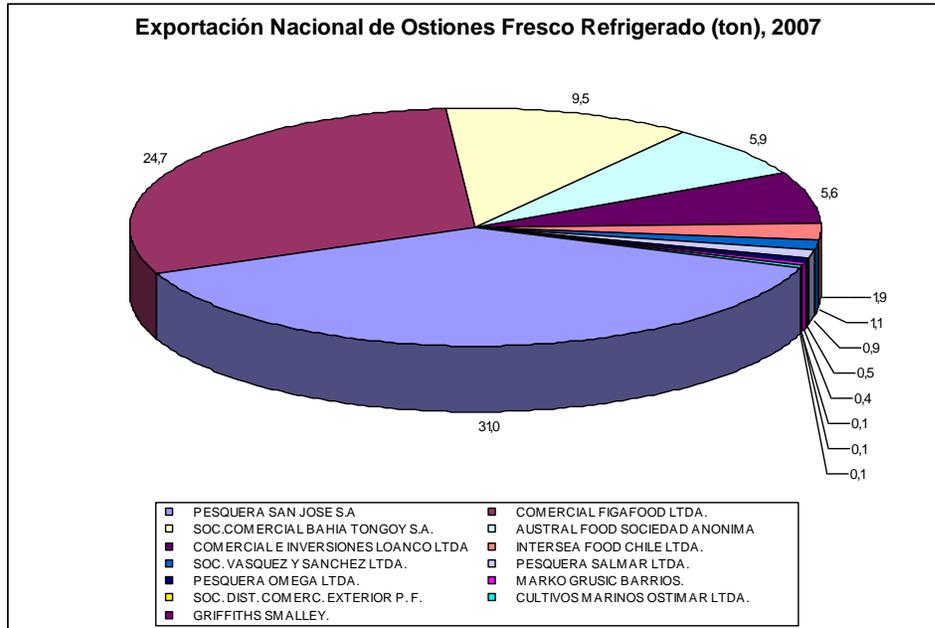


Fig. 6. Exportación Nacional de Ostiones fresco refrigerado por empresa

2 REVISION BIBLIOGRAFICA

En los últimos años, la producción mundial de pectínidos se ha incrementado de manera espectacular y el interés por mejorar la producción ha suscitado el desarrollo de numerosas publicaciones. Sin embargo, inicialmente y en la mayoría de las especies, se descuidaron muchos aspectos básicos de biología. Desafortunadamente muchos de ellos que ya han sido investigados están en proceso de publicación o se encuentran en tesis o informes internos de difícil acceso.

2.1 BIOLOGIA

2.1.1 Taxonomía

De acuerdo a Peña (2001), la posición sistemática de *Argopecten purpuratus* esta basada en las descripciones de Boss (1982) y Morse y Zardus (1997) y las referencias de Rombouts (1991) y Navarro-Piquimil *et al* (1991).

Phylum	:	Mollusca
Clase	:	Bivalvia
Subclase	:	Pteriomorphia
Superorden	:	Eupteriomorphia
Orden	:	Ostreoida
Suborden	:	Pectinina
Superfamilia	:	Pectinacea (Rafinesque 1815)
Familia	:	Pectinidae (Rafinesque 1815)
Genero	:	<i>Argopecten</i> (Monterosato 1889)
Especie	:	<i>Argopecten purpuratus</i> (Lamarck 1819)

De acuerdo a la bibliografía existente y su clasificación taxonómica (Grau, 1959; Osorio y Bahamonde, 1968 y 1970; Hancock, 1969; Waller, 1969; Marincovich, 1973; Sanzana, 1978), esta especie ha tenido numerosas denominaciones desde Larmarck 1819, hasta Waller, 1969.

2.1.2 Sinonimia

Pecten purpuratus (Lamarck, 1819)
Pecten (Plagioctenium) pupuratus (Hertlein, 1925)
Pecten (Aequipecten) purpuratus (Grant & Gale, 1931)
Chlamys (Plagioctenium) pupuratus (Bavay, 1936)
Plagioctenium pupuratum (Soot-Ryen, 1959)
Chlamys (Argopecten) pupurata (Grau, 1959)
Aequipecten (Plagioctenium) pupuratus (Olsson, 1961)
Chlamys (Aequipecten) pupurata (Herm, 1969)
Argopecten purpuratus Waller, 1969.

2.1.3 Anatomía Externa

2.1.3.1 Diagnosis

Las descripciones de las valvas externas, se complementan con antecedentes bibliográficos (Valvas: Lamarck, 1819, Grau, 1959; Osorio & Bahamonde, 1968; Waller, 1969; Sanzana, 1978; Peña, 2001).

Descripción: Concha grande, sólida, circular, con valvas subiguales, ambas convexas, la izquierda más que la derecha, es mas larga que alta (Relación: Altura/Longitud= $0,906 \pm 0,004$), con altura máxima de 160 mm (DiSalvo, 1984; Peña, 2001) Poseen costillas que irradian desde el umbo en número variable, 22 a 29 por valva. Equilateral, orejas casi iguales, las anteriores 1.02 – 1.21 veces más largas que las posteriores. Oreja anterior de la valva derecha con 4 –5 costillas y la izquierda con 5 – 8 costillas. Orejas posteriores de ambas valvas con 6 – 9 costillas. Escotadura bisal amplia y profunda, con un ctenolium formado por 4 – 5 dientes. Umbos ortogiros (Fig. 7). Angulo superior de 116 a 121°. Contorno circular. Periostraco opaco. Coloración externa muy variada que va desde el blanco al marrón, pasando por tonalidades de amarillo, anaranjado, rozado y púrpura que ha

caracterizado la especie. Muchas veces estos colores se distribuyen irregularmente y en las líneas concéntricas de crecimiento generalmente cambian de tonalidades y ocasionalmente de colores. La coloración interna de las valvas, son de un blanco reluciente con bandas concéntricas de colores, generalmente marrón y púrpuras (Avila et al., 1994; Peña, 2001).

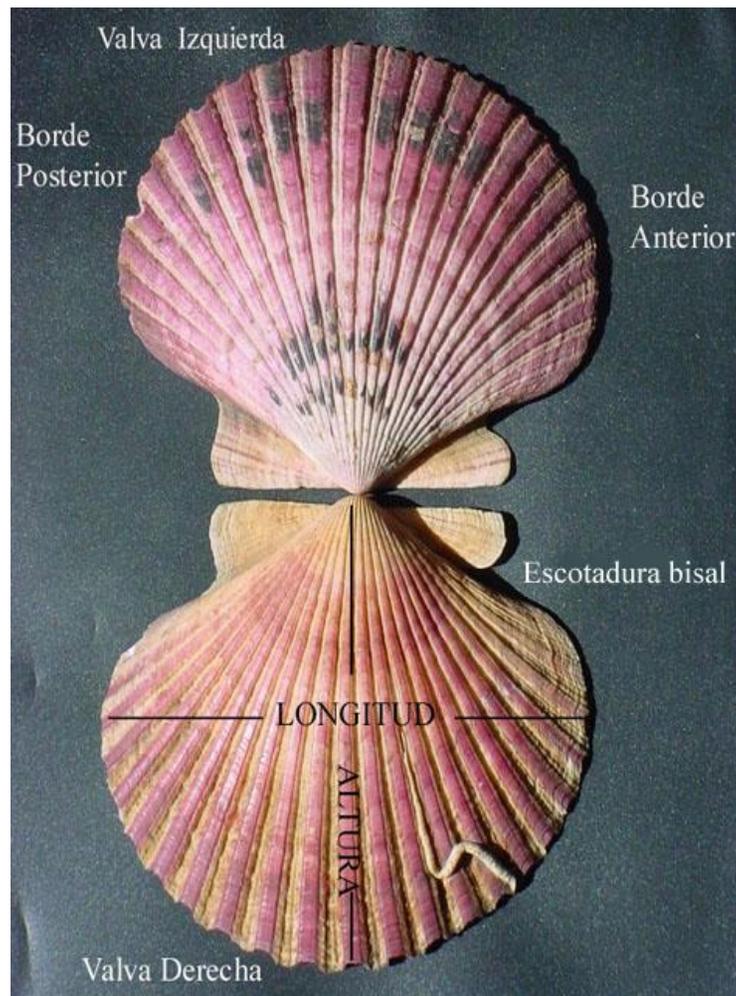


Fig. 7. Anatomía externa del ostión del norte (*Argopecten purpuratus*).

2.1.4 Anatomía interna

Las características internas que más sobresalen en relación con el resto de los bivalvos son el músculo y la gónada (Avila *et al.*, 1994). El músculo aductor es muy desarrollado y esta compuesto de dos partes, la porción anterior encargada de contraer rápidamente las valvas (porción motora que da impulso en la natación) y la parte posterior que se encarga de mantener cerrada las valvas (Fig. 8).

La gónada es una estructura unida a la masa visceral en torno al músculo aductor, en la que se distingue una porción proximal que corresponde a la parte masculina de color cremoso en estado maduro y la parte distal corresponde a la femenina de color anaranjado en similar condición. Esta, rodea parte del tubo digestivo, y está formada por numerosos canales terminados en una fina trama de folículos no presenta papila genital diferenciada, y los gonoductos se abren en la parte superior del saco renal, evacuándose los productos genitales a través del riñón, saliendo a la cavidad paleal por el orificio urinario (Pérez y Román, 1987; Avila *et al.*, 1994).

El manto es delgado, transparente, surcado de nervios y vasos sanguíneos, rodeado a las paredes blandas constituyendo la cavidad paleal. La región marginal del manto es gruesa, bien pigmentado con numerosos tentáculos y ócelos pequeños de color verde brillante. El manto es de gran importancia en la respiración y formación de la concha (Jara, 2000).

El pie es pequeño y cilíndrico, se encuentra atrofiado pues esta especie no se entierra en la arena, en el pie se encuentra ubicada la glándula del biso, que cumple un rol importante en la etapa juvenil mientras vive sujeto en un sustrato (Yaryes, 1986).

El aparato respiratorio está compuesto por branquias que producen corrientes en el agua, cumpliendo una función importante en la captura del

alimento. El aparato digestivo, esta formado por la boca rodeada por los palpos labiales, posee un corto esófago el cual se estrecha al conectarse con el estomago que es de forma ramificada, con pliegues. Continúa con el intestino enrollado sobre si mismo, el recto pasa por el pericardio atravesando el ventrículo, rodeando el estomago se encuentra el glándula digestiva o hepatopáncreas (Yaryes, 1986).

El sistema circulatorio posee el corazón en la cavidad pericárdica. Comprende un ventrículo musculoso que impulsa la sangre y dos aurículas. Los órganos sensoriales están ubicados principalmente en el borde del manto y el pie (Yaryes, 1986)

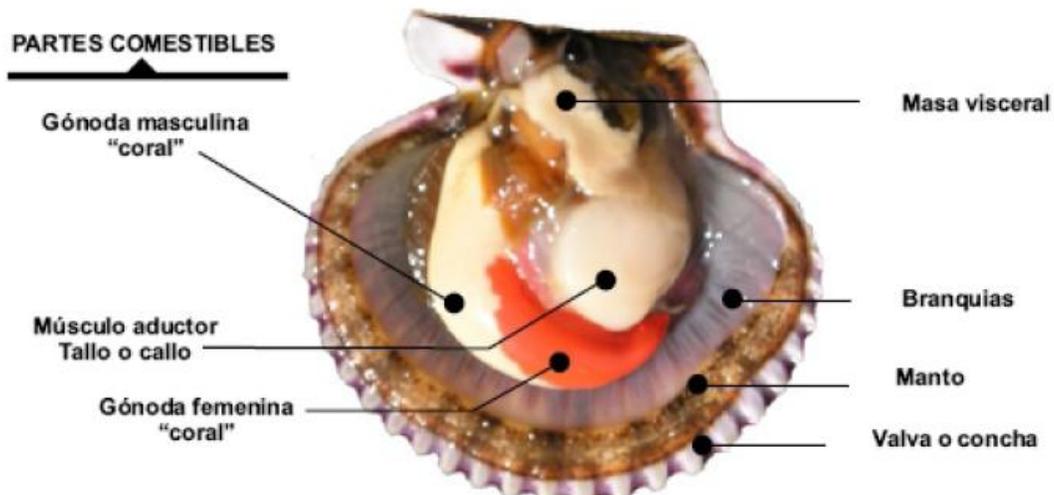


Fig. 8. Anatomía Interna del ostión del Norte (*Argopecten purpuratus*)

2.1.5 Reproducción

2.1.5.1 Estructura gonadal

Los pectínidos, diferencia de otros grupos de moluscos son en su gran mayoría hermafrodita funcional tiene ambos sexos, los que se encuentran representados por las gónadas o coral y estos contienen a los gametos (♀: óvulo, color naranja y ♂: esperma, color crema); son fáciles de identificar y se encuentran rodeando al músculo (Román et al., 2001).

La gónada es una glándula acinosa con forma de racimo cubierta externamente por un tegumento relativamente plegado que en ocasiones se infiltra hacia el interior en forma de travéculas intersticiales, su estructura esta formada por conductos evacuadores, gonoductos, vasos sanguíneos, fibras musculares y la atraviesa parte del intestino. La parte masculina de la gónada, de color blanquecino, esta en la zona proximal y la femenina de color anaranjado en la distal. El tegumento se compone de un epitelio externo, una lámina basal y un tejido conjuntivo denominado sub-epitelial perigonádico. El epitelio externo es, en algunas zonas simple y cúbico y en otras pseudoestratificado (Pazos, 1993) Tiene tres tipos de células con microvellosidades, ciliadas y mucositas. El tejido sub-epitelial perigonádico contiene principalmente fibras de colágeno y algunas fibras musculares lisas, con cuatro tipos de células: fibroblastos, células nerviosas, células musculares y hemocitos, ubicados en los senos hemolinfáticos que atraviesan el tejido conjuntivo perigonádico a lo largo de las travéculas intersticiales y en la periferia de los gonoductos e intestino. Los folículos tienen forma de bulbo y están delimitados por un tejido conjuntivo intersticial cuyo aspecto depende de la fase del ciclo sexual en que se encuentran, en sus paredes pueden apreciarse las células germinales primarias y en el lumen se encuentran las células sexuales en diferentes estados de desarrollo, además pueden encontrarse algunos hemocitos que actúan como macrófagos. Los folículos se comunican con el exterior mediante los gonoductos (conductos evacuadores),

formados por epitelio prismático simple que reposa sobre una lamina basal y presenta dos tipos de células: ciliadas y mucositas. Los gonoductos se van uniendo para dar lugar a dos conductos principales que desembocan en los riñones. Los gametos salen a la cavidad paleal a través del poro urogenital (Pérez y Román, 1987; Avendaño, 1993; Avila *et al.*, 1994; Román *et al.*, 2001).

2.1.5.2 Ciclo gametogenetico

El ciclo gametogénico, esta constituido por varias fases, en el se incluyen periodos de reposo en la actividad reproductiva, periodos de diferenciación celular, de crecimiento citoplasmático, de vitelogénesis (maduración), de puesta liberación de los gametos al medio ambiente y de reabsorción de los restos de gametos que no se han liberado en la puestas (Sastry, 1970; Pérez y Román, 1987; Barber y Blake, 1991; Román *et al.*, 2001). En algunas ocasiones, se incluyen los procesos de fecundación, embriogenesis y desarrollo larvario (Román *et al.*, 2001).

2.1.5.3 Ovogénesis

En los pectinidos, al igual que en otros moluscos, la meiosis de los ovocitos no tiene lugar hasta después del proceso de fertilización en el medio marino (Longo, 1983). Los gametos se desarrollan durante la primera metafase de la meiosis, completándose después de la fertilización (Beninger y Le Penec, 1991). Según Román *et al.* (2001), la ovogénesis se divide en tres estadios:

- **Estadio Premeiótico:** Las células madres que se encuentran en las paredes foliculares, dan origen por mitosis a las ovogonias primarias, que son células alargadas, que poseen un núcleo con cromatina condensada en pequeños cúmulos, en algunas ocasiones es visible el nucleolo. En el citoplasma pueden ser visibles las mitocondrias y el retículo endoplasmático. Estas células por mitosis, dan origen a las ovogonias secundarias de similar aspecto a sus progenitoras.

- Estadio Previtelogenético: Las ovogonias entran a la primera profase de la meiosis dando origen a ovocitos previtelogeneticos. En *Argopecten purpuratus*, estos se caracterizan por presentar un núcleo de aspecto condensado en su interior, donde además se puede identificar claramente el nucleolo (Avendaño, 1993). Durante este estadio el núcleo y el citoplasma del ovocitos aumenta de volumen, ocurren las etapas de leptoteno (desaparece el nucleolo), zigoteno y paquiteno, durante el diploteno, reaparece el nucleolo, se forman extrusiones nucleares de ribonucleoproteínas y las células auxiliares emigran desde los folículos para unirse a los ovocitos.
- Estadio Vitelogenético: Los ovocitos provenientes de la etapa de diploteno comienzan la vitelogenesis (Dorange, 1989) y su tamaño aumenta alcanzando su maduración. Cuando la gónada esta madura, los ovocitos tienen forma poliédrica y poseen una membrana vitelina separada ligeramente de la membrana plasmática. En el citoplasma se almacenan una serie de inclusiones tipo I como granos de secreción proteicos que darán origen a los gránulos corticales que participan en la síntesis de la membrana de fecundación. Inclusiones tipo II de naturaleza lipídica. Inclusiones tipo III de glucoproteínas e inclusiones de tipo IV (partículas de glucógeno). Además son visibles mitocondrias, vesículas del retículo endoplasmático liso y ribosomas. En *Argopecten purpuratus*, al inicio de la vitelogenesis, estos todavía se encuentran adheridos al tejido conjuntivo del acino, presentan en el citoplasma gránulos corticales y un núcleo con un voluminoso nucleolo. Al término de este proceso, el citoplasma presenta gránulos corticales y vitelinos, el núcleo se presenta con contornos irregulares y en su interior podemos observar cromatina. La envoltura vitelina presenta en su interior microflagelos en contacto con microvellosidades (Avendaño, 1993).

- **Atresia ovocitaria:** Estos procesos son comunes en los pectínidos (Motavkine y Varaksine, 1983; Dorange y Le Pennec 1989). Este proceso atribuido fundamentalmente a la liberación de enzimas hidrolíticas, ocurre en la maduración sexual al final de la gametogénesis, pero en algunas ocasiones ovocitos previtelogénicos puede verse afectado por este proceso. Los restos celulares producidos por la degeneración de las células germinales pueden ser eliminados por los gonoductos o ser reabsorbidos in situ por los hemocitos (especialmente tipo II ó macrófagos abundantes en periodos de atresia o después del desove), células auxiliares (reabsorción de inclusiones lisosomales) y los epitelios de los gonoductos (reabsorción por endocitosis, presencia de microvellosidades y enzimas hidrolíticas y de transferencia). Además, Lubet et al., 1987, sugiere que una fracción de los ovocitos atrésicos puede ser reabsorbida mediante el proceso de alimentación.

2.1.5.4 Espermatogénesis

Los gametos en desarrollo se encuentran agrupados en folículos, que dan origen a tres tipos de células:

- **Células madre:** núcleo granulado y nucleolo en forma oval
- **Espermatogonias** (originadas por mitosis de las células madre por medio de mitosis), existen dos tipos: Las primarias y son las células de mayor tamaño de toda la línea germinal masculina, están adheridas y acostadas en sentido longitudinal sobre la lámina basal del tejido conjuntivo intersticial. Tienen un núcleo oval o redondeado con cúmulos dispersos de cromatina y con la presencia de uno o dos nucléolos. En el citoplasma poseen numerosas mitocondrias, el retículo endoplasmático rugoso tiene una localización perinuclear. Las secundarias, de menor tamaño que las primarias por reducción de su citoplasma, son muy numerosas al comienzo

de la época de madurez sexual. Su núcleo es oval o redondeado y presenta un único nucléolo. En *A. purpuratus* las espermatogonias primarias y secundarias son las células más grandes que se observan en las paredes de los acinos del testículo. Se caracterizan por presentar un gran núcleo en el que se pueden observar algunas vacuolas, y el citoplasma se muestra reducido (Avendaño, 1993).

- Células auxiliares: células somáticas polimórficas con una estructura celular muy variable que no pertenecen a la línea germinal pero que intervienen también en el proceso de la espermatogénesis, están adheridas a la membrana basal del tejido conjuntivo. Dorange, 1989, cree que estas células son las que se observan cuando las gónadas están prácticamente vacías (períodos vegetativos o de reposo sexual) y son visibles en la periferia de los folículos, adosadas a la membrana basal del tejido conjuntivo, intersticial. En *A. purpuratus*, estas son células que acompañan el desarrollo de las espermatogonias, y se caracterizan por presentar un gran núcleo, y prolongaciones citoplasmáticas que infiltran a estas últimas, durante su desarrollo (Avendaño, 1993).

Las espermatogonias secundarias se convierten en espermatocitos, estos se separan de la pared del folículo y su tamaño es menor que el de las células que les dan origen. Los espermatocitos primarios al realizar la primera división meiótica pueden ser clasificados en tres tipos en función de su forma celular, la morfología del núcleo (forma, tamaño y grado de condensación de la cromatina) (Dorange 1989). En *A. purpuratus* se caracterizan por presentar una red de cromatina reticulosa en su núcleo (Avendaño, 1993). La primera división meiótica de estas células da origen a los espermatocitos secundarios, la identificación de estas células es normalmente difícil debido a que se transforman rápidamente en espermatidas, tienen forma poligonal y son visibles por la tinción intensa de la cromatina condensada en el centro de la célula. La segunda división meiótica, da origen a las espermatidas jóvenes, estas tienen forma redondeada algo irregular,

su núcleo es relativamente esférico con cromatina moderadamente condensada y ocupa casi todo el espacio celular, el organelo más visible del citoplasma es una prominente vacuola. En *A. purpuratus*, las espermatidas, son células de menor tamaño que los espermatocitos y que muestran un contorno más o menos redondeado, pero de forma irregular (Avendaño, 1993).

Según Dorange 1989, las espermatidas durante su proceso de diferenciación a espermatozoides, sufren una serie de cambios. El núcleo cambia su forma redondeada a troncocónica y la cromatina granular se condensa en la periferia. El centriolo distal durante este proceso de diferenciación, da origen a un flagelo caudal rudimentario. Cuando el flagelo está parcialmente sintetizado, las mitocondrias, que al principio del proceso estaban diseminadas alrededor del núcleo, se reagrupan formando un collar en la zona pericentriolar, que será el futuro polo basal de la espermatida, fusionándose para formar cuatro esferas mitocondriales, también se forma la vesícula acrosomal cuyo origen probablemente sea el sistema de Golgi. Posteriormente, esta estructura emigra hacia el polo apical de la espermatida adquiriendo una estructura cónica. Al término de la diferenciación, la cromatina se condensa y el citoplasma restante es eliminado. El espermatozoide tiene una cabeza con forma de bala, piriforme, coronada por un acrosoma corto de forma cónica. La sección intermedia es reducida, con cuatro esferas mitocondriales, su longitud total es de 45-50 μm . La cabeza tiene una longitud de 3,5 μm desde la punta del acrosoma hasta la base de la sección intermedia. El flagelo mide 45 μm y tiene una estructura de nueve pares de microtúbulos periféricos y uno central (estructura 9+1), en cuyo extremo posee una zona de un diámetro menor con una longitud aproximada de 6 μm . Los espermatozoides se disponen de forma radial en el interior de los folículos, con sus flagelos orientados hacia la luz del folículo (Masón 1958; Dorange 1989, Dorange y Le Pennec 1989b). En *A. purpuratus*, los espermatozoos, son células que se presentan con una cabeza piriforme, y con un acrosoma de forma cónica. Los contornos nucleares se unen a cuatro mitocondrias de la pieza

intermedia, y el flagelo presenta nueve microtubos periféricos y uno central (Avendaño, 1993).

2.1.6 Registro del Índice Gonadosomático (IGS).

Para asegurar el éxito de la captación de larvas de ostión en los colectores y garantizar la producción de semillas para el desarrollo del cultivo, las empresas ostioneras realizan un riguroso control de la variabilidad del Índice Gonadosomático (IGS) de esta especie, el cual que se cultiva en la columna de agua. El IGS tiene una variación en 8% donde su gónada está completamente vacía y 30% donde se considera un ejemplar muy maduro. Cuando los valores del IGS caen en pocos días desde 20 a 10% se considera un desove espontáneo, originado por un estrés como respuestas a bruscos cambios de los parámetros físicos o químicos en la columna de agua, generalmente como producto de un evento de surgencia (Uribe 2002) (Fig. 9 y 10).

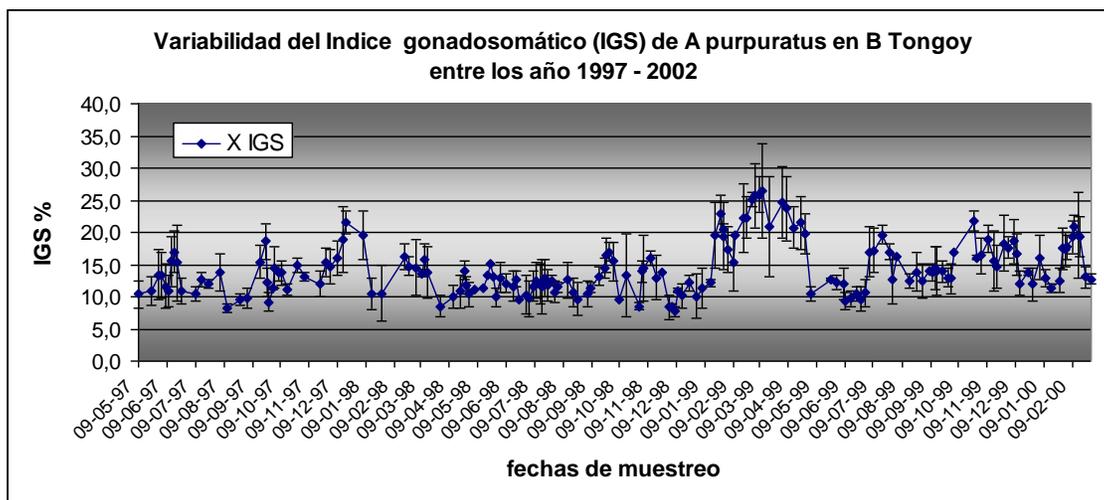


Fig. 9. Variabilidad del Índice gonadosomático (IGS) de *A. purpuratus* en Bahía Tongoy entre 1997 y 2002

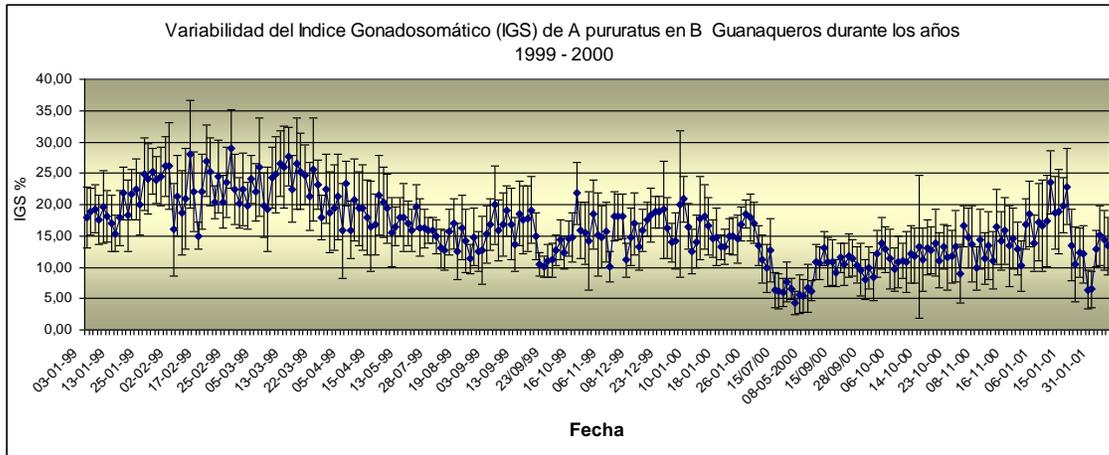


Fig. 10. Variabilidad del Índice gonadosomático (IGS) de *A. purpuratus* en Bahía Guanaqueros entre 1999 y 2001

Cabe señalar la caída de los valores del IGS, indica el momento del desove de esta especie de pectínido, y pérdida en peso de este organismo. Esta información es de mucha utilidad para las empresas ostionera de Bahía Tongoy, B. Guanqueros e B. Inglesa, para la toma de decisiones de cosecha o no de este recurso, ya que un ejemplar maduro presenta su gónada puede pesar un 80% más o que un ejemplar desovado de la misma talla, como se puede ver en figura 11.

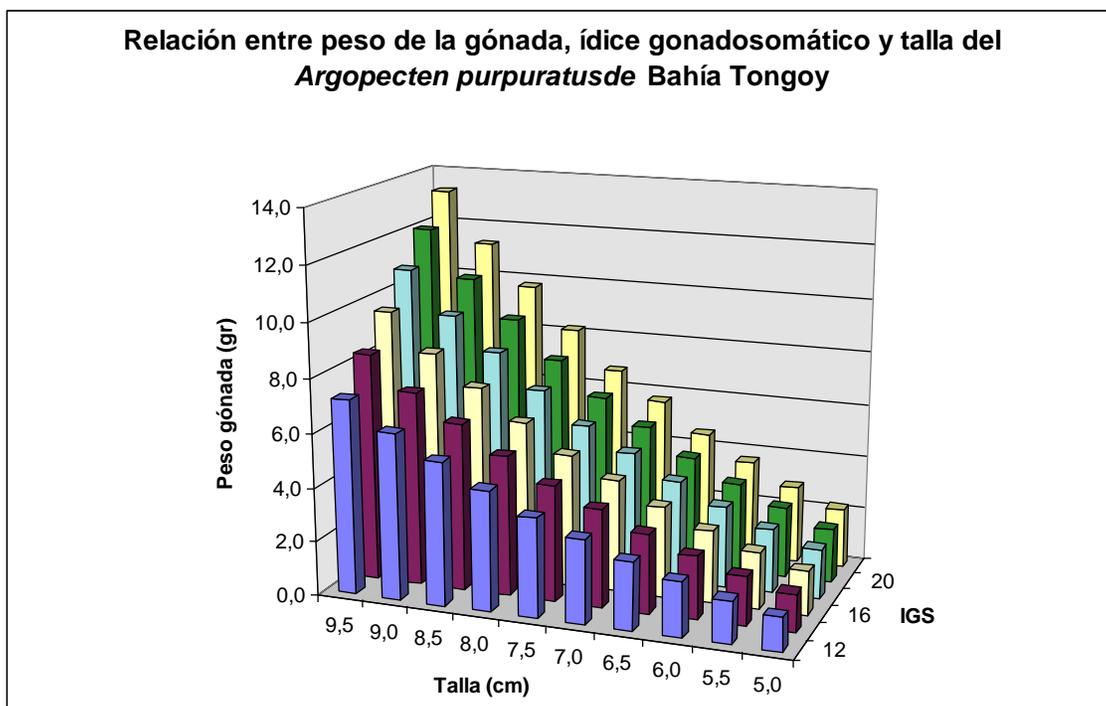


Fig. 11. Relación entre el peso de la gónada, IGS y talla de *A. purpuratus* en Bahía Tongoy.

Después de la fecundación de los ovocitos por los espermias, el desarrollo embrionario dura entre 36 a 48 h, mientras que el desarrollo larval puede demorar entre 15 a 23 días hasta llegar a larva D de una talla en longitud de 90-95 μm . Una vez que la media de la población larval alcance los 190 μm , se calan los colectores. Estos sistemas pueden estar en la columna de agua entre 90 a 160 días en Bahía Tongoy, después de haber cumplido este tiempo se procede a cosechar la semilla, la cual presenta una talla promedio entre 8 y 20 mm y con una densidad por bolsa que van desde los 100 a 1000 ejemplares, densidades que van a depender de la cantidad de post-larvas fijadas en los colectores y del alimento disponible en el sector.

2.1.6.1 Desove y desarrollo larvario

Una vez alcanzada la maduración, los pectínidos, como *Argopecten purpuratus*, liberan sus gametos en el agua de mar donde se produce la

fecundación (Román *et al.*, 2001; Illanes, 1990). Estos organismos, son hermafroditas funcionales y normalmente emiten los gametos masculinos antes que los femeninos (Gruffydd y Beaumont, 1970; DiSalvo *et al.*, 1984; Meneses, 1987; Pérez, 2002). En muchas ocasiones ocurren dos o tres emisiones de gametos en un período de tiempo muy corto (Dorange 1989). El potencial de desove de los ostiones es extremadamente alto, ya que Individuos con talla entre 40 a 60 mm pueden producir entre $1 \cdot 10^6$ a $10 \cdot 10^6$ óvulos, individuos con tallas superiores anteriores pueden producir entre $8 \cdot 10^6$ y $30 \cdot 10^6$ óvulos (Meneses, 1987). Durante el desove los huevos y espermios son sacados de los folículos por contracción de las fibras musculares de la gónada y distribuidos a conductos ciliados. El material gonádico se deposita en los riñones y posteriormente en la cavidad del manto. La expulsión de los espermios es llevada a cabo por imperceptibles valveos, no así la expulsión de los óvulos, la cual se efectúa con movimientos bruscos (Meneses, 1987; DiSalvo, *et al.* 1984). Como en muchos bivalvos, en los pectínidos el desove involucra la liberación de ovocitos diploides premeioticos (Lucas 1984; Román *et al.*, 2001). En forma natural un desove puede producirse por variaciones en la temperatura generalmente entre 3 a 7 días de un evento de surgencia así mismo pueden sincronizarse baja temperatura y oxígeno en la columna de agua y con blooms de fitoplancton (Uribe 2002). Algunas especies desovan a concentraciones menores de 3 mL O₂/L (Meneses, 1987, Uribe 2002). DiSalvo *et al.* (1984), Illanes *et al.* (1985), Chávez e Ishiyama 1989, Uribe 2002), mencionan que *Argopecten purpuratus* presenta reproducción durante todo el año. En Bahía Tongoy, Chile, esta especie evacua gametos varias veces durante el ciclo anual, aunque su mayor frecuencia e intensidad es en primavera y verano (Akaboshi & Illanes 1983). De acuerdo con Chávez e Ishiyama (1989) en Bahía Independencia, en condiciones de Post-Niño, *Argopecten purpuratus* muestra un ciclo reproductivo continuo y sincrónico durante todo el año, durante el cual gran parte de los ejemplares desovan más de una vez. Debido a esto no se observa un estadio claro de reposo. DiSalvo *et al.* (1984) señalan que son difíciles de encontrar animales completamente desovados, e indican que es una especie de rápida recuperación. Brown y Guerra (1980) tam-

bién reportan una rápida recuperación gonadal. Los estudios histológicos (Avendaño y Le Pennec 1996, 1997) han puesto de manifiesto un porcentaje significativo de animales con gametos maduros durante todo el año, siendo reemplazadas las regiones evacuadas de la gónada por nuevos gametos. También indican la gran incidencia de atresia ovocitaria en las fases de mayor madurez. Estos autores registran estacionalidad en la puesta, que tiene lugar entre mediados de verano y principios de otoño en Mejillones (Antofagasta, Chile), mientras que en La Rinconada (Antofagasta, Chile) la puesta tiene lugar desde el final de la primavera a comienzos del otoño, con otro pequeño período de puestas en invierno y principios de primavera. Cabe señalar que durante El Niño 1997-98 en Bahía Tongoy el desove se registró durante todos meses de invierno cuando la columna de agua se estabilizó en los 15 °C (Uribe 2002).

El desarrollo embrionario comienza con la reducción del número de cromosomas antes que el pronúcleo femenino y masculino puedan fusionarse y producir la fecundación (Illanes, 1990). La penetración del espermatozoide provoca la exocitosis de los gránulos corticales, el inicio de la síntesis de la membrana de fecundación y el desbloqueo de la meiosis que continúa con la emisión de los dos corpúsculos polares. A continuación se inician rápidamente los procesos de segmentación del cigoto (Padilla; 1979; Lucas 1980).

El desarrollo larvario de los pectínidos es de tipo planctotrófico (Ockelmann 1965) y se divide en tres fases (Lucas et al. 1986, Dorange 1989): a) una fase lecitotrófica donde el embrión, y posteriormente la larva de corta edad se nutren de las reservas vitelinas acumuladas en el ovocito, b) una segunda fase mixotrófica en la que las larvas utilizan lo que queda de las reservas vitelinas pero también se alimentan del picofitoplancton, y c) una fase planctotrófica durante la cual las larvas obtienen su alimento exclusivamente del microplankton que las rodea (Roman et al., 2001, Uribe 2002).

De acuerdo a Padilla (1979), Illanes (1990) y Bellolio *et al* (1993) los estadios larvales de *Argopecten purpuratus* se dividen en: (Fig. 12).

- **Blástula rotatoria:** El desarrollo del huevo se realiza en un medio planctónico (Yaryes, 1986), en ese lapso las larvas pasan por embriones (6 a 8 h) y blástula rotatoria (8 a 12 h) (Illanes, 1990). Esta tiene el cuerpo relativamente redondo y ciliado, gira en forma circular predominando por 12 h.
- **Trocófora (estadio temprano):** estadio con forma piriforme con un cilio simple que la rodea y que es originado por tres a cuatro filas de trocoblastos primarios. Pierde parte de su envoltura vitelina y posee una amplia prototroca entre 15 y 20 μm , cuyos cilios son los primeros en desarrollarse.
- **Trocófora (estadio tardío):** formación de la telotroca, constituida por una banda estrecha de cilios que rodean la base de la larva. El penacho apical se sitúa en el centro de la placa apical y esta formado por un grupo de 28 a 32 cilios de 15 a 20 μm de longitud. Se forma la invaginación de la glándula que generara la concha en la superficie dorsal de la trocófora. La apertura de la boca se ubica en la superficie opuesta de la glándula.
- **Véliger (Prodisoconcha I):** comienza el desarrollo de la glándula, ubicada en una invaginación en el campo en donde se desarrollara la concha. Esta consiste en dos áreas ovals iguales, en las que el periostraco esta dividido por una marca que corresponde a la línea de la charnela. La concha oval esta delimitada por un fino borde que corresponde al límite de la glándula y que desaparece durante el proceso de calcificación que dura un máximo de 20 h. Entre 24 a 36 h, se forma la prodisoconcha I, que tiene un área redonda de aproximadamente 20 μm caracterizada por tener estriaciones radiadas. Esta estructura crece hasta que ambas valvas se juntan y

encierran por completo las partes blandas de la larva. La larva no se alimenta y permanece en el plancton entre 36 y 48 h alcanzando un tamaño de 95 μm , este temprano estado larval "D" es referido a la charnela en forma recta, y también es denominado estado de prodisoconcha I.

- **Véliger (Prodisoconcha II):** Durante este estadio, en las valvas aparecen las líneas de crecimiento y débiles estriaciones en la región cardinal. Además, se forman tres dentículos simétricos en cada lado de la charnela. La longitud de las valvas es de 107 μm , 83,3 μm de altura y 69 μm de longitud en la charnela. El sistema digestivo, se forma a las 48 horas de la fecundación. Luego de 8 días, el provinculum; estructura que se mantiene por el resto del desarrollo larval; de la charnela posee cinco dentículos simétricos en cada lado, los que presentan una ranura en su parte superior. La longitud de la charnela es de 95 μm . La cavidad del manto es reconocible, el sistema digestivo esta formado por la boca que esta rodeada por cilios, localizada en la parte posterior, bajo el velo, estomago, glándula digestiva, intestino y el ano. El músculo velar se encuentra oblicuo en dirección anterior-posterior. Las branquias y el velo se encuentran adheridos a cada valva. Posee dos músculos aductores anteriores y durante la fase final de este estadio se forma el músculo aductor posterior.
- **Pedivéliger:** aumento en la dimensión del pie que permite alternar la capacidad natatoria que proporciona el velo, con el desplazamiento sobre un substrato haciendo uso exclusivo del pie. La glándula digestiva se encuentra alrededor del estomago, el intestino y el recto atraviesan la parte dorsal por detrás del músculo aductor. La abertura del ano se ubica en la cavidad del manto y la boca y sus cilios se proyectan desde el lumen. Cuando la larva alcanza una longitud de 231 μm , es competente para la metamorfosis.

- Metamorfosis:** la disoconcha aparece cuando la pediveliger se asienta, ambas valvas son flexibles y débilmente calcificadas. La secreción de la valva izquierda se inicia primero con la aparición de estrías radiales y débiles. Posteriormente, comienza la secreción de la valva derecha formando ornamentaciones prismáticas. Finalmente, se forma la ranura bisal. Perdida del velo, aumento en la dimensión del pie y la formación de branquias cuyos lóbulos ciliados se observan a través de las valvas, se aprecia la disoconcha como una valva irregular concéntrica y en las más avanzadas aparece el borde posterior de las valvas, denominado ranura del biso que constituye el comienzo de la formación de las alas en U, llamadas orejas de la valva. Aparecen los músculos aductores anteriores.

Estados de Desarrollo



Fig. 12. Estados de desarrollo del ostión del norte (*Argopecten purpuratus*). (FUENTE: FOMDES- Perú).

Desde el desove hasta alcanzar su talla comercial (65mm. de acuerdo a nuestra normatividad pesquera) demora aproximadamente 12 meses, debido a la riqueza en nutrientes que tienen las bahías del Perú. En cambio en Bahía Tongoy donde se ubica el banco más austral de esta especie de pectínido demora 14 meses, debido a una baja bioamasa fitoplanctónica que se extiende desde generalmente desde la segunda quincena de mayo a la primera quincena de agosto (Uribe y Blanco 2001). *Argopecten purpuratus* es exclusivamente filtradora; es decir, que su alimento está compuesto de fitoplancton, las cuales no son fáciles de visualizar en su medio natural debido a su tamaño microscópico sin embargo se puede estimar por el color del agua y su transparencia. Este alimento le proporciona a los pectínidos lípidos (ácidos grasos), proteínas, carbohidratos, vitaminas, minerales, entre otros.

2.2 CULTIVO

El proceso de cultivo del Ostión del norte, realizados por las empresas del sector en las bahías de Tongoy, Guanaqueros e Inglesa cumplen con un marco general que son las etapas: a) obtención de semillas, b) precultivo, c) cultivo o engorda y d) cosecha. Sin embargo, las empresas tienen pequeñas modificaciones a esta etapa de cultivo y están referidas más al tiempo que dura cada una de ellas y a los sistemas de cultivos usados en cada etapa (Fig. 13).

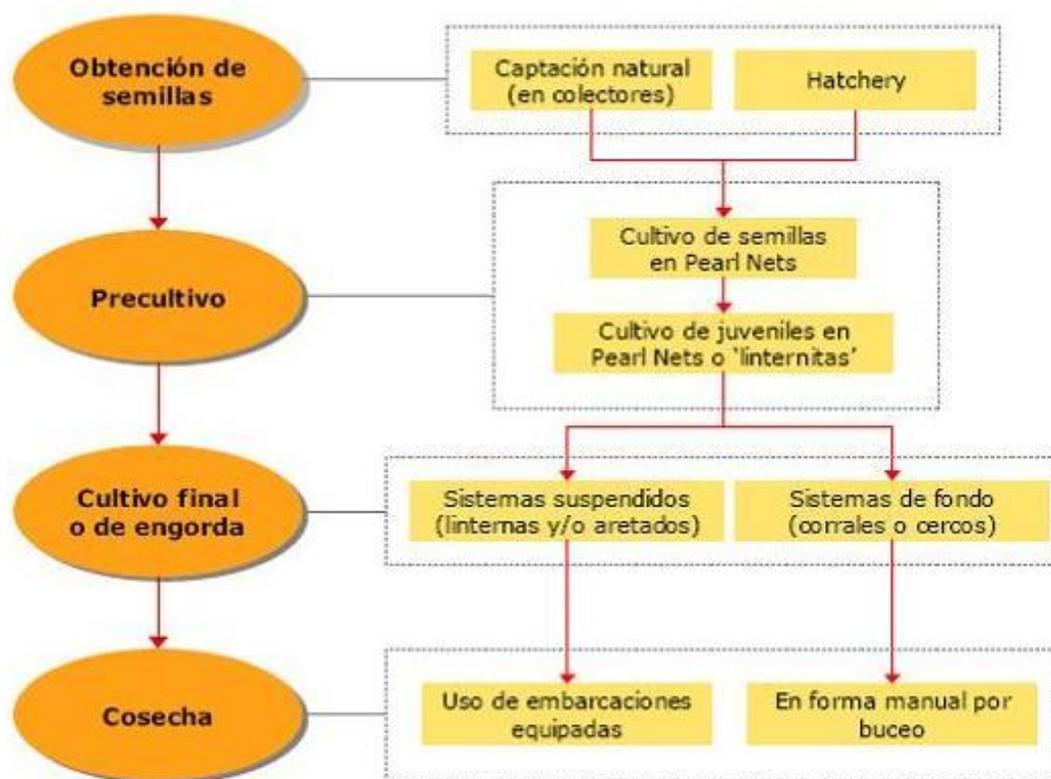


Fig. 13. Etapas del cultivo del ostión del norte (*Argopecten purpuratus*).
(Fuente: FONDEPES Perú)

2.2.1 Obtención de semillas

El 70% de la semilla cultivada de *A purpuratus* en bahías de la II, III y IV Región provienen de captación natural realizada en Bahía Tongoy desde 1981 a la fecha, (Sernapesca) donde los últimos años se ha incrementado el esfuerzo, calando mas de 2 millones de colectores el año 2001, llegando en los últimos años con unja cantidad total de colectores calados superiores a 1,5 millones de colectores por año, sin embargo, de los 350 milloneas de semillas captadas en 1997 la producción ha ido bajando llegando al año 2002 con 100 millones de semillas (Inf SERNAPESCA) (Fig. 14)

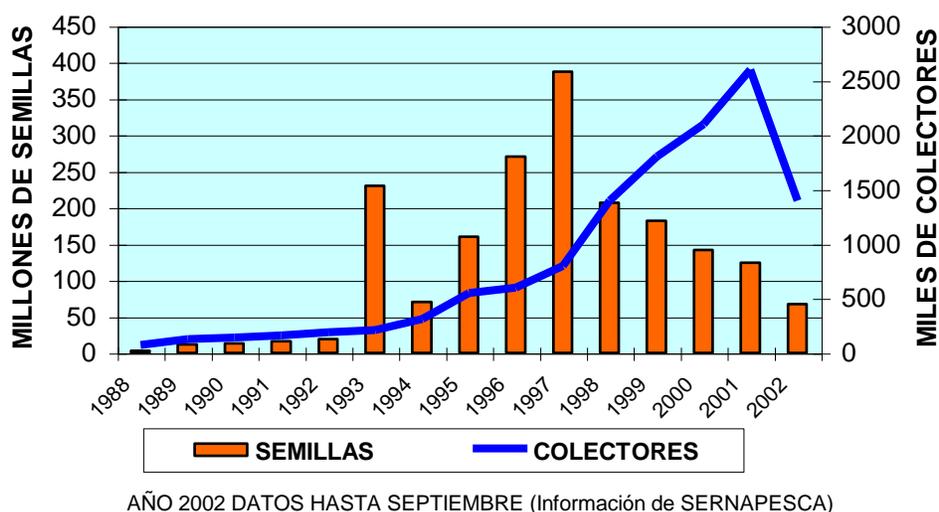


Fig. 14. Registro de calados de colectores y captación de semillas en Bahía Tongoy entre 1988 y 2002 (Fuente: SERNAPESCA).

2.2.2 Etapa de precultivo

La etapa de precultivo es muy particular para cada empresa, sin embargo, en general se usan los pearl-net de 2 a 6 mm con densidades de 1800 a 600 ejemplares por m² (Tabla I). También en esta etapa se puede considerar la linterna de 15 mm (Orellana, 1999).

2.2.3 Etapa de engorda

En esta etapa se usan linternas, generalmente de 21 a 30 mm con densidades que van de 320 a 800 ejemplares por m². Cabe señalar que por su crecimiento y supervivencias de los ostiones en cada sistema de cultivo, se logra tener una eficiencia de cada sistema (Tabla I) siendo la más baja (1,4%) el de pearl-net de 2mm y el de mayor eficiencia, la linterna de 21 mm con 5.3% (Orellana, 1999).

Tabla I: Relación entre los sistemas de cultivos densidad y eficiencia (Fuente: Orellana, 1999)

SISTEMA	longitud ingreso (mm)	longitud salida (mm)	Do ost./ m^2	Eficiencia (η)	Ajuste (r^2)	Rm $J/h \cdot m^2$
pearl-net 2.0	5 -7	20 -22	1800	1,4%	0,900	5,8
pearl-net 4.5	8 -10	23 -25	1200	3,0%	0,627	3,9
pearl-net 6.0	11 -15	26 -30	600	1,4%	0,583	10,1
cuna 6.0	15 -25	31 -39	600	2,2%	0,487	21,6
linterna 12	26 -30	40 -44	1000	5,1%	0,703	24,1
linterna 21 A	31 -39	45 -54	800	5,3%	0,717	34,4
linterna 21 B	40 -49	55 -64	600	3,3%	0,577	71,0
linterna 30 A	50 -59	65 -74	800	3,6%	0,383	137,0
linterna 30 B	60 -69	69 -84	640	2,5%	0,280	234,0
linterna 30 C	70 -79	85 -94	400	1,9%	0,298	268,0
linterna 30 D	> 80	> 95	320	1,9%	0,298	282,0

2.3 FISIOLÓGÍA DEL OSTIÓN DE CULTIVO EN LA COLUMNA DE AGUA

Los ostiones se distribuyen en los sistemas de cultivo de cada etapa, por talla, número de ejemplares por piso y por un cierto período de tiempo, como se puede ver en tabla I. Estos ejemplares se alimentarán, respirarán, excretarán y por ende crecerán o morirán si el alimento u oxígeno disuelto sea limitantes en la columna de agua, sin embargo, cada talla de estos ejemplares necesita una energía de mantención que va de 0.077 J/h de un ejemplar de 10mm hasta 11.63 J/h en ejemplares de 90mm (Tabla II) (Uribe no publicado).

La salinidad es un parámetro ambiental muy importante en el control de la distribución de especies (Bernard, 1983), que influye en la actividad de alimentación y de respiración, y que puede afectar la respuesta funcional y estructural de los invertebrados marinos (Kinne, 1971). El efecto de la salinidad en bivalvos ha sido estudiado por Yamamoto (1956), Allen & Costello (1972), Bohle (1972), Gruffydd & Beaumont (1972), Culliney (1974), Davenport et al. (1975)

Bayne et al. (1976), Gruffydd (1976), Shumway (1977), Paul (1980), Tettelbach & Rhodes (1981), Ventilla (1982), Maru (1985), Widdows (1985), Navarro (1988), Cragg & Crisp (1991). Navarro y González (1998), observaron en *Argopecten purpuratus* que frente a una disminución de la salinidad, sus valvas permanecen parcialmente cerradas reduciendo su actividad de filtración, su consumo de oxígeno y su tasa de crecimiento. Afortunadamente la salinidad de las bahías Tongoy, Guanaqueros e Inglesa, se registra un rango de variación muy estrecho, entre 34.5 y 34.8 psu (Uribe & Blanco, 2001) y entre 34.90 y 35.37 psu en bahía Independencia (Mendo et al., 1989, Yamashiro et al., 2001). Cabe señalar que los cultivos de *A purpuratus* en la X región han sido un fracaso, debido a la baja salinidad (<32 psu) que es una barrera para el crecimiento de esta especie (Navarro y Gonzalez 1998).

Para realizar esta clase de estudio, el primer objetivo ejecutado fue un estudio biométrico del ostión (*Argopecten purpuratus*), para llevar todas las tallas (1 a 10 cm) a pesos seco, considerando todas las partes blandas del ostión. Este análisis mostró que a medida que el ejemplar crece su peso aumenta exponencialmente de acuerdo a la ecuación (Martínez 1986).

$$Ps = 0,04 \times L^{2,10}$$

Esto significa que un ejemplar de talla comercial (10 cm), presenta un pesos seco de 5.03 gr, además, se realizó un estudio biométrico entre el peso seco y peso húmedo de las partes blandas, variables que presentan una relación lineal de acuerdo a la ecuación (Martínez, 1986).

$$Ps = 0,08 + 0,17 Ph$$

Esto significa que el ejemplar de talla comercial (10 cm) cuyo peso seco de 5.03 gr, tiene un peso húmedo 30 gr de sus parte blandas.

Cabe señalar que la mayoría de los trabajos relacionados con la alimentación y estudios fisiológicos de pectínidos se realizan en condiciones controladas y generalmente con un solo tipo de dieta, como fue el caso del proyecto de la “Determinación de la Capacidad de Carga de Bahía Inglesa (III Región) y Bahía Tongoy (IV Región) proyecto FIP 1995 donde se usó *Isochrysis galbana*.

2.4 BIOMETRÍA DEL OSTIÓN DEL NORTE

Para realizar un estudio de capacidad de carga en *Argopecten purpuratus* es necesario tener muy bien ajustado la relación Talla/Peso de los ejemplares en cultivo (Fig. 15), debido a que esta especie, durante la pobreza invernal con escasas cantidades de alimento fitoplanctónico presenta un crecimiento, ya que la energía para el crecimiento de la concha la obtiene de las partes blandas, por lo tanto, esta especie bajaría su peso durante el invierno y también ocurre lo mismo en los grandes desoves. Lamentablemente la industria no usa el peso para conocer el crecimiento, si no la talla longitudinal, parámetro que no es el indicado para conocer el estado fisiológico del cultivo (Uribe 2002).

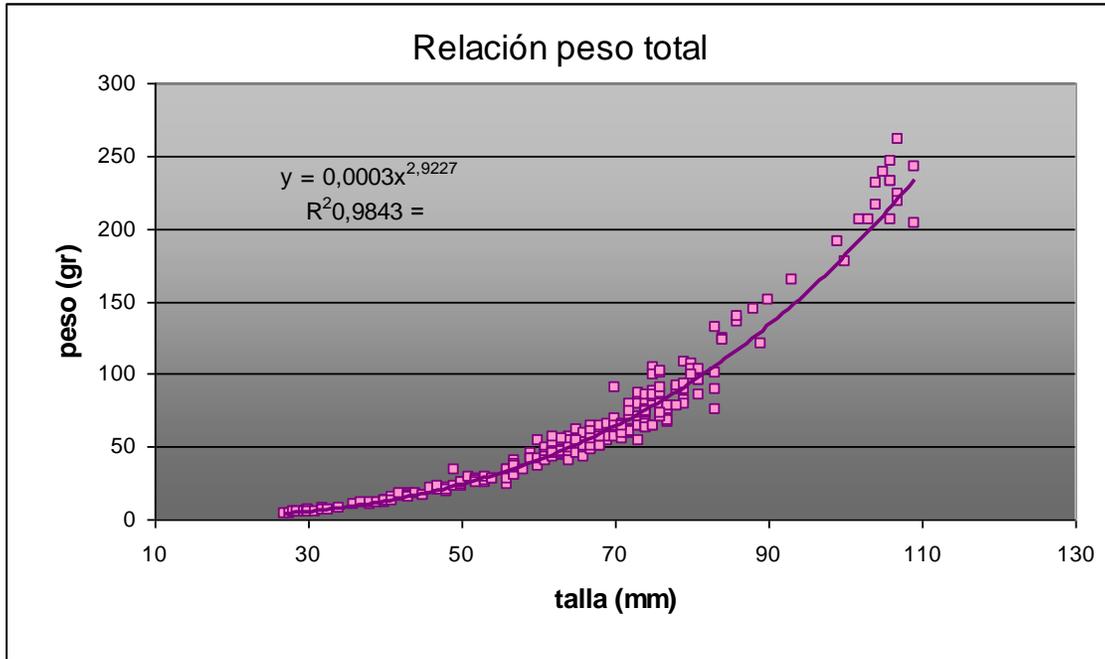


Fig. 15. Relación del peso total y la talla del ostión del norte (*Argopecten purpuratus*).

La relación que existe entre el tamaño de la concha del ostión con el peso total, de las partes blandas, músculo, gónada, concha y volumen es de carácter exponencial en esta especie.

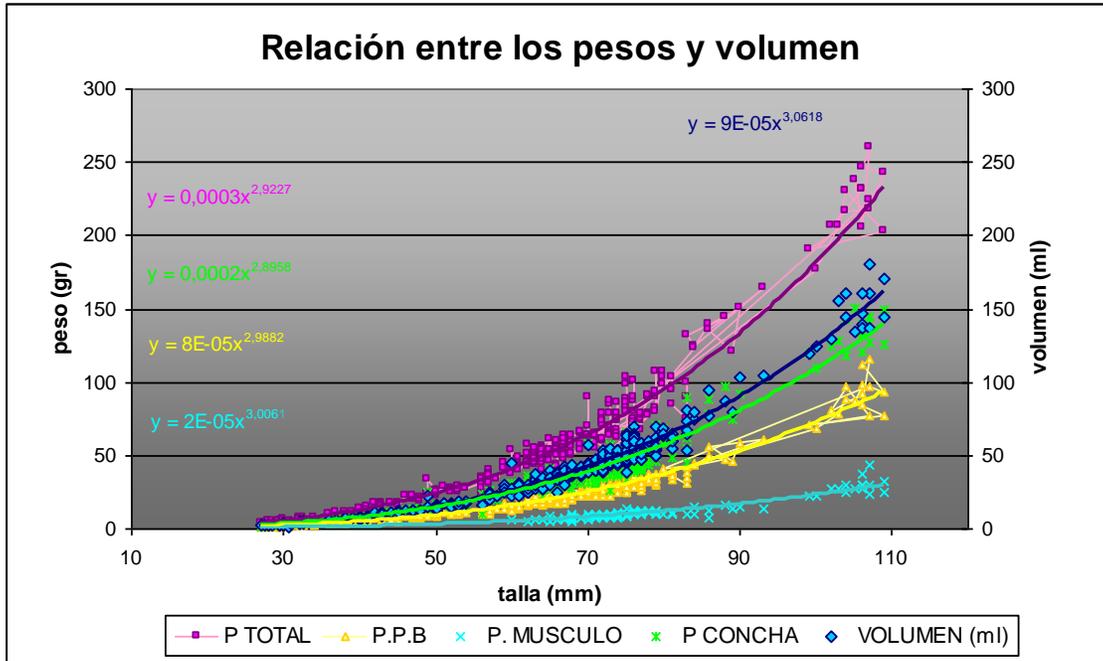


Fig. 16. Relación entre los pesos y volumen, y la talla del ostión del norte (*Argopecten purpuratus*).

Referente a la figura 16, se puede extraer la relación que existe entre el peso total del ostión del norte y el peso de partes blandas, peso del músculo y de la concha, las cuales se pueden observar a continuación:

$$PT = 3.047 * PB^{0.978}$$

$$PT = 11.079 * PM^{0.972}$$

$$PT = 1.62 * PC^{1.009}$$

Para realizar los estudios fisiológicos de esta especie, se consideraron solo ejemplares de 0.5, 1.0, 3.0 y 5.0 gr de peso seco, donde se determinó la Tasa filtración (l/h), Tasa de Ingestión (mg/h), Tasa de Ingestión Orgánica (mg/h), Tasa de Asimilación (mg/h), Porcentaje de Eficiencia de alimentación, Tasa de respiración (mL/L) y Tasa de Excreción (ug NH4-N/h) con respecto al peso seco (Tabla 4).

La tasa de filtración que representa el volumen de agua libre de partículas que pasa por las branquias del ostión por unidad de tiempo, se determinó por método indirecto, el cual se mide el descenso de la densidad de microalgas del medio experimental. Durante el proyecto de capacidad de carga FIP 2005, se realizaron dos experiencias, con *Isochrysis galbana* var. *Tahitiana* especie de microalga que no es autóctona de las bahías donde se realizan cultivo de *Argopecten purpuratus* como Bahía Tongoy, Bahía Guanaqueros y Bahía Inglesa. Con *I galbana*, se pudo establecer que la tasa de filtración es dependiente del tamaño corporal, aumentando a medida que aumenta la talla, alcanzando un valor de 8,21 L/h en un ejemplar de 8,9 cm relación que se ve expresada en la siguiente ecuación.

$$TF = 2.45 Ps^{0.80} \text{ (Tabla II)}$$

Para conocer la tasa de filtración con una dieta con tres especie de diatomeas *Chaetoceros didymus*, *Skeletonema costatum*, *Stephanopixis turris* y una de dinoflagelado como *Akashiwo sanguinea*. Las tres primeras se presentan en alta frecuencias en las tres bahías anteriormente señaladas y el dinoflagelado se presenta en altas densidades en B Inglesa durante la época estival. El resultado de la tasa de filtración con estas especies de microalgas comunes en estas bahías es diferente, alcanzando un valor de 2,98 L/h en un ejemplar de 8,9 cm relación que se ve expresada en la siguiente ecuación.

$$TF=0,9786*Ps^{0,8118} \text{ (Tabla III)}$$

La tasa de ingestión (J/h), que representa la cantidad de alimento que es ingerido por unidad de tiempo, se obtuvo del producto entre la tasa de filtración y el valor del peso de *I galbana* var. *tahitiana* a una concentración de 30×10^6 cél /mL, que al igual que la tasa de filtración, presenta una estrecha relación con las tallas, la cual es representada por la siguiente ecuación.

$$TI = 2.20 Ps^{0.80} \text{ (Tabla II)}$$

A partir de la tasa de ingestión se pudo determinar la tasa de ingestión orgánica, la que para un organismo de 8,9 cm es de 147,44 J/h, mientras que la tasa de ingestión con las cuatro especies naturales de microalgas de las bahías donde se realiza el cultivo fue muy inferior, solo de 29,34 J/h para un ejemplar de la misma talla (Tabla), y se ve reflejada en la ecuación,

$$TI=9,6358*Ps^{0,8118} \text{ (Tabla III)}$$

La eficiencia de absorción de un ejemplar de 8,9cm alimentada con *I galbana* es de un 69% con una ecuación

$$EA = 72.7 Ps^{-0.03} \text{ (Tabla II)}$$

Que es muy superior a la registrada con las cuatro especies de microalgas como alimento (31,94%) con una ecuación.

$$EA=26,917*Ps^{0,1247} \text{ (Tabla III)}$$

La tasa de excreción del ostión también esta dada por la talla de los ejemplares en peso seco, observándose que el mayor valor 0,416 /h corresponde a un ejemplar de 8,9 cm (Tabla 4) y la ecuación es la siguiente:

$$TE = 20.4 Ps^{0.67} \text{ (Tabla II)}$$

Mientras que un ostión de 8,9 cm alimentado con una mezcla de 4 especies de microalga su tasa de excreción es de 2,72 de acuerdo a la ecuación.

$$TE=3,467*(1-e^{-0,3916*ph}) \text{ (Tabla III)}$$

Con respecto a la tasa de respiración, también se observa un alto grado de dependencia en relación a la tasa de consumo de oxígeno con su correspondiente peso seco de los ejemplares en estudio, detectándose el mayor valor de 1.4 mL de O₂ / h en un organismo de 5.0 gr. (Tabla 4). La ecuación de esta relación es la siguiente:

$$TR = 0.30 Ps^{0.55} \quad (\text{Tabla II})$$

2.5 OXÍGENO DISUELTO (OD) EN AMBIENTE

La concentración de OD en Bahía Mejillones es muy crítica para el cultivo de pectínido, como ocurrió con la Pesquera GRIMAR NORTE, División Cultivo por la alta mortalidad de ostiones registrado en su plantel por la baja de oxígeno entre los meses de enero y marzo del 2007. Las mayores concentraciones (> 3 mg/L) fueron registradas sobre los 5m de profundidad, mientras que a los 10m se detectaron condiciones de hipoxia (< 3 mg/L) y a 15 m se mantuvo una condición de anoxia (< 1 mg/L) con un mínimo de 0,06 mg/L. El 13 de febrero se produjo un hundimiento de las isoclinas, afectando toda la columna de agua hasta el 20 de febrero, registrándose concentraciones máximas de 12,60 mg/L a 1m de profundidad, llegando a los 5,16 mg/L a 15m de profundidad. Luego de este puntual evento, la condición de hipoxia y anoxia de los 10 y 15 m de profundidad se mantuvo hasta el término del estudio (Fig. 17).

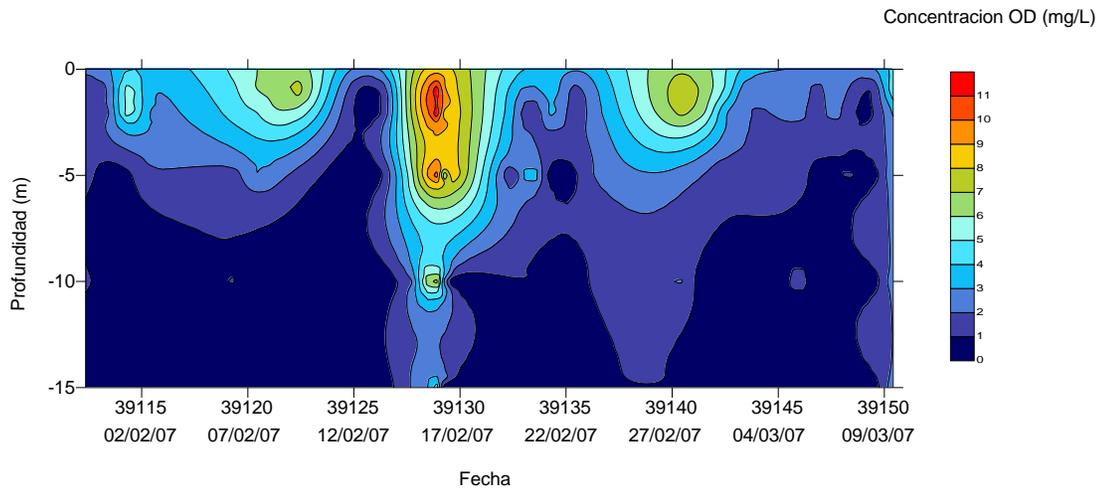


Fig. 17. Concentración de oxígeno disuelto ($\text{mg O}_2/\text{L}$) de Bahía Mejillones, a 1 ,2 ,5 ,10 y 15 m de profundidad entre el 29 de enero a 9 de marzo de 2007.

La semilla de ostión presenta una alta mortalidad bajo condiciones de anoxia, como se puede observar en figura 18, donde el 29-01-07 se instalaron 100 semillas de 12mm por piso de peal-net, posteriormente se evaluó la mortalidad a los 16 días después a los 5, 10 y 15m de profundidad la cual fue de un $12 \pm 9 \%$, $92 \pm 2\%$ y $69 \pm 12 \%$ respectivamente, posteriormente al 28 de febrero a los 10 y 15m quedaron solo 10 ostiones. Esta información confirma lo obtenido en el proyecto Capacidad de Carga FIP-95, donde se había determinado que concentraciones de O.D. inferiores a 3.5 mg/L afectaba los procesos fisiológicos del ostión, impidiendo un normal crecimiento, llegando a provocar la mortalidad de este recurso (Uribe y Blanco, 2001)

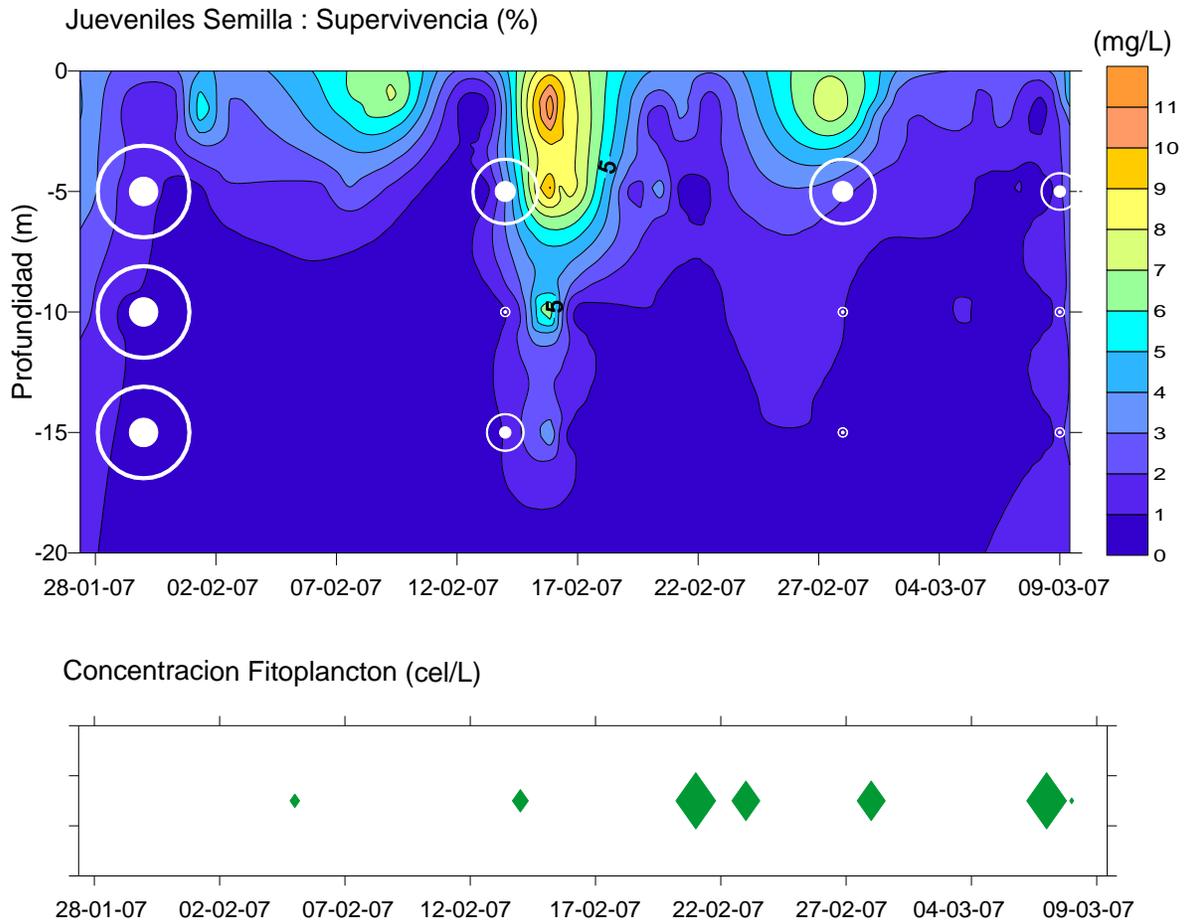


Fig. 18. Mortalidad de semilla de ostión (12mm) en 39 días de cultivo en Bahía Mejillones con menos de 3 mg/L.

2.6. ESPECTOS FISIOLÓGICOS DE *Ciona intestinalis*

Para realizar este estudio de Capacidad de Carga, se tuvo que evaluar la población de *Ciona intestinalis* (L). Lo primero que se realizó fue un estudio biométrico entre volumen desplazado, peso húmedo, peso seco y peso ceniza de este organismo. Todas estas relaciones presentaron una correlación superior a 0.97 significativas al 99%. la regresión entre peso húmedo y volumen desplazado esta dada por la ecuación :

$$Ph = 3.02 + 0.610 Vol$$

y peso seco con el volumen desplazado esta dado por:

$$Ps = - 0.006 0.058 Vol$$

La Tasa de filtración para un organismo de 1 gr es de 0.997 l/h y la tasa de ingestión corresponde a 0.259 mg/h, mientras que la tasa de ingestión orgánica es de 0.06 mg/h con un eficiencia de absorción de un 23% experiencia realizada aportándole alimento a la microalga *Isochrysis galbana* y no se han realizado las correcciones de estos parámetros al alimentar la C intestinales con especies de microalgas comunes de las bahías donde se cultiva Ostiones La tasa de respiración se medio en ejemplares cercanos a 0.5 gr donde se pudo determinar que el consumo de oxígeno fue de 0.364 mL O₂/L. También se realizó un cálculo de estas mismas variables para una linterna como unidad de cultivo. Cabe señalar que una linterna con ciona puede tener un peso máximo sobre los 120 Kg con una media de 80 Kg. Generalmente se tiene un promedio de 6000 cionas por linternas de esta manera la tasa de filtración es de 5286 l/h y una tasa de respiración de 3.4 l O₂/h Cabe señalar que en los años 2006 y 07 no se observó una mayor biomasa de esta acidia.

Tabla II: Parámetros fisiológicos de *Argopecten purpuratus* alimentados con *Isochrysis galbana* ver.Tiso

Talla (cm)	Peso húmedo (gr)	Peso seco (gr)	T. filtración (L/h)	T. ingestión (J/h)	efic.absorción (%)	T. absorción (J/h)	T. respiración (J/h)	T.excreción (J/h)
0,7	0,043	0,02	0,115	2,058	82%	1,678	0,025	0,012
1,0	0,117	0,05	0,209	3,747	80%	2,988	0,058	0,019
1,5	0,359	0,11	0,412	7,404	78%	5,755	0,154	0,034
2,5	1,478	0,32	0,973	17,466	75%	13,146	0,526	0,070
3,0	2,451	0,46	1,321	23,726	74%	17,653	0,817	0,090
3,9	5,074	0,80	2,053	36,868	73%	26,981	1,537	0,130
4,9	9,555	1,29	3,012	54,099	72%	39,026	2,663	0,179
5,9	15,992	1,91	4,115	73,908	71%	52,696	4,165	0,233
6,9	24,686	2,66	5,354	96,145	71%	67,878	6,073	0,291
7,9	35,929	3,53	6,720	120,690	70%	84,484	8,413	0,351
8,9	50,002	4,53	8,210	147,446	69%	102,441	11,211	0,416

Tabla III. Parámetros fisiológicos de *Argopecten purpuratus* alimentados con *Skeletonema costatum*, *Chaetoceros didymus* *Stephanopixis turris* y *Akashiwo sanguinea*

talla (mm)	peso húmedo (g)	peso seco (g)	tasa de filtración (L/h)	tasa de ingestión (J/h)	eficiencia de absorción (%)	tasa de absorción (J/h)	tasa de excreción (J/h)
	$ph=0,0744*L^{2,9882}$	$ps=0,04*L^{2,1}$	$TF=0,9786*ps^{0,8118}$	$TI=9,6358*ps^{0,8118}$	$EA=26,917*ps^{0,1247}$	$TA=2,4513*ps^{0,8829}$	$TE=3,467*(1-e^{-0,3916*ph})$
0,7	0,0256	0,0189	0,0391	0,3846	16,4112	0,0738	0,0256
1,0	0,0744	0,0400	0,0717	0,7064	18,0179	0,1429	0,0539
1,5	0,2499	0,0937	0,1432	1,4101	20,0363	0,3031	0,1249
2,5	1,1500	0,2740	0,3421	3,3685	22,9040	0,7816	0,3527
3,0	1,9829	0,4018	0,4668	4,5965	24,0241	1,0959	0,5048
3,9	4,3430	0,6971	0,7301	7,1891	25,7327	1,7826	0,8283
4,9	8,5905	1,1258	1,0774	10,6090	27,3178	2,7217	1,2361
5,9	14,9635	1,6628	1,4787	14,5604	28,6792	3,8405	1,6592
6,9	23,8903	2,3102	1,9311	19,0149	29,8795	5,1340	2,0640
7,9	35,7983	3,0696	2,4323	23,9495	30,9574	6,5984	2,4249
8,9	51,1140	3,9426	2,9803	29,3455	31,9389	8,2302	2,7266

2.7. CRECIMIENTO DEL OSTION DEL NORTE EN AL COLUMA DE AGUA

Si los ostiones cuentan con una energía superior a la de mantención del organismo presentan una ganancia en tamaño y peso, y dependerá de la estación del año y a la profundidad que estén instalados los sistemas de cultivo. Pangué (1996) observó que la mayor tasas de crecimiento se presentaron en pleno invierno coincidiendo con una alta biomasa fitoplanctónica para esa época mientras que Moya (1989) al realizar un estudio en la columna de agua registró que los mayores crecimiento se presentan entre superficie y los 9 m (Fig. 19) y se ve más acentuado esta diferencia en el peso del músculo aductor durante los 5 meses de estudio (Fig. 20).

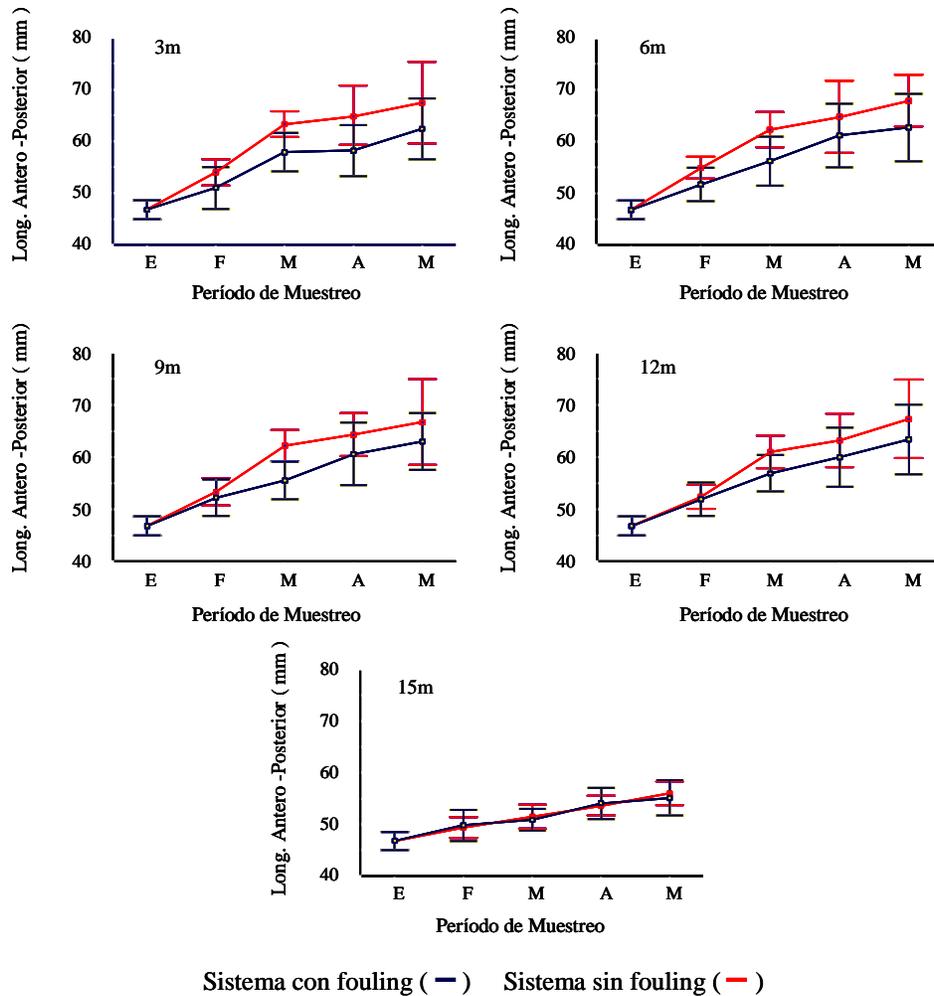


Fig. 19. Longitud en relación a la época del año y profundidad, en sistemas con y sin fouling (Fuente: Moya, 1998).

Cabe señalar que los ejemplares ubicados a 15m, presentan el mínimo crecimiento tanto en longitud como en peso del músculo aductor.

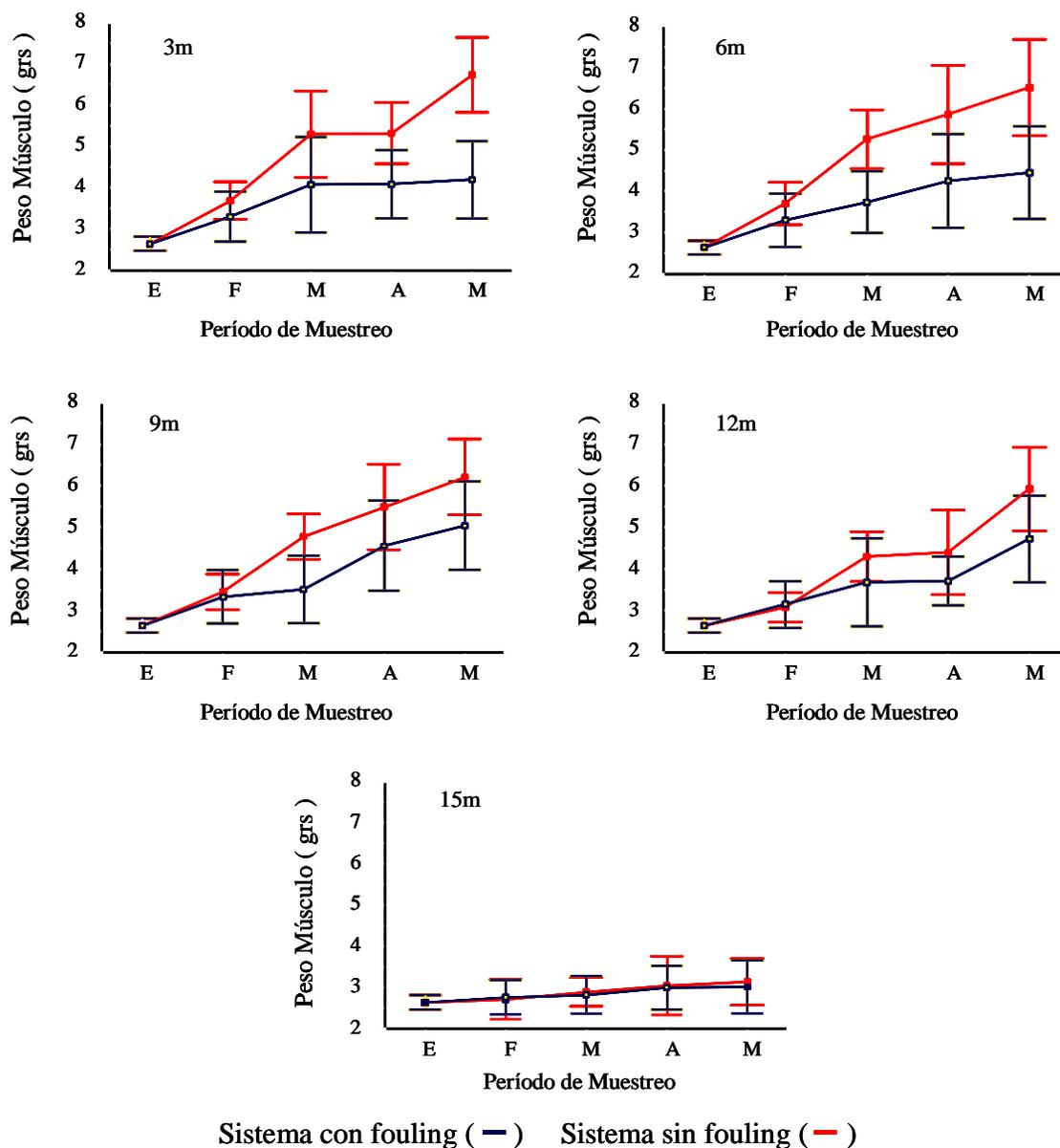


Fig. 20. Peso del músculo en relación a la época del año y profundidad, en sistemas con y sin fouling. (Fuente: Moya 1989)

Lamentablemente la mayoría de las empresas ostioneras cultivan este recurso en B. Tongoy, B. Guanaqueros y B. Inglesa entre los 11 y 14 m de profundidad, donde el alimento fitoplanctónico es deficiente y generalmente el oxígeno disuelto presenta concentraciones inferiores a 3 mg/L, reduciendo el crecimiento del ostión.

3 REVISION PROYECTOS FIP CON RELACION A LAS BAHIAS DE ESTUDIO

Los estudios de capacidad de carga en las bahías de la III y IV región comenzaron a través del proyecto FIP 93-28, a través del cual se buscó dar una respuesta a "Cuántos ostiones soportan las bahías sin que baje la tasa de crecimiento y aparezcan nuevas enfermedades". Esto se debió a que en 1993 se obtuvo una captación histórica de semillas de Ostión del Norte a nivel industrial (sobre 230 millones solo en Bahía Tongoy). Respecto a este tipo de estudios, existen pocos antecedentes a nivel nacional e internacional sobre modelos de capacidad de carga para moluscos bivalvos y están orientados principalmente a ambientes tipo fiordos, motivo por el cual, desde la metodología planteada inicialmente en el estudio fue validada y modificada en el transcurso del proyecto, con el fin de lograr su ajuste, en términos de la dinámica de las bahías analizadas.

Con el fin de diseñar y validar una metodología que permita estimar la capacidad de carga de Bahía Inglesa y Tongoy, se desarrolló una metodología basada en la integración de los aspectos biológicos relativos a los recursos de interés, oceanográficos y meteorológicos que modifican las condiciones de las bahías y de los relativos a la disponibilidad de superficie en cada lugar, lamentablemente en ese tiempo se trabajó con muchos supuestos por no tener antecedentes como el más importante el sistema de circulación, que en el presente trabajo se logró desarrollarlo.

El modelo seleccionado para las bahías en estudio, considera la oferta de alimento, variable de vital importancia en cultivo de bivalvos, ya que este ítem es

suministrado por el medio natural. Dicha oferta depende de variables ambientales, tales como corrientes, nutrientes, productividad primaria, etc.

Por otra parte, el oxígeno disponible también adquiere relevancia en la determinación de la capacidad de carga, ya que tiene un rol fundamental en los procesos biológicos de los recursos vivos, les permite respirar y por ende, desarrollar su metabolismo.

Se estableció el supuesto que el oxígeno disuelto (OD) del medido durante los muestreos corresponde a aquél no utilizado por los procesos biológicos y químicos, que se desarrollan en el cultivo suspendido de ostiones, también se asumió que un nivel de oxígeno disuelto de 5 mg/L no será utilizado para el cultivo, como norma general para establecer un umbral de seguridad y mitigación de efectos negativos ante posibles disminuciones puntuales de la tensión de este elemento en el medio. Por otra parte, el cultivo no utiliza toda la columna de agua, es decir desde superficie a fondo, sino se sitúa en un nivel intermedio y superior a los 20m de profundidad, es necesario tener una serie de tiempo amplia para conocer cuanto tiempo se presentará la baja de de oxígeno en la columna de agua.

Otro aspecto importante, relacionado con la capacidad de carga, está dado por el comportamiento del recurso objetivo, su consumo de alimento diario, tasa de excreción y respiración, cuyo conocimiento permite completar las variables para la determinación de la capacidad de carga para cultivo.

El modelo en función del alimento disponible, requirió conocer también el comportamiento de la fauna acompañante, considerándose de principal importancia en el cultivo de ostión el organismo denominado *Ciona intestinalis* en términos de la competencia por alimento y oxígeno, lo cuál fue evaluado en laboratorio, e incorporado en la metodología.

El aporte de desechos afecta la capacidad de carga de las bahías, por lo que se verificó la presencia de fuentes contaminantes de actividades, económicas

y de grupos humanos que pudiesen influir directamente sobre las unidades en estudio. Desde 1994 a 2007 se han mantenido limpias las bahías, las aguas servidas de la población de Bahía Tongoy se están depurando en su totalidad, la población de Guanaqueros se han instalado alcantarillado en los últimos años y las casas el balneario de Bahía Inglesa mantienen pozos negros, los cuales no han dado problema de contaminación, debido a la escasa precipitación en la zona, por lo que no hay escurrimiento a través de napas. El único problema en las tres bahías, son los campamentos de veraneantes que se quedan en carpa por largos periodos, lo que ha obligado a la industria ostionera a instalar baños químicos en estos sectores y la población flotante es controlada por la Gobernación del Territorio Marítimo.

Asumiendo que el nivel del mar de las bahías no presenta variaciones significativas del en un período mayor que el de las mareas, sin embargo en esta oportunidad fue necesario medirlas, los mareógrafos mas accesibles por su valor. El volumen de agua que entra debe ser igual al que sale, por lo que el tiempo de residencia o tasa de renovación de las aguas, estará dado por la expresión (Blanco et al, 1994):

$$\text{res} = \frac{\text{vol}}{1/2 * \text{secc} * \text{corr}}$$

Donde:

res = tiempo de residencia (días)

vol = volumen de agua al interior de la bahía (m³)

secc = área de la boca de la bahía (m²)

corr = velocidad de la corriente (m/día)

Este cálculo de tasa de residencia del agua en las bahías son promedios globales, por esta razón fue necesario realizar estudio en base modelos numéricos de circulación que es más real a lo que pasa en una bahía, para la toma de decisiones tanta por los empresarios como las autoridades locales.

Con respecto a fisiología de la especie fue necesario conocer las relaciones biométricas del Ostión del norte (*Argopecten purpuratus*), se seleccionaron ejemplares tallas entre 1,0 y 9,0 cm de largo, cada ejemplar fue medido en el eje ántero-posterior de la concha, y luego se pesaron en una balanza. A continuación, se procedió a separar las partes blandas y se volvieron a pesar, para determinar el peso húmedo. Posteriormente las partes blandas se llevaron a una estufa hasta lograr un peso constante para conocer el peso seco.

La tasa de filtración se determinó a través de un método indirecto, el cual mide el descenso de la densidad de microalgas del medio experimental. Los experimentos se realizaron en sistemas estáticos con un volumen de 10 L por un tiempo promedio de 6,5 horas y a una concentración de *Isochrysis galbana* a 30×10^6 cel/L, con ostiones de 0.5, 1.0, 3.0 y 5.0 gr de peso seco. Esta metodología que cumple con los parámetros de calidad en estudio de fisiología del ostión, pero no es apropiada para conocer el consumo de alimento en el medio natural, el cual está dominado por diatomeas y dinoflagelados. Por esta razón, es necesario realizar este tipo de estudio con alimento natural, diatomeas y dinoflagelados mas frecuentes de la zona de estudio.

Una vez realizadas todas las mediciones se procedió al cálculo de la tasa de filtración, según la fórmula (Witer, 1978):

$$TF = \frac{(C_i - C_f) \times V}{T}$$

Donde:

TF = Tasa de filtración

Ci = Concentración Inicial (30×10^6 cel/L)

Cf = Concentración al tiempo de 1 hora

T = Tiempo

V = Volumen filtrado

La tasa de Ingestión representa la cantidad de alimento que es ingerido por unidad de tiempo, se obtuvo del producto entre la tasa de filtración y el valor del

peso de *Isochrysis galbana* a una concentración de 30 E⁶ cél/L. A partir de la tasa de ingestión se pudo determinar la tasa de ingestión orgánica, que se desprende de la siguiente fórmula (Gonzalez, 1995):

$$TIO = \frac{Ti * \%MOI}{100}$$

Donde:

TIO = Tasa de Ingestión Orgánica (mg/h)

TI = Tasa de Ingestión (mg/h)

% MOI= Porcentaje de material orgánico presente en *I. galbana*

La eficiencia de absorción se determinó utilizando el método de Conover (1966), que se basa en la asunción que sólo la fracción orgánica del alimento es absorbida por el organismo. Las fecas recolectadas de las unidades experimentales fueron filtradas a través de filtros millipore de 0.45 µm, previamente pesados, siendo lavadas con una solución isotónica de formato de amonio para eliminar las sales. Los filtros secados por espacio de 24 horas a 80 °C, luego de lo cual fueron pesados nuevamente, para ser quemados finalmente en una mufla a 500 °C durante 3 horas y dejados en un desecador para ser pesados por última vez. De esta forma se obtuvo el peso seco total y el peso de la fracción orgánica e inorgánica presente en las fecas. Para la obtención de la eficiencia de absorción se utilizó la siguiente fórmula:

$$EA = \frac{(F - E) * 100}{(F - E) * F}$$

Donde:

EA = Eficiencia de absorción expresada como porcentaje

F = Proporción de materia orgánica presente en el alimento

E' = Proporción de materia orgánica presente en las fecas

A partir de la eficiencia fue posible calcular la tasa de absorción según la siguiente fórmula:

$$TA = \frac{TIO * EA}{100}$$

Donde:

TA = Tasa de absorción (mg/h)

TIO = Tasa de ingestión orgánica (mg/h)

EA = Eficiencia de absorción (%)

La tasa de respiración fue medida en cámaras selladas con volúmenes de 1,5 a 2,5 L, utilizando para ello un analizador palargráfico, donde la homogeneización de las cámaras fue realizada mediante un agitador magnético. Antes de cada medición los ostiones fueron alimentados y dejados por espacio de 2 a 4 h dentro de las cámaras. Los valores del consumo de oxígeno fueron transformados a equivalentes calóricos utilizando el factor 1 mL O₂ = 19,9 J.

La tasa de excreción se determinó colocando los ostiones previamente alimentados en envases de vidrio, cuidadosamente lavados. Estos envases contenían agua de mar filtrada en volúmenes de 0,1 a 1,0 L, utilizándose uno de ellos sin animales como control. Las muestras y los controles fueron incubada durante 4 horas y leídas en un espectrofotómetro. Luego de realizadas las mediciones para cada salinidad la tasa de excreción se obtuvo según la fórmula (Solorzano, 1969):

$$TE = \frac{28 * V * \mu M}{T}$$

Donde:

28 = Factor

V = Volumen (L)

μM = Micromoles de Amonio

T = Tiempo (h)

Para conocer las relaciones biométricas de la *Ciona intestinalis*, se seleccionaron ejemplares de distintos tamaños, los cuales fueron medidos por desplazamiento de volumen, posteriormente se dejaron destilar y se procedió a pesar para determinar el peso húmedo. Luego se colocaron en una estufa a 60 °C, hasta lograr un peso constante para conocer el peso seco.

La tasa de filtración fue definida por la ecuación (Navarro, 1983; Winter, 1973; Conover, 1966; Carver y Mallet, 1990)

$$TF = a * W^b$$

Donde:

TF = tasa de filtración (l/h)

W = peso seco de la carne del organismo (gr)

a = intercepto (valor absoluto de TF, para un organismo de 1,0 gr. de peso seco de la carne)

b = pendiente (aumento relativo de TF en relación al tamaño corporal)

Los ejemplares de *Ciona intestinalis* fueron colocados en recipientes plásticos con volumen conocido. Cada 30 minutos, por espacio de 2 h, se tomó 1 mL del medio para contar el número de células de *Isochrysis galbana*. El cálculo de la tasa de filtración se realizó a través de la ecuación:

$$F = V * \frac{\ln C_i - \ln C_f}{T}$$

Donde:

V = volumen de agua

C_i = concentración de microalgas inicial

C_t = concentración de microalgas final

T = diferencia de tiempo entre las tomas de muestra

Para la eficiencia de asimilación, se definió como el porcentaje del alimento ingerido que es incorporado por el organismo. Este parámetro se calcula mediante la diferencia entre la tasa de filtración y la tasa de excreción (Navarro, 1983)

$$TA (\%) = a * W^b$$

$$EA (\%) = \frac{TF - TE * f * 100}{TF}$$

Donde:

TA = tasa de asimilación en porcentaje

W = peso seco de carne

f = es un factor de corrección el cual será determinado en laboratorio.

La tasa de respiración fue determinada utilizando una cámara sellada en la cual es colocado un ejemplar de esta especie. Cada 15 minutos por espacio de una hora se midió el porcentaje de saturación de oxígeno dentro de la cámara. Los resultados se expresaron finalmente en mL de O₂/h/ peso seco. Una vez finalizada la experiencia los ejemplares fueron secados hasta peso constante, a 60 °C, a fin de determinar el peso seco.

El metabolismo estándar sumado a los procesos de filtración y digestión, la que en organismos filtradores se ajusta a la ecuación siguiente:

$$TR = a * W^b$$

Donde:

T.R. = tasa de respiración (mg O₂/hora)

W = peso seco de la carne (mg.)

a = intercepto

b = pendiente

Para determinar la capacidad de carga (stock cultivable) de Bahía Inglesa y Tongoy, se realizó una caracterización desde un punto de vista oceanográfico,

ejecutándose muestreos oceanográficos mensuales y dos intensivos (verano e invierno), para cada bahía.

Los muestreos mensuales se realizaron en las estaciones I6 para bahía Inglesa y T6 para Bahía Tongoy. En estas estaciones se colectaron muestras y se registraron las variables bio-oceanográfico durante 24 h. Los intervalos de toma de muestras, fueron cada 4 h entre agosto 94 - enero 95 y cada 6 h entre febrero a julio del presente año. Los parámetros físicos medidos en las estaciones I6 y T6, fueron luz, temperatura, salinidad, corriente puntual y oxígeno disuelto. Mientras que los nutrientes registrados fueron: nitrato, nitrito, amonio, fosfato, silicato disuelto más nitrógeno, fósforo y carbono particulado. Finalmente los parámetros biológicos medidos fueron clorofila "a", feofitina, fitoplancton cualitativo y cuantitativo de 0, 5, 10, 15 y 20 m. Además se hicieron registros de fluorescencia a cada metro de la columna de agua. Todos los estudios de pigmentos son buenos indicadores de la disponibilidad de alimento, pero es mucho más real evaluar el fitoplancton a nivel de especie como en biomasa como en disponibilidad energética, ya que la tasa de asimilación del Ostión puede variar con respecto al tipo de microalga. Estudio que se llevo a cabo en el presente proyecto.

El muestreo intensivo se realizó en 9 estaciones oceanográficas durante 15 días para cada muestreo permitiendo conocer la estructura y dinámica de los parámetros oceanográficos físicos, químicos y biológicos en condiciones climáticas anuales extremas. Durante la primera etapa, en las estaciones I6 y T7 se instaló un correntómetro a una profundidad de 10 m, durante 15 días en verano e invierno respectivamente, en ambas bahías. Este instrumento está equipado con sensor de temperatura del agua, además de registrar la magnitud y dirección de las corrientes cada hora. Además, durante este período de muestreo, se instalaron en las playas de ambas bahías en su sector central, estaciones meteorológicas automáticas. Este estudio fue un buen estimador de la dinámica de la bahía, sin embargo, no presenta los resultados en un momento de intensidad o de relajo de los vientos para comprender en cambio de las corrientes, para poder predecir un buen modelo de capacidad de carga.

La segunda etapa, correspondió al muestreo en las 9 estaciones oceanográficas, además, se registraron perfiles de temperatura, salinidad y densidad de la columna de agua, mediante el uso de CTD, también penetración de la luz con un quantometro y perfiles de fluorescencia mediante el uso de un fluorómetro.

También se tomaron muestras de agua a las profundidades de 0, 5, 10, 20 y 40 m con botellas Niskin, dependiendo de las profundidades de las 9 estaciones, se midió temperatura, salinidad, oxígeno, nitrato, nitrito, amonio, silicato, clorofila "a", feofitina, fitoplancton cualitativo y cuantitativo, nitrógeno, fósforo y carbono particulado, y se realizó una evaluación de la producción primaria de la columna de agua con la metodología del radiocarbono con incubación in "situ". Sin embargo, solo se llegó a una buena descripción de los resultados pero los datos no fueron los suficientes para realizar un modelo. El principal problema de estos tipos de muestreo, es que se tiene una medición cuando el tiempo está bueno, por el contrario cuando hay viento norte generalmente la Gobernación Marítima, por esta razón no se tiene información que pasan con los parámetros físicos, químicos y biológicos en una bahía en malas condiciones de tiempo.

Para evaluar las heces y pseudoheces producidas por el ostión del norte, se instalaron en cada piso de linterna, 25 ostiones, de tres diferentes rangos de tallas (2-3, 5-6 y 8-9 cm), a las profundidades de 5, 10 y 15 m en Bahía Tongoy. Para coleccionar las heces y pseudoheces, se instaló bajo de cada piso de la linterna, "un cono de sedimentación", el cual fue retirado cada 24 h para su posterior análisis en laboratorio, donde se determinó: sedimento total, nitrógeno, fósforo, carbono orgánico y materia orgánica. Esta clase de estudio debería realizarse por lo menos una vez al año en las nuevas investigaciones.

Las velocidades de corrientes, estrechamente asociadas al ciclo diario y anual del pseudoesfuerzo superficial de los vientos, fue un importante factor en el cálculo de la capacidad de carga. Durante el período de estudio se constató que existe una gran diferencia de las velocidades de la corriente entre los períodos de invierno y verano en

ambas bahías, siendo notoriamente mas intensas en la época de verano, alcanzando 15,6 cm/seg en Bahía Tongoy y 9,2 cm/seg en bahía Inglesa, mientras que en invierno son de 1.1 y 1.4 cm/seg respectivamente, lo que indica que el tiempo de residencia para ambas bahías es del orden de 1 a 1.5 días con altas velocidades y del orden de 20.6 y 8.3 días para las Bahías Tongoy e Inglesa respectivamente, con las menores velocidades registradas.

Se observó que disponibilidad de alimento en ambas bahías esta regulada principalmente por el ciclo anual de las condiciones hidrográficas de la columna de agua, como en el período de verano, con una estructura de estratificación de la columna con aguas mas cálidas en superficie ($> 16\text{ }^{\circ}\text{C}$), condición que se observó desde noviembre a abril en ambas bahías, mientras que para el resto del año se presentó una estructura de mezcla en la columna agua con temperaturas inferiores a 14°C . Esta estructura de la columna de agua es frecuentemente alterada por el proceso de surgencia. En bahía Inglesa se detectó surgencias para los meses de octubre y febrero, mientras que para Bahía Tongoy ocurrió en los meses de noviembre y enero, donde se observó un ascenso de aguas frías ($< 14^{\circ}\text{C}$), pobres en oxígeno ($< 3\text{ mL/L}$) y ricas en nutrientes ($> 10\text{ }\mu\text{M}$ nitrato y $> 2\mu\text{M}$ fosfato) hasta los 10 m de profundidad. Próximo a estos eventos de surgencia se presentaron altas biomásas fitoplanctónica ($> 10\text{ mg/m}^3$ de clorofila "a") que se distribuye preferentemente entre los 5 y 15 m en la columna. Sin embargo, estas altas concentraciones de clorofila "a" ($> 10\text{ mg/m}^3$) se observan con mayor frecuencia en el tiempo, que los eventos de surgencia en ambas bahías. Cabe señalar que en los meses de septiembre y junio, para Bahía Tongoy, se presentaron biomásas de 16 y 8 mg/m^3 de clorofila "a" respectivamente, sin que se haya observado durante este período procesos de surgencia, lo que indicaría, que también llega a la bahía altas biomásas de fitoplancton procedente desde el exterior. Estos resultados de nutrientes y clorofila "a" no han mostrado una relación concluyentes, por esta razón, es necesario tener un mayor registro de datos, sin embargo el costo de estos análisis son caros para sustentar un monitoreo.

Procesos inversos también fueron observados en períodos de 48 h, donde se reducen las concentraciones fitoplanctónicas, como lo detectado en Bahía Tongoy el 14 de diciembre de 1994, con valores promedio de 1.14 Kg/Há , disminuyendo a 0.15

Kg/Há el 16 de diciembre de 1994. Este proceso coincidió con la presencia de fuertes vientos del sur (> 7 m/s), lo que estaría relacionado con la tasa de renovación de agua de la bahía, que es alrededor de un día en estas condiciones. Sin embargo, en las bahías existe además una tasa de producción que se origina en la propia bahía, la cual para los meses verano fue de 3.69 y 2.34 gr C m²/día para las bahías Inglesa y Tongoy respectivamente, valores puntuales que fueron inferiores a la productividad detectada durante un período de surgencia en bahía Concepción. En los meses de invierno la tasa de producción fue 0.56 y 0.14 gr C m²/día para las bahías Inglesa y Tongoy respectivamente.

La disponibilidad de alimento es alta, si se considera que un ostión adulto (9 - 10 cm), con una tasa de ingestión de alrededor de 10 mg/h, tiene una oferta de alimento media de clorofila "a" (5.7 mg/m³) para ambas bahías, las cuales presentan una biomasa microalgal 5.8 gr/m³.

Con el fin de evaluar los sedimentos aportados por los Centros de Cultivos se instalaron tres pares de trampas, dos de ellas fueron ubicadas en área de cultivo y una fuera de la zona de cultivos, en las estaciones 1, 2 y 3 de cada bahía. Todas estas trampas se instalaron a una profundidad de fondo de 20 m, quedando suspendida a 1 m sobre el fondo. Estas trampas permanecieron entre 2 a 3 días colectando sedimentos, del cual se determinó: sedimento total, nitrógeno, fósforo, carbono orgánico y materia orgánica.

La determinación del consumo de oxígeno por el sedimento (COS), se obtuvo de las trampas de sedimentación. La porción líquida se extrajo por sifón y la materia orgánica del fondo se trasvasijó a un frasco de 500 mL, determinando su concentración mediante el método de Winkler.

$$\text{COS real (mL/L)} = \frac{\text{COS}_1 - \text{COS}_5 * 100}{\text{mlalicuota}}$$

Los valores a utilizar para el COS real, serán aquellos en que la diferencia entre el valor inicial y el observado al cabo de 5 días estén entre el 40 y 70 % del valor inicial.

El depósito de materia orgánica en el fondo marino del área de cultivo fue menor a 30 mg/gr, esta baja acumulación de materia orgánica en las bahías Inglesa y Tongoy se debe a las fuertes corrientes de fondo, que en algunas ocasiones superan los 10 cm/s, transportando los sedimentos orgánicos a fondos más profundos (50 m), donde se detectaron concentraciones superiores a los 50 mg/g.

Para el cálculo de la capacidad de carga se desarrolló un programa en lenguaje QBASIC, en el que se incorporó al modelo, las ecuaciones de cálculo, factores y variables ambientales relevantes.

Los datos generales de entrada al modelo fueron:

	Bahías	
	Tongoy	Inglesa
Área (m ²)	55.86 E ⁶	26.03 E ⁶
Volumen (m ³)	2.01 E ⁹	1.04 E ⁹
Sección (m ²)	2.05 E ⁵	2.61 E ⁵
Longitud ostión (cm)	10	10

El cálculo de capacidad de carga se realizó para la situación de mayor y menor disponibilidad de oxígeno y alimento (biomasa fitoplanctónica, calculada en base a los niveles de clorofila "a", observados durante el estudio). Asimismo, se consideró para la tasa de renovación una velocidad de corriente de 3 cm/seg, por ser la de mayor frecuencia de ocurrencia. Dichos cálculos se realizaron considerando el valor de cada variable integrado entre 0 y 20 metros, Creo que esta integración fue un error ya que la alta biomasa fitoplanctónica en los 5m no se puede considerar como alimento para ejemplares que están ubicados a 12 m

de profundidad. Los niveles máximos y mínimos de oxígeno fueron de 1,87 mL/L (febrero) y de 6,53 mL/L (septiembre), en bahía Inglesa; de 3,47 mL/L (noviembre) y 7,74 mL/L (septiembre), en Tongoy. A su vez las concentraciones máximas y mínimas de clorofila "a", fueron de 2,46 mg/m³ (agosto) y 9,98 mg/m³ (octubre), en bahía Inglesa. En Bahía Tongoy, los valores son de 1,09 mg/m³ (agosto) y de 17,82 mg/m³ (septiembre).

Para estimar el stock de recursos bentónicos cultivables en Bahía Inglesa y Tongoy, se consideró lo siguiente: la simulación se basó en los niveles de mayor y menor disponibilidad de biomasa fitoplanctónica y oxígeno observados durante el período de estudio en cada bahía; dichos valores han sido señalados en el punto anterior, la velocidad de corriente considerada para este análisis, fue de 3 cm/seg, por ser la de mayor frecuencia de ocurrencia en ambas bahías.

Se estimó un ingreso potencial de materia orgánica producto de aguas servidas, para ello se consideró para Bahía Inglesa una población de 33.639 habitantes en verano, cifra entregada por EMSAAT de una encuesta de flujo turístico del año 1994; la población de invierno se estimó en 292 habitantes y corresponde al doble de la población de invierno obtenida en el censo de 1992. Para Bahía Tongoy se consideró una población de 14,120 habitantes en verano y de 4.942 en invierno, cifras entregadas por ESSCO, para 1994. Actualmente tienen red de alcantarillado (2004) y reciclan la totalidad de las aguas servidas, lo mismo ocurre en B. Guanqueros.

El cálculo del consumo de oxígeno por degradación de materia orgánica que entraría al sistema por aguas servidas, se realizó considerando el valor de DBO de 19 Kg/persona/año, factor entregado para estos efectos por la Organización Mundial de la Salud (OMS). La red de alcantarillado ha solucionado este problema a partir del año 2004.

Los niveles de capacidad de carga para ostión, basados en los valores máximos de oxígeno disponible observados durante el período de estudio, a una velocidad de

corriente de 3 cm/seg (velocidad considerada de mayor frecuencia en ambas bahías), son de 21,7 ton/Há en Bahía Inglesa y de 12,3 ton/Há en Tongoy.

Asimismo, en base a la oferta de alimento, los niveles máximos son de 25,58 ton/Ha en Bahía Inglesa y de 12,10 ton/Há en Tongoy. Producto de un análisis de variaciones porcentuales positivas y negativas del orden de 5, 10 y 15 % de las variables relevantes consignadas en la metodología, se observó que el oxígeno es más relevante que el alimento; el cálculo de la capacidad basado en este elemento, arrojó una variabilidad de hasta 9,4 ton/Há en Bahía Inglesa y de 4,5 ton/Há en Tongoy. En relación al alimento dichas variaciones porcentuales se traducen en variaciones de hasta 8,8 ton/Há en Bahía Inglesa y de alrededor de 1 ton/Há en Tongoy.

“Diagnóstico de las áreas autorizadas para la acuicultura (A.A.A.) en la III y IV Regiones”, (FIP N° 2004-30) que tiene como objetivo general evaluar las A.A.A., en la III y IV Regiones en términos de su desempeño actual y proponer modificaciones considerando variables productivas, tecnológicas, ambientales y de ordenamiento territorial. El área con mayor grado de ocupación es Bahía Tongoy (48%), luego bahía Coquimbo y Herradura de Guayacán (45%), caleta del Medio (41%), puerto Caldera, Calderilla y bahía Inglesa (31%), caleta Herradura (18%), caleta Totalillo (16%), puerto Carrizal Bajo (2%) y caleta Flamenco (2%). En el resto de las áreas no existen concesiones otorgadas o si existen están fuera de las A.A.A., como es el caso de bahía Guanaqueros con 489 ha otorgadas para concesiones de acuicultura. Se proponen modificaciones a las actuales A.A.A., en la III y IV Regiones.

Los factores de evaluación utilizados en este análisis son los siguientes: velocidad de las corrientes con un rango $< 3 - 25$ cm/s (Velvin 1999), profundidad, topografía, exposición a vientos, presencia de metales pesados, presencia de bacterias coliformes fecales, concentración de materia orgánica en los sedimentos con un rango porcentual entre $> 12,1$ a 3% (Demaison y Moore 1980) tipo de sustrato, concentración de oxígeno con un rango que va desde $< 3,0$ a 6,6 mL/L, (Wheaton 1982), concentración de clorofila con un rango que va desde $< 0,1$ a $>$

0,2 mg/m³. Estos rangos seleccionados no corresponden a un ecosistema de surgencia como lo son las aguas costeras del Pacífico Sudoriental, lamentablemente no analizaron la serie los datos abióticos y bióticos del proyecto FIP 93-28, de capacidad de carga, el parámetro más preocupante es el oxígeno disuelto, debido a los frecuentes eventos de surgencia costera el OD disminuye a <1 mL/L bajo los 15m de la columna de agua y posteriormente por la gran cantidad de nutrientes y proliferación fitoplanctónica (> 15 mg/m³) el OD puede llegar a sobre saturación (> 10 mL/L) lo que es normal para nuestras aguas costeras del norte de Chile. Gran parte del informe de AAA se refiere a cartografía y no existe un criterio científico y técnico de peso para autorizar las áreas de acuicultura.

4 RESULTADOS PRELIMINARES

4.1 CONDICIONES HIDROGRÁFICAS Y CIRCULACIÓN

La costa de Chile presenta un gran número de bahías abiertas hacia el norte que modifican la circulación del área. En particular la zona entre 27 y 30° latitud sur debido a sus características semiáridas donde la evaporación excede precipitación, y viento favorable a la surgencia durante todo el año hace que las bahías orientadas hacia el norte, presenten características únicas en cuanto a su circulación y productividad (Valle-Levinson et. al., 2000 y Valle-Levinson y Moraga 2006).

4.1.1 Bahía Guanaqueros

Las condiciones térmicas de bahía Guanaqueros muestran una termoclina estacional en los primeros metros y bajo la misma las aguas tienen 13°C (Fig. 21 a); las condiciones salinas indican aguas de menor salinidad en la capa superior y el ingreso de aguas de mayor contenido salino a los 60 m. Esta bahía tiene una boca de profundidad entre 80 y 100 m en el sector sur y 60 m en el sector norte. Las condiciones de densidad muestran una picnoclina en los primeros 30 m, asociada a los cambios térmicos y salinos descritos (Fig. 21 a). Por otra parte la

distribución de temperatura y densidad superficial (Fig. 21 b) señalan la entrada de aguas por el centro de la bahía (Valle-Levinson et. al., 2000).

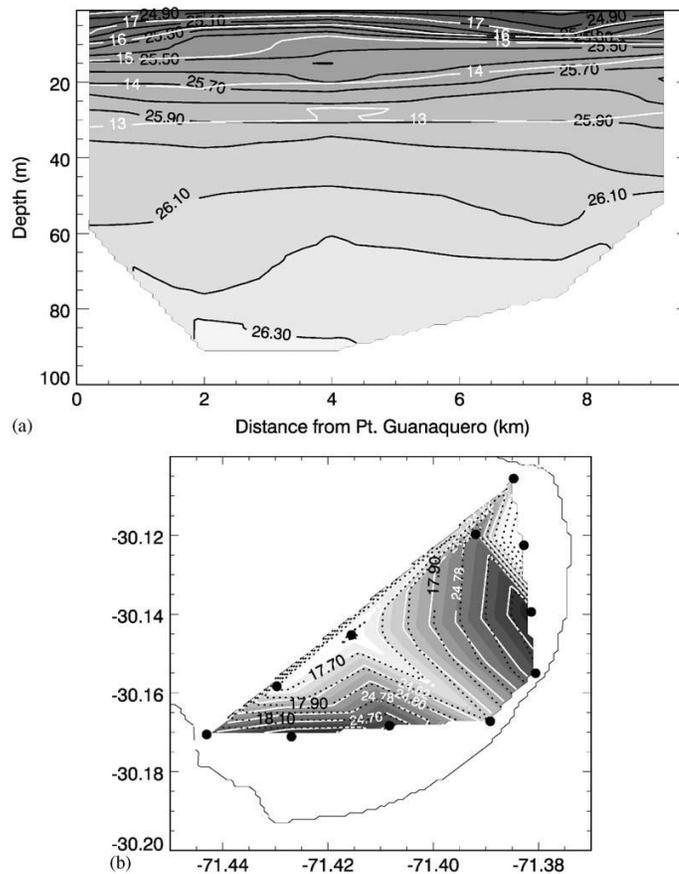


Fig. 21. a) Distribución vertical de temperatura (líneas blancas) y densidad en la boca de la bahía de Guanaqueros (líneas oscuras). b) Distribución horizontal de temperatura (líneas punteadas negras) y densidad (líneas blancas) en la capa superficial de la bahía.

La circulación observada mediante un Correntómetro Acústico Doppler (ADCP) en modo de arrastre, durante 24 horas, muestra un patrón de circulación residual de tipo rotacional, con doble giro en la capa superior. Las aguas ingresan por el centro de la bahía y los flujos de salida se ubican cerca de las puntas (Fig. 22). El giro próximo a Pta. Guanaqueros está muy definido y con valores de velocidad superiores a los 10 cm/s (Valle-Levinson y Moraga, 2006).

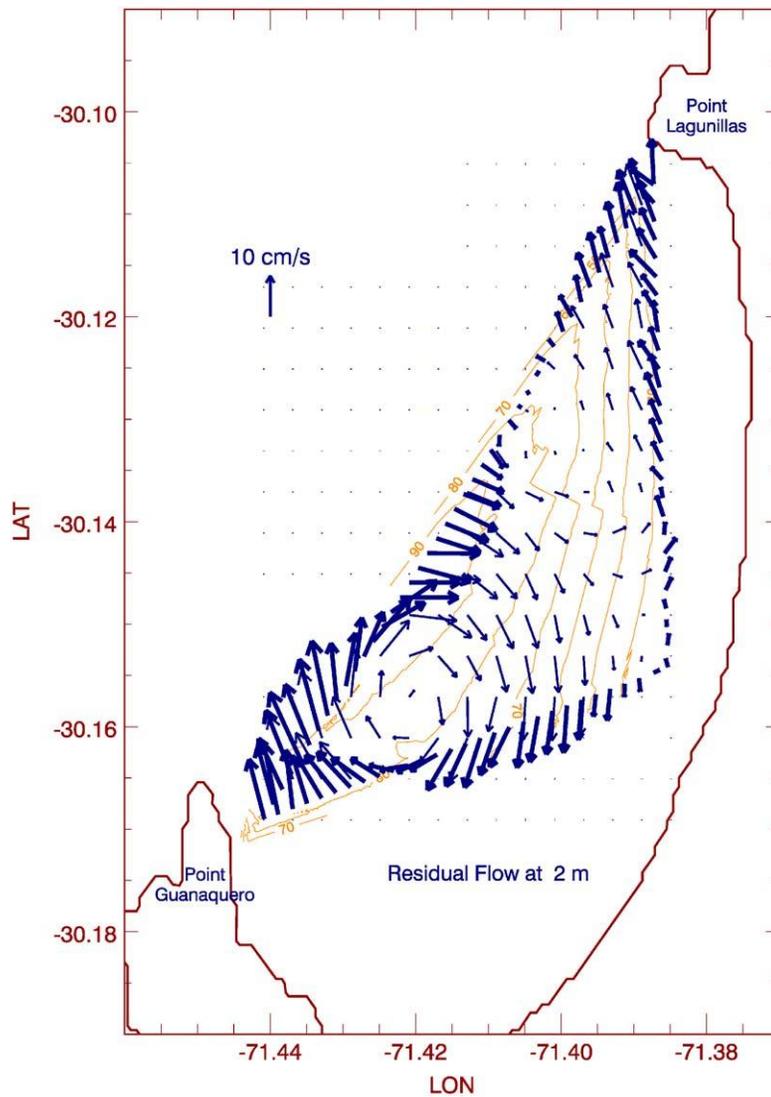


Fig. 22: Distribución de corrientes residuales a 2 m de profundidad (Valle-Levinson & Moraga, 2006).

4.1.2 Bahía Tongoy

Al igual que bahía Guanaqueros, bahía Tongoy presenta una circulación de doble celda. La figura 23 muestra la distribución vertical de la corriente en una sección transversal a la bahía durante otoño, la componente N-S presenta un núcleo de entrada de agua a 6 cm/s en el sector este a una profundidad de 30 m, y una salida a razón de 7 cm/s en el extremo oeste a una profundidad de 15 m. La componente E-W se observa un flujo superior a 8 cm/s hacia el oeste, en el centro y a nivel superficial.

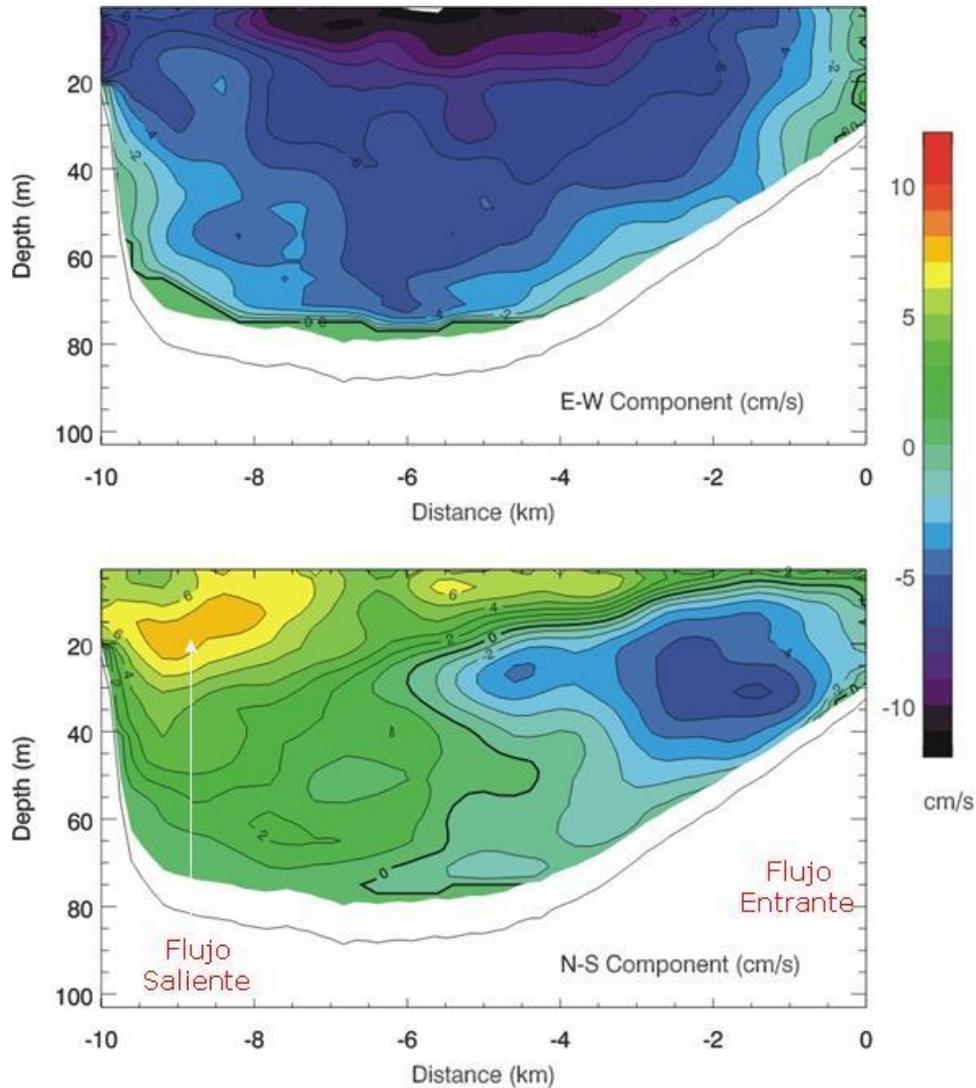


Fig. 23. Corrientes en la sección transversal de la boca de la Bahía Tongoy durante la época de otoño.

En primavera, se observó en la componente N-S un flujo de entrada de agua a nivel subsuperficial por el centro de la bahía y salida a nivel superficial por el sector de Punta Lengua de Vaca (Fig. 24).

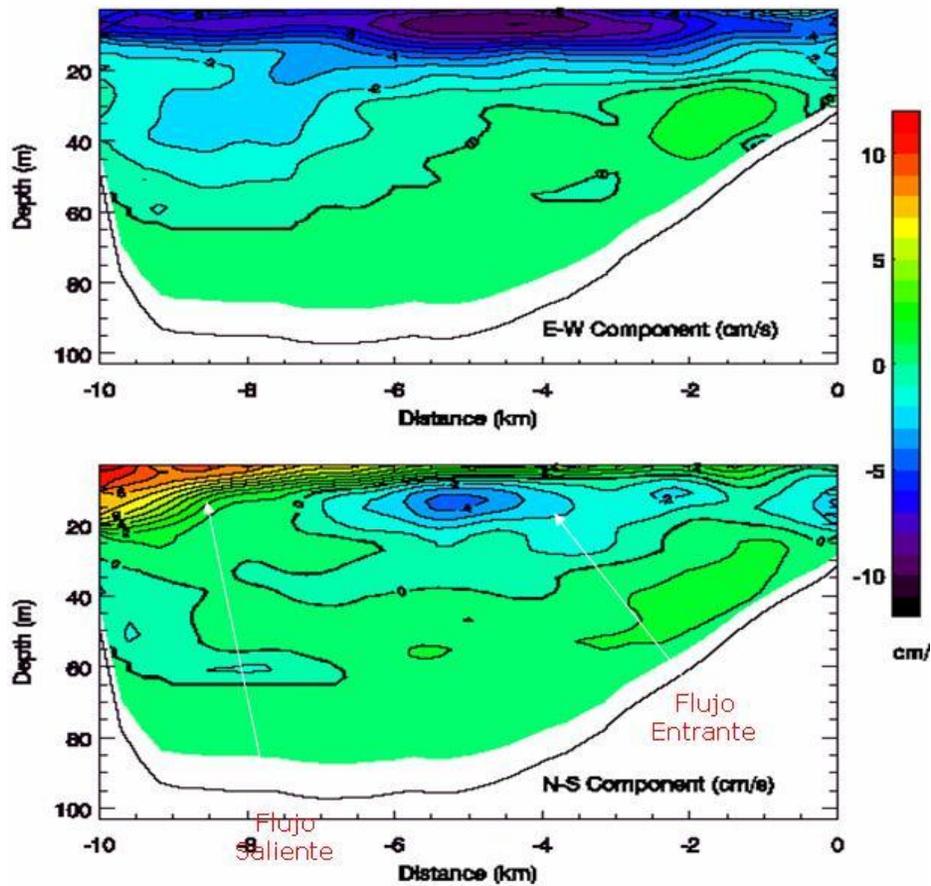


Fig. 24. Corrientes en la sección transversal de la boca de la Bahía Tongoy durante la época de primavera.

4.1.2.1 Viento

El viento es un parámetro de vital importancia para el estudio de procesos costeros y oceánicos debido a que la mayor parte de la dinámica de la capa superficial esta gobernada por este parámetro. Este parámetro puede ser medido en forma directa o remota. En forma directa se obtiene en estaciones fijas costeras o en boyas marinas. En forma remota puede ser obtenido mediante un escaterometro instalado en satélites.

4.1.2.1.1 Satélite

El viento medido por satélite es una herramienta muy útil para el estudio de procesos oceánicos, sin embargo debido a su resolución temporal (una vez al día en algunas áreas) y espacial (25 km) no permite hacer estudios en áreas costeras. En la figura 25 se muestra una imagen del día 23 de enero de 2007, donde se observa un viento casi homogéneo en intensidad y en dirección en toda el área de estudio.

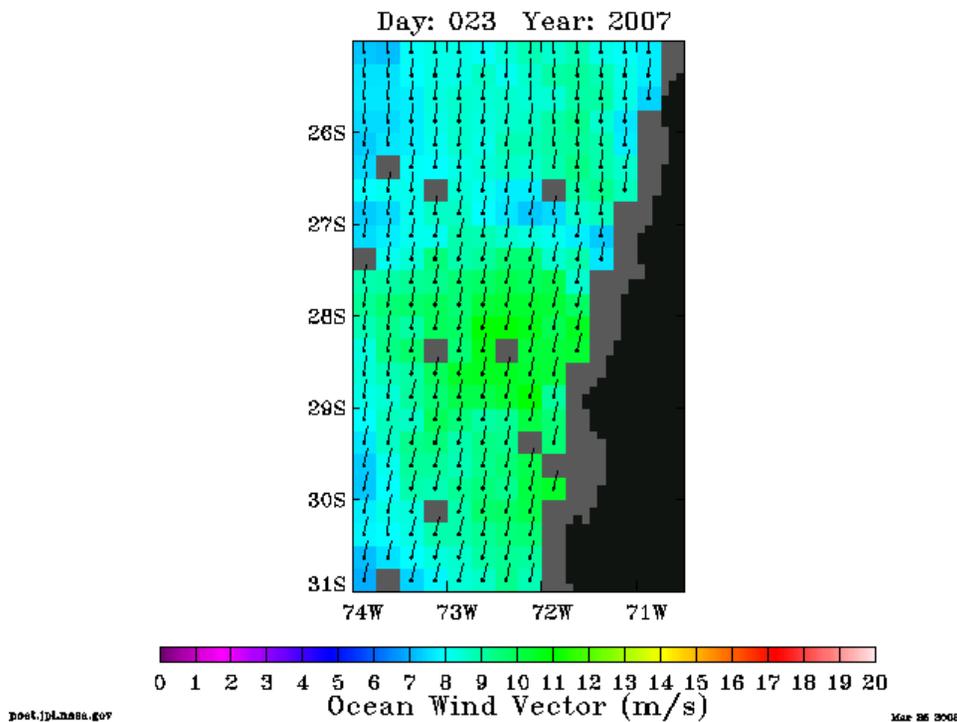


Fig. 25 Viento satelital (Quickcat) medido el día 23 de enero de 2007.

La climatología de 7 años del viento en el pacifico sudoriental (Fig. 16) (Blanco, 2008) muestra en particular en la zona entre 20 y 30 grados de latitud una intensificación de viento respecto de las áreas al norte y sur y un viento homogéneo durante el año y con una dirección predominante a lo largo de la costa. Basados en estos resultados la suposición de un viento homogéneo en toda el área de estudio utilizada como forzante en el modelo numérico sería válida.

Wind stress (Nm^{-2}) - mean 2000 - 2006

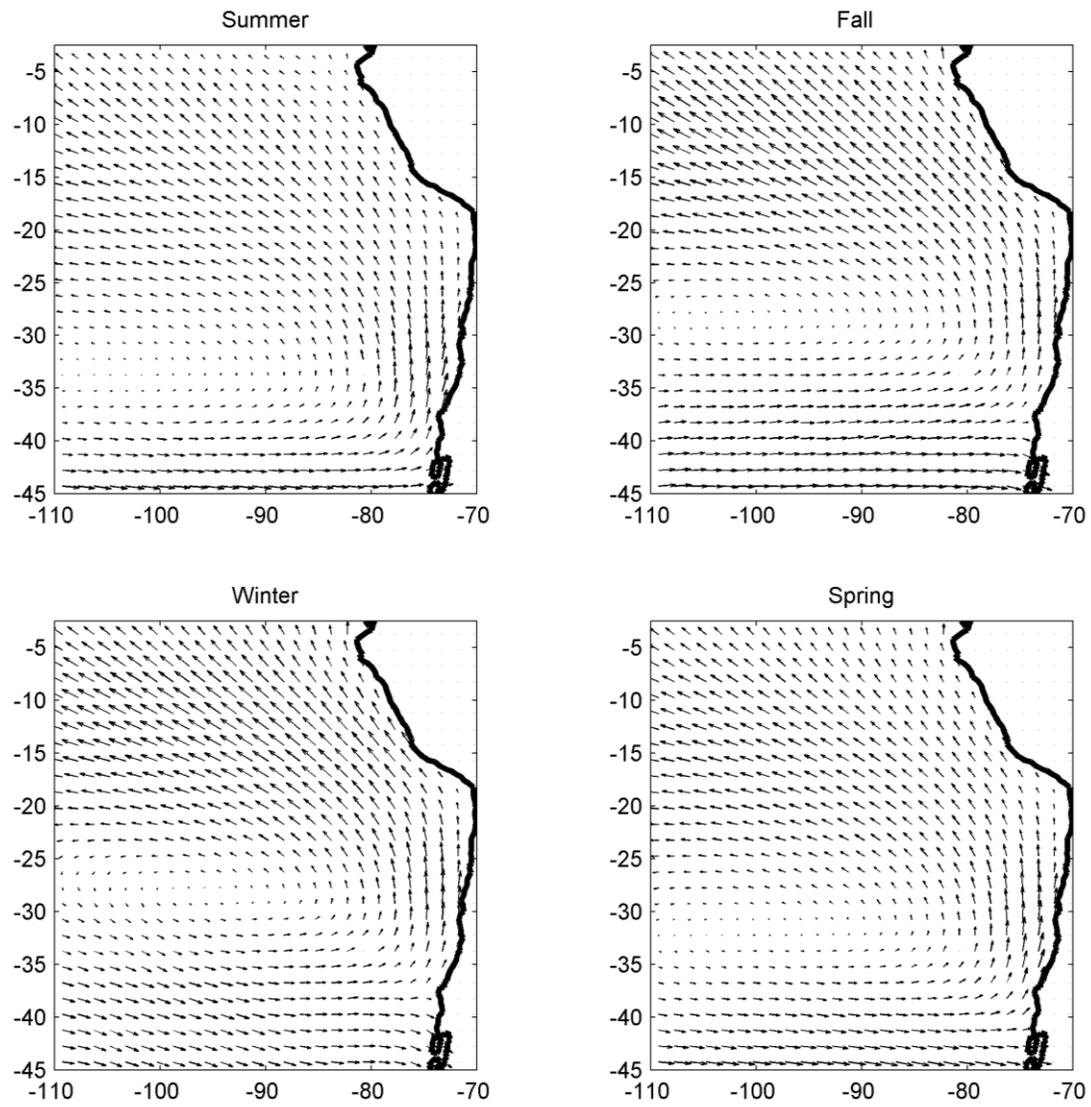


Fig. 26.- Climatología del viento obtenido por satélite en el Pacífico Sudoriental (Blanco 2008, Manuscrito no publicado)

4.1.2.1.2 Estaciones costeras

Lamentablemente, la única serie de viento disponible para la zona, que representa la variabilidad del viento en el sector oceánico, corresponde a los datos medidos en Punta Lengua de Vaca por el Departamento de Geofísica de Universidad de Chile.

En este lugar el viento muestra una orientación principalmente hacia el noreste (con una dirección predominante de 55°) (Fig. 27, izquierda) y una gran variabilidad en su intensidad (Fig. 27, derecha), alcanzando valores de más de 15 m/s durante primavera.

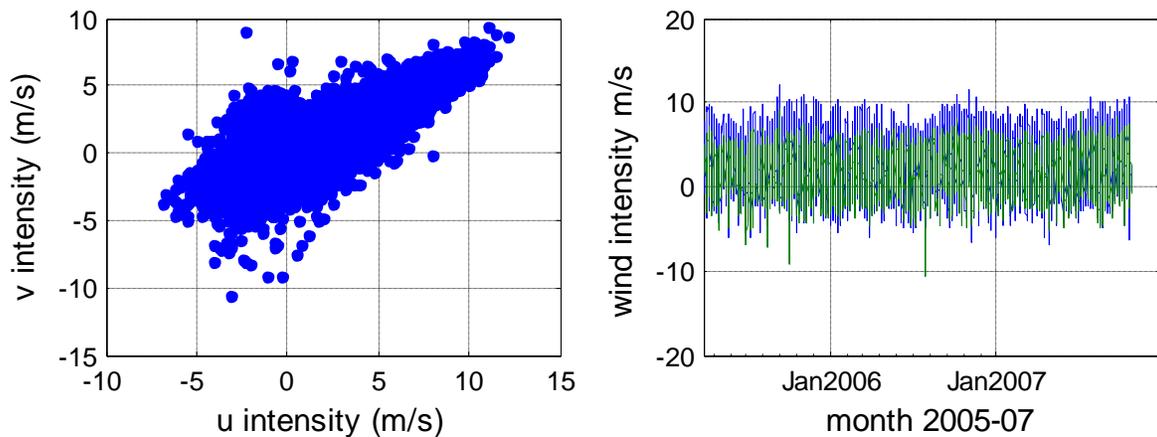


Fig. 27. Viento medido en Lengua de Vaca entre marzo 2003 y octubre 2007. (Izquierda) Grafico de las componentes U vs V del viento. (Derecha) Componentes U (azul) y V (verde) del viento sin filtrar con respecto del tiempo.

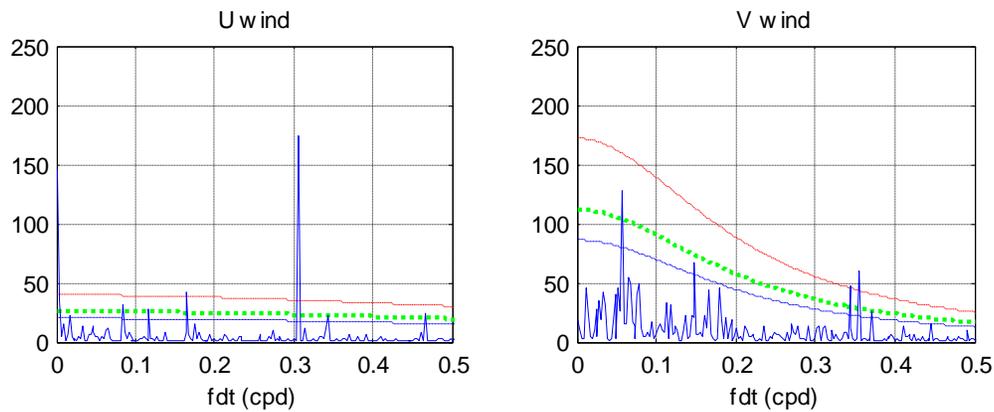


Fig. 28.- Espectro de máxima entropía de las componentes perpendicular (U) y paralelo (V) del viento en Lengua de Vaca para el periodo Marzo 2005 a Octubre 2007. Se incluyen los niveles de confianza del 90% (azul) 95% (verde) y 99% (rojo).

Para determinar la variabilidad de los datos de determino el espectro de energía mediante el método de máxima entropía (Fig. 28) para cada una de las componentes del viento paralelo (V) y perpendicular (U) a la costa, se rotó la dirección medida del viento en 55° grados, de modo que el eje de máxima varianza corresponda a lo largo de la costa. En los espectros se observa que la mayor energía se presenta a lo largo de la costa con variaciones significativas sobre el 90% en los periodos 2.5, 6-8 y 16-20 días y en la componente perpendicular a la costa la principal variabilidad se presenta en periodos de 1, 3 y 6 días. La variación en escala de un día corresponde la brisa marina, la que en la zona tiene un gran efecto sobre la dinámica de las bahías y de las zonas costeras. El efecto de la brisa marina esta siendo estudiado mediante el modelo numérico de modo de poder cuantificar su importancia.

Mediante un análisis de ondelet es posible discriminar los periodos en que las frecuencias de mayor variabilidad son dominantes. La figura 20 muestra que los ciclos de entre 4 y 8 días son mas frecuentes durante otoño, invierno y primavera y muy poco frecuentes en verano (Fig. 29).

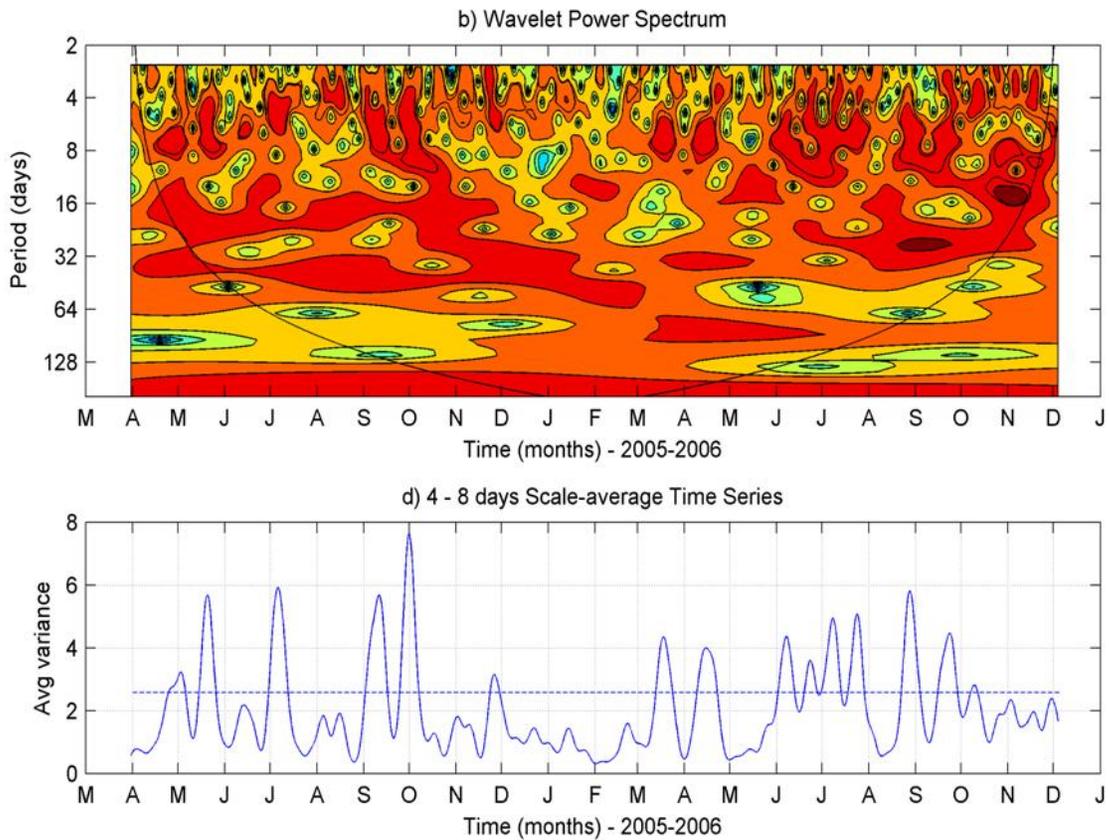


Fig. 29. Análisis mediante ondelet del viento en Punta Lengua de Vaca, durante los años 2005 y 2006.

Con objeto de ver la variabilidad a lo largo de la costa en frecuencias menores, los datos crudos fueron rotados en 55° y fueron suavizados con un filtro de 8 días. En la figura 30, se representan los vectores del viento y se aprecia que el viento es favorable para la surgencia durante todo el año, con una secuencia de intensificación y relajación del viento de entre 7 y 8 días, con una modulación estacional. Los máximos valores se observan en primavera y verano y los mínimos en invierno (incluyendo algunos eventos de vientos del norte).

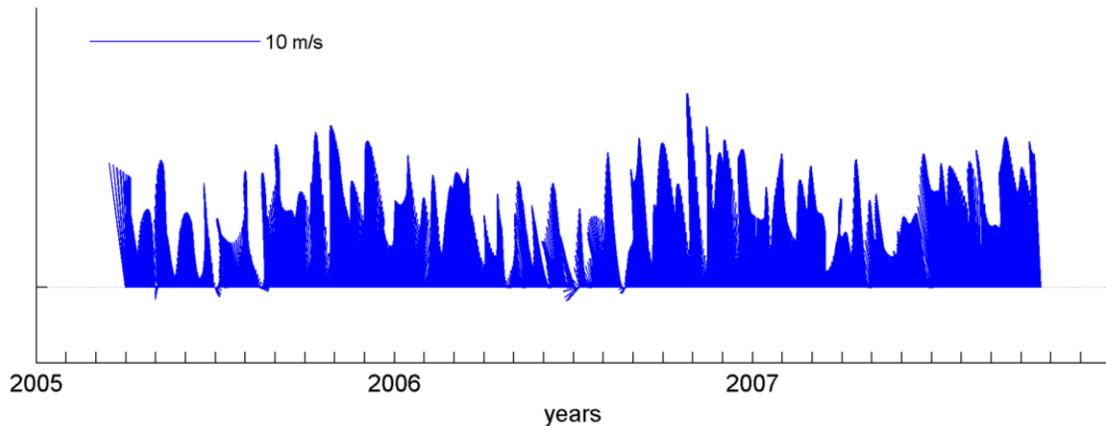


Fig. 30.- Viento en Punta Lengua de Vaca desde marzo 2005 a octubre 2007. Valores horarios suavizados con un filtro de 5 días.

4.1.2.2 Nivel del mar – Mareas

Las variaciones del nivel del mar en las áreas costeras son producidas principalmente por las mareas, por el viento y los cambios de presión atmosférica. Las mareas observadas en la zona de estudio son del tipo mixto y muy homogéneas en su amplitud, alcanzando entre 1.5 y 2 metros de altura durante mareas de sicigia (Fig. 31 y 32 superior). Sus principales componentes harmónicos (Fig. 31 y 32 inferior) son las componentes diurnas K1 y O1 y las semidiurnas M2, S2 y N2. Con una amplitud poco significativa, también se registran otras componentes de menor periodo que son generadas por la interacción con la costa.

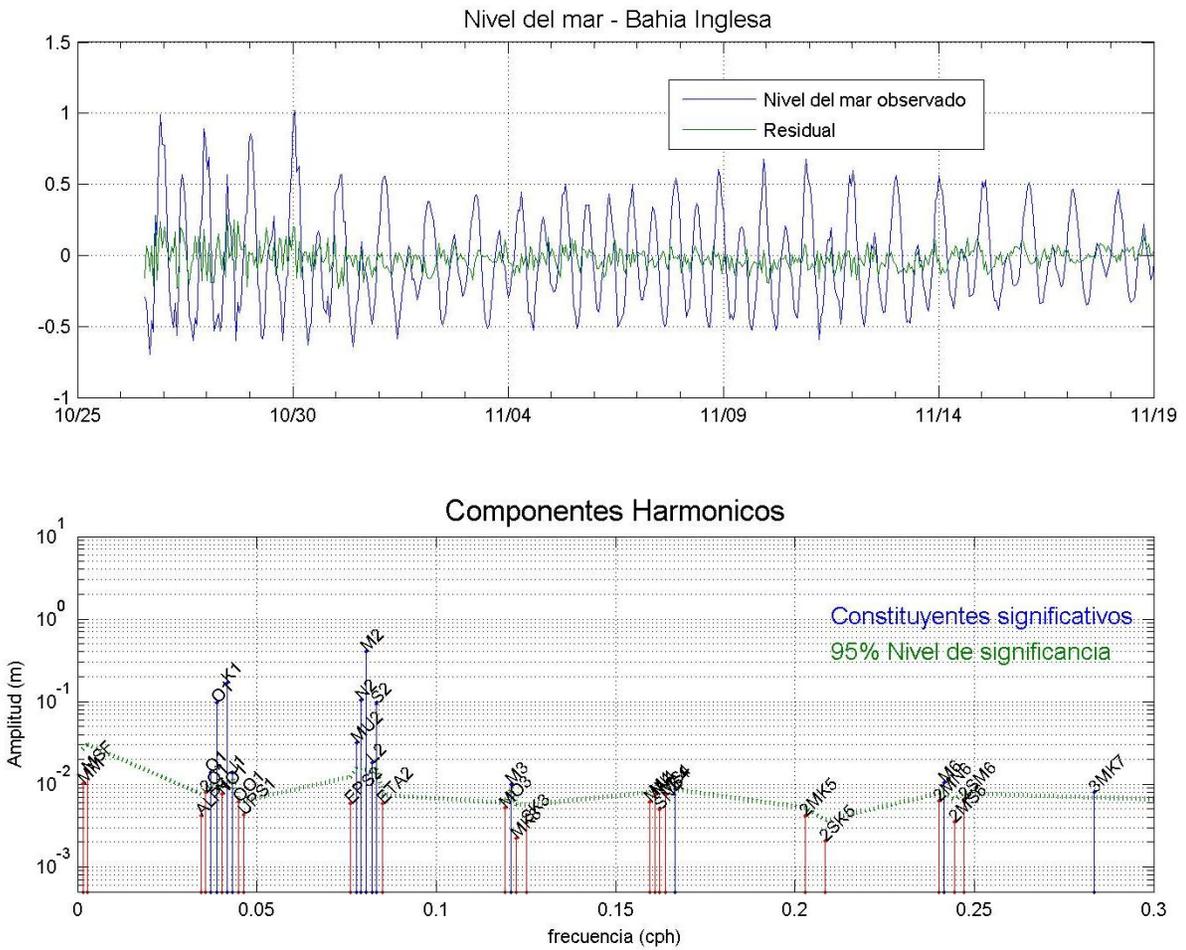


Fig. 31.- Superior - Nivel del mar observado en bahía Inglesa durante octubre y noviembre 2007. Inferior – Componentes harmónicos de la marea observada.

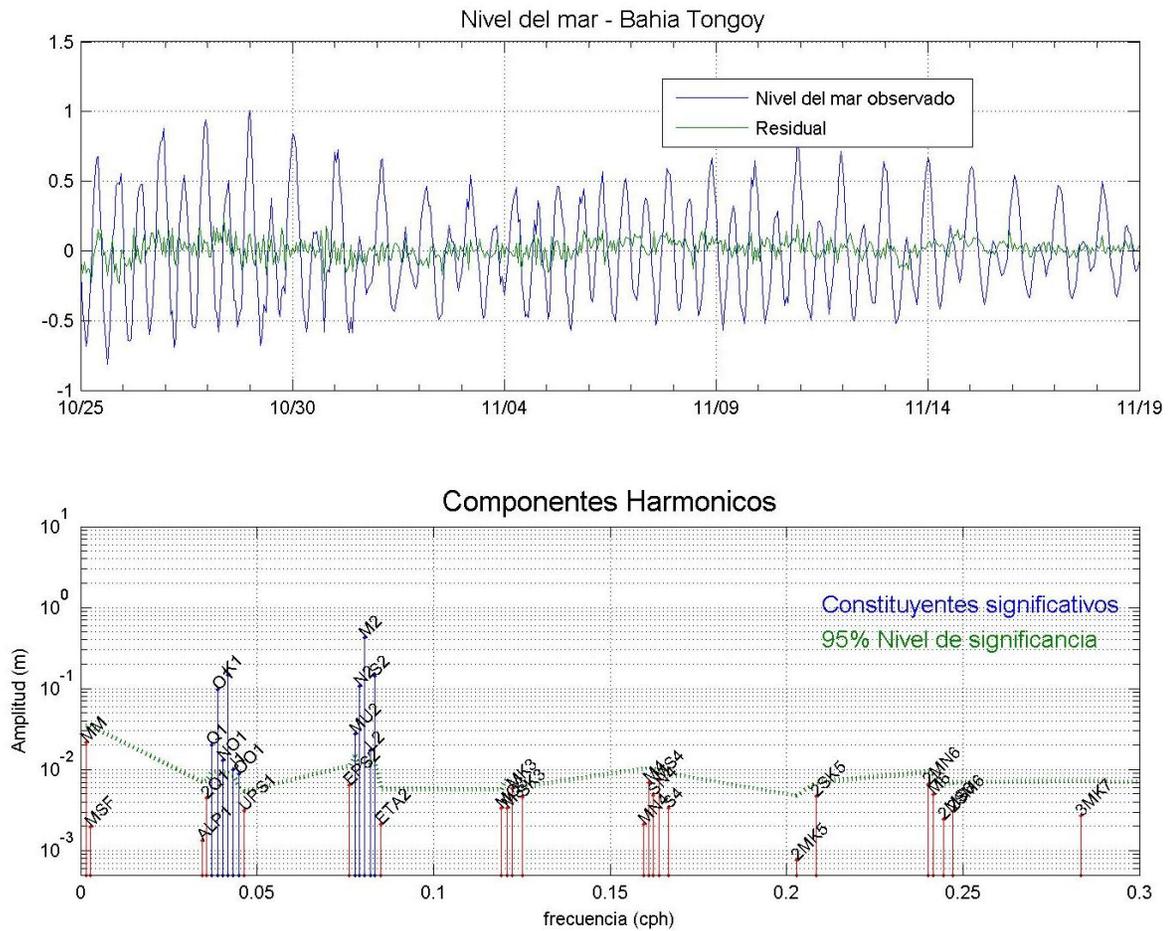


Fig. 32. Superior - Nivel del mar observado en Bahía Tongoy durante octubre y noviembre 2007. Inferior – Componentes armónicos de la marea observada.

4.1.2.3 Temperatura

Uno de los parámetros más relevantes y que permite caracterizar la hidrodinámica en el océano es la temperatura. Este parámetro puede ser medido en forma remota o directa. Para obtener información en forma remota se utilizan los satélites geostacionarios o los orbitales, estos últimos tienen una resolución espacial de 4 km. En forma directa la temperatura se mide principalmente mediante termistores.

4.1.2.3.1 Satélite

Sin duda una de las mejores herramientas para el estudio de la temperatura superficial del mar es la obtenida por satélites, sin embargo dada la resolución espacial (4 km) no es muy apropiada para el estudio de áreas costeras como bahías. Además las zonas costeras con una gran actividad de surgencia presentan una alta nubosidad razón la cual es muy difícil tener una buena secuencia temporal de imágenes de satélite que permitan un estudio de filamentos o remolinos. A pesar de lo anterior, seleccionando los periodos sin nubosidad y realizando un promedio de 8 días es posible encontrar estructuras que se no es posible estudiar de otro modo.

En la figura 33 se muestran algunas imágenes del área en la cual se encuentran las bahías del presente estudio, en ellas se aprecian aguas frías en la costa producto de la surgencia costera y su intrusión hacia la zona oceánica en forma de filamentos, alcanzando distancias de mas de 500 kilómetros hacia fuera de la costa en algunos casos.

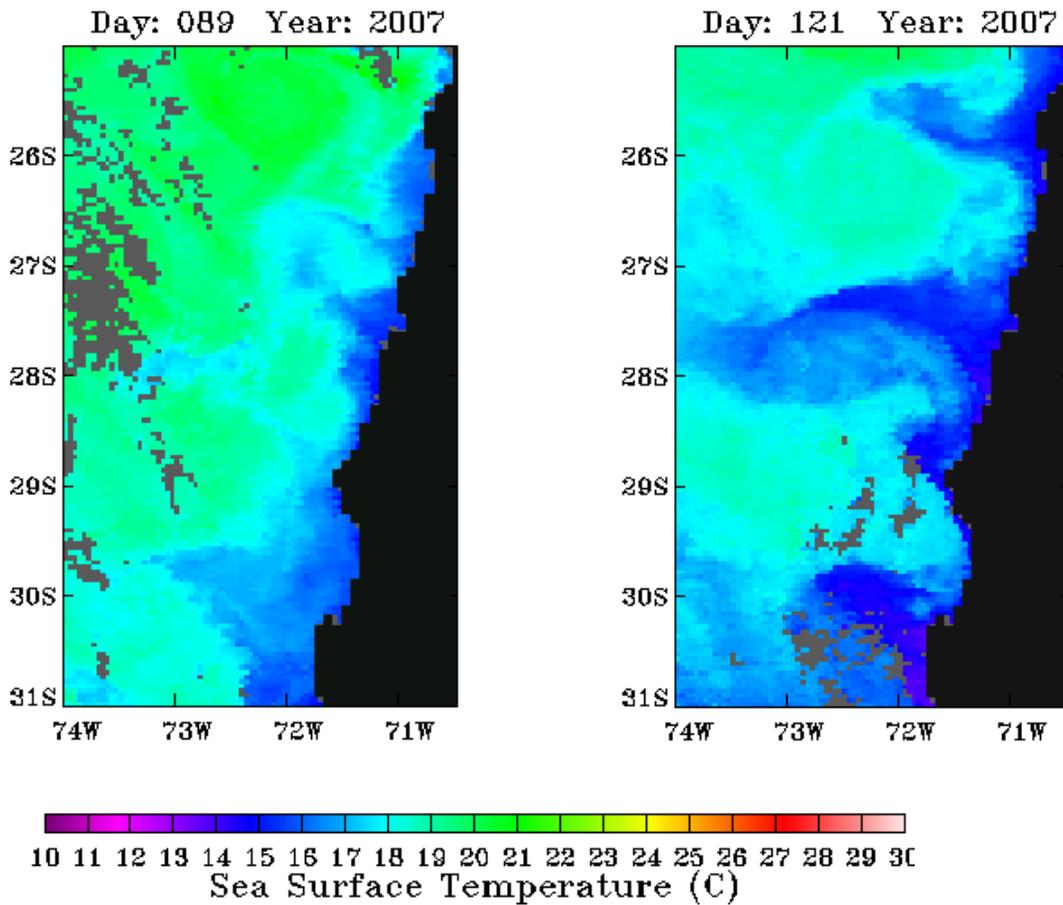


Fig. 33. Promedio semanal de temperatura superficial del mar obtenido con el satélite MODIS/Terra para los días 1 y 30 de abril del 2007.

4.1.2.3.2 Termistores

En ambas bahías se instalaron termistores que registran la temperatura cada una hora a 5, 10 15 y 20 m de profundidad. En la figura 34 se observa claramente la señal anual y una significativa estratificación en los meses de verano. Además se aprecia un amplio rango de variación en escalas diarias, especialmente durante el verano, esta variación es mínima durante el invierno. Es posible también apreciar una diferencia interanual, donde los valores registrados durante 2007 son entre 1 y 2°C menores que el 2006. Esta variación de la temperatura en escala diaria es producto de ondas internas y del ciclo diario del

viento que induce mezcla. Los valores registrados en ambas bahías son similares y presentan la misma variabilidad.

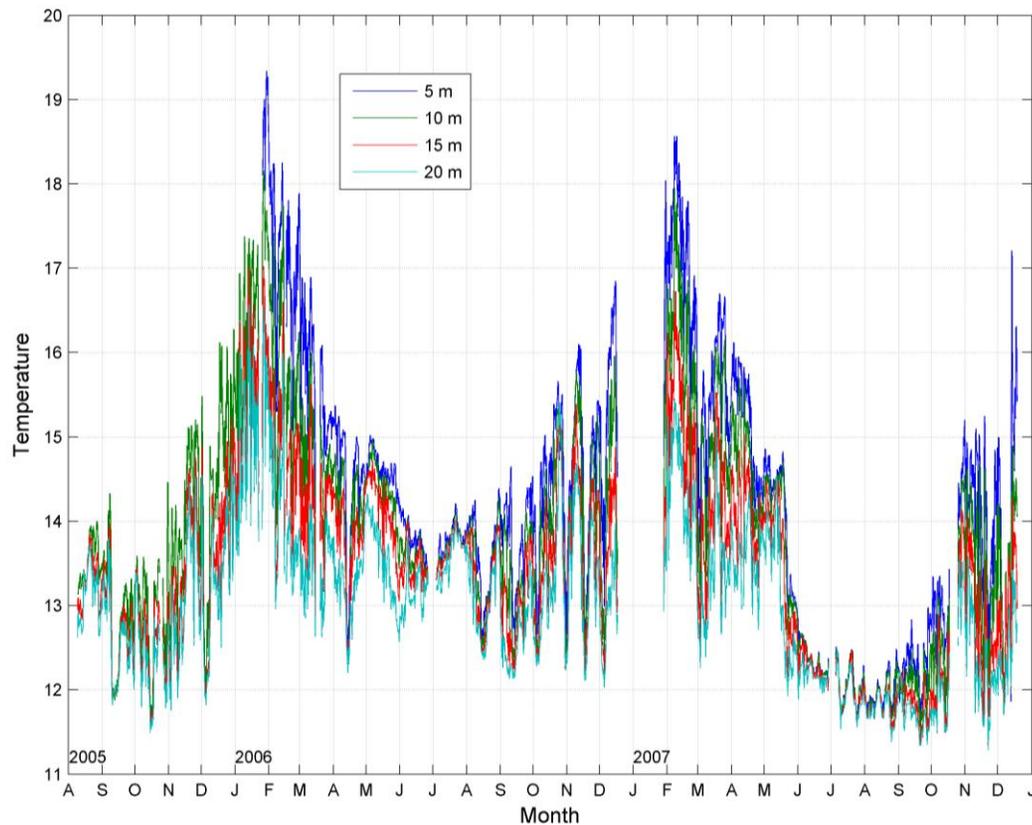


Fig. 34. Variación temporal de temperatura en Bahía Tongoy. Valores horarios a diferentes profundidades.

Otra forma de representar la información de la figura 34 es graficando el tiempo versus la profundidad (Fig. 35). Para esta representación los datos fueron suavizados con un filtro de 3 días. Las oscilaciones de las isotermas en los meses calidos son coincidentes con la intensificación y relajación del viento. Durante periodos de relajación del viento el agua en la bahía se calienta y cuando el viento se intensifica por un lado mezcla el agua de la bahía pero también ingresan aguas más fría producto de la surgencia en el área externa de la bahía.

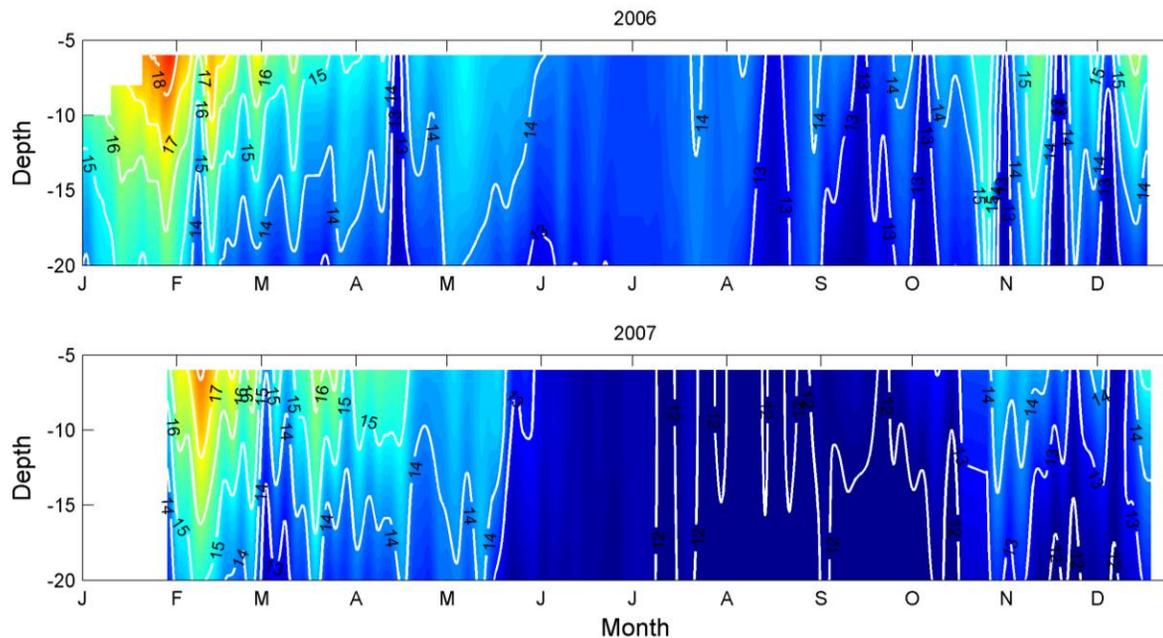


Fig. 35. Distribución vertical de temperatura en Bahía Tongoy durante 2006 y 2007. Valores horarios y suavizados con un filtro de 3 días.

4.2 PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Un buen conocimiento de la circulación de las bahías nos permitirá realizar un buen muestreo bio-oceanográfico, de fitoplancton, temperatura, oxígeno disuelto y nutrientes. Este último parámetro químico que es un buen indicador de la productividad de las aguas y de los procesos de surgencia. Son varios los nutrientes que son necesarios para el proceso fotosintético en las microalgas, sin embargo con un buen conocimiento de los nitratos y fosfatos o su relación entre ellos, ya que obteniendo una buena correlación se podría en el futuro tomar solo un nutriente e inferir los valores del segundo o los restantes. En un muestreo intensivo de 36 hrs en la columna de agua, se puede observar que la relación entre $\text{NO}_3 / \text{PO}_4$ a las profundidades de 5, 10, 15 y 20 m no presenta un patrón definido y al parecer tiene una fluctuación similar a las mareas (Fig. 36)

También es necesario relación $\text{NO}_3 / \text{PO}_4$ durante un ciclo anual entre las observaciones registradas en horas luz y horas de oscuridad, resultados donde no

se logra obtener un patrón definido de distribución de esta relación entre ambos nutrientes (Fig. 37).

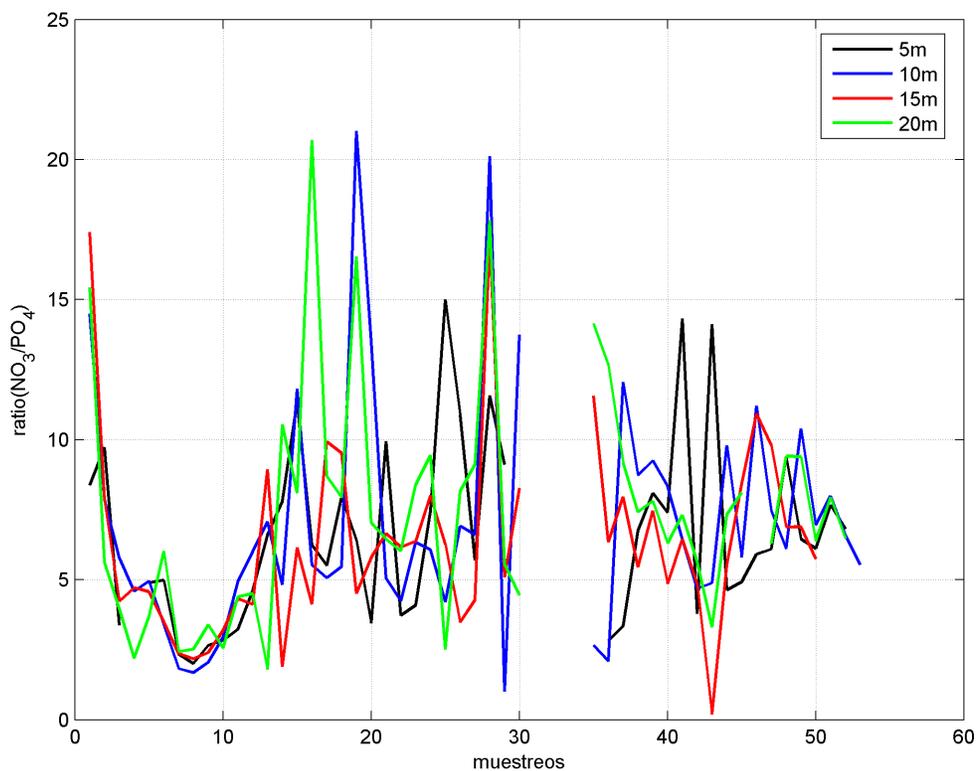


Fig. 36. Relación entre NO₃/PO₄ en un muestreo intensivo durante 1994.

Redfield ratio NO_3/PO_4 - Bahía Inglesa 1994 - (azul) horas luz - (rojo) obscuridad

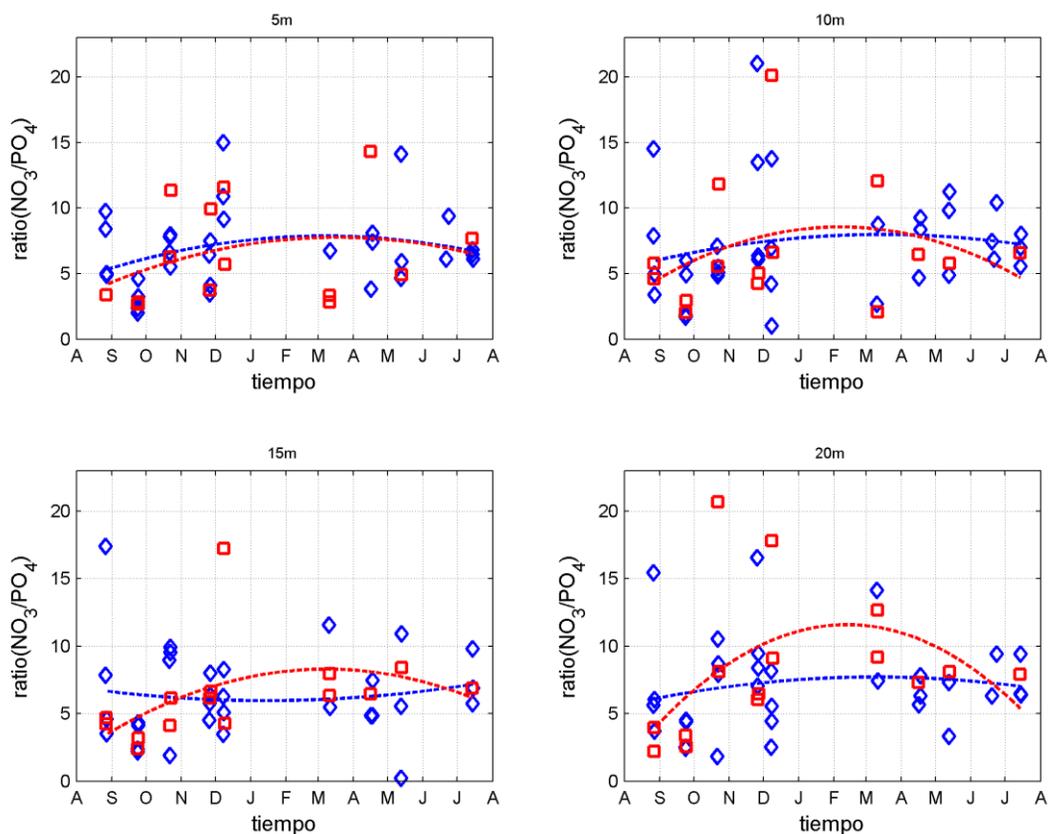


Fig. 37. Variabilidad espacio temporal de NO_3/PO_4 en Bahía Inglesa durante el año 1994.

4.2.1 Oxígeno disuelto

La distribución de oxígeno disuelto es una de las características más importantes en las bahías de la zona ya que es un elemento clave para el desarrollo y crecimiento de los organismos por lo que se requiere un detallado estudio para determinar la capacidad de carga. En términos generales es sabido que durante los eventos de surgencia costera de significativa magnitud, aguas de origen ecuatorial subsuperficial con contenido de oxígeno menor de 1 ml/l asciende en algunos casos alcanza superficie. Como es de suponer, esta agua de bajo contenido de oxígeno penetra en las bahías por el fondo, especialmente durante periodo de primavera verano cuando las surgencias son muy intensas,

generando una capa de mínimo oxígeno dentro de las bahías. Esta condición se ve acrecentada por la estratificación que se produce durante estos periodos. Así mismo, la variabilidad interanual (ciclos la Niña - el Niño) presenta una intensificación o debilitamiento de las surgencias y de la estratificación permitiendo cambios en el crecimiento de los recursos, especialmente del ostión.

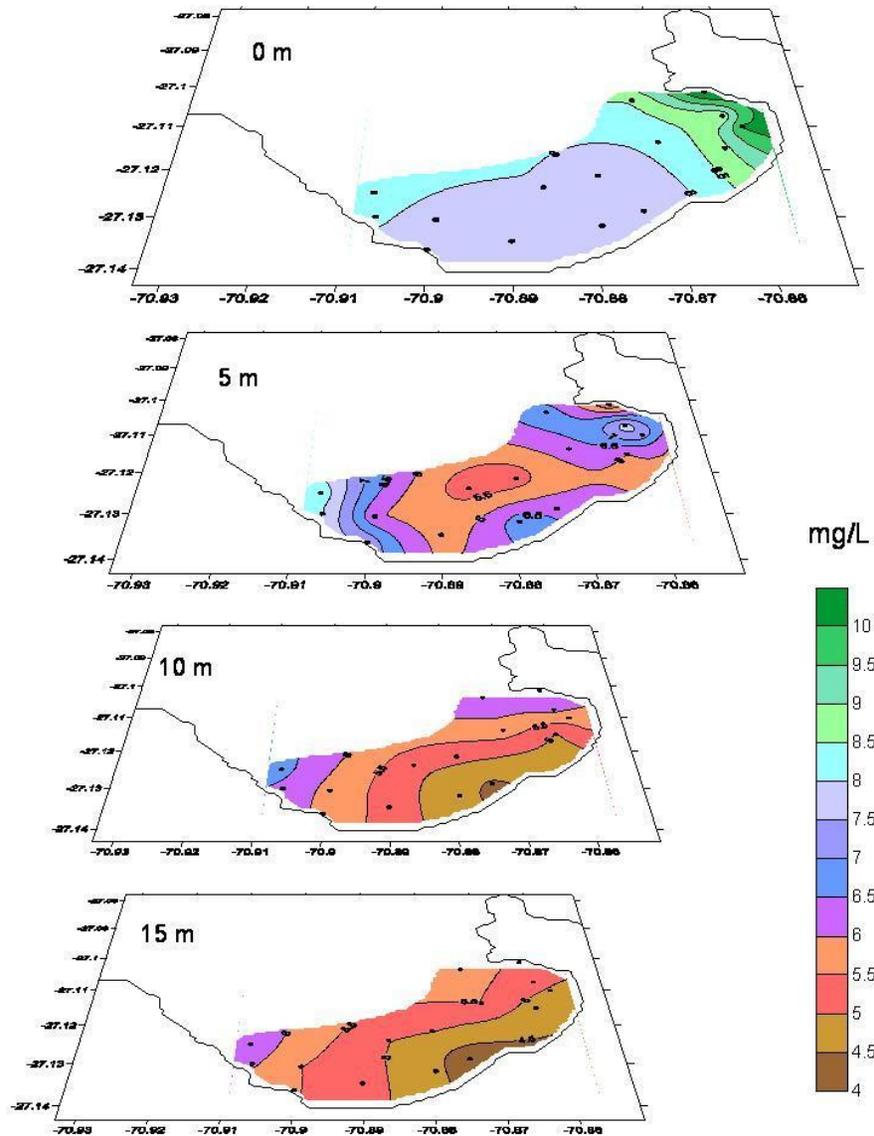


Fig. 38. Oxígeno disuelto (mg/L) a distintas profundidades en verano del 2006.

En la figura 38 se presenta la distribución de oxígeno disuelto medido durante un monitoreo en diciembre de 2006. Máximos valores se presentan en

superficie y decrecen drásticamente en los primeros metros. Como es de esperar, el porcentaje de saturación (Fig. 39) muestra valores sobresaturados en superficie (producción) y decrecen con profundidad, alcanzando a valores menores de 50% en sector sur de la bahía.

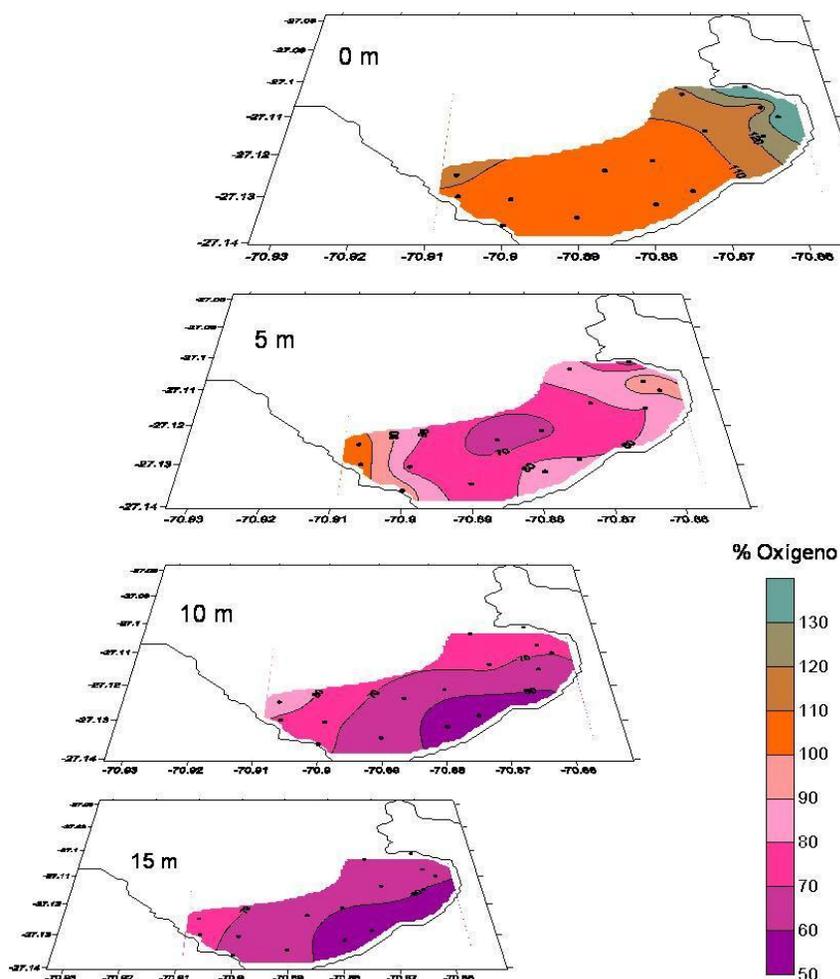


Fig. 39. Porcentaje de saturación de oxígeno disuelto a distintas profundidades en el verano del 2006.

En invierno el oxígeno disuelto (Fig. 40), se comporta de manera uniforme a los 5 m de profundidad (4.5 mg/L), mientras que a 15 m las concentraciones de oxígeno disminuyen hacia la costa (4 y 3 mg/L), en tanto, la saturación (Fig. 41) a 10 m de profundidad se comporta de forma homogénea a 50%.

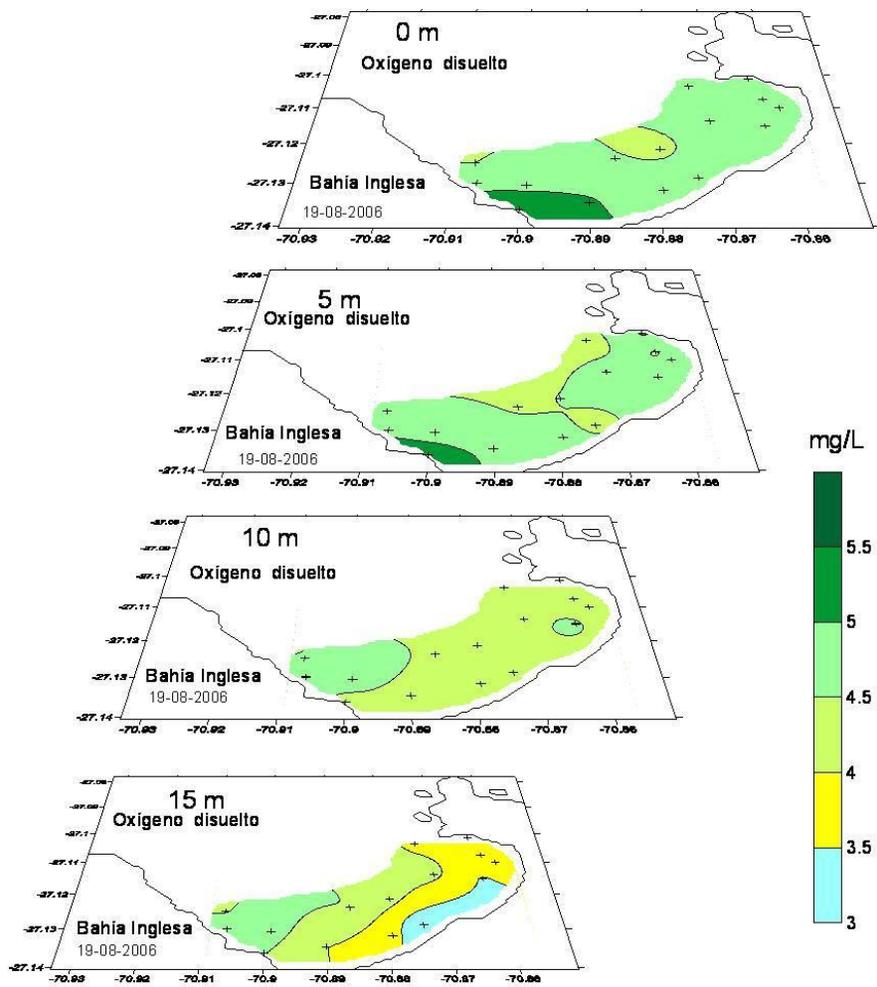


Fig. 40: Oxígeno disuelto (mg/L) a distintas profundidades en el invierno del 2006.

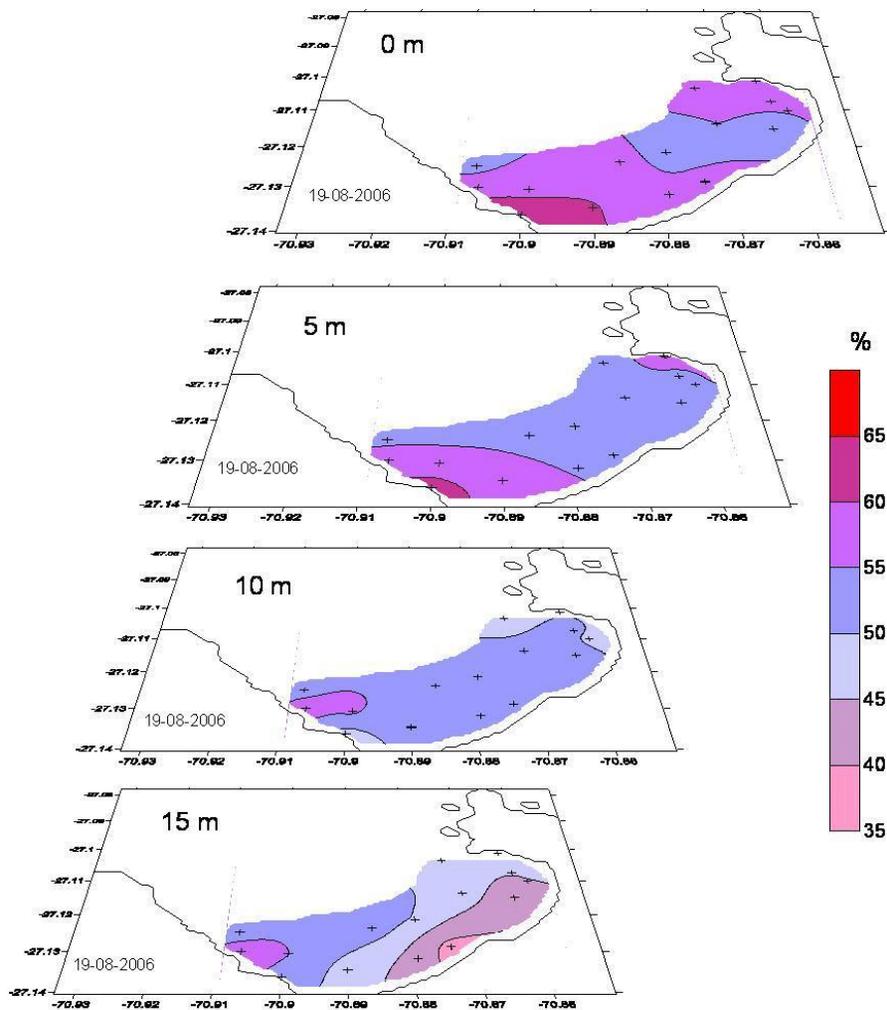


Fig. 41. Porcentaje de saturación de oxígeno disuelto a distintas profundidades en el verano del 2006.

4.2.2 pH

Referente al pH, los mayores valores (>8.3) se encuentran en superficie y el sector este de la bahía, cabe señalar que estos elevados valores son coincidentes con la mayor biomasa fitoplanctónica, lo que indica una mayor actividad fotosintética de la bahía. Los menores valores de pH (< 7.8), se localizan a los 10m de profundidad y en el sector central de la bahía (Fig. 42).

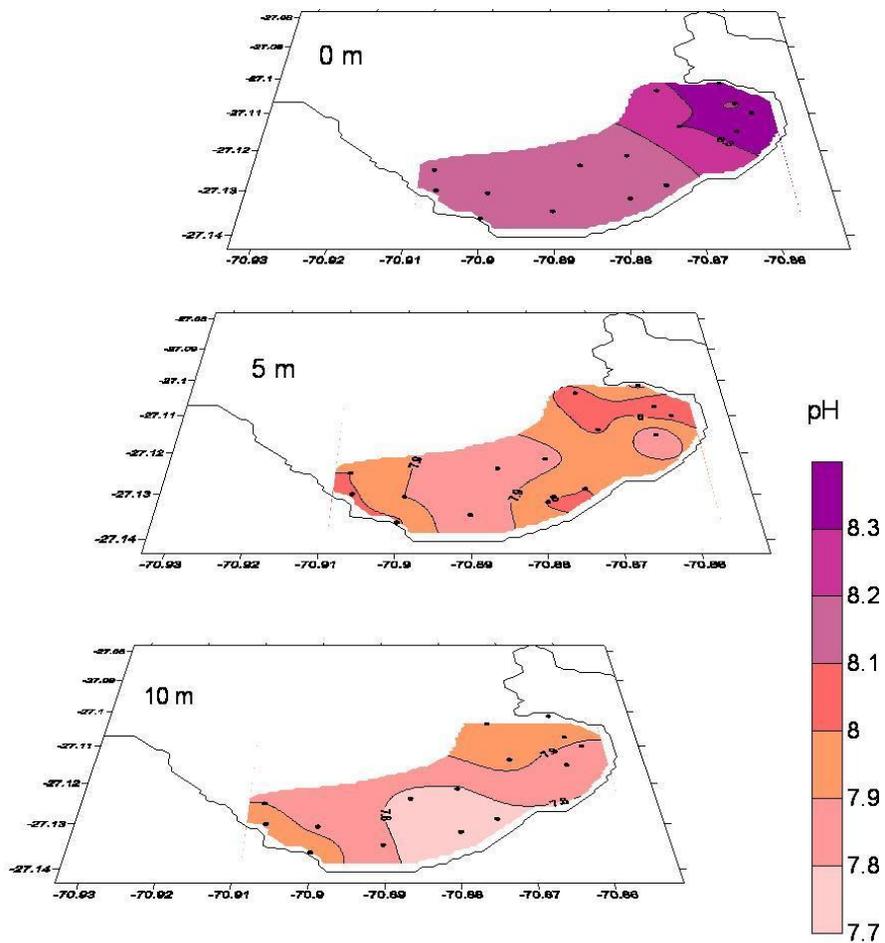


Fig. 42. Distribución del pH en la bahía a distintas profundidades.

Los nutrientes como el NO_3 en época de invierno, que solo fueron registrados en superficie y a los 10m de profundidad (Fig. 43), las concentraciones nos indican que las mayores concentraciones ($> 17 \mu\text{M}$) se presentan en el sector este de la bahía en ambas profundidades y las menores concentraciones ($< 10 \mu\text{M}$), en el centro de la bahía.

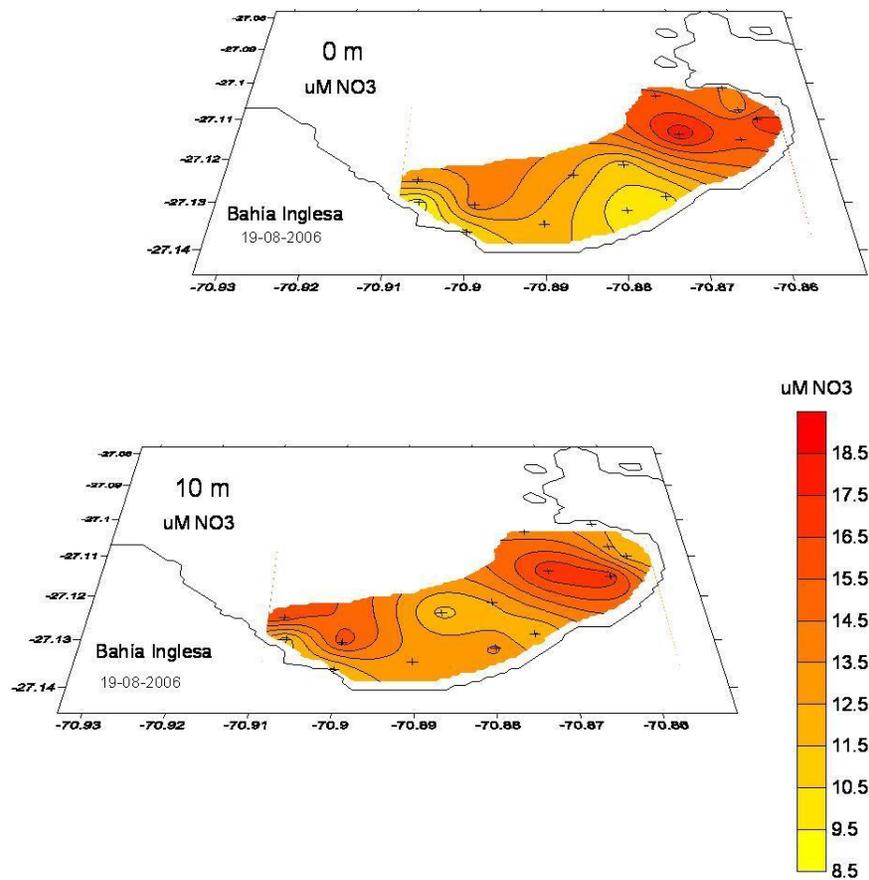


Fig. 43 Distribución del NO_3 en la bahía a distintas profundidades.

Las mayores concentraciones de PO_4 ($>1.8 \mu\text{M}$) presentaron una distribución opuestas a la del nitrato, ubicándose las mayores concentraciones en el sector oeste de la bahía, y las menores concentraciones (< 1.3), se ubican en el centro de la bahía (Fig. 44)

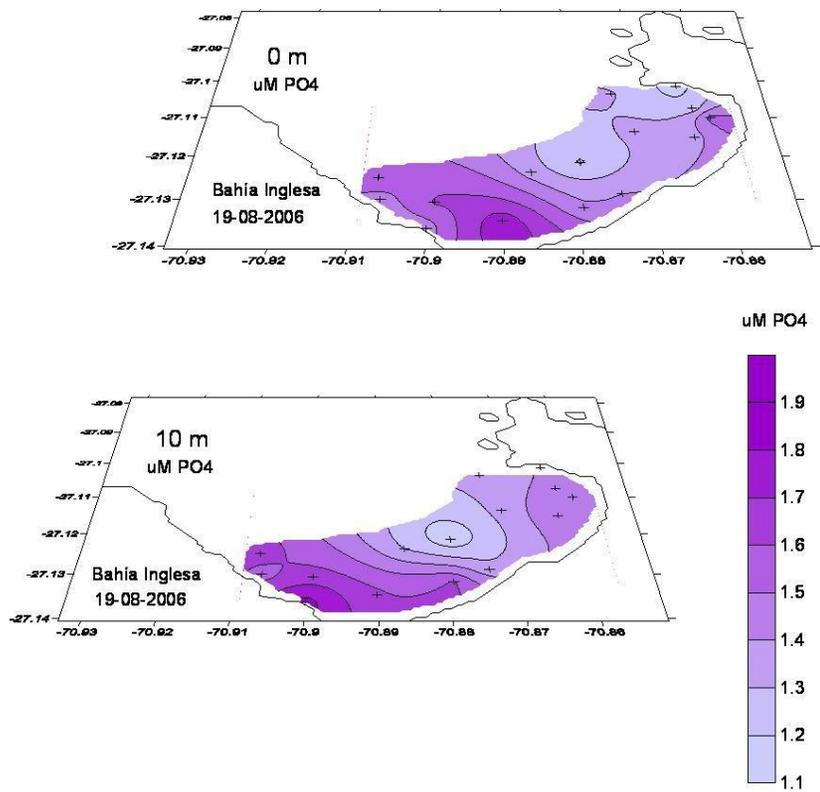


Fig. 44. Distribución del PO₄ en la bahía a distintas profundidades.

5 RESULTADO DEL MODELO NUMERICO

Utilizando los resultados del modelo numérico descrito en la sección anterior, se seleccionaron algunos periodos de 24 horas que representaran eventos de intensificación y relajación de la surgencia, de modo de poder comparar la circulación durante estos periodos y realizar cálculos de oferta bruta de alimento y capacidad de carga.

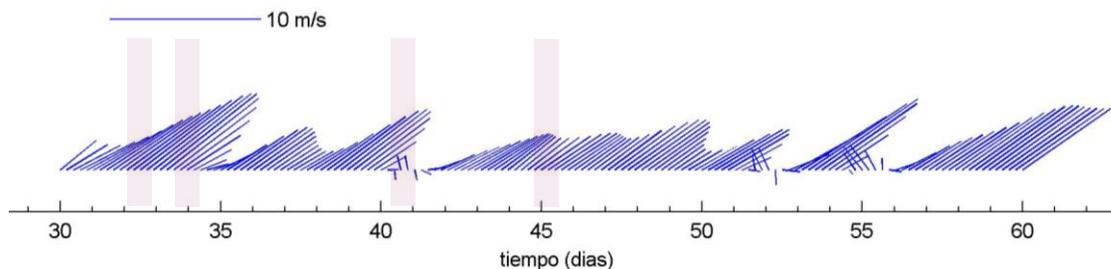


Fig. 45. Viento en punta Lengua de Vaca utilizado como forzante del modelo numérico. Datos horarios y suavizados con filtro de 25hrs. Áreas marcadas representan periodos del modelo que fueron seleccionados para comparar resultados.

5.1 CIRCULACIÓN

Para visualizar la circulación de las bahías obtenida mediante el modelo numérico se seleccionaron algunos nodos al interior de cada bahía (Fig. 46) y se muestran series de tiempo de 30 días en uno de ellos como ejemplo (Fig. 47). Solo se muestra bahía Inglesa como ejemplo.

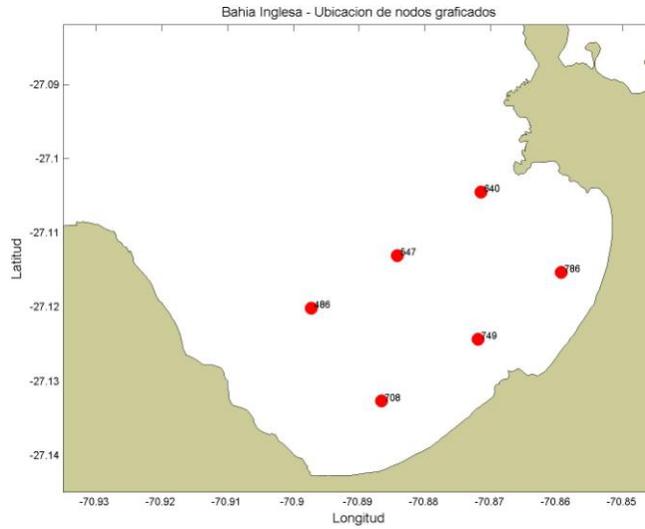


Fig. 46. Nodos seleccionados en bahía Inglesa para visualización de series de tiempo.

Las series de tiempo de los vectores del viento y la corriente a diferentes profundidades (Fig. 47) muestran una excelente correspondencia de los cambios en el viento forzante y los cambios de la corriente. La corriente disminuye notablemente con la profundidad y presenta una gran variabilidad en dirección e intensidad en cada nivel.

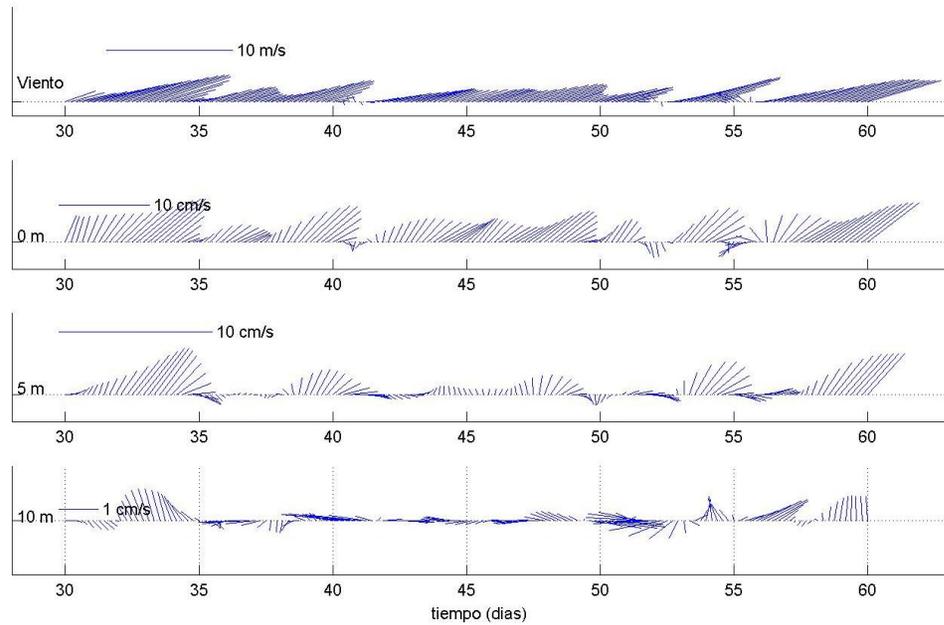


Fig. 47. Variación temporal del viento y la corriente a 0, 5 y 10 m de profundidad en nodo 786 de bahía Inglesa.

La circulación promedio en bahía Inglesa obtenida mediante el modelo para el día 32 (NOTA: al promediar sobre un periodo de 24 horas se elimina el efecto de las mareas, obteniéndose la circulación residual de ese periodo), correspondiente a una intensificación de la surgencia, muestra al interior de la bahía una especie de giro anticiclónico en los primeros 10 metros de profundidad y en general el agua sale de la bahía por superficie y entra por el fondo (Fig. 48).

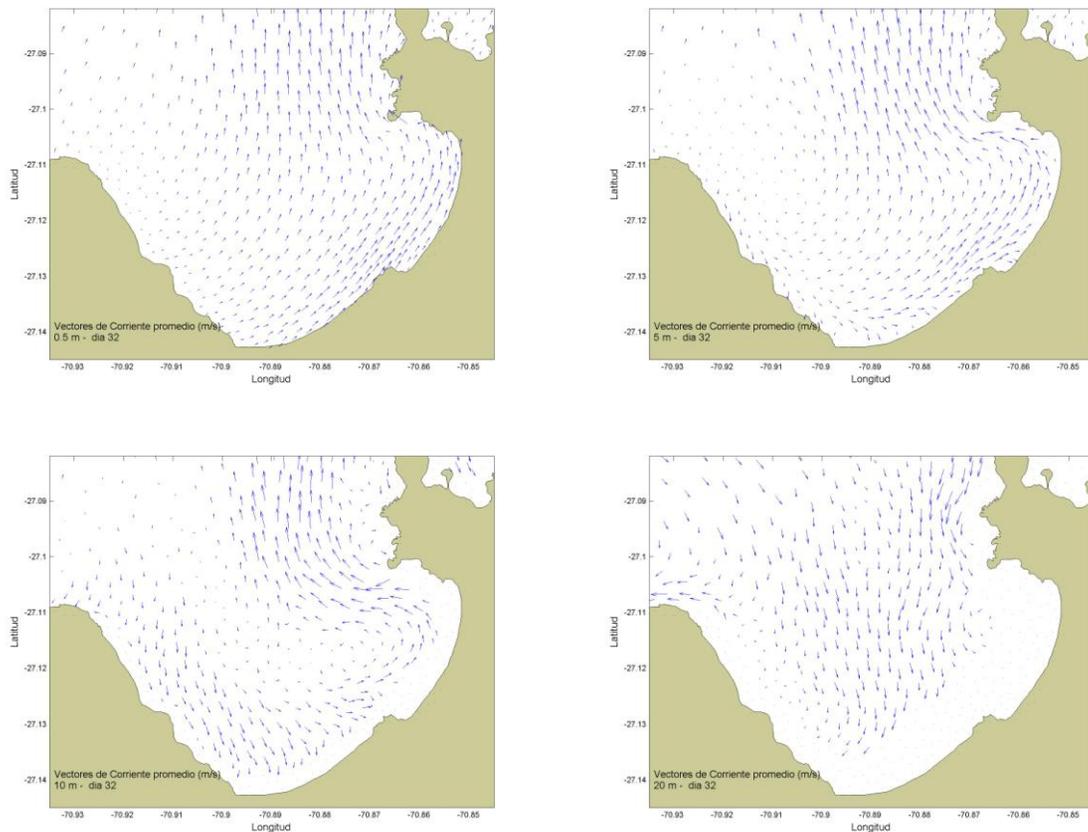


Fig. 48 Vectores de corriente promedio en bahía Inglesa durante día 32 a 0, 5, 10 y 20 metros de profundidad (intensificación).

Una situación diferente se presentaría en la bahía durante un periodo de relajación del viento (Fig. 49). Para el promedio del día 40, la circulación en superficie tiende a ser ciclónica y el agua entra por el sector este de la bahía y sale por oeste, especialmente a mayores profundidades (Fig. 49). En los primeros niveles se observa también un giro anticiclónico en el sector este de la bahía, y otro ciclónico al oeste, produciéndose una doble celda de circulación. Situación similar a la descrita por Valle-Levinson y Moraga (2006) para las bahías de Coquimbo y Guanaqueros.

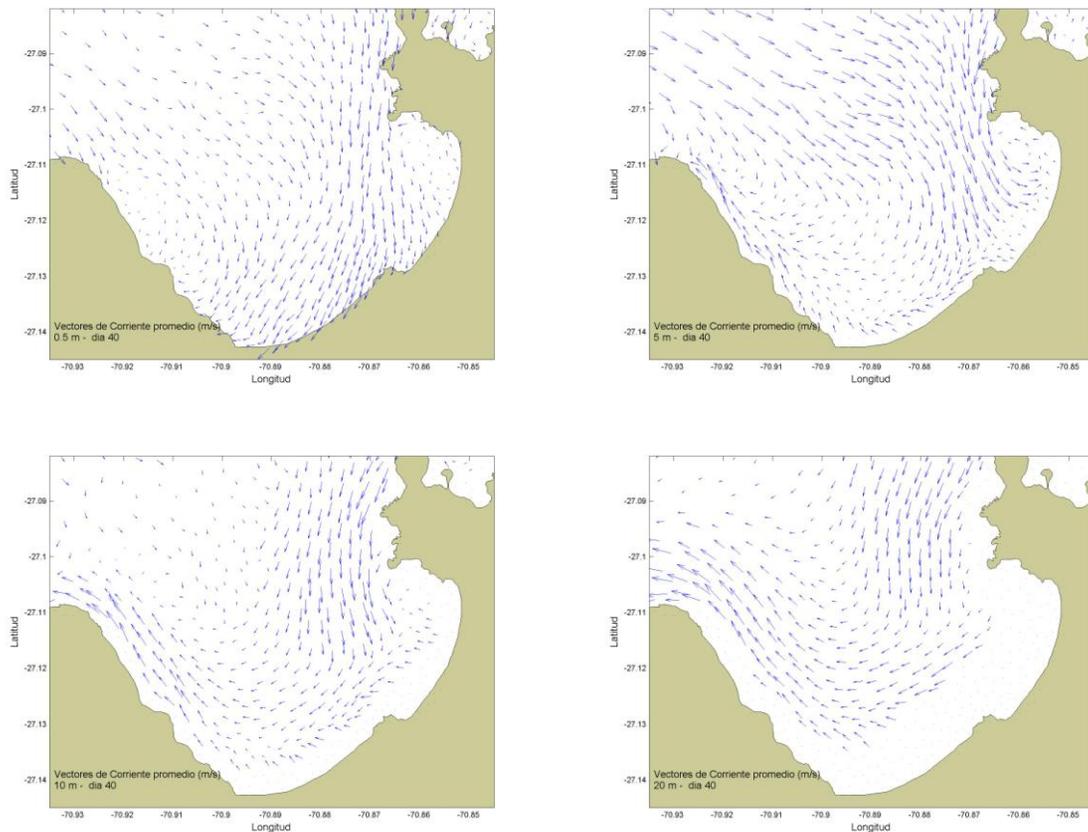


Fig. 49. Vectores de corriente promedio en bahía Inglesa durante el día 40 a 0, 5, 10 y 20 metros de profundidad (relajación)

Para visualizar la circulación de las bahías Tongoy y Guanaqueros obtenida mediante el modelo numérico se seleccionaron algunos nodos al interior de cada bahía (Fig. 50).

Las series de tiempo de los vectores del viento y la corriente a diferentes profundidades (Fig. 47) muestran una excelente correspondencia de los cambios en el viento forzante y los cambios de la corriente. La corriente disminuye notablemente con la profundidad y presenta una gran variabilidad en dirección e intensidad en cada nivel.

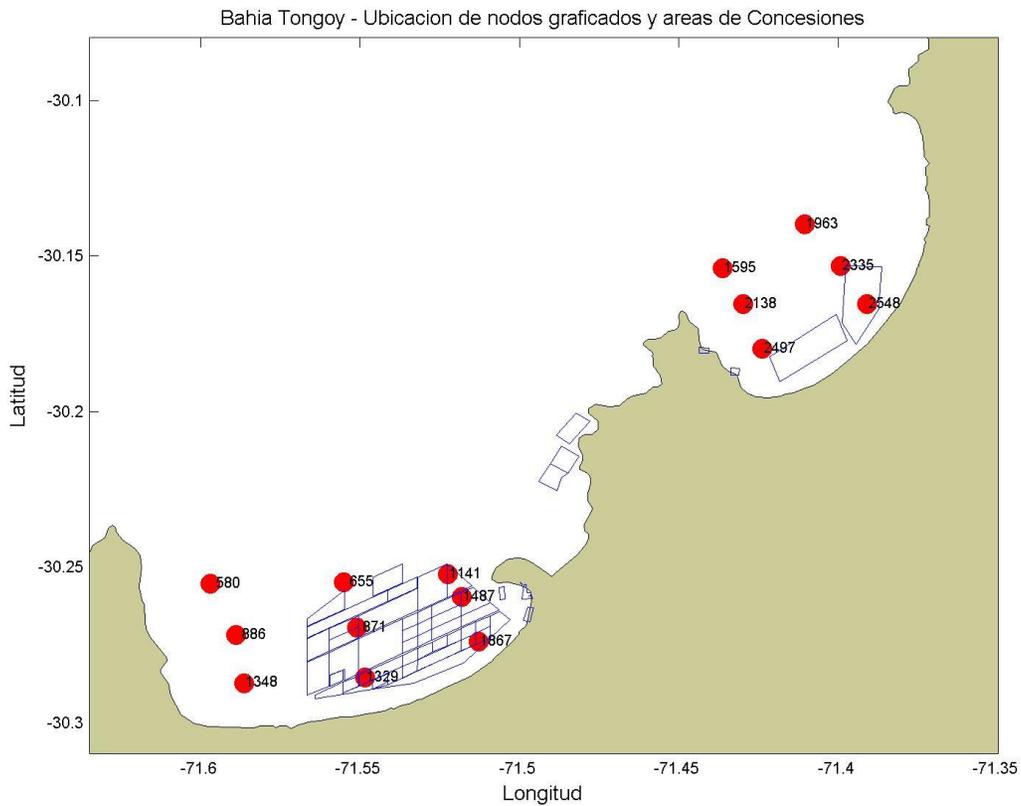


Fig. 50. Nodos seleccionados en bahía Tongoy y Guanaqueros para visualización de series de tiempo.

La circulación en bahías Tongoy y Guanaqueros y la descrita para bahía Inglesa difiere entre si principalmente debido a la forma, tamaño y orientación de cada bahía y como esta expuesta al viento.

Durante el periodo de intensificación de la surgencia (Fig. 51a) la circulación de la bahías Tongoy y Guanaqueros es de tipo anticiclónica con corrientes mas fuertes en el sector este de cada bahía y mas débiles en el sector oeste, es lo que se conoce como efecto sombra producido por la punta. El agua sale por el sector este e ingresa por el este, pero el principal ingreso de aguas es por el fondo (Fig. 51b).

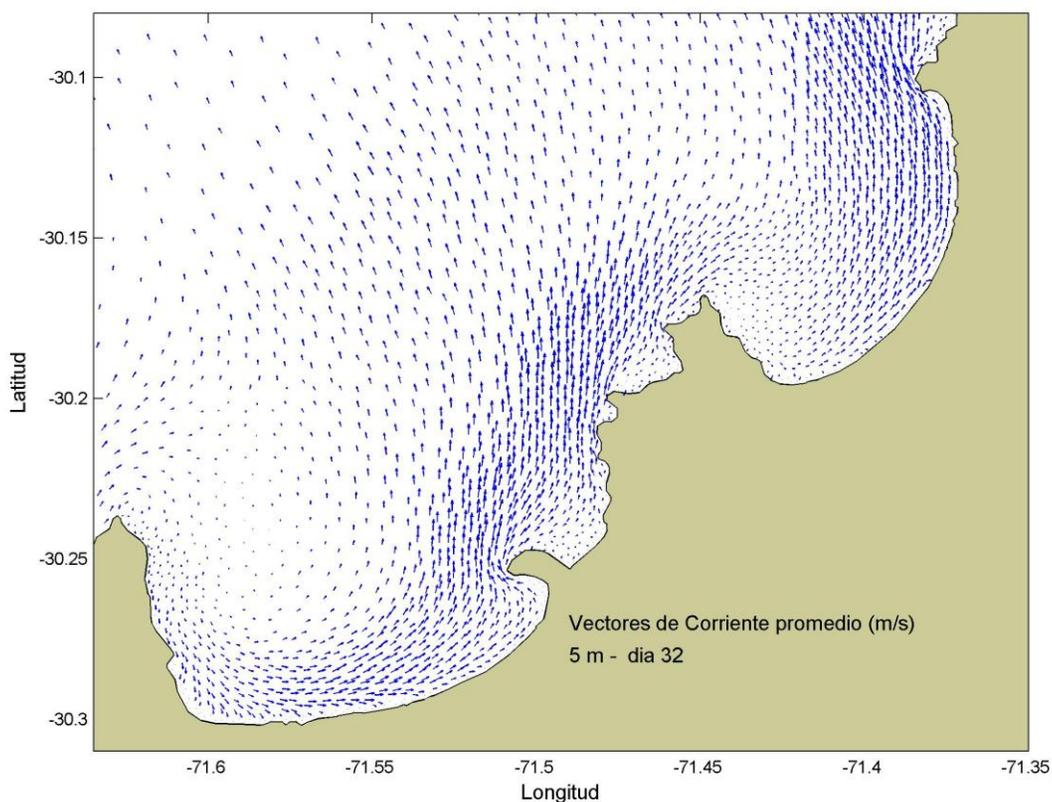


Fig. 51a. Vectores de corriente promedio en bahía Tongoy y Guanaqueros durante el día 32 a 5 metros de profundidad (Intensificación)

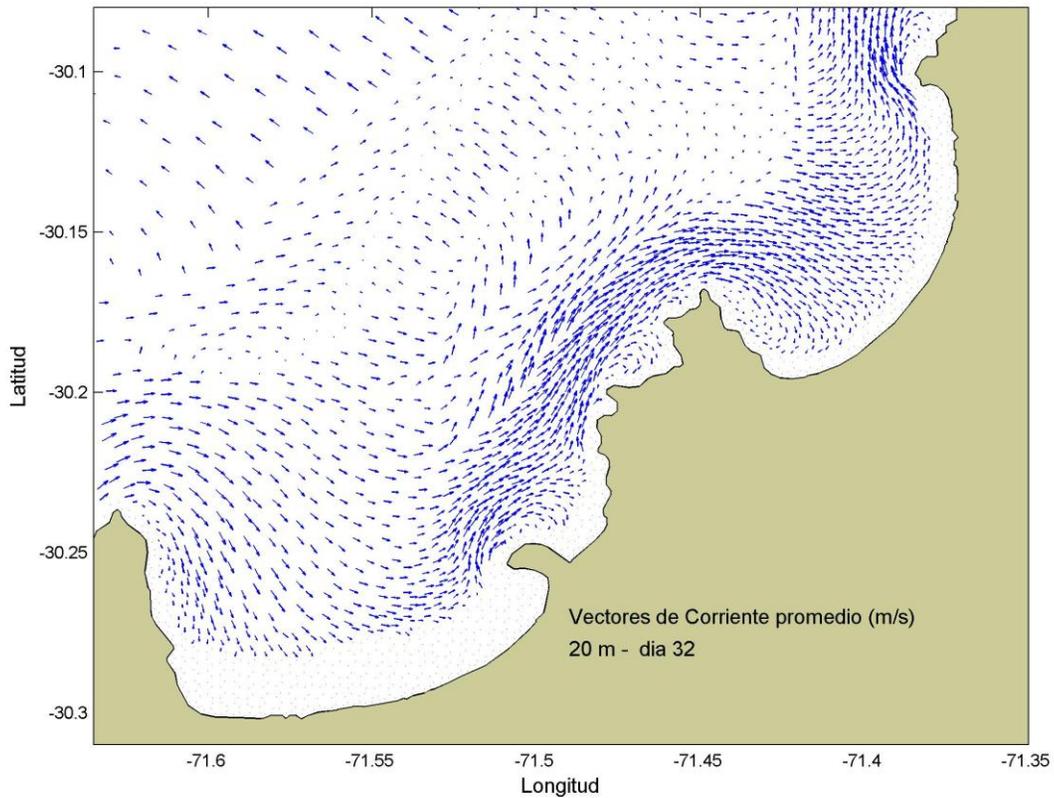


Fig. 51b. Vectores de corriente promedio en bahía Tongoy y Guanaqueros durante el día 32 a 20 metros de profundidad (Intensificación)

Durante el periodo de relajación del viento (Fig. 52), al igual que lo descrito para bahía Inglesa (Fig. 49), la circulación presenta un patrón diferente que durante el periodo de intensificación de la surgencia. El flujo en los primeros 10 metros es hacia el norte con una tendencia a generar vórtices al interior de la bahías (Fig. 52a). En bahía Tongoy es notorio el giro anticiclónico al interior de la bahía, con un flujo mas intenso en el sector oeste y sur de la bahía. En cambio en bahía Guanaqueros se observa el doble giro similar al descrito para bahía Inglesa, es decir un giro anticiclónico en el sector noreste de la bahía, y otro ciclónico al suroeste, produciéndose la doble celda de circulación. Situación descrita por Valle-Levinson y Moraga (2006) para las bahías de Coquimbo y Guanaqueros y que al parecer sería un característica de todas las bahías de esta zona semi-árida

durante los periodos de relajación del viento. Bahía Tongoy, debido a su orientación no presenta este patrón de circulación.

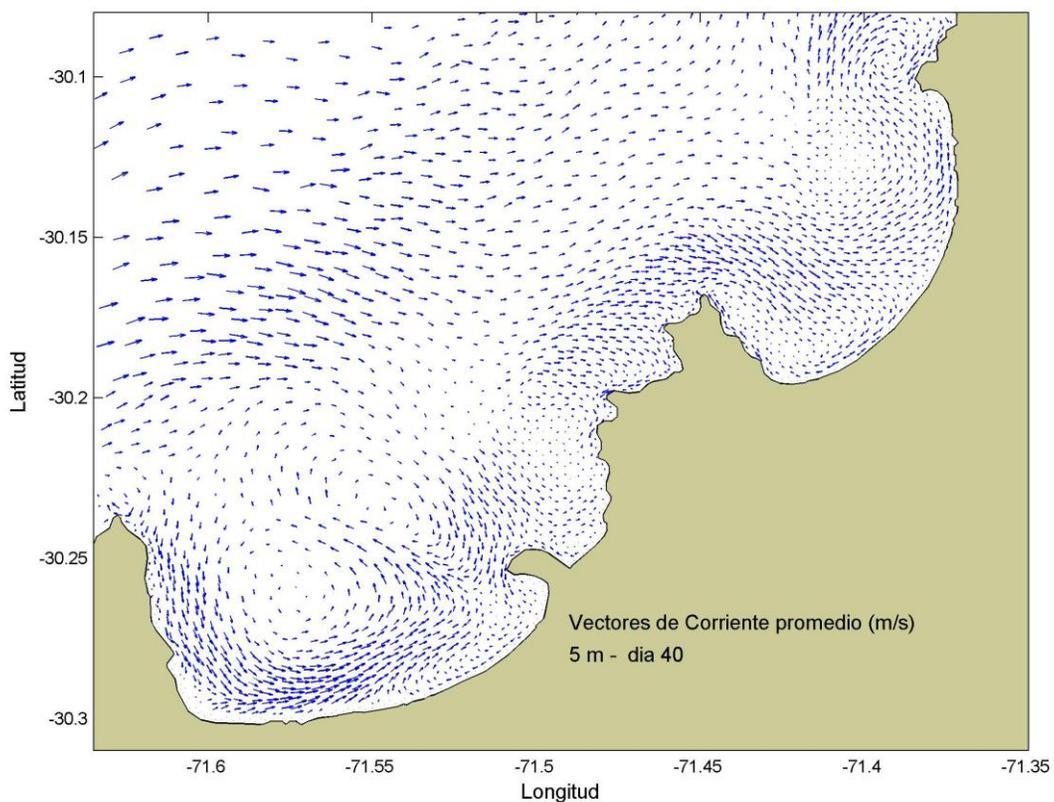


Fig. 52a. Vectores de corriente promedio en bahía Tongoy y Guanaqueros durante el día 40 a 5 metros de profundidad (Relajación)

Bajo los 20 metros de profundidad el flujo a lo largo de la costa sigue siendo intenso, pero cambia de dirección hacia el sur (Fig. 52b)

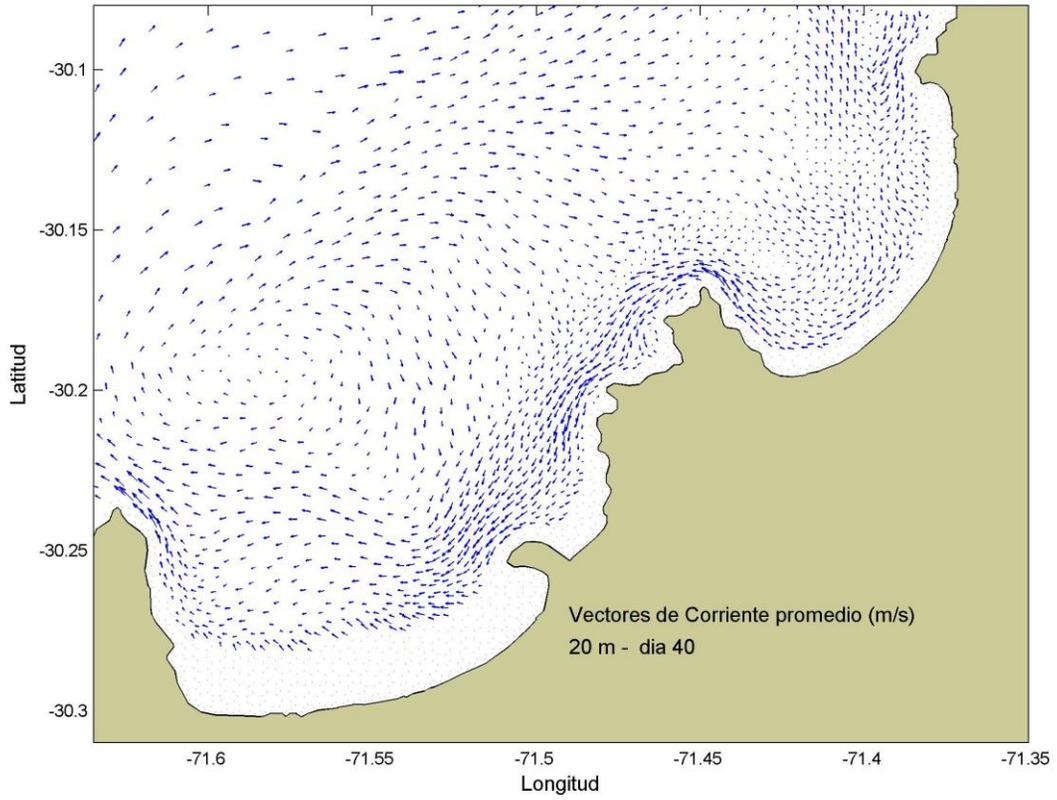


Fig. 52b. Vectores de corriente promedio en bahía Tongoy y Guanaqueros durante el día 40 a 20 metros de profundidad (Relajación)

6 ANALISIS FITOPLANCTÓNICO

Es necesario conocer la variabilidad del alimento fitoplanctónico en la bahía donde se cultiva Ostión del norte, ya que el fitoplancton lo componen diferencias especies y de diferente tamaño y valor energético, por esta razón es necesario para realizar un estudio de capacidad de carga conocer la biomasa fitoplanctónica por especie y además conocer la cantidad de carbono orgánico que tiene cada especie para tener un conocimiento de la cantidad y calidad del alimento disponible para estos ejemplares cultivados en la columna de agua. Para esto, no es necesario obtener la biomasa fitoplanctónica desde análisis de clorofila "a", es mucho más práctico obtener esta información directamente del análisis cualitativo y cuantitativo del fitoplancton en base al volumen celular y por un factor convertirlo a carbono ($\mu\text{gC/L}$) y después reemplazar por el número de individuos (Nlalm) por carbono. La información del fitoplancton cualitativo y cuantitativo se obtiene regularmente una vez por semana bajo el programa PSMB (SERNAPESCA) con 5 Estaciones en Bahía Inglesa, 3 Estaciones Bahía Guanaqueros y 4 Estaciones en Bahía Inglesa. Además de monitoreos semanales de fitoplancton que se realizan las empresas de Cultivo Hidrocultivos y Camanchaca en B. Inglesa, Invertec y San José Bahía Tongoy.

De datos recopilados en Bahía Guanaqueros, se puede observar que la mayor cantidad de alimento fitoplanctónico se encuentra en diciembre de 1998 a mayo de 1999 mientras que en el año 2000 se registra una extensa pobreza fitoplanctónica que va desde marzo a agosto del mismo año (Fig. 53), sin embargo estas dos variables presentan diferencias significativas ($P < 0.05$) y se debe a que las células microalgales presentan gran diferencias de tamaño entre ellas y el tamaño está relacionado con el carbono celular.

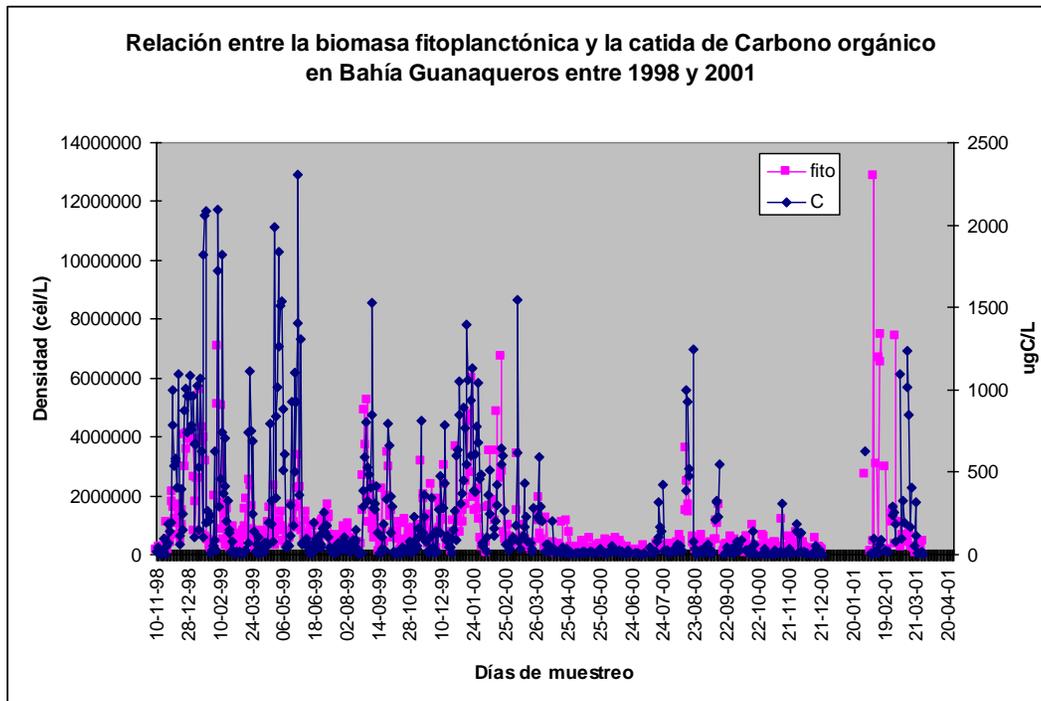


Fig. 53: Relación entre la biomasa fitoplanctónica y Carbono orgánico a 10 m de profundidad en Bahía Guanaqueros entre 1998 y 2001.

La variabilidad temporal del fitoplancton no presenta relación con los cambios térmicos y oxígeno disuelto de la columna de agua como se puede observar en figura 54, parámetro que responden a las fluctuaciones normales dentro de un ciclo anual (Uribe no publicado)

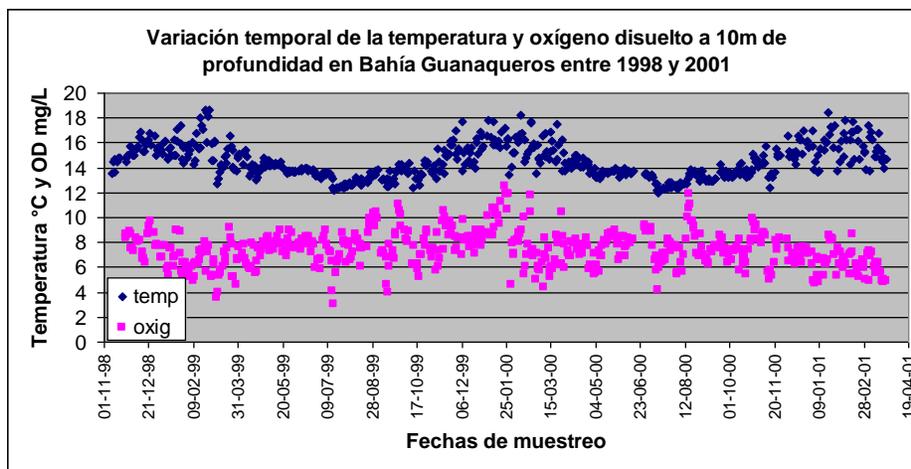


Fig. 54 Variación temporal de la temperatura y oxígeno disuelto a 10m de profundidad en Bahía Guanaqueros entre 1998 y 2001.

Para conocer el hábitat de los ostiones de cultivo en la columna de agua en las bahías Tongoy, Guanaqueros e Inglesa, es necesario conocer su sistema de circulación, estudio que nos indicará las zonas de dispersión o de concentración en una bahía y por ende estimar la cantidad de alimento fitoplanctónico y oxígeno disuelto de la zona de cultivo, además de la disponibilidad de los nutrientes inorgánicos necesarios para el proceso fotosintético.

Se han recolectado y revisando datos fitoplanctónicos de los muestreos correspondientes al PSMB (SERNAPESCA), monitoreos de las empresas de cultivo y proyectos realizados en la zona, con el fin de obtener una base de datos que permita una visualización del comportamiento histórico de las bahías y permita la incorporación al modelo de capacidad de carga, en base a la información del fitoplancton que corresponde al promedio de la columna de agua de superficie a 15 m de las bahías Tongoy, Guanaqueros e Inglesa, tomada bajo el programa PSMB se puede observar que:

6.1 BAHÍA GUANAQUEROS

En Bahía Guanaqueros, se han seleccionado 4 estaciones de muestro de fitoplancton (PSMB) de la bahía: G2 (30°11'08'' Lat.; 71°24'57'' Long.), G3 (30°11'00'' Lat.; 71°24'57'' Long.), G7 (30°11'25'' Lat.; 71°25'33'' Long.) y Gcentinela (30°11'24'' Lat.; 71°24'54'' Long.). En la figura 54 se puede observar la abundancia microalgal en esta bahía en las estaciones de monitoreo desde la primavera del 2005 hasta el verano del 2008, donde la mayor densidad (> 6 millones cél/L) se presentó en octubre de 2006 en las estaciones G2 y G7, mientras que los periodos de baja densidad microalgal (< 500.000 cél/L) se registró desde abril a septiembre de 2007 en las cuatro estaciones (Fig. 55). Cabe señalar, que la densidad microalgal entre las 4 estaciones no presentas diferencias significativas ($P > 0.05$), sin embargo si hay diferencias en el tiempo ($P < 0.05$).

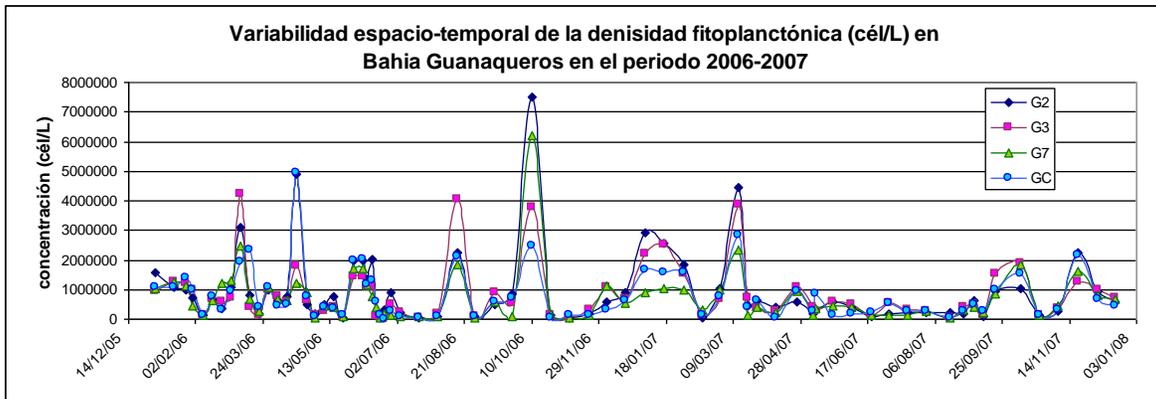


Fig. 55. Abundancia de biomasa microalgal, integrando la columna de agua (0-15m) en Bahía Guanaqueros.

Estas concentraciones microalgales van variando con las estaciones del año, como se muestra en la figura 56, Durante la época de verano del 2006 domino la microalga *Guinardia striata* (72 % de la biomasa total), en otoño *Nanoplancton* (27% de la biomasa total), en invierno la presencia de la microalga *Leptocylindrus danicus* (30 % de la biomasa total) y en primavera la presencia de *Chaetoceros debilis* (47 % de la biomasa total)

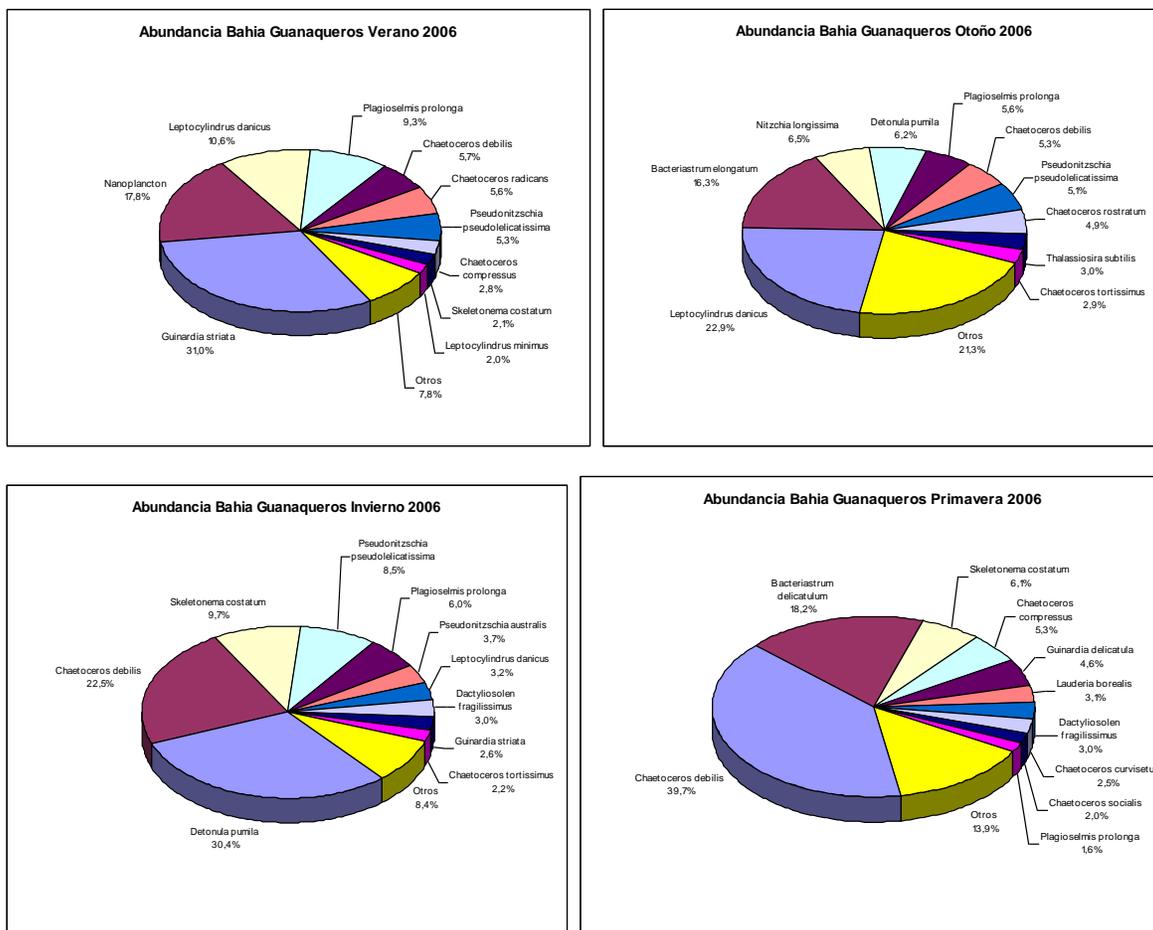


Fig. 56. Porcentaje de abundancia de especies microalgales en bahía Guanaqueros por estaciones del año durante el 2006.

La distribución del fitoplancton en esta bahía durante el 2007 presencia de la microalga *Leptocylindrus danicus* (38 % de la biomasa total) en verano, mientras que en otoño predominan el nanoflagelado *Plagioselmis prolonga* (49%) y *Detonula pumila* (31%), la llegada del invierno la comunidad fitoplanctónica cambia y domina tres especies (Fig. 57) entre ellas está *Achanthes longipes* (23%). En los meses de primavera, predominan *Pseudonitzschia pseudodelicatissima* (30%) y *Chaetoceros compressus* con un 21% de la densidad total.

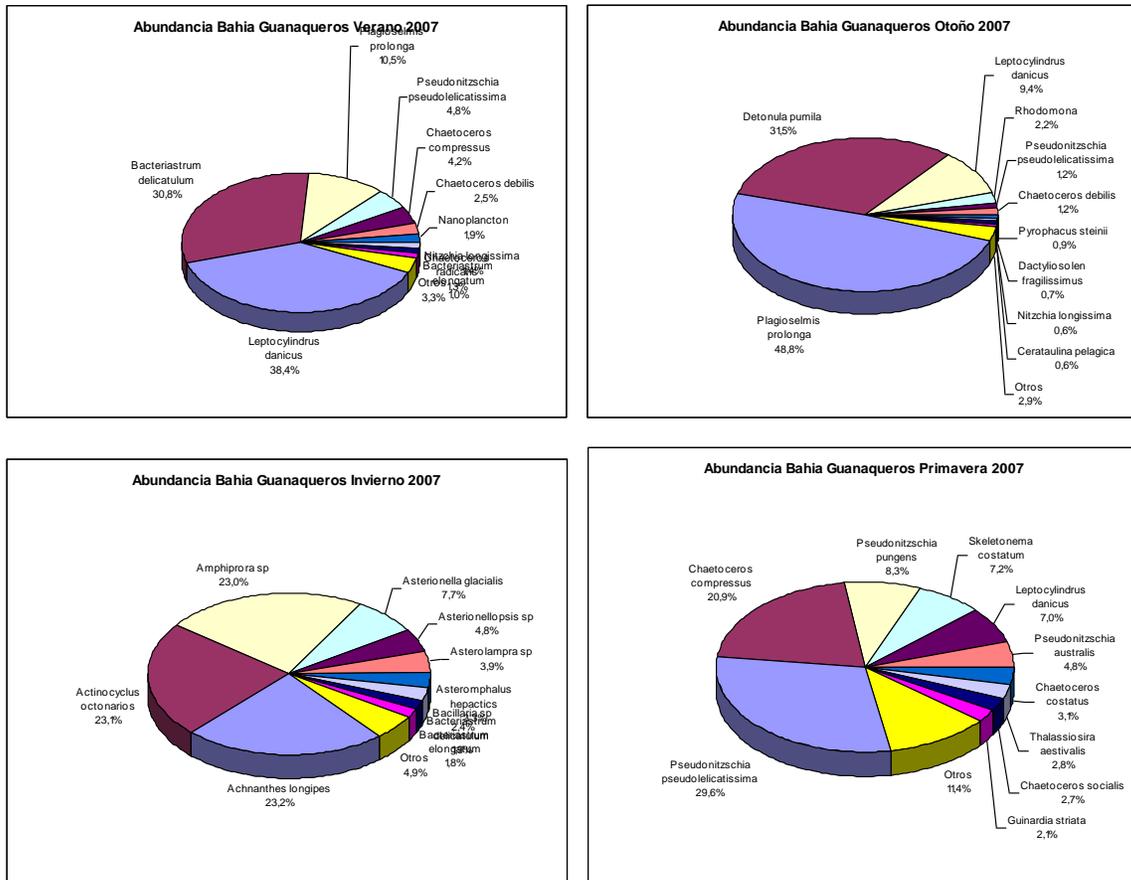


Fig. 57. Porcentaje de abundancia de especies microalgales en bahía Guanaqueros por estaciones del año durante el 2007.

Estas microalgas presentan una cantidad de carbono orgánico, se puede observar en figura 58, que presenta diferencias con respecto a la abundancia microalgal, ya que el carbono depende del volumen de las especies microalgales presentes.

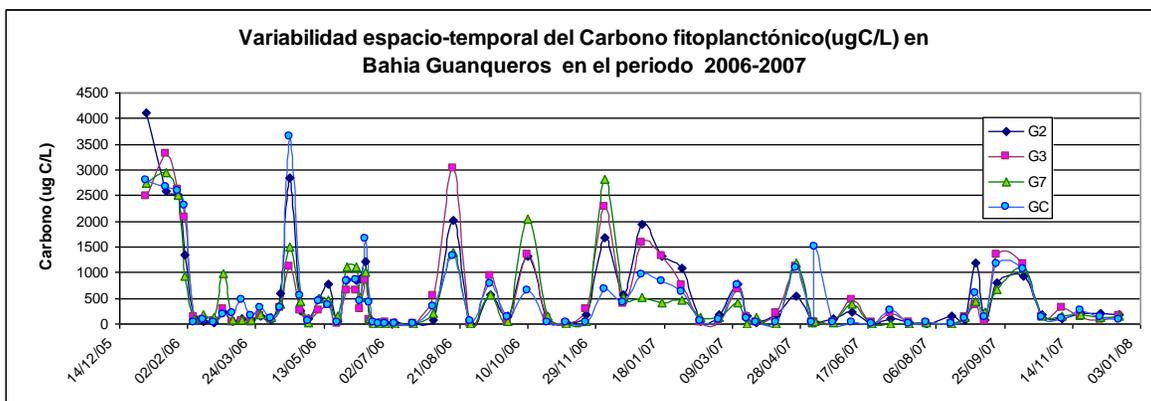


Fig. 58. Carbono aportado por la biomasa microalgal en la columna de agua, en Bahía Guanqueros.

El carbono aportado por la biomasa microalgal al ser dependiente de las especies presentes, y se observa que en mes de enero del 2006 las cuatro estaciones presenta valores superiores a 2500 ugC/L y le siguen los meses de abril, agosto y diciembre del 2006 con valores de carbono que superan los 1500 ugC/L. Cabe destacar que la pobreza invernal del 2007 presenta valores superiores a 500 ugC/L en el mes de abril.

Durante el verano del 2006, las especies de microalgas mas representativas son *Guinardia striata* (77 %) en verano, *Bacteriastrium elongatum* (45 %) en otoño, *Chaetocero rostratum* (39 %) y *Bacteriastrium delicatulum* (24 %) en invierno (Fig. 59). Cabe señalar, que al igual que la distribución de la biomasa fitoplanctónica, en carbono no se presentaron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre las cuatro estaciones, pero si se detectó diferencias en el muestreo temporal.

Las especies de microalgas más importantes con respecto al aporte de carbono orgánico durante el año 2007, fueron *Bacteriastrium delicatulum* (66%) en los meses de verano, *Detonula pumila* (69%) en los meses de otoño y se vuelve a repetir *Detonula pumila* (50%) acompañada con *Thalassiosira aestivalis* (34%) en la época de invierno. Posteriormente en e la época de primavera sigue con alta presencia de carbono con *Thalassiosira aestivalis* (25%), secundada con *Guinardia striata* (15%) (Fig. 60)

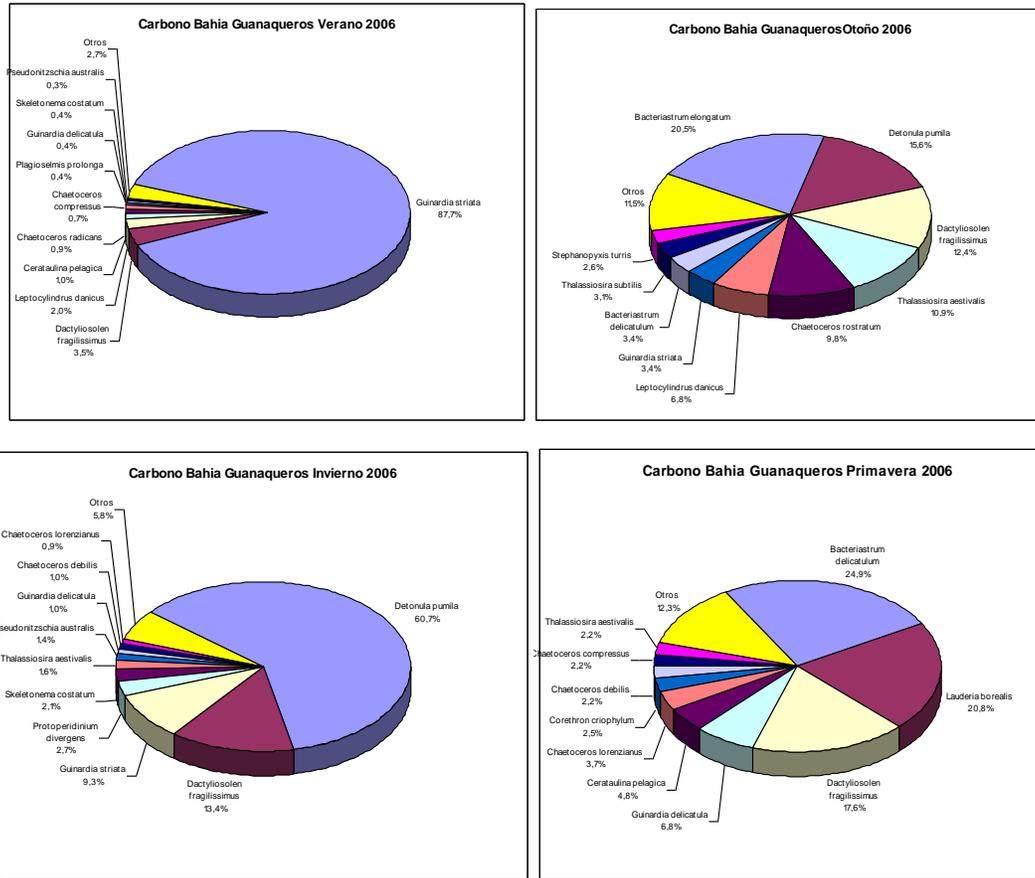


Fig. 59. Carbóno por especies microalgales en bahía Guanaqueros por estaciones del año durante el 2006.

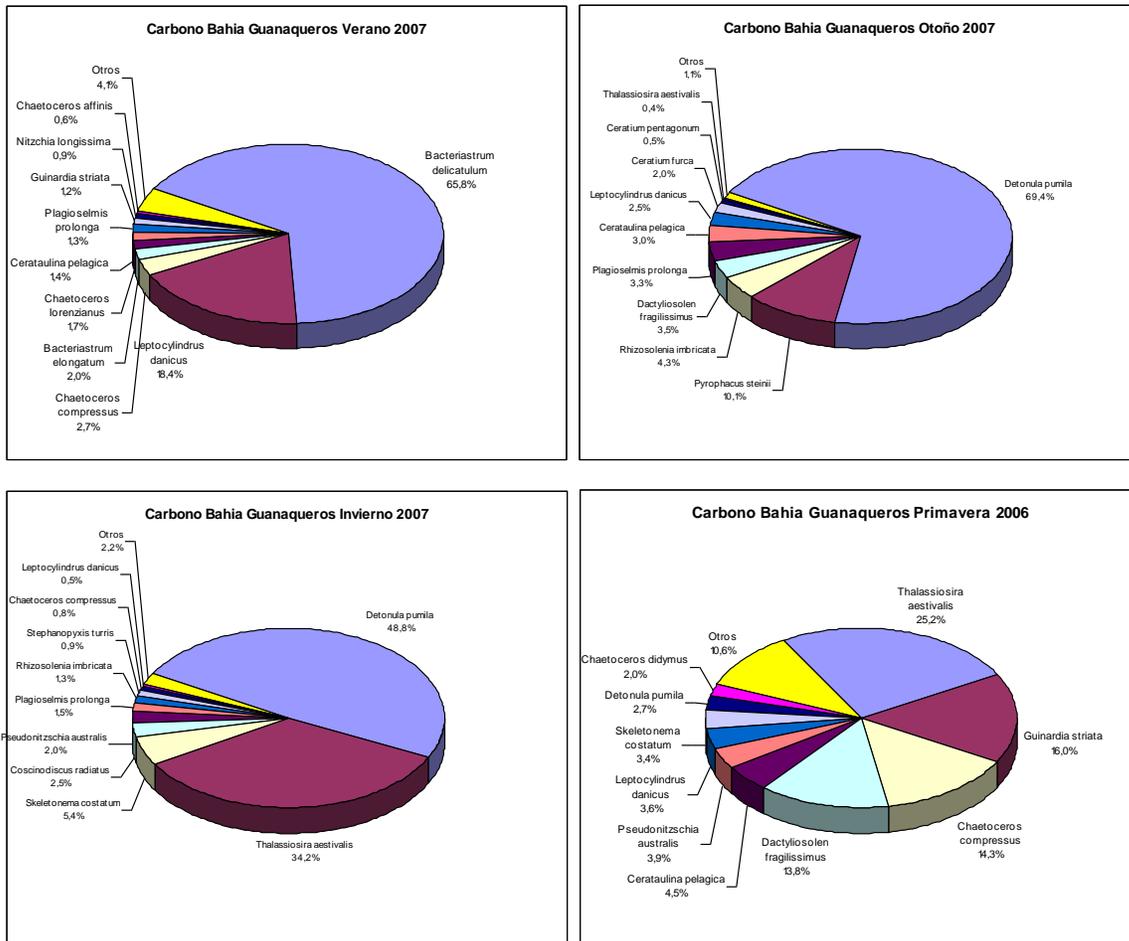


Fig. 60. Energía aportada por la biomasa microalgal en la columna de agua, en Bahía Guanaqueros.

6.2 BAHIA TONGOY

En Bahía Tongoy, el programa PSMB mantiene 3 estaciones de muestreo de fitoplancton muestreando la columna de agua entre superficie y los 15 m T3 (30°15'43'' Lat.; 71°30'35'' Long.), T4 (30°16'30'' Lat.; 71°32'07'' Long.) y T5 (30°16'26'' Lat.; 71°30'33'' Long.). En la figura 60 se puede observar que la abundancia microalgal supera los 3 millones de células por litro en el mes de febrero de 2006 y le sigue en nivel de abundancia el mes de octubre y marzo del 2007. En cambio la mayor pobreza fitoplánctónica se registra en invierno de 2007 con valores inferiores a 200 mil células por litro (Fig. 61).

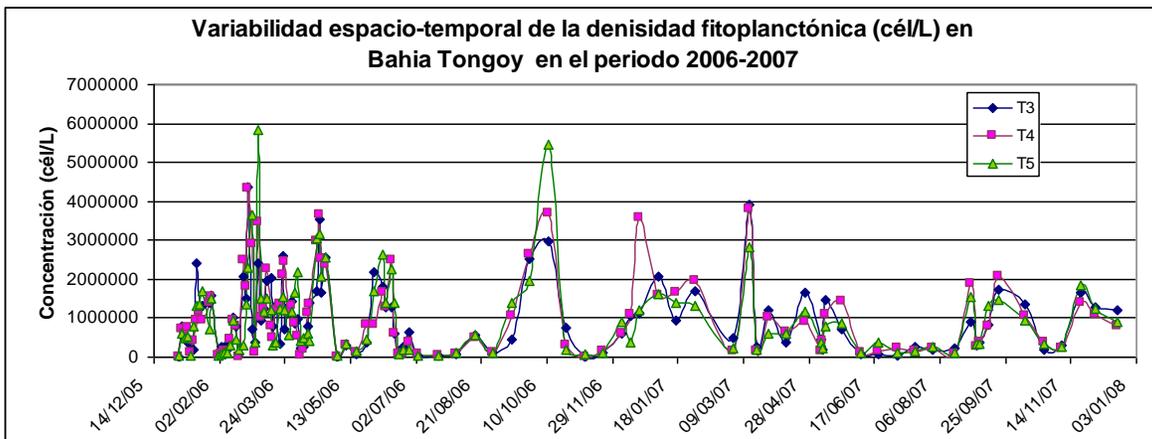


Fig. 61. Abundancia de biomasa microalgal, integrando la columna de agua en Bahía Tongoy.

Estas concentraciones microalgales van variando con las estaciones del año del 2006, como se muestra en la figura 62. Durante la época de verano dominó la microalga *Guinardia striata* (64 % de la biomasa total), en otoño Nanoplancton (25% de la biomasa total), en invierno la presencia de la microalga *Leptocylindrus danicus* (41 % de la biomasa total) y en primavera la presencia de *Chaetoceros debilis* (48 % de la biomasa total).

En la época de verano del 2007, se presentan como especies dominantes *Lectocylindrus danicus* (38%) y *Bacteriastrium delicatulum* (27%), en la época de otoño vuelve aparecer la especie nanoflagelada *Plagioselmis prolunga* (62%), en la época de invierno se registran *Detonula pumila* (49%) y *Skeletonema costatum* (33%) y finalmente en la época de primavera es *Pseudonitzschia pseudodelicatissima* (40%) es la especie que domina (Fig. 63)

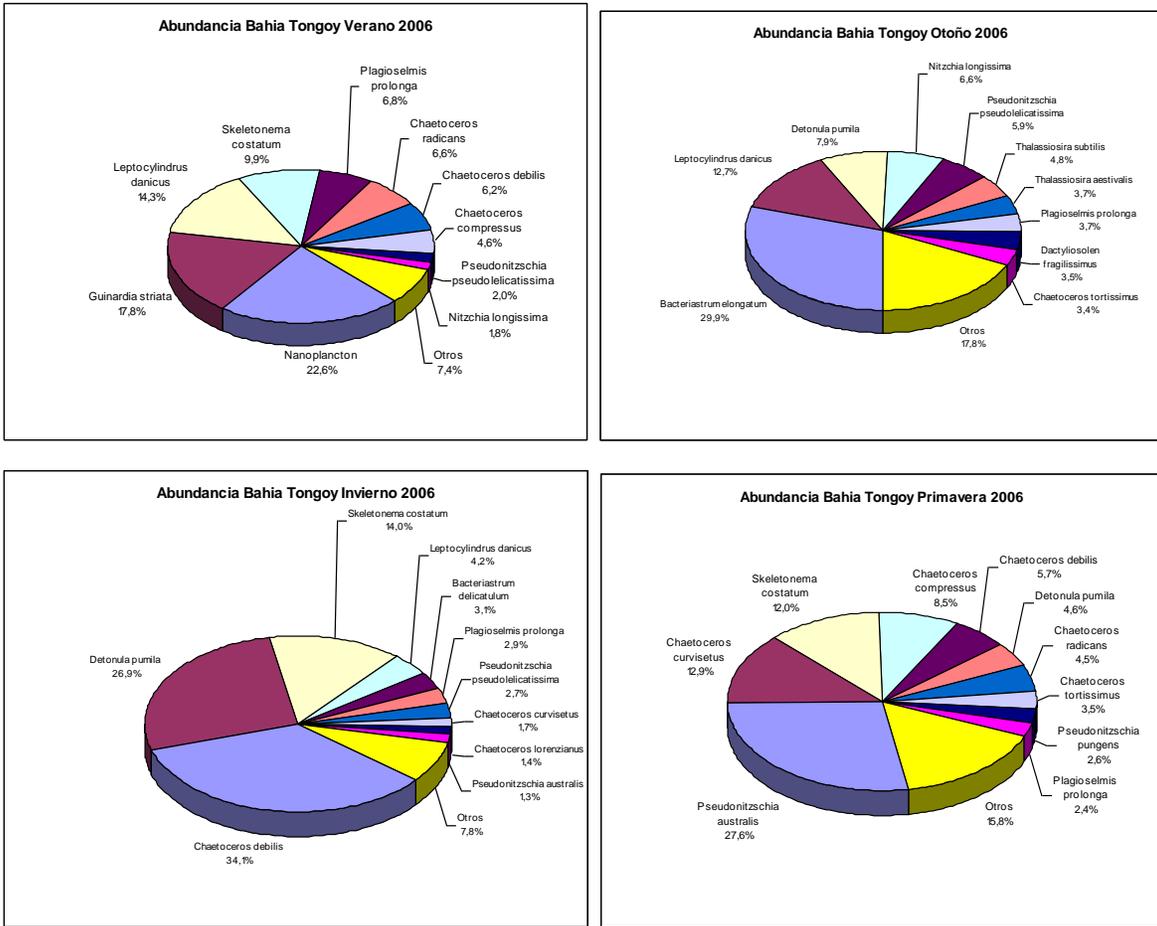


Fig. 62. Abundancia por especies microalgales en Bahía Tongoy por estaciones del año durante el 2006.

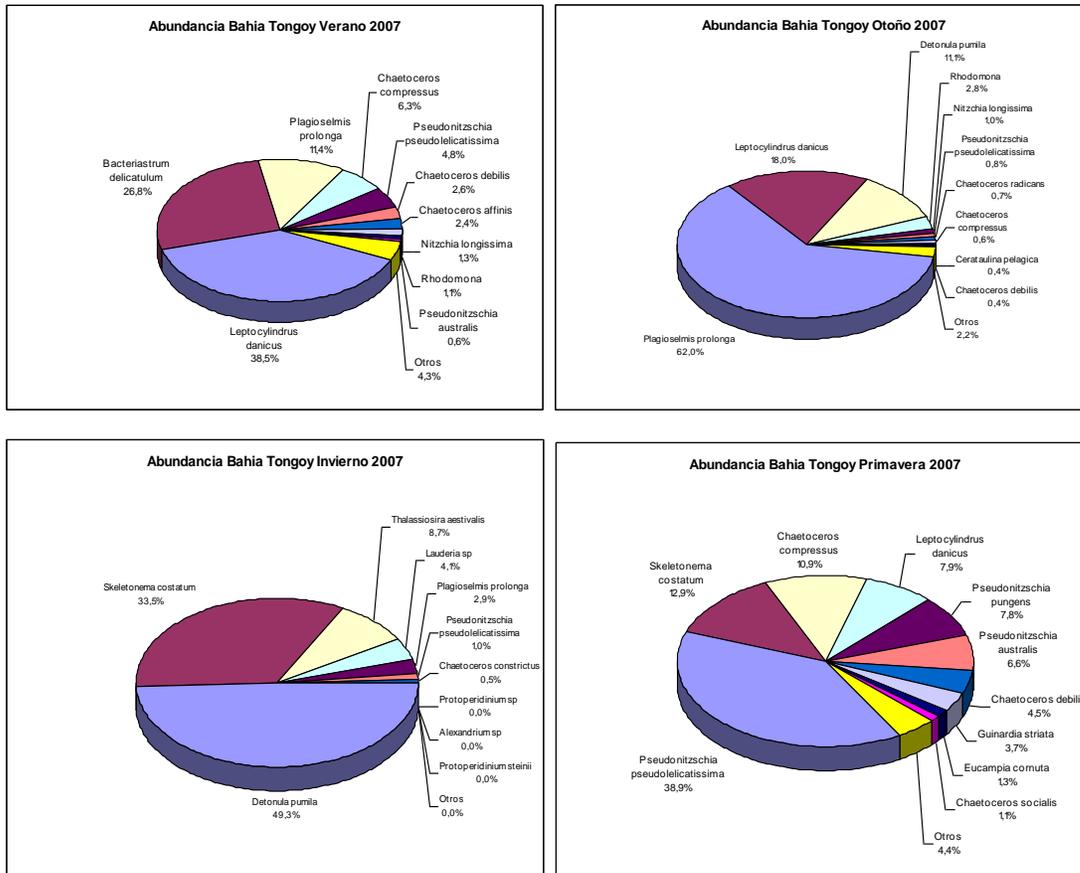


Fig. 63. Abundancia por especies microalgales en Bahía Tongoy por estaciones del año durante el 2007.

El carbono total que aportan estas microalgas durante estos dos años de monitoreo en Bahía Tongoy se puede observar en la figura 64.

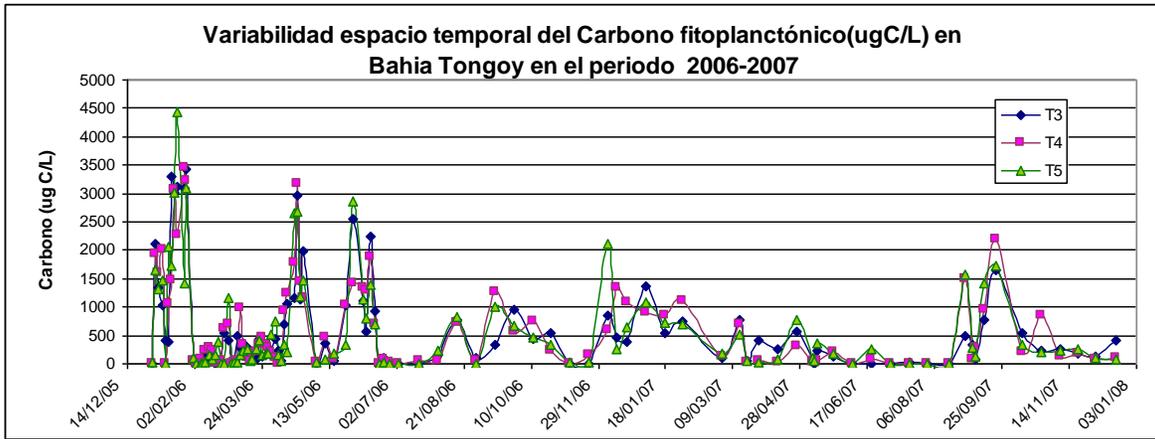


Fig. 64. Carbono aportado por la biomasa microalgal en la columna de agua, en Bahía Tongoy.

La densidad celular y carbono total de las mismas microalgas presentan diferencias significativas ($P < 0.05$), sin embargo no se detecta diferencias significativas ($P > 0.05$) entre el carbono total de las tres estaciones de esta bahía, pero sí hay diferencias entre estos valores durante el tiempo de monitoreo.

Los mayores valores de carbono total ($> 3000 \text{ ugC/L}$) se registran a fines de enero, bajan un poco estos valores en abril y mayo de este mismo año (Fig. 64). Se observa que el carbono total que se presenta en el año 2007 en Bahía Tongoy es muy bajo ($< 1000 \text{ ugC/L}$) excepto en el mes de septiembre donde supera los 1500 ugC/L .

El carbono aportado por la biomasa microalgal en el año 2006 se presenta en figura (Fig. 65), siendo aportado principalmente por las microalgas *Guinardia striata* (75 %) en verano, *Bacteriastrium elongatum* (29 %) en otoño, *Cerataulina pelagica* (31 %) y *Detonula pumila* (63%) en invierno y en primavera *Dactyliosolen fragilissimus* (29%)

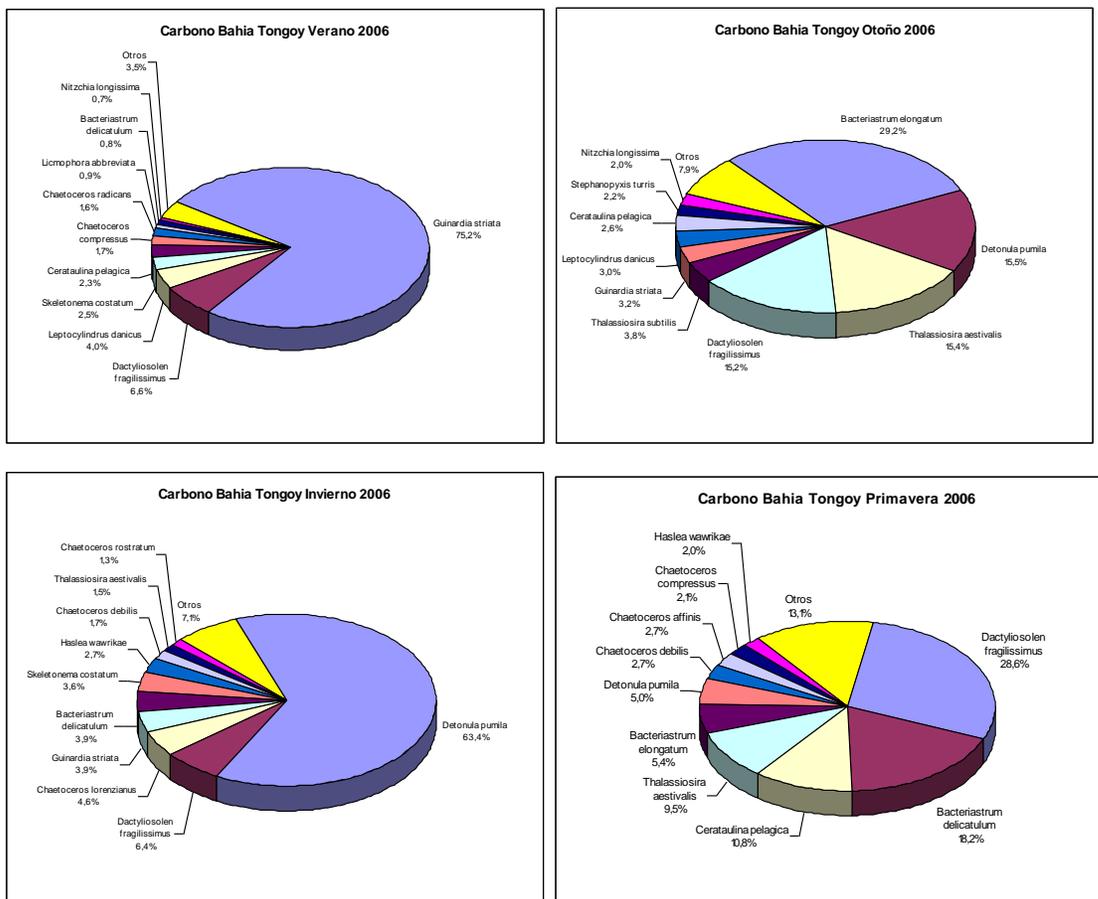


Fig. 65. Porcentaje de carbono aportado por especies microalgales en Bahía Tongoy por estaciones del año durante el 2006.

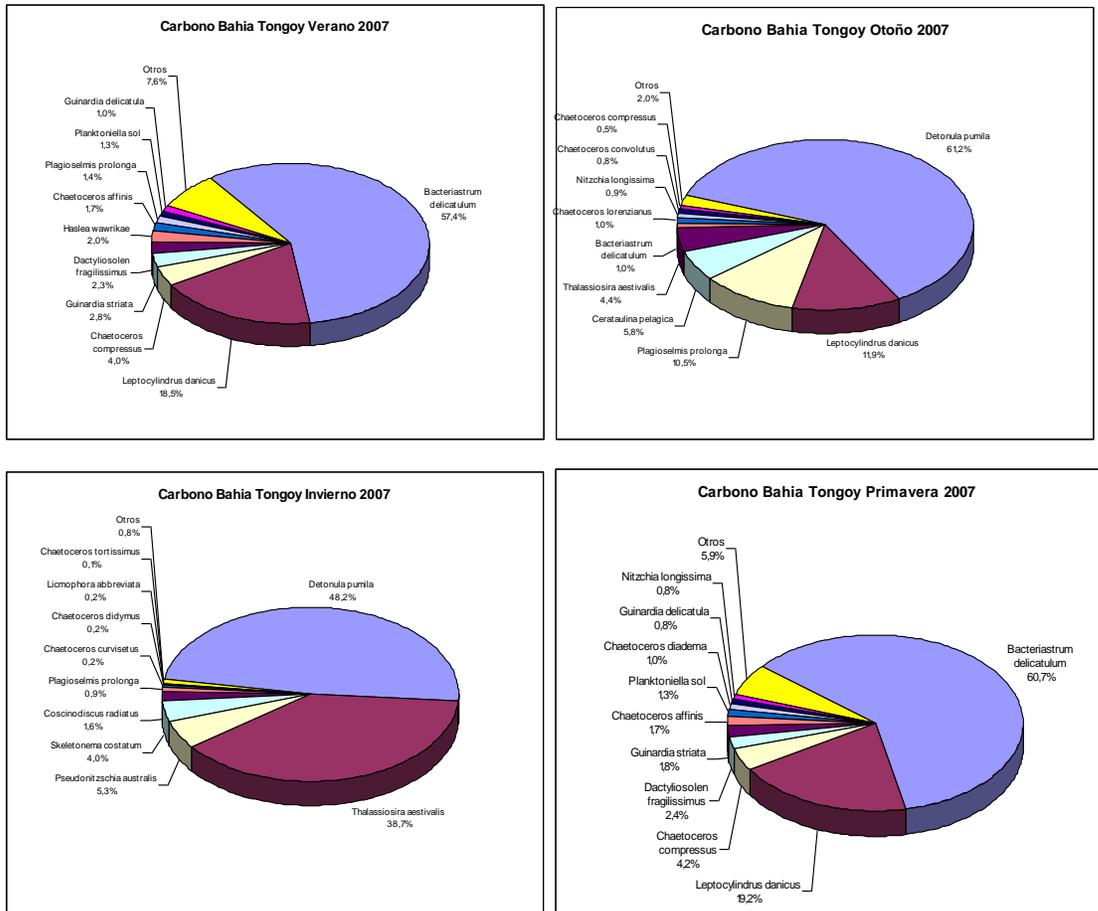


Fig. 66. Porcentaje de carbono aportado por especies microalgales en Bahía Tongoy por estaciones del año durante el 2007

El carbono aportado por la biomasa microalgal en el año 2007 se presenta en figura (Fig. 66), siendo aportado principalmente por las microalgas *Bacteriastrium delicatulum* (57 %) en verano, *Detonula pumila* (61 %) en otoño, *Detonula pumila* (48%) y *Thalassiosira aestivalis* (38%) en invierno y en primavera (29%) *Bacteriastrium delicatulum* (61%)

6.3 BAHÍA INGLESA

Para Bahía Inglesa, el programa PSMB ha seleccionado 3 estaciones: T1 (27°06'27" S; 70°51'43" W), T5 (27°07'17,2" S; 70°52'45,3" W) y T10 (27°07'30" S; 70°54'25" W). En la figura 67 se puede observar la abundancia microalgal de Bahía Inglesa que sus mayores densidades (>2 millones cél/L) son inferiores a las anteriores bahías y están concentradas en los meses de febrero, octubre y noviembre del 2006, mientras que la abundancia microalgal para el año 2007 es muy baja (< 500 mil cél/L)

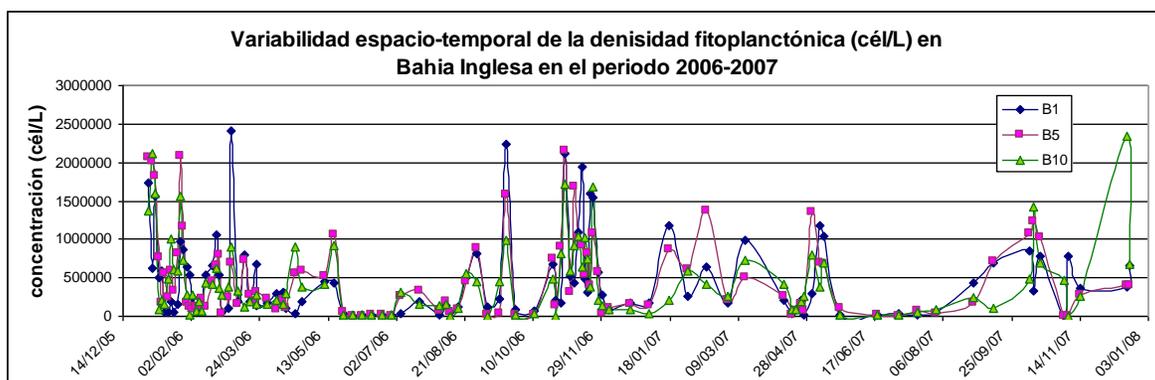


Fig. 67. Abundancia de biomasa microalgal, integrando la columna de agua en Bahía Inglesa.

En Bahía Inglesa durante el año 2006, las concentraciones microalgales, van variando con las estaciones del año, como se muestra en la figura 68. Durante la época de verano domina la microalga *Leptocylindrus danicus* (16 % de la biomasa total), en otoño *Dactylosolen fragilissimus* (54%), en invierno la presencia de la microalga de *Pseudonitzschia australis* (17 %) y *Detonula pumila* (17%), en primavera sigue la presencia de *Pseudonitzschia australis* (28 % de la biomasa total).

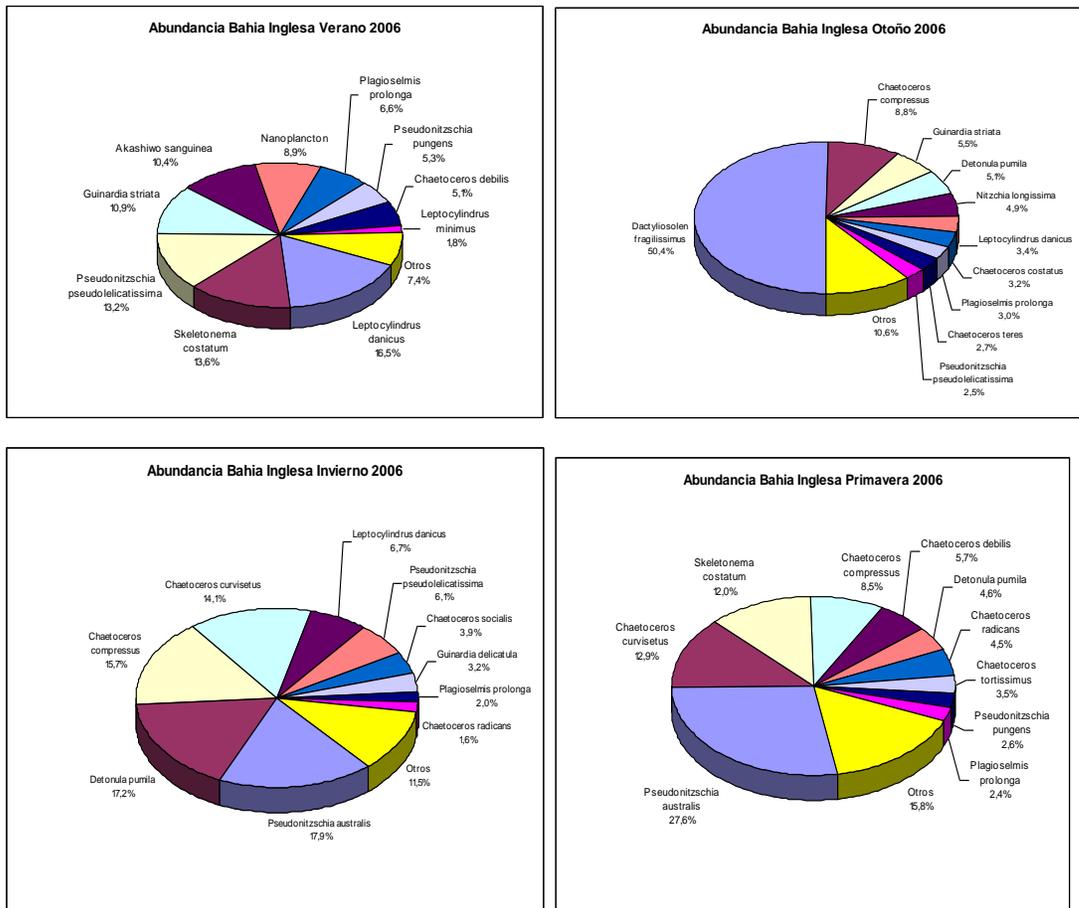


Fig. 68. Porcentaje de abundancia de especies microalgales en bahía Inglesa por estaciones del año durante el 2006.

Durante el año 2007, las concentraciones de las especies del presentan un variación estacional, durante la época de verano dominó la microalga *Prorocentrum micans* (27 % de la biomasa total), en otoño domina *Detonula pumila* con un 36%, mientras que en invierno la presencia de la microalga de *Chaetoceros constrictus* (17 %) es la dominante y *Detonula pumila* (35%) en primavera (Fig. 69).

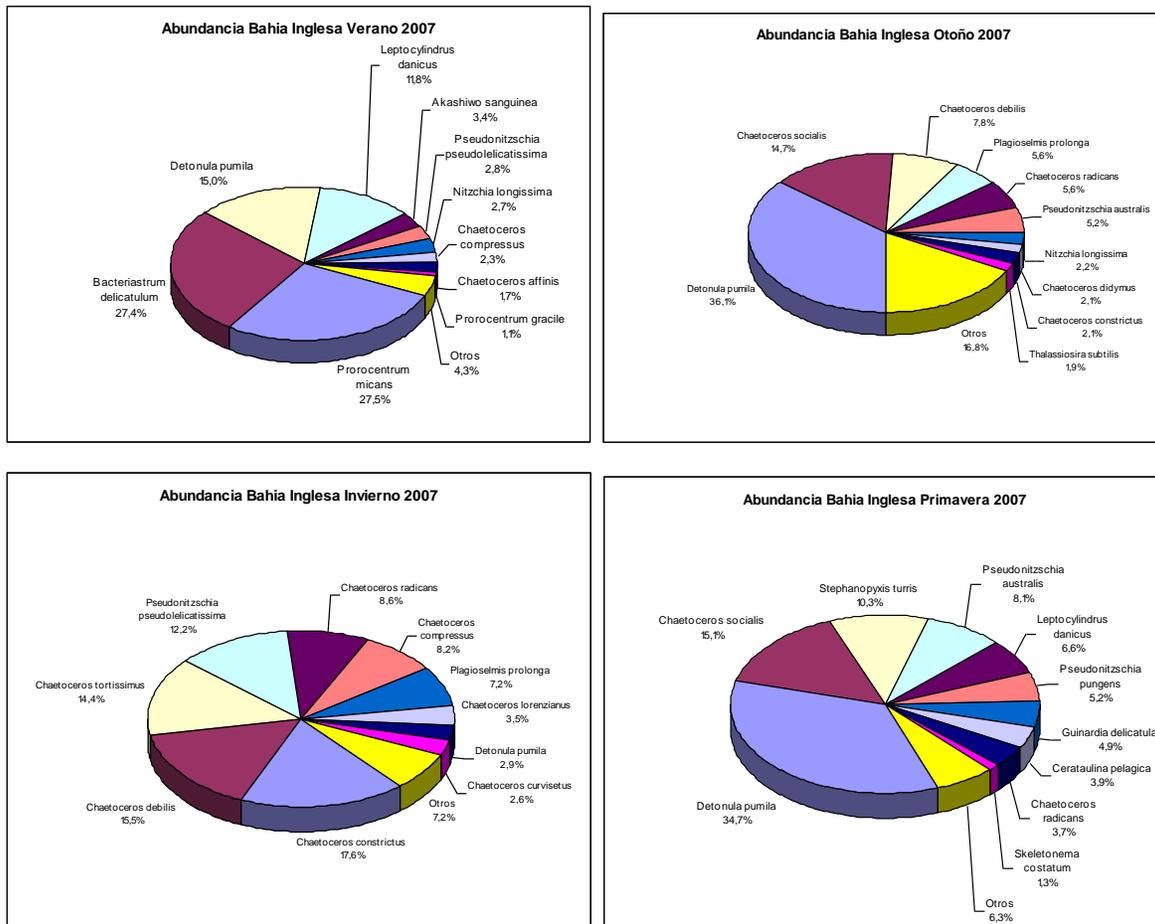


Fig. 69. Porcentaje de abundancia de especies microalgales en Bahía Inglesa por estaciones del año durante el 2006.

El carbono aportado por las microalgas en Bahía Inglesa es muy bajo en relación a los bahías de Coquimbo, pero al igual que las anteriores no existe diferencia significativa ($P > 0.05$) en los valores de carbono entre estaciones, pero sí hay diferencia durante el monitoreo. Las mayores concentraciones de carbono ($>2000 \mu\text{gC/L}$) se registraron en los meses de marzo y mayo del 2006, mientras que el año 2007 presentó valores muy bajos inferiores a $500 \mu\text{gC/L}$ en la época de invierno (Fig. 70).

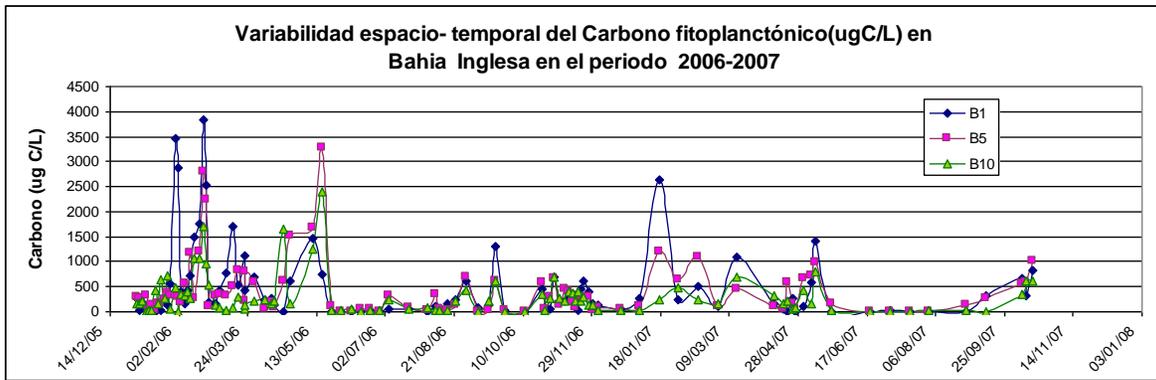


Fig. 70. Carbono aportado por la biomasa microalgal en la columna de agua, en Bahía Inglesa.

El carbono aportado por la biomasa microalgal en el año 2006 se presenta en figura 50, donde la principalmente especie de microalga para la época de verano es *Akashiwo sanguinea* (57%), mientras que para otoño fue *Dactyliosolen fragilissimus* con un 82% del carbono total, *Detonula pumila* (43%) es la especie que mas carbono aporta en invierno y *Pseudonitzschia australis* (22%) sería de mayor biomasa en la época de primavera. (Fig. 71).

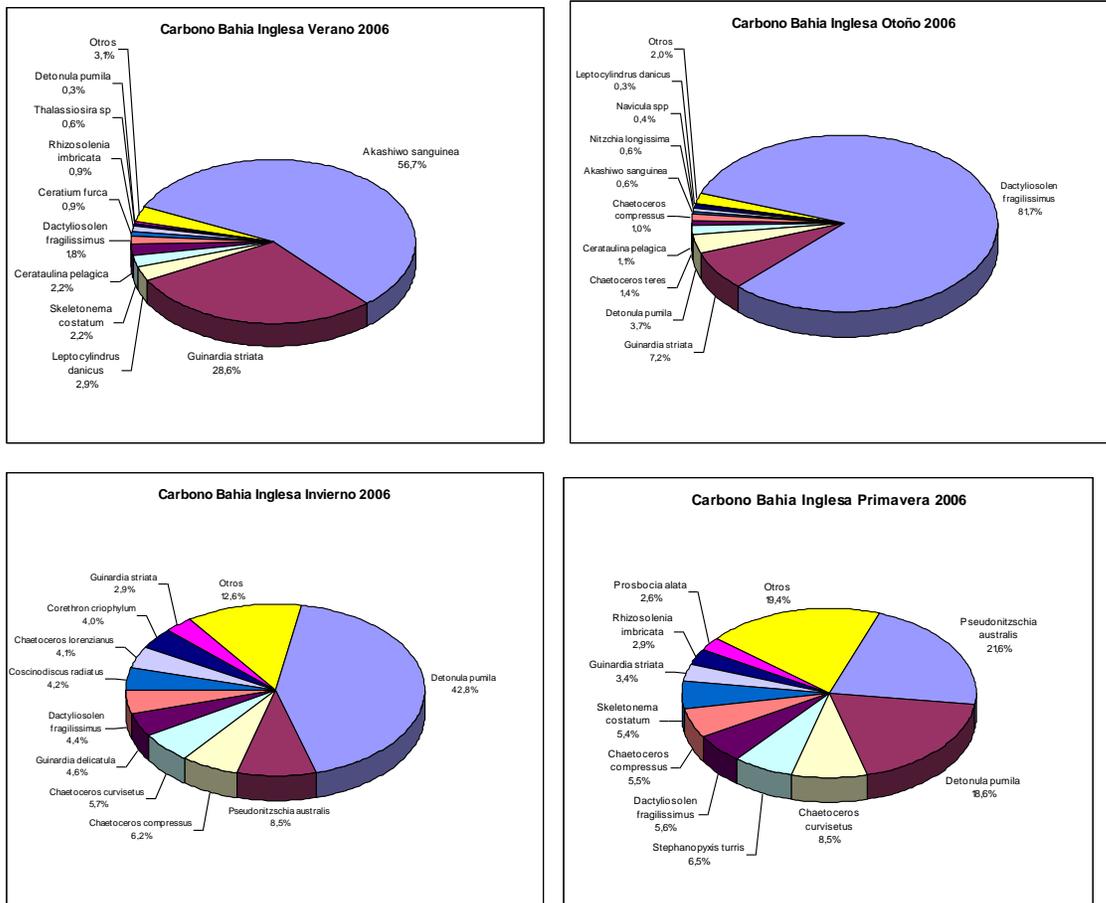


Fig. 71. Porcentaje de carbono aportado por especies microalgales en Bahía Inglesa por estaciones del año durante el 2006.

El carbono aportado por la biomasa microalgal en el año 2007 se presenta en figura 72, donde la principalmente especie de microalga para la época de verano es *Prorocentrum micans* (33%), mientras que para otoño fue *Detonula pumila* con un 60% del carbono total, *Chaetoceros lorenzianus* (24%) es la especie que más carbono aporta en invierno y en primavera se presentan dos especie *Stephanopyxis turris* (35%) y *Detonula pumila* (43%) (Fig. 72).

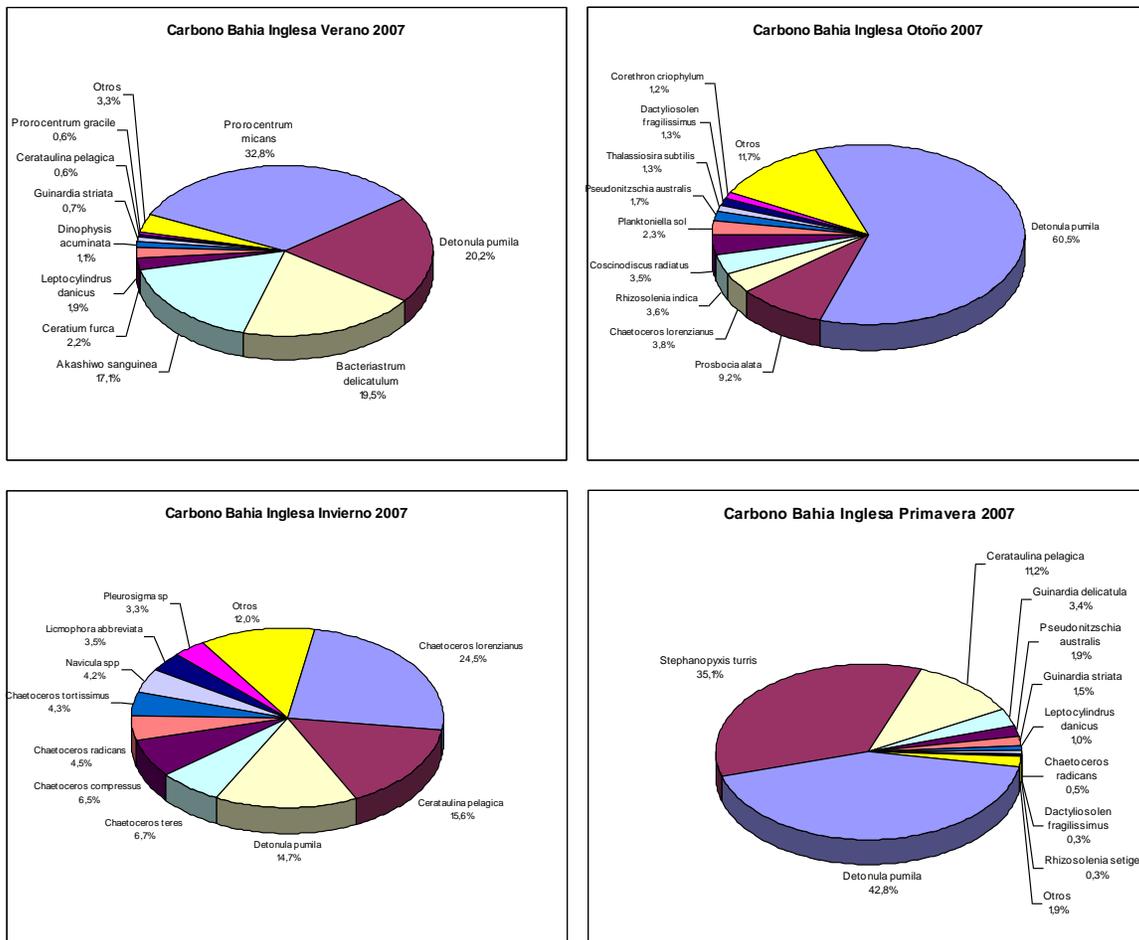


Fig. 72. Porcentaje de carbono aportado por especies microalgales en Bahía Inglesa por estaciones del año durante el 2006

6.4 FITOPLANCTON Y RELACIONES AMBIENTALES

La variabilidad de la biomasa fitoplanctónica, tanto en células/L como en $\mu\text{gC/L}$, en las tres bahías estudiadas (B. Tongoy, B. Guanaqueros y B. Inglesa) no presentaron diferencias significativas ($P > 0.05$) de sus valores entre estaciones, pero sí en el tiempo, lo cual queda muy claro al observar la riqueza fitoplanctónica de primavera y la pobreza de microalgas en invierno. Sin embargo, cuando se realiza un estudio de alta frecuencia en una bahía, se ve que existe una heterogeneidad del fitoplancton en el área. Uno de los ejemplos para demostrar esta variabilidad espacio-temporal del fitoplancton se presenta en Bahía Inglesa, donde se realizaron 9 estaciones a las 12h y 18h del día 27-01-07 y a las 10h del

28-01-07 y se puede observar en figura 73, la variabilidad de la temperatura superficial presenta valores superiores a 18 °C, en el sector este de la bahía, a las 18 h el sector oeste baja la temperatura llegando a los 16 °C. A los 10 m de profundidad se registran temperaturas inferiores 14.5 °C en especial el día 28 de enero, donde queda de manifiesto que la variabilidad térmica de la bahía es mas acentuada en la columna de agua al igual que el oxígeno disuelto, que presenta sus mayores concentraciones (>11 mg/L) en superficie con una estructura de distribución muy similar al de la temperatura. Cabe señalar los bajos valores de O.D. (<3 mg/L) se presentan a los 10m de profundidad en especial el la mañana del 28 de enero donde llega a 2 mg/L (Fig. 74). El Porcentaje de saturación de O.D. muestra valores superiores a 120% en superficie en la zona este de la bahía, mientras que en los 10 m de profundidad se registran valores porcentuales inferiores a 20% (Fig. 75).

La densidad fitoplanctónica en Bahía Inglesa presenta sus mayores concentraciones (>1,200.000 cél/L) en superficie llegando a sus mayores valores (> 3,000.000 cél/L) a las 18 h del 27 de enero, en el centro de la bahía, mientras que a 10m de profundidad las concentraciones de fitoplancton son inferiores a 300.000 cél/L (Fig. 76). Otra manera de medir la biomasa fitoplanctónica es en ugC/L y figura 76 muestra que las mayores concentraciones (3000 ug/L) se encuentran en superficie en el sector centro de la bahía a las 18 h del 27 de enero y a los 10m el sector este, mientras que las menores concentraciones (< 200ug/L) se ubican a los 10m de profundidad. Cabe señalar, que la alta biomasa de carbono registrado a 10m de profundidad se debe a una pocas células de *Coscinudiscus sp* que son muy voluminosas y en superficie a una alta densidad del dinoflagelado *Prorocentrum micans*. Por esta razón, que ambas variables que indican la cantidad de alimento fitoplanctónico presentan una baja correlación ($r^2=0.4$). La distribución del pH en la bahía durante las 24 horas de estudio (Fig 78) presenta la misma estructura de distribución que los valores porcentuales de O.D. con una alta correlación $r^2=0.98$. Zonas con valores superiores a 120% saturación y superiores a 8 pH nos están señalando áreas de alta productividad fitoplanctónica ya que el proceso fotosintético se esta produciendo O_2 y consumiendo CO_2 por lo cual sube el pH del agua.

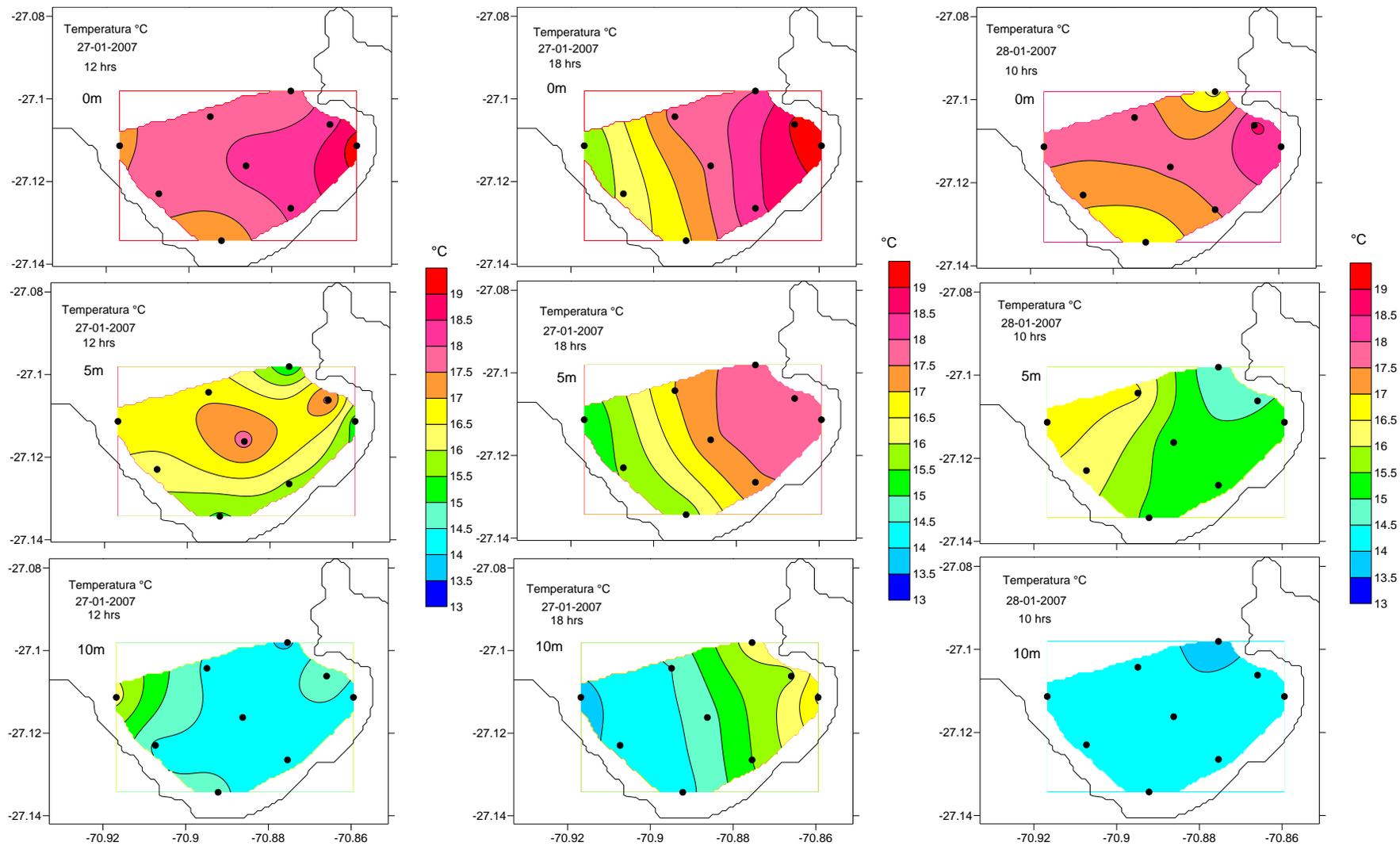


Fig. 73. Distribución espacio-temporal de la temperatura en B Inlesa a los 0, 5 y 10m de profundidad, registrado a las 12 y 18h del 27-01-2007 y 10h del 28-01-2007

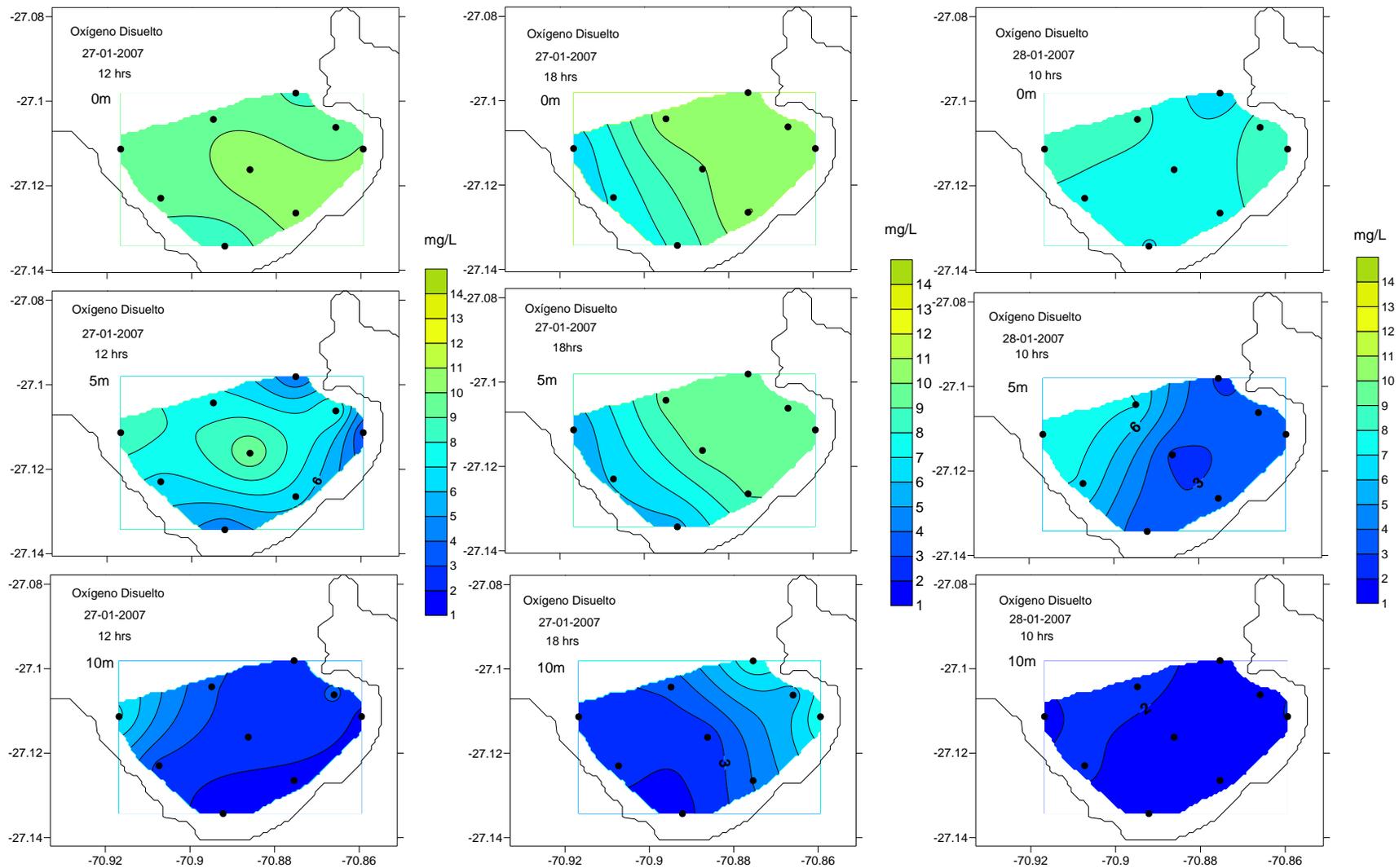


Fig. 74. Distribución espacio-temporal del O. D. en B Inglesa a los 0, 5 y 10m de profundidad, registrado a las 12 y 18h del 27-01-2007 y 10h del 28-01-2007

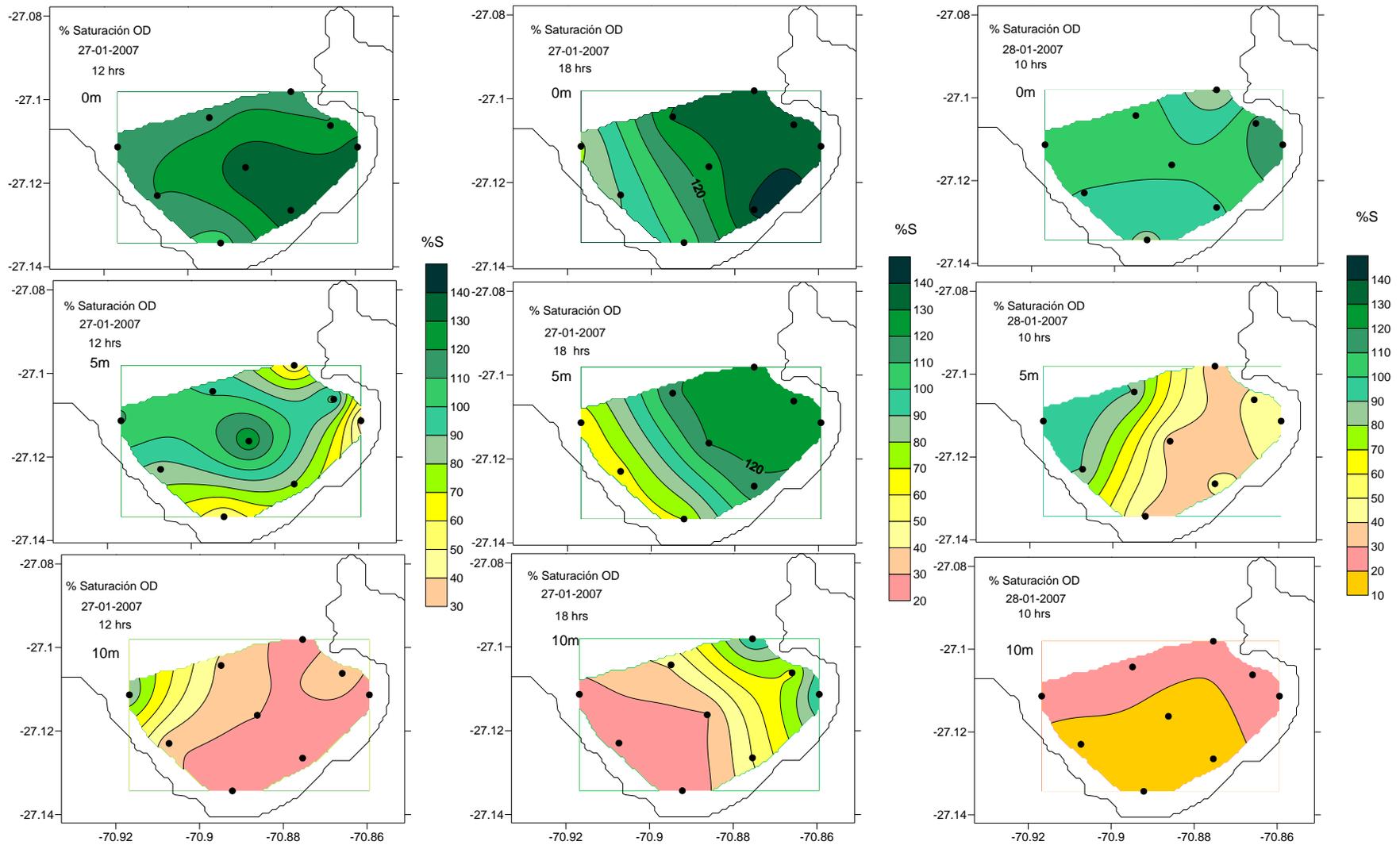


Fig. 75. Distribución espacio-temporal del % de saturación OD en B Inglesa a los 0, 5 y 10m de profundidad, registrado a las 12 y 18h del 27-01-2007y 10h del 28-01-2007

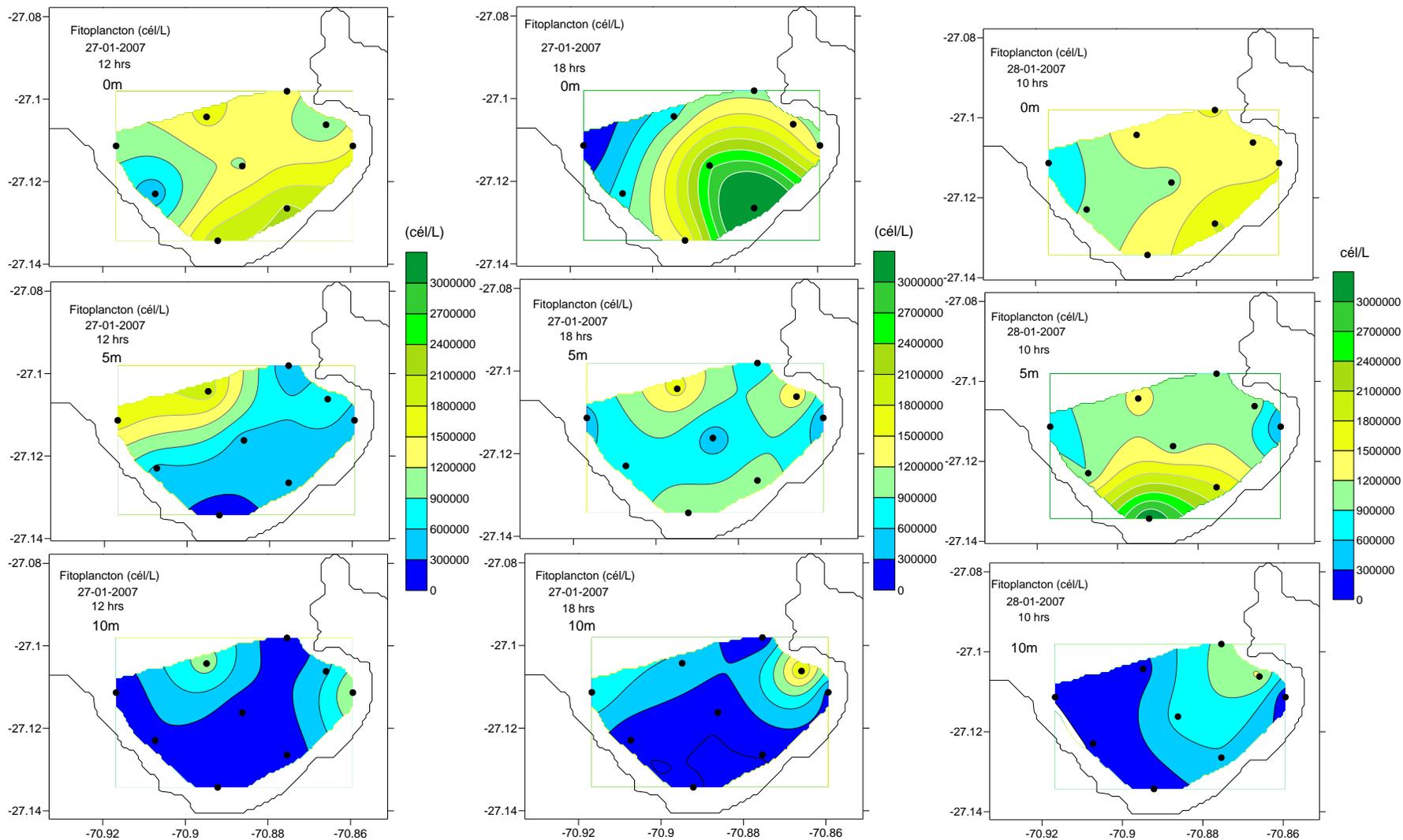


Fig. 76. Distribución espacio-temporal del fitoplancton en B Inglesa a los 0, 5 y 10m de profundidad, registrado a las 12 y 18h del 27-01-2007 y 10h del 28-01-2007

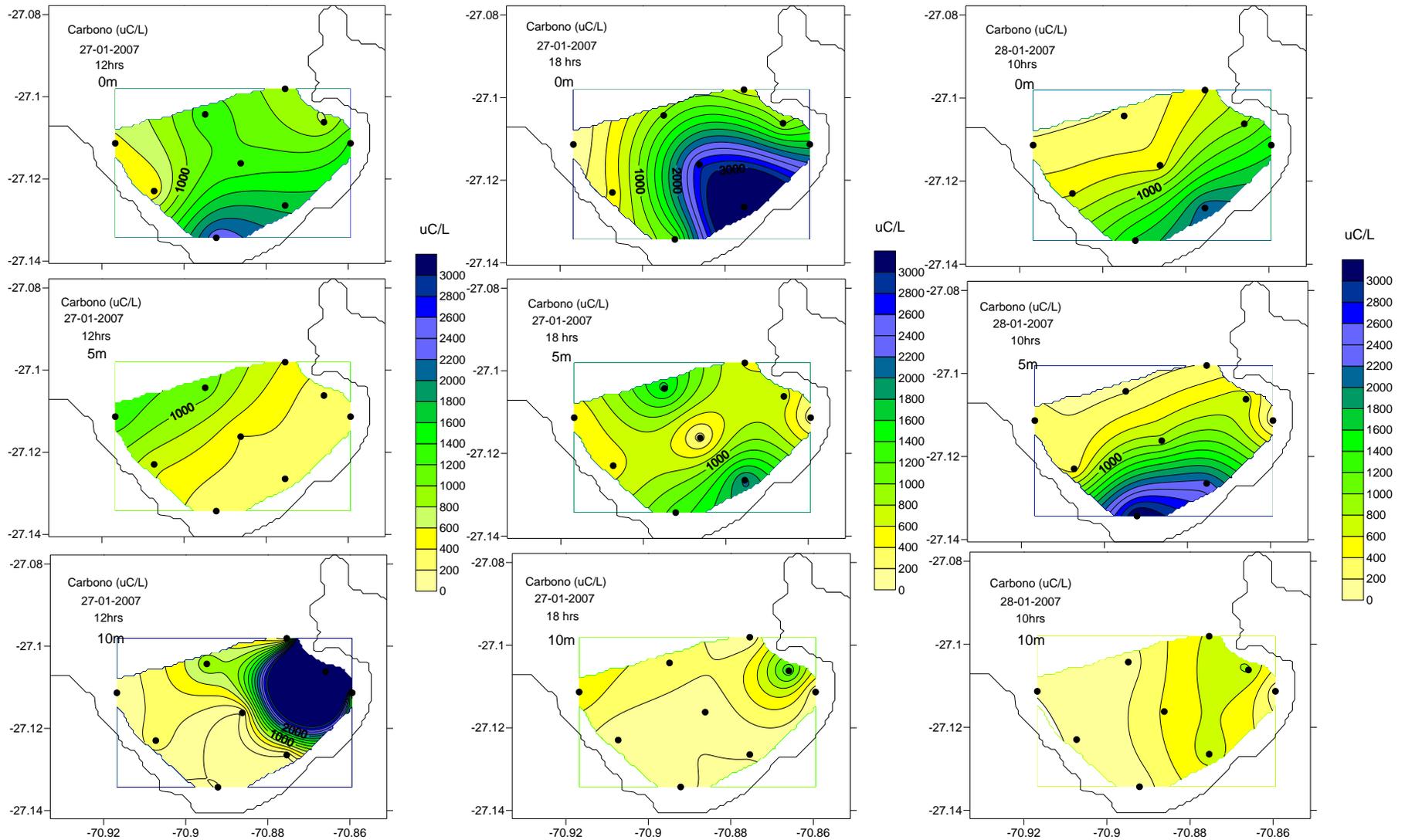


Fig.77. Distribución espacio-temporal del carbono fitoplanctónico en B Ingleza a los 0, 5 y 10m de profundidad, registrado a las 12 y 18h del 27-01 2007 y 10h del 28-01-2007

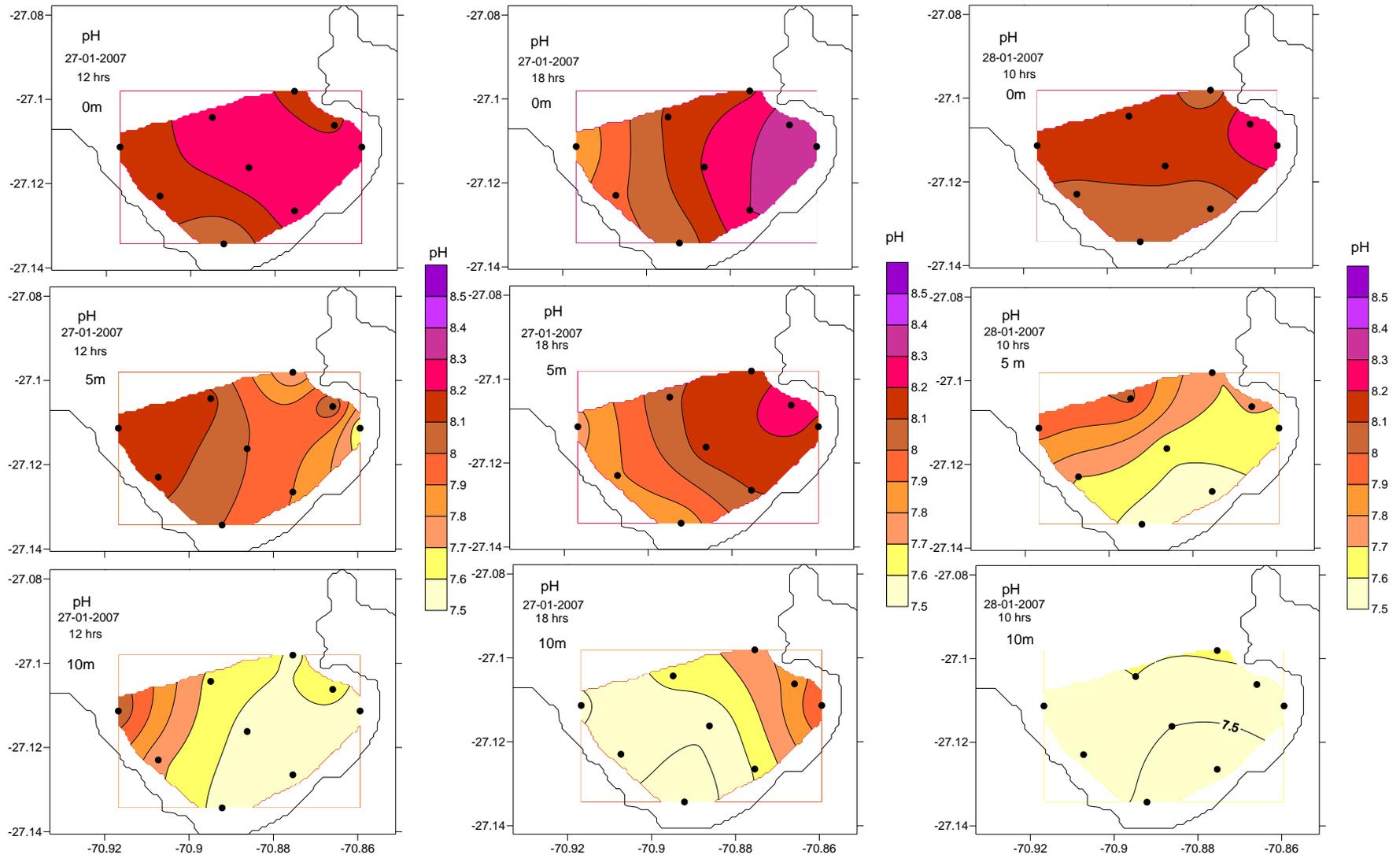


Fig. 78. Distribución espacio-temporal del pH en B Inglesa a los 0, 5 y 10m de profundidad, registrado a las 12 y 18hs del 27-01-07 y a las 10hs del 28-01-2007

6.5 OFERTA DE ALIMENTO FITOPLANCTÓNICO

La oferta de alimento fitoplanctónico (kJ/h/m^2) corresponde a la oferta de alimento en forma de energía (kJ/L), calculada a partir de la abundancia promedio de la biomasa fitoplancton ($\mu\text{gC/L}$) observada en las bahías, multiplicado por la velocidad de la corriente (m/s) obtenida mediante el modelo numérico para cada nodo. Los valores promedio de fitoplancton utilizados fueron de $500 \mu\text{gC/L}$ para Bahía Inglesa y de $1000 \mu\text{gC/L}$ para Bahía Tongoy y $700 \mu\text{gC/L}$ Guanaqueros.

Para este cálculo se asumió que el fitoplancton se distribuye homogéneamente en la bahía y que lo que cambia es la velocidad de la corriente. Bajo estas premisas, como se observa en figura 79, la mayor oferta bruta de alimento ($> 3000 \text{ kJ/h/m}^2$) se presenta en el sector este de Bahía Inglesa y próximo a la playa (Rocas negras) a 5m de profundidad al día 32, periodo de intensificación de la surgencia.

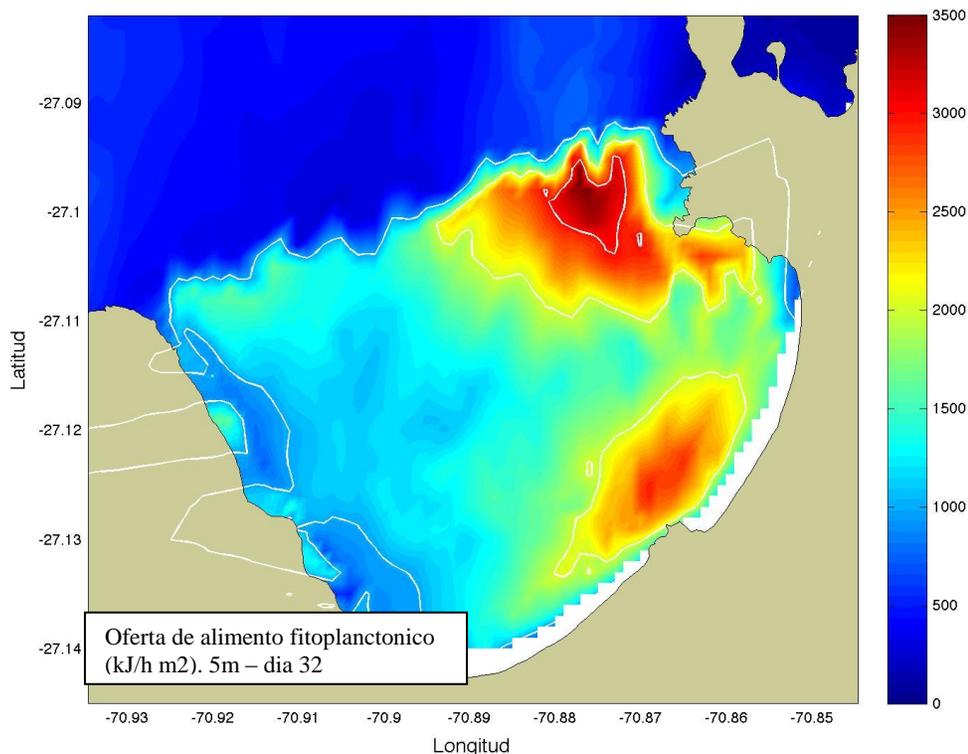


Fig. 79. Oferta de alimento fitoplanctónico en bahía Inglesa a 5 m de profundidad durante un periodo de intensificación de la surgencia (día 32)

A los 10 m de profundidad se observa una similar estructura de distribución de la oferta de alimento fitoplanctónico a la registrada a 5 m de profundidad (Fig. 80), sin embargo se presenta un reducido núcleo de un menor valor (2500 kJ/h/L) y no se observa una oferta de alimento próximo a la playa.

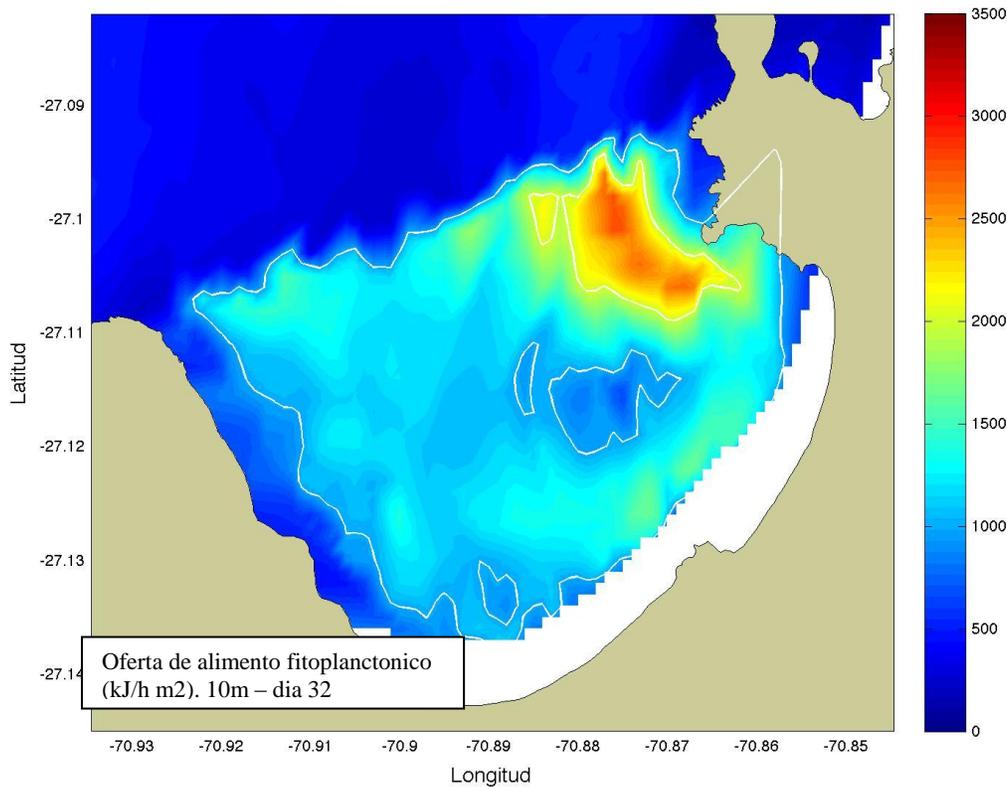


Fig. 80. Oferta de alimento fitoplanctónico en bahía Inglesa a 10 m de profundidad durante un periodo de intensificación de la surgencia (día 32)

Durante el periodo de relajación de la surgencia en Bahía Inglesa (día 40), se observan los mayores núcleos de oferta de alimento fitoplanctónico (>1000 kJ/h/L) en el este y sur de la bahía a los 5 m de profundidad (Fig. 81).

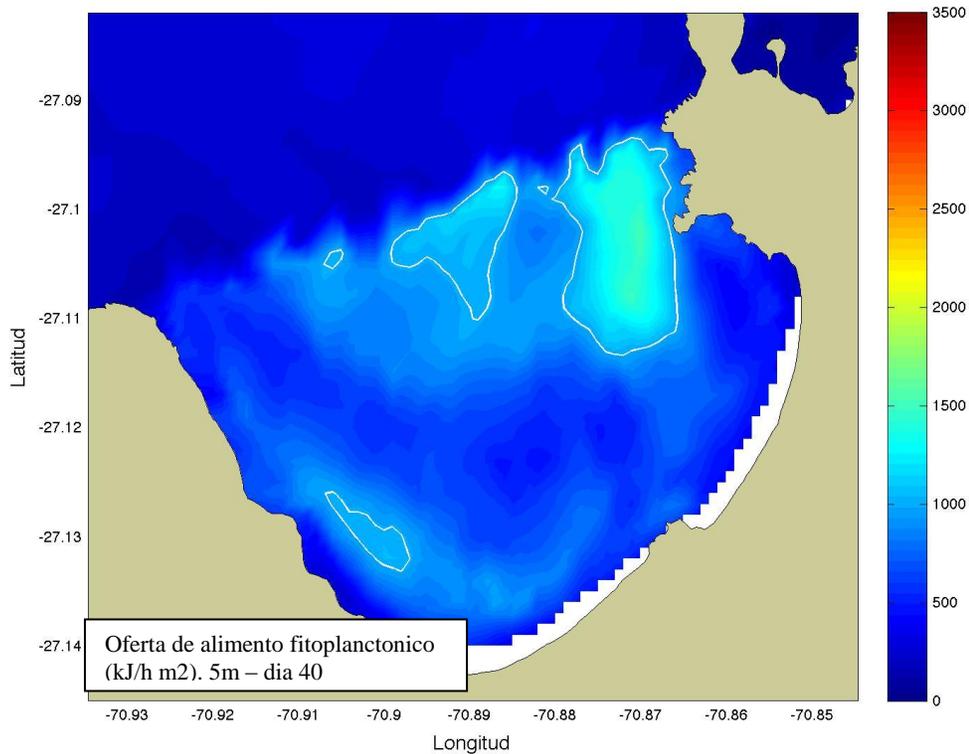


Fig. 81. Oferta de alimento fitoplanctónico en bahía Inglesa a 5 m de profundidad durante un periodo de relajación de la surgencia (día 40)

La oferta de alimento fitoplanctónico a los 10 m de profundidad en B Inglesa durante el periodo de relajación disminuye con respecto a los 5m, pero no tan fuertemente como en el periodo de intensidad del evento (Fig. 82), con similares valores a los observados a los 5 m, pero con núcleos mas reducidos.

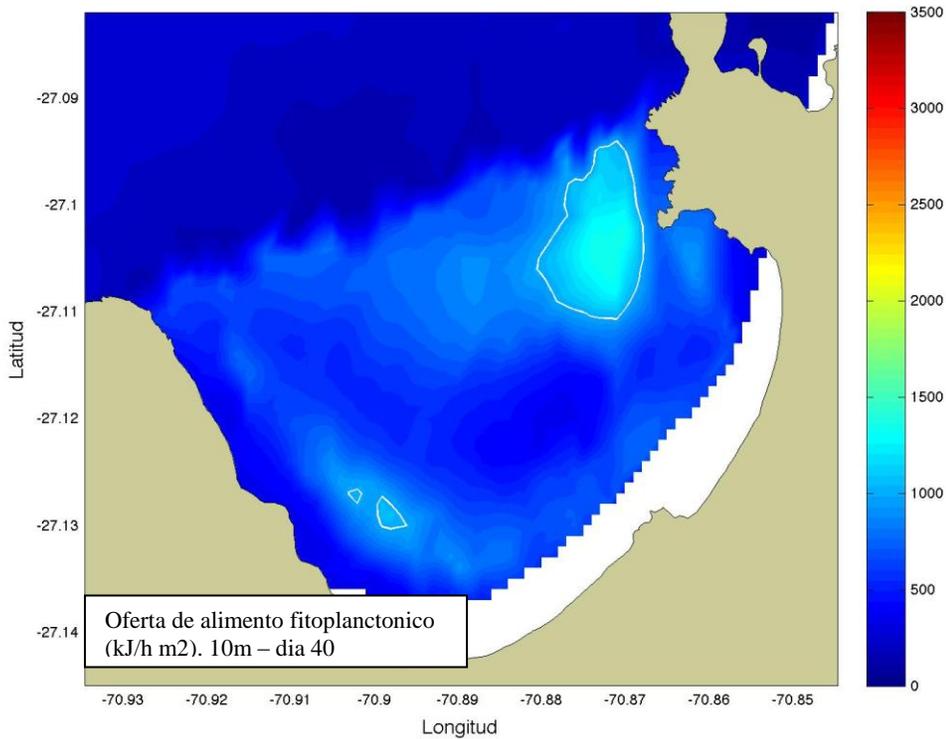


Fig. 82. Oferta de alimento fitoplanctónico en bahía Inglesa a 10 m de profundidad durante un periodo de relajación de la surgencia (día 40).

En bahías Tongoy y Guanaqueros, como se puede observar en figura 83, de igual modo que lo descrito para bahía Inglesa, solo observamos la distribución de la oferta del alimento fitoplanctónico al interior de las bahías, y encontramos un patrón de distribución, en el cual los máximas oferta de alimento bruta estaría localizada en el sector este y sur de cada bahía, sector donde se da las mayores tasas de crecimiento de los cultivos de ostión.

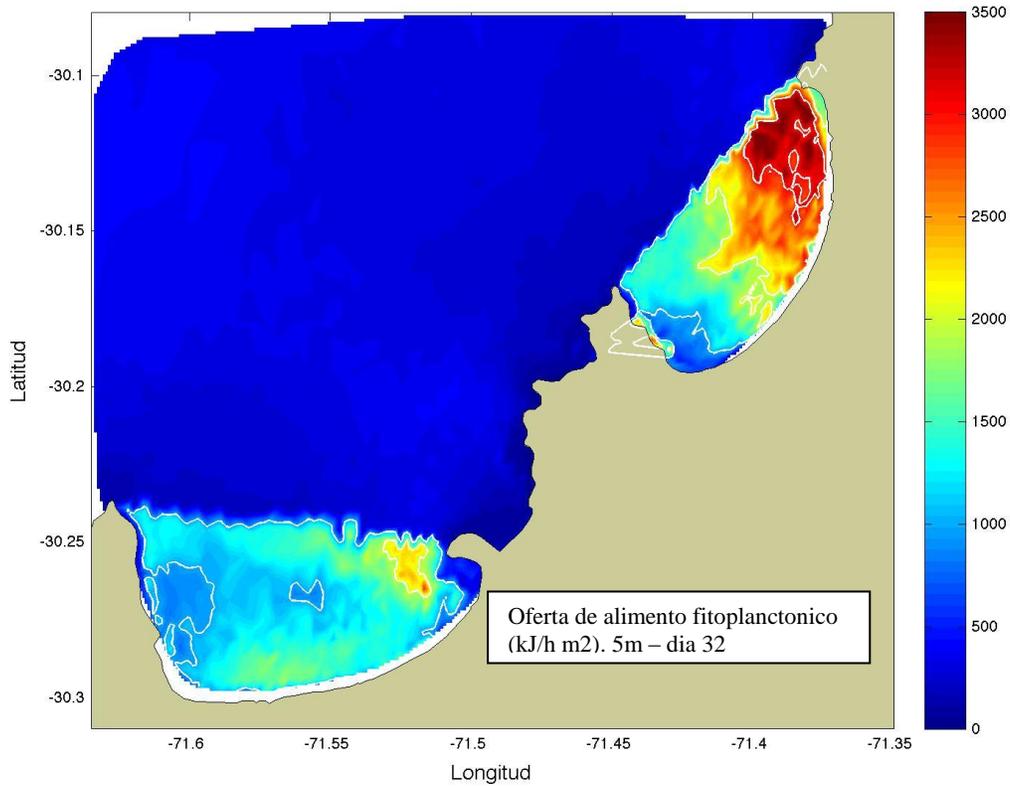


Fig. 83. Oferta de alimento fitoplanctónico en Bahía Tongoy y Guanaqueros a 5m de profundidad durante de intensificación de la surgencia (día 32)

Durante al intensificación de la surgencia (día 32) a lo 5 me de profundidad, se observa los mayores valores de oferta de alimento fitoplanctónico (> 3000 kJ/h/m²) en el sector noreste de bahía Guanaqueros y con valores inferiores a 2500 kJ/h/m² en el sector este de Bahía Tongoy. Por el contrario los menores valores (< 1000 kJ/h/m²) se registraron en el sector sur de bahía Guanaqueros y al oeste de Bahía Tongoy.

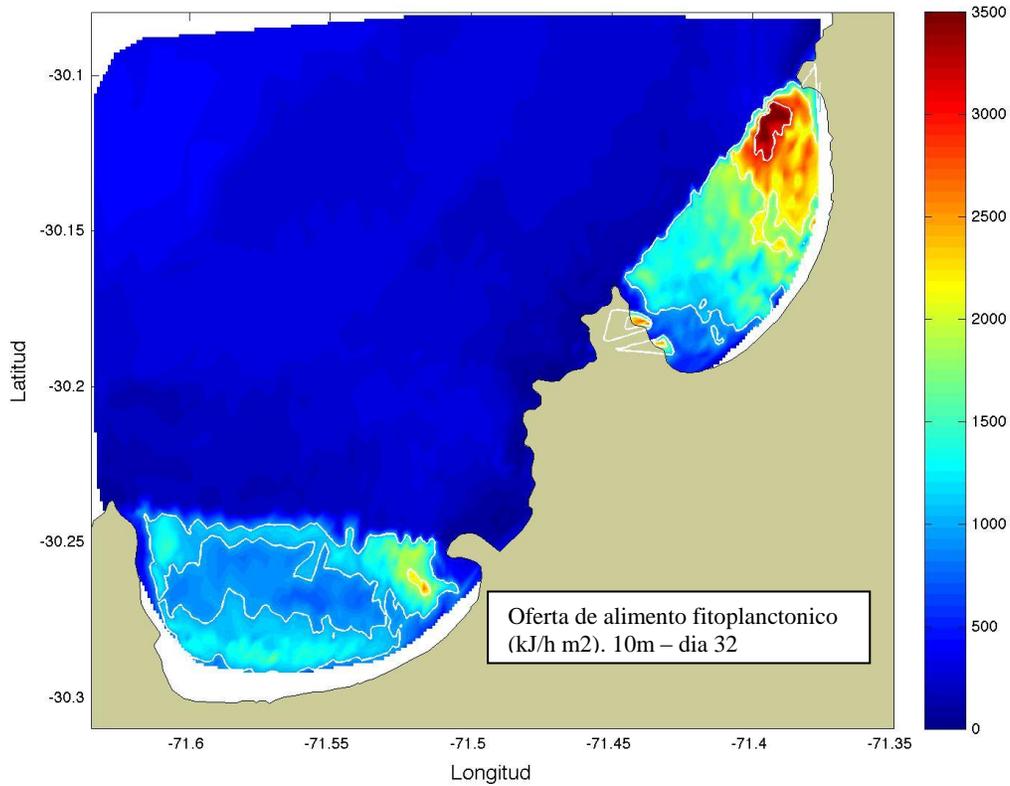


Fig. 84. Oferta de alimento fitoplanctónico en Bahía Tongoy y Guanaqueros a 10m de profundidad durante de intensificación de la surgencia (día 32)

Durante de intensificación de la surgencia a los 10 m de profundidad, se reduce la oferta de alimento fitoplanctónico, en especial por la contracción de sus núcleos (Fig. 84). Cabe señalar la caída de la oferta de alimento a valores inferiores a 1000 kJ/h/m² en el centro de de Bahía Tongoy, sector donde se encuentra un gran porcentaje de los cultivos de Ostión, oferta de alimento que debe ser mucho menor entre los 10 a 14m de profundidad donde se encuentran los sistemas de cultivo.

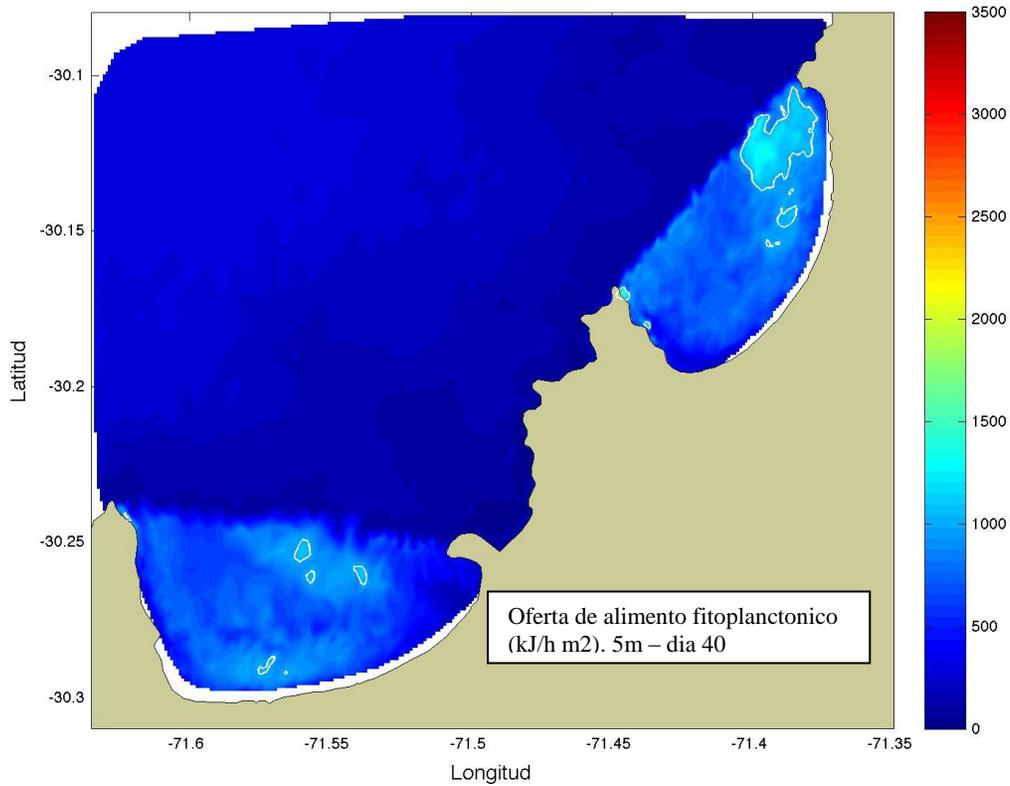


Fig. 85. Oferta de alimento fitoplanctónico en Bahía Tongoy y Guanaqueros a 5 m de profundidad durante un periodo de relajación de la surgencia (día 40)

Durante el periodo de relajación de la surgencia en las bahías Tongoy y Guanaqueros (día 40), se registra una fuerte reducción de la oferta de alimento con respecto a periodo de intensificación que ocurre en el día 32, donde de los mayores núcleos (>1000 kJ/h/L) se observan en el sector en el noreste de Bahía Guanaqueros, en la boca y próximo a la playa en Bahía Tongoy a la profundidad de 5m (Fig. 85).

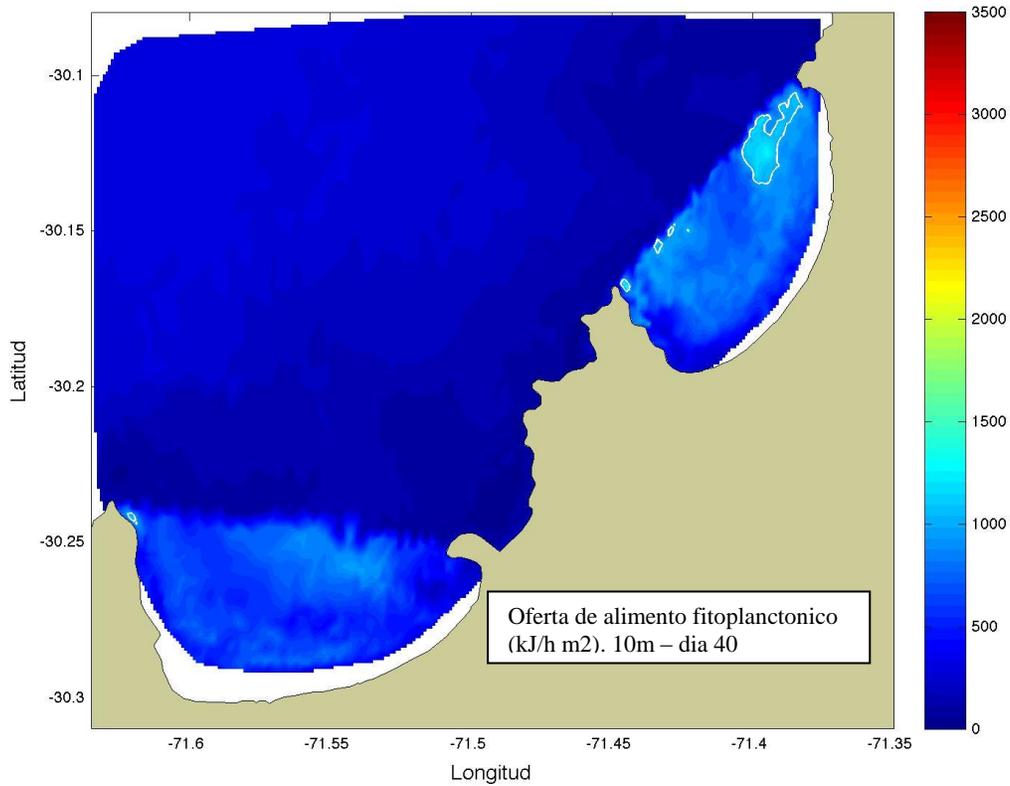


Fig. 86. Oferta de alimento fitoplanctónico en Bahía Tongoy y Guanaqueros a 10m de profundidad durante un periodo de relajación de la surgencia (día 40)

Durante el periodo de relajación de la surgencia, se registra a los 10m en Bahías Tongoy una fuerte reducción de la oferta de alimento con respecto a 5m de profundidad, observándose valores muy homogéneos próximos a 500 kJ/h/L. En el sector noreste de Bahía Guanaqueros, se mantiene valores superiores a 1000 (Fig. 86).

7 PRODUCCION DE OSTIONES EN BAHIA TONGOY POR SECTORES

Esta variabilidad espacio temporal de las variables ambientales como las corrientes y de alimento fitoplanctónico, en las bahías Tongoy Guanaqueros e Inglesa donde se cultiva el Ostión del norte, nos indicaría existen sectores dentro de una bahía con mayor potencial para el cultivo de este recurso en especial para la etapa de engorda y otros sectores que no presenta un mayor producción y que puede ser apto para las etapas iniciales. Si analizamos Bahía Tongoy en bajo el concepto de producción de esta especie en base a datos exportación de este recurso, tanto congelado, como fresco refrigerado durante 2007, se observa que Pesquera San José S.A. es un líder de ventas de este recurso. Esta empresa mantiene su producción de cultivo en Bahía Tongoy en varias concesiones, como las empresas de cultivos Invertec y Centinela, figura 87.

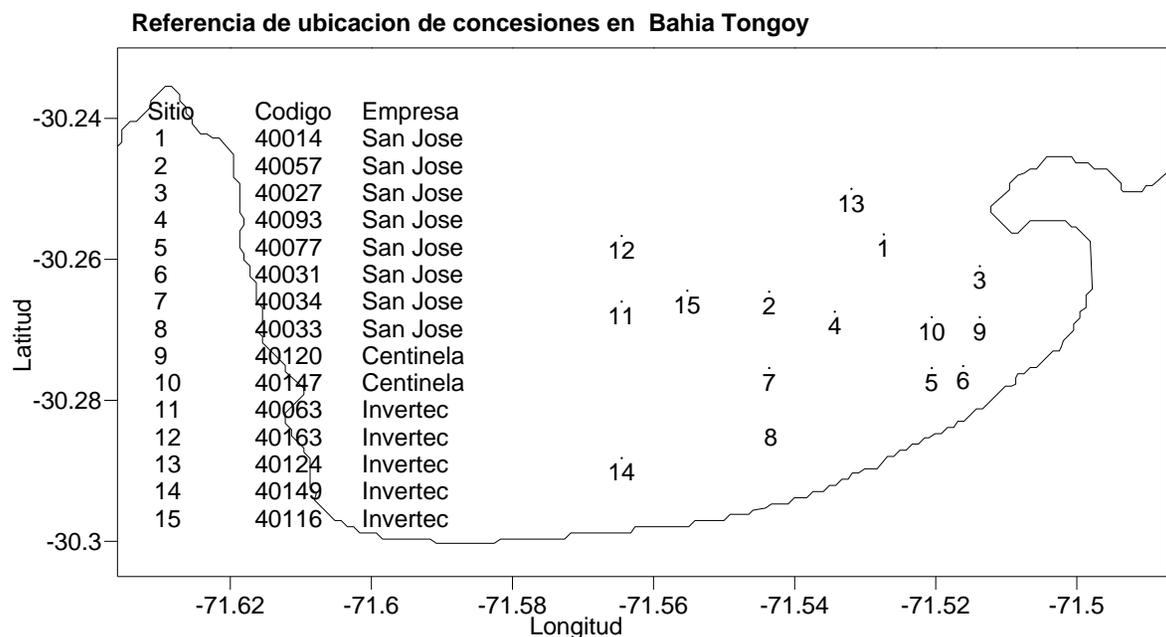


Fig. 87 Referencia de la ubicación de concesiones en Bahía Tongoy

Sin embargo, no todos estos cuerpo de aguas son usado en la engorda o etapa final de cultivo, como se puede observar en figura 88, donde las concesiones 10, 9, 7 y 11 presentan las mayores producciones (> 125 ton). La elección de estos cuerpos de agua para la producción final de este recurso, se

debería a una selección del sector basado en la estadística que lleva la empresa considerando un mayor crecimiento de los ejemplares, menor cantidad de fouling en los sistemas de cultivo y probablemente por una mayor cercanía al muelle como un caso logístico. Lamentablemente no todas las empresas pueden hacer esta elección de sectores, debido a la reducida cantidad de hectáreas para realizar sus cultivos. En general, basado en datos y análisis de información de crecimiento, alimento, oxígeno disuelto, dinámica de circulación y fouling, que les permita a las empresas obtener el mayor rendimiento en la producción. Es posible que un estudio serio, arroje los mismos resultados obtenidos empíricamente, sin embargo si se realiza un exhaustivo análisis de la data, se podría optimizar el trabajo realizado en estas bahías.

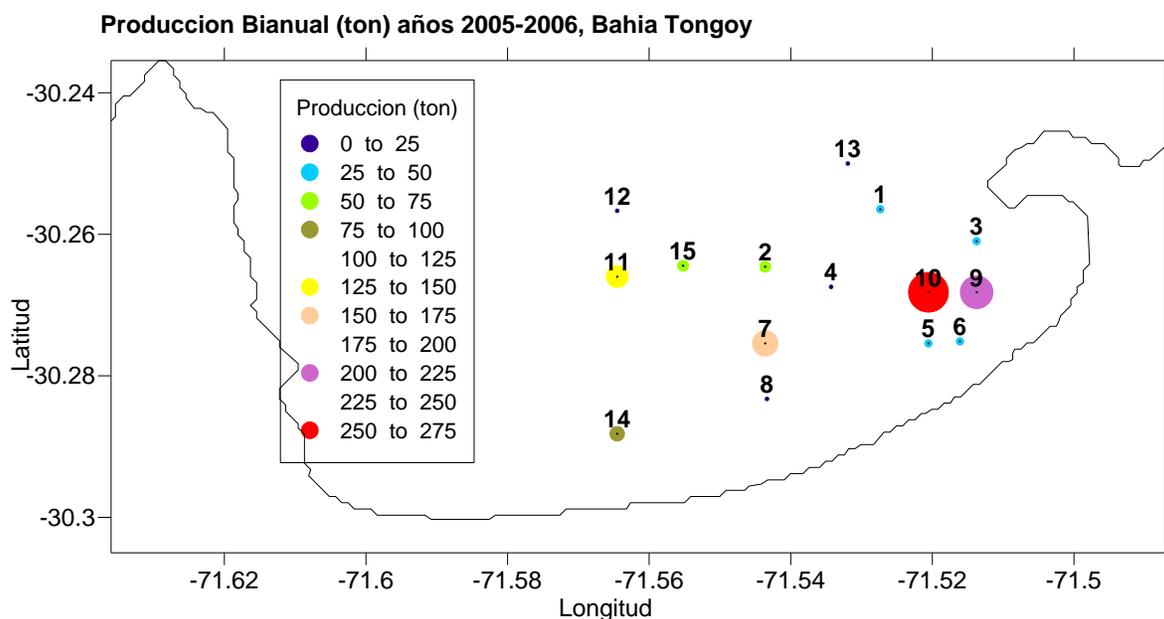


Fig. 88. Producción bianual (ton) en los años 2005-06 en Bahía Tongoy

Con datos de la Pesquera San José S. A. se puede confirmar que las concesiones tienen ciertas características bio-oceanográficas que permiten un mayor crecimiento del Ostión del norte. Para evaluar la tasa de crecimiento de semillas de ostión y se consideró los resultados de una misma población de semillas entre con una talla entre 9 a 12mm, que se sembraron en entre fines de marzo y abril de 2006 en distintas concesiones de esta empresa y se cosecharon entre los 90 a 130 días (Fig. 82). Se puede observar que las semillas cultivadas en

las concesiones 8 y 6 próximas a la playa presentaron una tasa de crecimiento de 0,22 y 0, 21 mm/día, mientras que las concesiones 3 y 2 su tas de crecimiento fue inferior a 0, 17 mm/día. Estos resultados reflejan que hay áreas que son más aptas para la primera etapa del cultivo del ostión, lo que involucra las condiciones bio-oceanográficas especiales para esta etapa de cultivo. Además estos sectores coinciden a las áreas de mayor producción (Fig. 89).

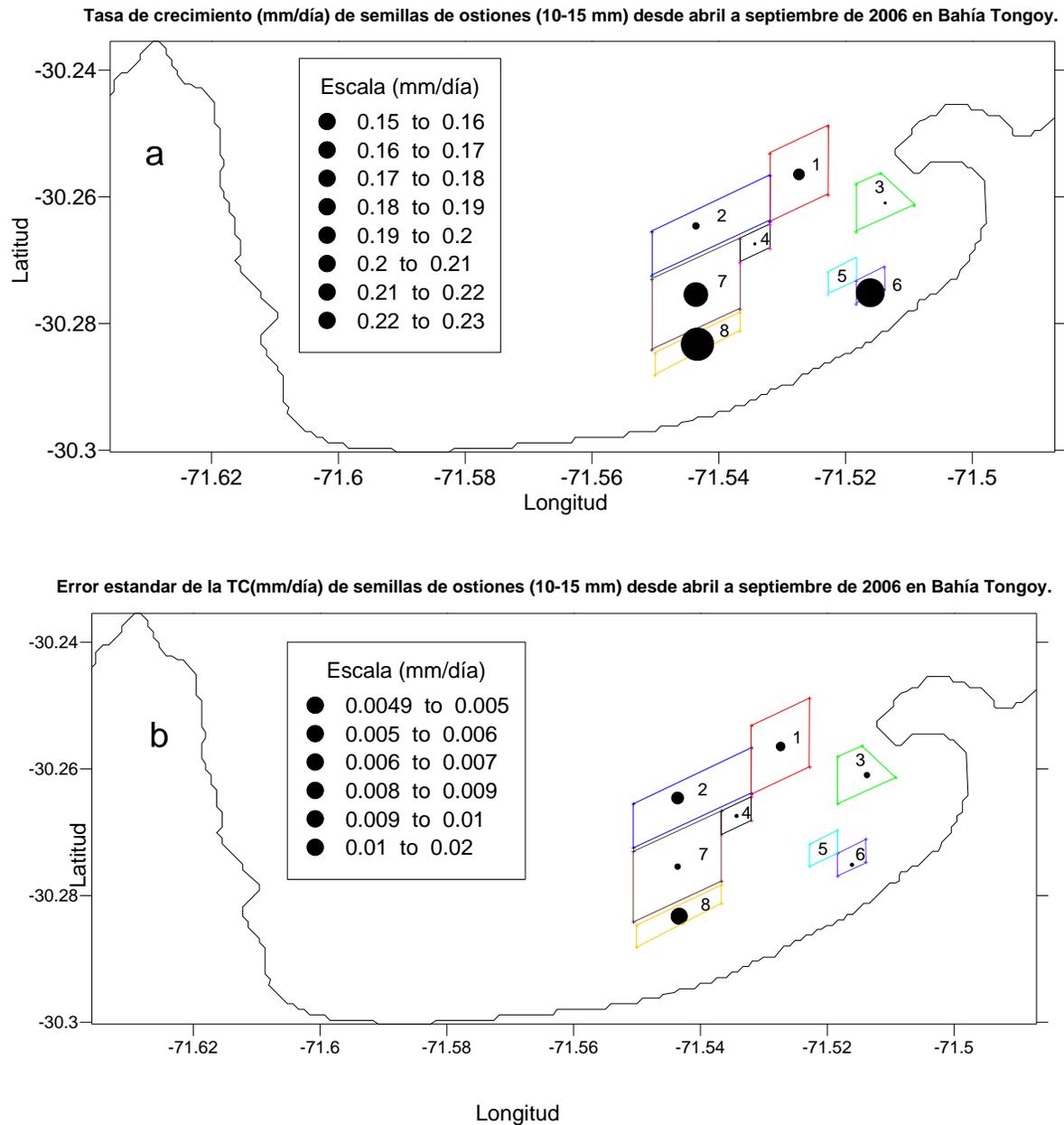


Fig. 89. Tasa de crecimiento (a) y error estándar (b) de semilla de ostión en Bahía Tongoy

8 MODELACIÓN NUMÉRICA

8.1 METODOLOGÍA

Para la describir el patrón de circulación en las bahías de Tongoy, Guanaqueros e Inglesa se implemento el modelo de volumen finito FVCOM (Chen et. al. 2003, 2006). Este modelo resuelve las ecuaciones de momentum, continuidad, temperatura y densidad. En la vertical el modelo utiliza la transformación de coordenadas sigma para discretizar las ecuaciones. Chen et al. (2003) muestra en detalle como se implementan las ecuaciones en el modelo. La implementación se realizo en un computador Intel Core Duo de 1,8 GHz con 4 Mb de RAM, bajo ambiente Linux, dadas las capacidades de la maquina y que se quería tener una resolución fina en las bahías se tuvo que dividir el dominio original de modelación (desde el sur de Bahía Tongoy hasta el norte de Bahía inglesa) en dos sub dominios, el dominio de Tongoy-Guanaqueros que va desde el sur de Punta Lengua de Vaga hasta al norte de la Punta Choros, y el dominio Inglesa, que va desde el sur de Punta Cachos al norte de la Punta Obispo.

Para la implementación del modelo se creó una malla no estructurada para cada bahía y sus alrededores a las cuales se les llevo mediante interpolación lineal la batimetría de las cartas náuticas electrónicas del SHOA. La creación de la malla se realizo con el programa SMS. La malla no estructurada para la modelación de las Bahías Tongoy y Guanaqueros tiene un total de 5602 nodos con 10600 elementos (Fig. 90), y la de Bahía Inglesa tiene un total de 3365 nodos y 6314 elementos (Fig. 91), en ambos dominios la resolución vertical es de 21 niveles sigma.

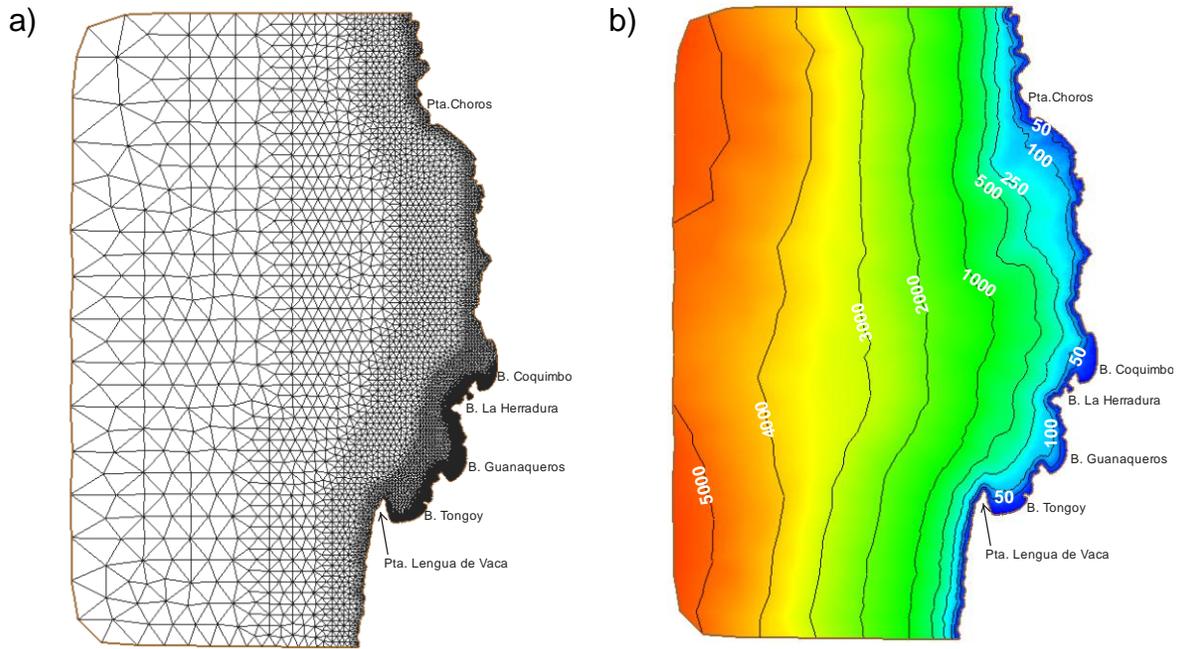


Fig. 90. a) Malla no estructurada de modelación y b) batimetría del dominio Tongoy-Guanaqueros.

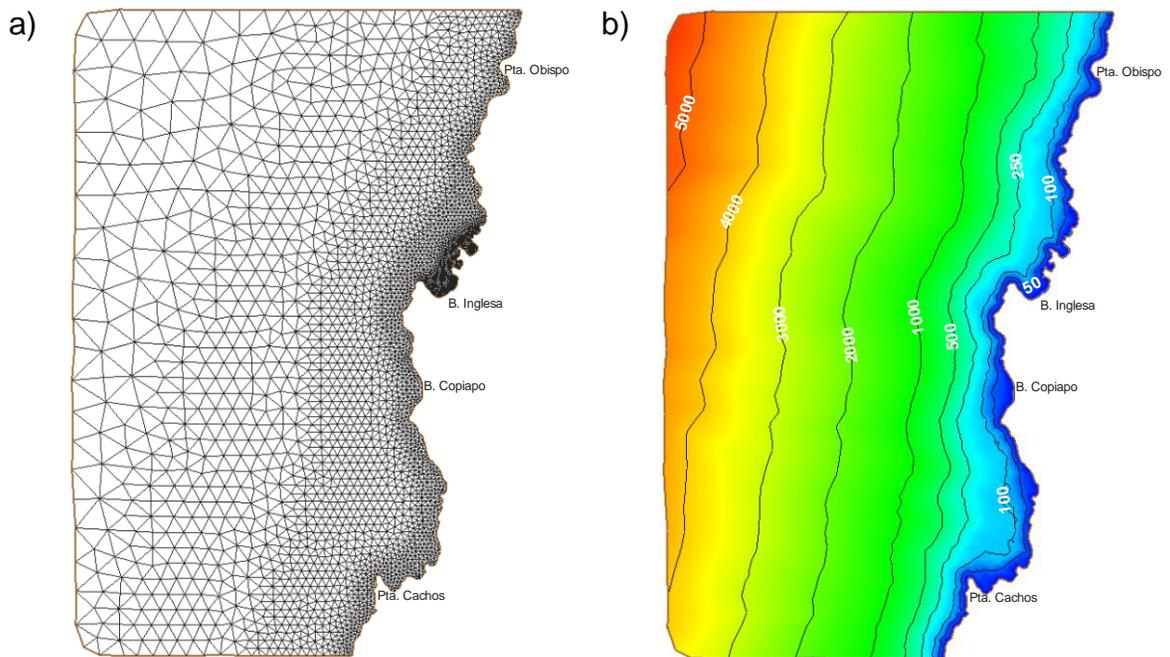


Fig. 91. a) Malla no estructurada de modelación y b) batimetría del dominio Inglesa.

Para forzar ambos dominios de modelación se obtuvieron los campos tridimensionales de temperatura y salinidad de las salidas de resolución $1/12^\circ$ de Ocean Circulation and Climate Advanced Modelling project (OCCAM) (Webb et al., 1998), seleccionando el mes de diciembre dado que el objetivo era modelar la condición favorable a la surgencia durante el período en que ocurre el desove y colecta de las semillas de ostión del norte, las condiciones utilizadas no presentan efectos importantes del ENSO. Además en la frontera abierta se impuso la variación de la marea por medio de los coeficientes armónicos S_2 , M_2 , N_2 , K_1 , P_1 y O_1 que fueron obtenidos del modelo global de la marea TPXO (Egbert y Erofeeva, 2002). El viento y la radiación para forzar ambos dominios fue obtenido del registro horario de la estación meteorológica instalada en Punta Lengua de Vaca del período noviembre a diciembre del 2005 (Fig. 92), el cual se impuso en forma homogénea en el espacio.

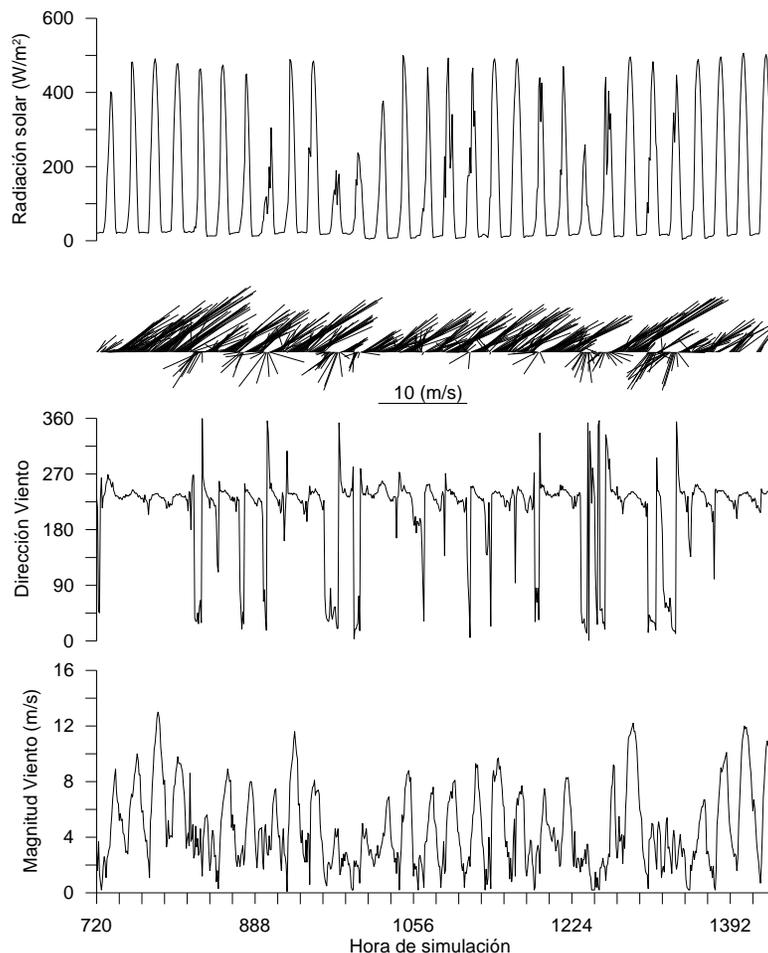


Fig. 92. Serie de tiempo del viento (m/s) y radiación solar (W/m^2).

Cada simulación fue corrida por 60 días, de los primeros 30 días corresponden a un período de estabilización de los campos y solamente fue forzado el modelo en ese período por campo de masa (temperatura y salinidad) y por la variación de la marea, y del día 30 al 60, además de los forzantes anteriores se le incorporo el viento y la radiación solar. Los resultados entregados en este informe corresponden a este último período de simulación.

Para ver el comportamiento pasivo del plancton en las distintas fases del proceso de surgencia se liberaron derivadores tanto al interior como al exterior de cada bahía a distintas profundidades 5, 7, 9, 20, 40, 100 y 250 m de acuerdo con la profundidad de cada punto de liberación. En total se seleccionaron 33 puntos de liberación, 16 en la el dominio Tongoy-Guanaqueros y 17 en el de Inglesa (Fig. 93), en ambos dominios se liberaron a distintos tiempos derivadores para poder evaluar el comportamiento de las partículas en las distintas fases del proceso de surgencia.

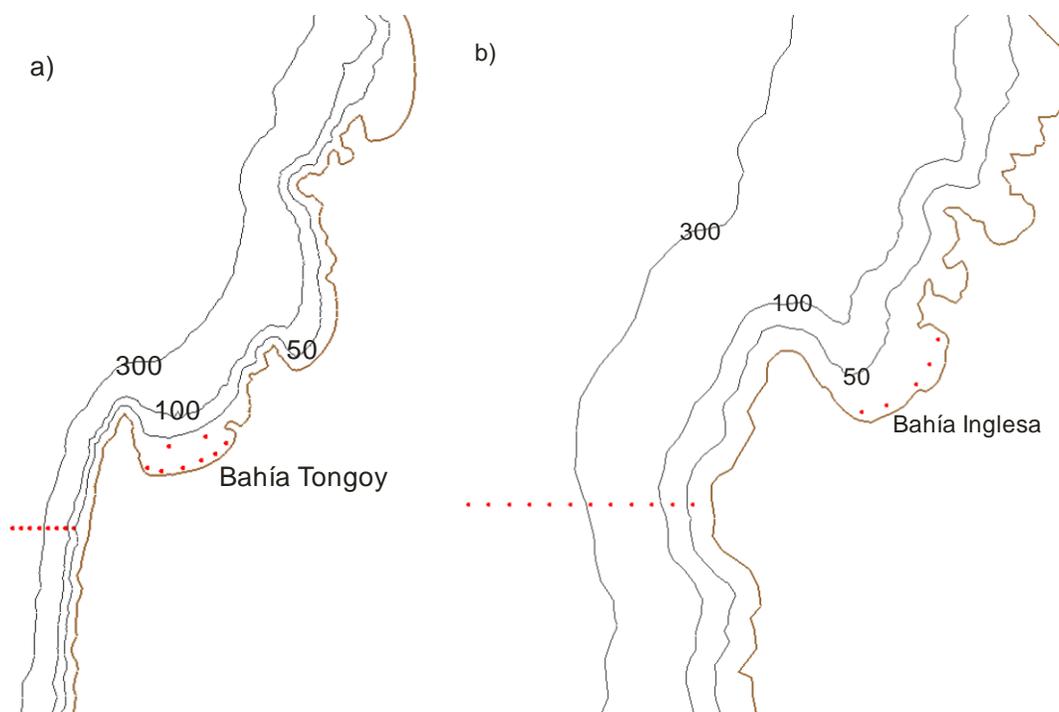


Fig. 93. Posición en las cuales se liberaron los derivadores (puntos rojos) en el dominio de la a) Tongoy-Guanaquero y b) Inglesa.

8.2 RESULTADOS

A los 30 días de estabilización se obtuvieron los campos tridimensionales de temperatura y salinidad campos estables que generan las respectivas corrientes producto de las variaciones espaciales de densidad y espacio-temporales de la superficie libre por las mareas. A continuación se presentan los resultados obtenidos después de la estabilización en cada dominio

8.2.1 Dominio Tongoy-Guanaqueros

Los resultados de la simulación muestran que la circulación superficial es principalmente forzada por el viento, mostrando durante el día la fluctuación de las corrientes producto de las variaciones diarias, lo que es modificado por el ciclo de surgencia. Al inicio de la surgencia las corrientes superficiales alcanzan velocidades máximas de 20 cm/s con una dirección al norte casi paralela a la costa, la temperatura superficial es prácticamente homogénea, con valores entre 17.5 y 18.5°C, y la salinidad se presenta en la zona costera con valores entre 34.35 a 34.6 psu, que son menores que los resultantes en el área oceánica (34.6 a 34.7 psu) (Fig. 94a), Durante la surgencia las corrientes superficiales incrementan hasta alcanzar magnitudes máximas de 60 cm/s con una dirección al NW en el área oceánica y en la costa en las bahía presentan corrientes menores de 50 cm/s, lo que se refleja en la temperatura superficial en donde se aprecia el ascenso de aguas más frías de unos 16°C, en especial en Punta Lengua de vaca, de donde se prolonga hacia el norte y desviándose al NW a medida que se desplaza la pluma surgente hacia Punta Chorros (no mostrado en la figura); en cuanto a la salinidad en el sector de Punta Lengua de Vaca se ve un leve incremento de la salinidad en superficie (Fig. 94b). En la fase de relajación las corrientes superficiales van al SE, transportando las aguas más cálidas y salinas del área oceánica a la costa (Fig. 94c), con intensidades máximas de 50 cm/s.

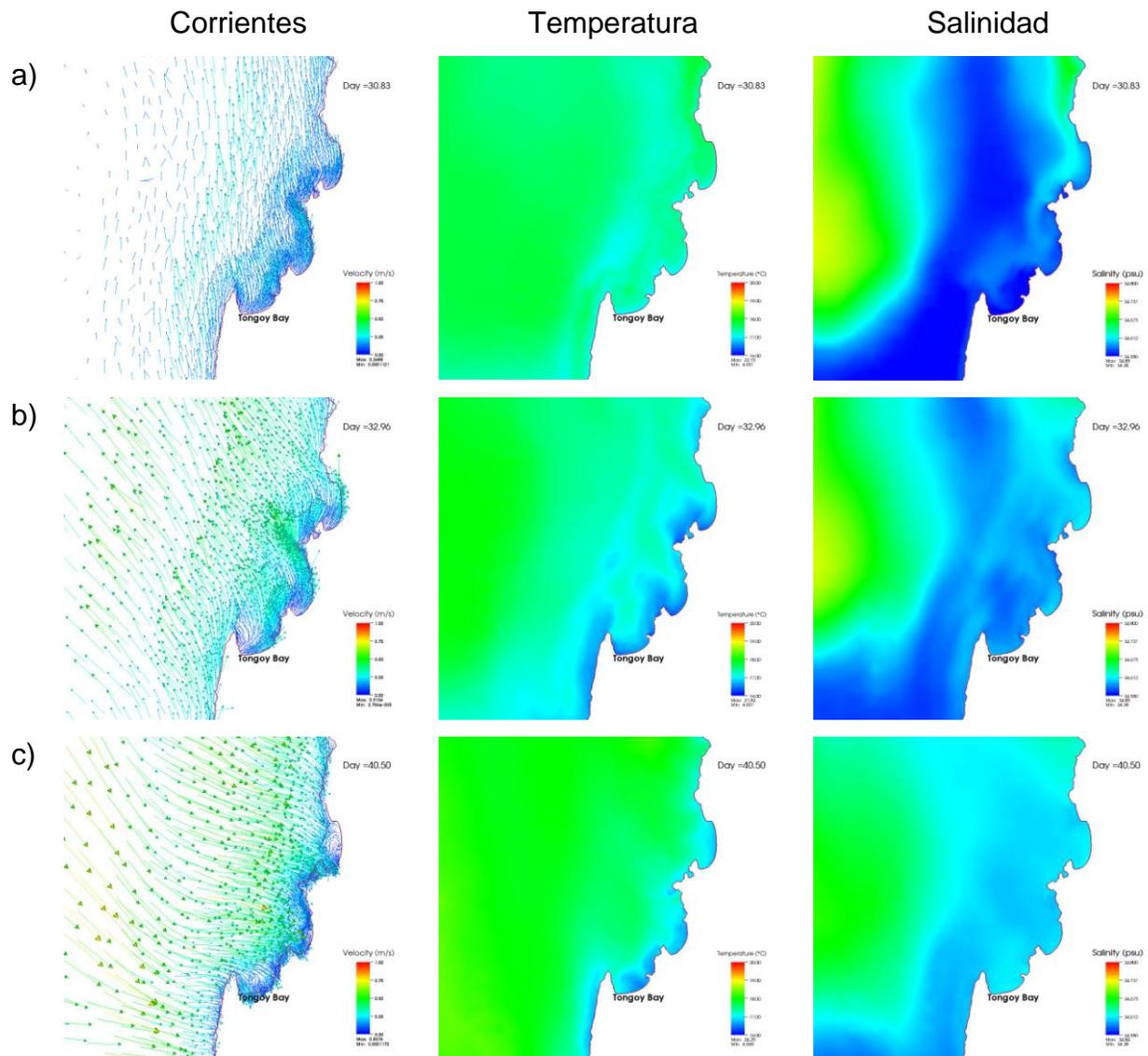


Fig. 94. Patrón de circulación, temperatura y salinidad superficial bajo condiciones de a) inicio de surgencia, b) surgencia y c) relajación. Bahías Tongoy y Guanaqueros

Al seguir uno de los eventos de surgencia mediante derivadores se puede ver que los liberados al inicio de la surgencia a 5 m de profundidad frente a Punta Lengua de vaca son transportados hacia el norte siguiendo la isobata de 200 m, alcanzando mayor distancia aquellos derivadores que están entre la costa y esa isobata, mientras que los derivadores liberados al interior de la Bahía Tongoy avanzan lentamente en su interior, hasta que alcanza las corrientes más externas

de la bahía en cuando avanzan al norte siguiendo el comportamiento de los derivadores externos (Fig. 95a).

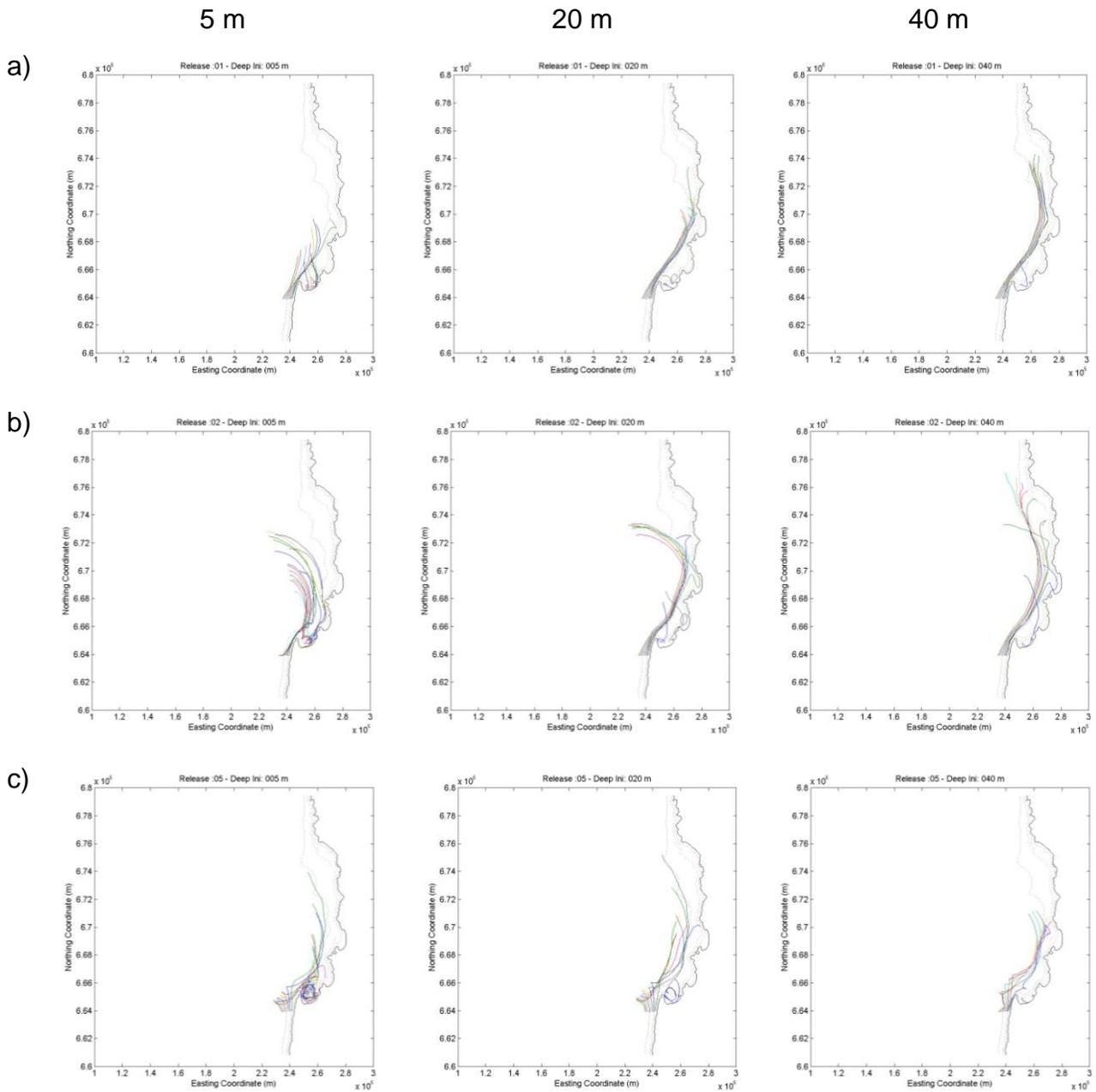


Fig. 95. Derivadores liberados a 5, 20, y 40 m de profundidad bajo una condición de a) inicio de surgencia, b) surgencia y c) relajación. Bahías Tongoy y Guanaqueros

Los derivadores liberados a 20 m al inicio de la surgencia avanzan en el mismo tiempo el doble de la distancia, y de los derivadores al interior de la Bahía

de Tongoy, el más cercano a la Punta Lengua de vaca se dirige hacia el interior de la bahía, llegando casi a la costa, mientras que el derivador ubicado al medio de la bahía sale de esta y retorna para volver a salir dirigiéndose hacia la Punta, donde después de las 24 horas sigue al los otros derivadores liberados en la parte externa de la bahía. Los derivadores liberados en esta fase a 40 m avanzan igual la máxima distancia alcanzada por los derivadores a 20 m, al interior de la bahía sólo uno de los puntos de liberación presentaba una profundidad mayor que 40, en ese caso el derivador primero se dirige a la costa (interior de la bahía donde las corrientes lo llevan fuera de la bahía alcanzando la corriente que va en el quiebre del talud, por lo que sigue la dirección de los demás derivadores (Fig. 95a).

Los derivadores liberados durante la surgencia muestran un comportamiento semejante, pero se desplazan a mayor velocidad y son desplazados al NW producto del transporte fuera de la costa generado por la surgencia costera, con la excepción de los derivadores a 40 m que siguen semejante comportamiento que los derivadores al inicio de la surgencia, Los derivadores liberados sobre los 20 m al interior de la Bahía Tongoy tienen un menor tiempo de residencia en esta producto de la intensificación de las corrientes (Fig. 95b)

Durante la fase de relajación los derivadores se acercan a la costa y reducen su distancia recorrida en comparación con los liberados en la surgencia, pero no llegan al nivel de los liberados al inicio de la surgencia (en este caso particular) se incrementa el tiempo de residencia de los derivadores liberados al interior de la bahía, y a 5 m de profundidad aumenta el número de derivadores liberados a la cuadra de Punta Lengua de Vaca que ingresan a la bahía y a 40 m el derivador queda dentro de la bahía (Fig. 95c).

De estos resultados se desprende que durante el inicio de la surgencia y su intensificación ingresan a la bahía Tongoy aguas frías y nutrientes, además la tasa de renovación es relativamente alta por lo que gran parte del agua existente en la bahía es transportado fuera de la bahía.

8.2.2 Dominio Bahía Inglesa

En este dominio el campo de salinidad y temperatura muestra un patrón distinto al descrito en el dominio de Tongoy-Guanaqueros, y es la intrusión de agua más densa por la frontera norte en la costa lo que produce un campo de circulación diferente. De la Bahía Inglesa al norte, corrientes más suaves y que en muchos momentos van hacia el sur, producen que la surgencia costera que se desarrolla en la Punta al sur de la Bahía se dirija al oeste, lo que produce un frente salino costa océano, con aguas más salinas en el área oceánica. Durante la evolución se aprecia claramente la surgencia de agua más fría en la costa y el transporte en la costa al norte de aguas menos salinas, las que en la relajación se ven reducidas producto de la intensificación de la cuña de mayor densidad desde el norte en la costa (Fig. 96). Durante la surgencia esta cuña impide que las aguas surgentes se aproximen a la costa haciendo que se dirijan al NW, lo que claramente se aprecia por la intensidad de las corrientes desde la punta hacia el área oceánica.

Esto también se refleja en el evento de surgencia seguido al liberar los derivadores, los que solo en algunos momentos y profundidades pueden ingresar desde el lado exterior hacia la bahía, principalmente en la relajación de la surgencia. Mientras que los que están en la bahía rápidamente son llevados fuera de esta hacia el norte siguiendo la costa (Fig. 97).

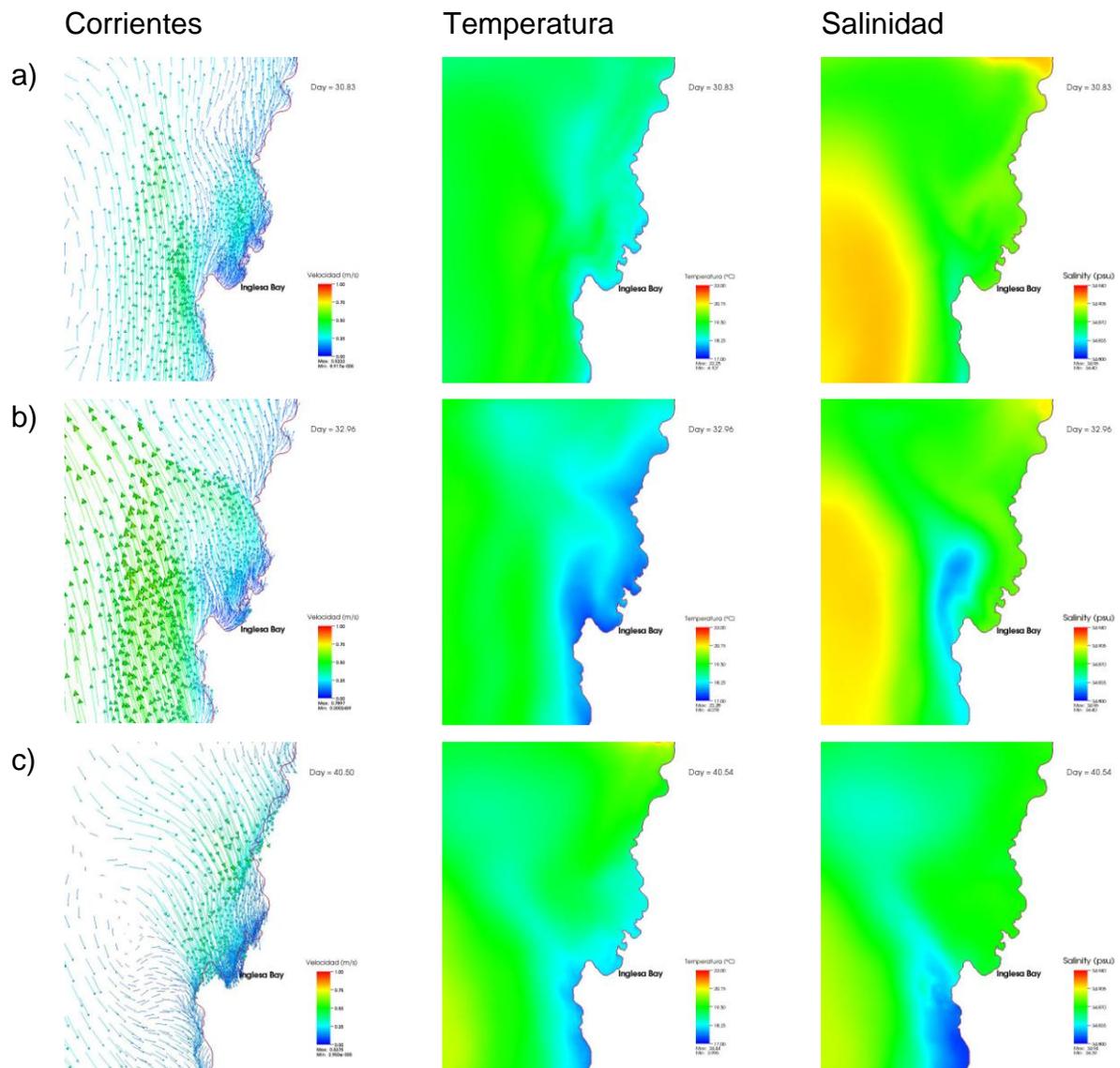


Fig. 96. Patrón de circulación, temperatura y salinidad superficial bajo condiciones de a) inicio de surgencia, b) surgencia y c) relajación. Bahía Inglesa

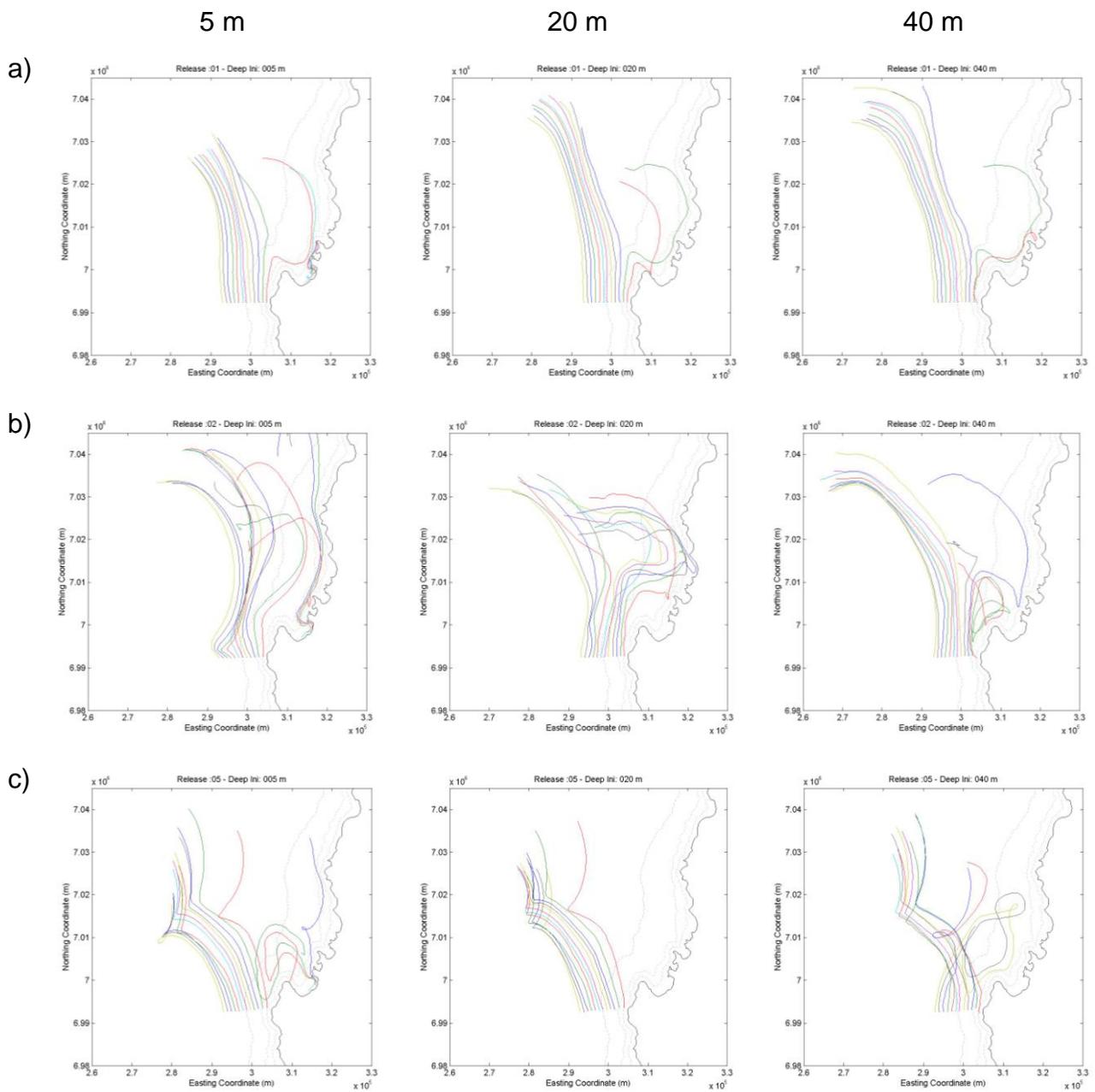


Fig. 97. Derivadores liberados a 5, 20, y 40 m de profundidad bajo una condición de a) inicio de surgencia, b) surgencia y c) relajación. Bahía Inglesa

8.3 DISCUSIÓN

En la zona de estudio la mayor parte de los trabajos se concentran entre la Punta Lengua de Vaca y Punta Choros (Marín y Delgado, 2007; Olivares, 2005), los cuales muestran patrones de circulación y trayectorias semejantes a los determinados por la simulaciones realizadas. En estos trabajos determinaron velocidades promedios de 0.27 m/s, que son cercanos a los previamente estimados por Marín et al. (2003) basado en el análisis de imágenes SeaWIFS, que a su vez concuerda con la velocidad media estimada para la corriente de Humboldt (Chaigneau y Pizarro, 2005).

En cuanto al área de bahía Inglesa no se cuenta con publicaciones con las cuales comparar lo que se obtuvo en las simulaciones, los únicos antecedentes con los cuales se cuenta son imágenes satelitales del área, las cuales muestran que efectivamente existe una cuña de agua en el sector al norte de la Bahía Inglesa y que desde la punta se desprenden filamentos hacia el oeste. Por otra parte los resultados encontrados nos permiten comprender como en esta bahía se produce el incremento de la producción de algunas especies fitoplanctónicas producto del ingreso de aguas más profundas ricas en nutrientes y con más pobres en oxígeno disuelto.

Aunque estos resultados están limitados por las condiciones forzantes utilizadas, en especial que se uso el viento registrado en Punta Lengua de Vaca distribuido espacialmente en forma homogéneo, por lo tanto en el área oceánica se le introdujo el efecto de la brisa marina, que como es sabido sólo influye cerca de la costa, y no se modifico el viento costero según los cambios de la costa y la topografía, nos muestran claramente el efecto de la surgencia. También es importante decir que cuando se filtro la serie de viento para quedarse solamente con la señal de la surgencia, la falta de la brisa marina introdujo en la simulación una señal y un patrón de circulación que se aleja de lo conocido del área.

Como se discute en el capítulo antecedentes, al filtrar la señal obtenida en cada nodo en las bahías, la circulación bipolar observada por Valle-Levinson y

Moraga (2006) se aprecia claramente durante la fase de relajación, patrón que desaparece al durante la surgencia activa.

De este trabajo y de acuerdo con las distintas dificultades técnicas como computacionales que se tuvieron durante la implementación del modelo para cada bahía, se puede decir que es necesario considerar para la siguiente fase de este estudio un dominio de modelación más amplio, que incluya ambas áreas y que se extienda hacia al norte, sur y oeste, de forma de considerar mejor los procesos que ocurren en el área. También se requiere de campos de vientos espaciales de alta resolución, los cuales se deben corregir con mediciones a lo largo de la costa de forma de incluir la variabilidad costera y oceánica, así como observaciones de radiación (neta y de onda corta [shortwave]) de forma de tener las pérdidas de calor y calentamiento de la superficie que están en directa relación con la surgencia. Una vez implementado el modelo físico se pueden implementar modelos acoplados, tales como un modelo de calidad de agua que permite determinar trazadores como el oxígeno y nutrientes y de un modelo biológico (NPZ) para determinar la distribución de fitoplancton y flujos de carbono de forma de poder alimentar el modelo de capacidad de carga con variables que reflejen la variabilidad espacial y temporal.

8.4 CONCLUSIONES

Como conclusión de las simulaciones se puede decir que:

- A pesar de las innumerables limitaciones, el Modelo desarrollado refleja de excelente modo la dinámica de la zona de estudio, permitiendo un mejor entendimiento de las características hidrodinámicas de las bahías Tongoy, Guanaqueros e Inglesa
- La dinámica de ambos dominios está influenciados por la surgencia costera, aunque con diferencias importantes, mientras que el sector de Tongoy-Guanaqueros el proceso de surgencia responde al quiebre de la plataforma continental y a la forma de la costa, en el caso de Bahía Inglesa se le agrega la presencia de una cuña de mayor densidad que

hace que la pluma de la surgencia se aleje de la costa.

- Durante la fase de relajación de la surgencia en ambos dominios incrementa el tiempo de retención, lo que va a producir un incremento de la productividad, aprovechando el incremento de nutrientes producido por la surgencia previa
- Para una mejor comprensión de la dinámica física del sistema es necesario trabajar con un solo dominio de mayores extensiones que la cubiertas con las simulaciones de este trabajo
- Para mejorar la modelación de la capacidad de carga es importante incluir un modelo NPZ para el flujo de carbono incluyendo el consumo de oxígeno disuelto.

9 MODELO DE PREDICCIÓN DE CAPACIDAD DE CARGA

Las preguntas más frecuentes que se realizan los administradores de recursos marinos, se relaciona con de capacidad de carga de los cuerpos de agua donde se realizan los cultivos. Cuánto cultivo puede ser instalados antes de alcanzar el umbral ambiental o de producción? Sin embargo, la determinación de los límites de la capacidad de carga no es a menudo un cálculo directo. Los recientes avances tecnológicos bajo la forma de modelos matemáticos complejos, pueden conducir a más confusión, que se pueden transformar en desconcertantes de métodos científicos avanzados para los administradores, que profesan proporcionar estimaciones robustas de la capacidad de carga biofísica de los sistemas. En este trabajo se presentan estrategias alternativas, incluyendo modelos predictivos para que la administración maneje los conceptos y pueda determinar la capacidad de carga biofísica de los sistemas costeros para las actividades de cultivos de bivalvos.

La discrepancia entre estimar capacidad de carga de la producción y la capacidad de carga en nivel aceptable para el ambiente, es conveniente definir la capacidad de carga de la producción (CCP) que es: La producción sostenible máxima del cultivo dentro de una bahía. Mientras que, la capacidad de carga

ecológica (CCE) se puede definir como: El nivel biofísico del cultivo que no conduce a cambios significativos a los procesos, a las especies, a las poblaciones o a las comunidades ecológicas en el ambiente (Gibbs, 2004a). Estas definiciones no son absolutamente iguales a las de Carver y Mallet (1990), definen capacidad de carga como “la densidad común en la cual los niveles de la producción se maximizan sin afectar negativamente tasas de crecimiento”.

La implementación de CCP o CCE es una decisión social y depende de los administradores, donde el desarrollo del cultivo de pectínidos bajo CCP, puede hacer una contribución significativa al bienestar de la comunidad, o los administradores desean restringir el desarrollo de la acuicultura y se inclinan por la CCE para evitar riesgos ambientales. Además cualquier clase de investigación biofísica de la capacidad de carga se debe emprender en el contexto de los aspectos sociales y económicos de la capacidad de carga, donde la capacidad de carga social (SCC) se define como: el nivel del cultivo, o espacio del agua ocupado por el cultivo que la comunidad aceptará.

9.1 APROXIMACIÓN PREDICTIVA A DETERMINAR CAPACIDAD DE CARGA BIOFÍSICA

La capacidad de predecir el comportamiento de un sistema natural descansa en una cierta clase de modelos predictivos, que se logra de los modelos conceptuales basados en conocimiento acumulados de experiencia personal y de principios científicos, a los modelos numéricos complejos sostenido por los sistemas de ecuaciones diferenciales. La introducción de programas computacionales ha facilitado el desarrollo de modelos numéricos cada vez más complejos y esta capacidad de aumentar la complejidad de modelos se ha transformado en una tentación irresistible para muchos investigadores que se pueden alejar de la realidad.

El desarrollo numérico predictivo del ambiental marino y de múltiples especies se han basado en dos categorías: Modelos de NPZ (zooplancton o

filtradores del nutriente-fitoplancton), y modelos tróficos de balance de masa (Young et al., 2004). Ambos modelos son esencialmente deterministas. Mientras que el modelo NPZ se localiza en la estructura y el comportamiento del alimento/del fitoplancton. Los modelos pueden producir gráficos de alta calidad, que representan cambios espacio temporal en el fitoplancton, sin embargo, esta información se debe sostener por un modelo hidrodinámico numérico de la circulación, de allí, que es un requisito tener un modelo hidrodinámico sólido de la bahía en especial las bahías Tongoy, Guanaqueros e Inglesa. Modelo que se alimenta en sí mismo por un proceso de colección de datos, de análisis, configuración y de la validación que se emprenderá. Incorporar los datos espacio temporal de alimento, nutrientes y de los consumidores primarios o filtradores debe ser considerado. Todos estos modelos son una combinación de relaciones explícitas e implícitas. Por ejemplo algunos procesos ecológicos, tales como el índice de crecimiento de la especie individual, se pueden ocupar explícitamente en el modelo. También es necesario considerar los costos en términos de trabajo para desarrollar estas estimaciones de predicción de la capacidad de carga. Sin duda se requieren de maestría científica y técnica para desarrollar la hidrodinámica, procesos de los nutrientes, flujos del carbón, y el modelar numérico. Considerar primero componente hidrodinámico. Como estos modelos de NPZ son espacio temporal, se requiere información sobre el régimen hidrodinámico. De cualquier manera, las corrientes y características hidrográficas de las bahías, pueden ser obtenidas solamente por muestreos oceanográficos de alta frecuencia, como datos de registro continuo y correntometría en el espacio y tiempo. Esta clase de estudio se han realizado en las tres bahías (Tongoy, Guanaqueros e Inglesa), durante las época primavera verano donde predomina el viento sur y suroeste, sin embargo hasta el momento no se tiene información de lo que pasa con viento norte en estas bahías, ya que bajo estas condiciones meteorológicas se cierran para toda actividad. El número de registro dependerá del régimen hidrodinámico para conocer la variabilidad del flujo. El muestreo es crítico, puesto que los pequeños errores en la cuantificación del régimen hidrodinámico pueden conducir a los problemas substanciales en el proceso del NSP. Por lo tanto, para alcanzar estos objetivos, requerimos personal técnico para desplegar a la instrumentación, a los científicos físicos en los procesos de

análisis y para interpretar los datos, y a un modelador numérico. Por otra parte, los moluscos filtradores al ingerir generalmente fitoplancton se entiende como un flujo alimenticio, particularmente en forma de carbono, nitrógeno y fósforo. Sin duda es una cantidad considerable de colección de datos y para el análisis de las muestras de agua, también se requiere entender estos flujos. Esto implica de nuevo a personal que recoge muestras de agua de un número de estaciones por un período de tiempo y estas muestras se deben también analizar individualmente en un laboratorio. Por lo tanto, la necesidad de personal e instrumentos para realizar los muestras sobre un período de tiempo, un laboratorio para analizar las muestras, y personal científico para interpretar los resultados es un requisito para lograr buenos modelos predictivos de capacidad de carga. Un proceso importante que debe ser cuantificado es el comportamiento de alimentación de bivalvos cultivados en la columna de agua, ya gran cantidad estos experimentos son realizados a menudo trasplantando animales individuales o una pequeña cantidad de animales en compartimientos pequeños y midiendo las entradas y las salidas del material y generalmente son alimentados con microalgas de especies exóticas. Además otros investigadores discuten que los animales se comportan diferentes en estos ambientes artificiales que si fueran in situ. Está la complejidad del comportamiento de alimentación de bivalvos, tienen fuertes implicaciones para la confiabilidad de los modelos ecológicos.

Desarrollar un modelo NPZ para predecir la capacidad de carga posible de un sistema costero para el cultivo de *Argopecten purpuratus* en la columna de agua, también debe ser validado por técnicas empíricas que llevan las empresas ostioneras, como optar a buen registro de tasa de crecimiento y mortalidad de las distintas etapas y sectores de las bahías donde fueron cultivados. Además, tener referencias de sus cambios fisiológicos reproductivos con el seguimiento del índice gonadosomático (IGS) en relación a los cambios del ambiente, como surgencia. Estos parámetros que son el complemento para la validación del modelo que nos permitirá realizar predicciones de capacidad de carga por sectores y por estaciones del año en una bahía.

9.2 MODELACIÓN DE LA TASA ESPECÍFICA DE CRECIMIENTO DE *Argopecten purpuratus* BAJO LIMITACIÓN DE ALIMENTO.

El crecimiento de los organismos bajo condiciones de cultivo es la resultante de la interacción de factores ambientales, biológicos y tecnológicos. Los enfoques tradicionales al estudio del crecimiento de moluscos filtradores han conducido al desarrollo de modelos que no toman en cuenta el factor tecnológico como agente modificador de la respuesta de crecimiento de los organismos cultivados (Orellana, 1999). Los sistemas para el cultivo el Ostión del norte usadas en las bahías Tongoy, Guanaqueros e Inglesa, se encuentran desde el “pearl-net” de 2mm hasta la “linterna” de 30mm, sistemas que son sembrados con diferentes densidades y tamaños de los ejemplares por las empresas de cultivo. Sin embargo, en base a la información aportada por CMI Bahía Inglesa, los porcentajes de eficiencias que van desde 1,4% (pearl-net de 2mm) hasta 5,3% en (linterna de 21mm) (Tabla IV). Sin embargo, para las empresas de cultivo en estos últimos 5 años, le ha resultado mas eficiente y cómodo para sus programas de desdoble la Linterna de 15, y eliminando los peral-net de 2, 4.5, reemplazándolos por un peral-net de 9 mm.

Tabla IV. Eficiencia de los sistemas de cultivos usados por las empresas de cultivos en las bahías Tongoy, Guanaqueros e Inglesa (Fuente: Orellana, 1999).

Sistema cultivo	Eficiencia e (%)	Densidad (ost/m2)
pearl-net 2.0	1,4%	1800
pearl-net 4.5	3,0%	1200
pearl-net 6.0	1,4%	600
cuna 6.0	2,2%	600
linterna 12	5,1%	1000
linterna 21 A	5,3%	800
linterna 21 B	3,3%	600
linterna 30 A	3,6%	800
linterna 30 B	2,5%	640
linterna 30 C	1,9%	400
linterna 30 D	1,9%	320

9.2.1 Balance energético

Con el fin de calcular la energía disponible para el crecimiento y reproducción (P; balance de energía) de los moluscos bivalvos, se considera la energía de los alimentos consumidos (C) que se redujo por la pérdida de energía en forma de heces (F), metabolismo (cuantificado por el consumo de oxígeno; R) y el producto de la excreción (U), este balance de energía según Ricker (1968), y Navarro y Winter (1982), y estaría definido de la siguiente forma:

$$P = C - F - R - U \quad (1)$$

Para conocer que sucede en los diferentes sistemas de cultivo, se procedió a realizar un balance energético, considerando como volumen de control la columna de agua donde se encuentran los sistemas de cultivo (Fig. 98), para nuestro caso la energía acumulada sería la requerida por los organismos filtradores (por unidad) y la tasa de consumo sería la consumida por el fouling.

$$\text{Energía acumulada (E}_A\text{)} = \text{Energía de entrada (E}_{in}\text{)} - \text{Energía de salida (E}_{out}\text{)} - \text{tasa de consumo (TC; ostión+fouling)} \quad (2)$$

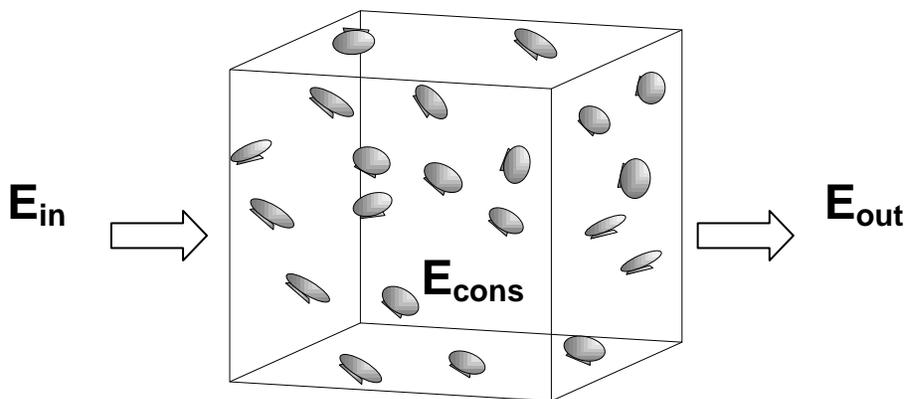


Fig. 98: Balance energético tomando como volumen de control los distintos sistemas de cultivo.

Si consideramos el sistema como *steady state* (en equilibrio estático)

$$0 = E_{in} - E_{out} - TC \text{ (osti3n+fouling)} \quad (3)$$

$$E_{in} - E_{out} = TC \text{ (osti3n+fouling)} \quad (4)$$

Considerando que la diferencia entre la energa entrante y saliente aportada por el fitoplancton es equivalente a una fracci3n de la energa entrante, tenemos que:

$$\eta E_{in} = TC \text{ (osti3n+fouling)} \quad (5)$$

La energa entrante esta definida por la concentraci3n de fitoplancton que es arrastrada a los sistemas por las corrientes.

$$\eta (Q_{in} C_{in}) = TC \text{ (osti3n+fouling)} \quad (6)$$

Donde

C_{in} : Concentraci3n de fitoplancton ($J m^{-3}$)

Q_{in} : flujo de fitoplancton a trav3s de sistema ($m^3 h^{-1}$)

El flujo a trav3s de los sistemas de cultivo (Q) esta definido como la velocidad de la corriente (V ; $m^2 h^{-1}$) por la superficie expuesta de los sistemas de cultivo (m^2)

$$Q = V * Sup \quad (7)$$

En tanto, la tasa de consumo esta dado por la tasa de ingest3n ($J h^{-1}$) y densidad (unidad m^{-2}) en los sistemas de cultivo, quedando expresado de la siguiente forma:

$$TC = TI * d * Sup \quad (8)$$

Reemplazando las ecuaciones (7) y (8) en nuestro balance energético (5) obtenemos

$$\eta (V_{in} \text{ Sup } C_{in}) = Tl_{ostion} d_{ostion} \text{ Sup} + Tl_{fouling} d_{fouling} \text{ Sup} \quad (9)$$

$$\eta (V_{in} C_{in}) = Tl_{ostion} d_{ostion} + Tl_{fouling} d_{fouling} \quad (10)$$

Sabiendo que la oferta fitoplanctonica corresponde a la abundancia del fitoplancton expresado como energía ($J m^{-3}$) multiplicado por la velocidad de la corriente

$$\eta \text{ OF} = Tl_{ostion} d_{ostion} + Tl_{fouling} d_{fouling} \quad (11)$$

Bajo este balance energético, es factible conocer como se comportan las tasas de crecimiento del ostión en los diferentes sistemas de cultivo, debido a que la tasa de ingestión depende del peso del individuo, permitiendo calcular el incremento en biomasa, es decir, el peso de las partes blandas (PPB) o del músculo (PM), del Ostión del norte.

El crecimiento de los organismos bajo condiciones de cultivo es la resultante de la interacción de las corrientes, fitoplancton, fouling, tallas y densidades de los ejemplares en los diferentes sistemas de cultivos. Para comprobar si este modelo nos entrega una información sobre la variabilidad del peso de las partes blandas del Ostión del norte en la columna de agua, se consideraron los datos registrados de OF durante tres muestreos realizados durante el 27 de enero de 2007 en el centro de Bahía Inglesa, donde a las profundidades de 0, 5, 10 y 15 m se detectaron 8900, 2763, 850 y 44 $kJ/h/m^2$ respectivamente. Bajo estas condiciones de OF por 60 días en forma constante, los incrementos en peso serían muy altos en superficie, entre 5 a 13 gr. en ejemplares de 45 y 85mm respectivamente, a los 10 m de profundidad no superan los 2 gr, mientras que a los 15m de profundidad los ejemplares obtendrían su energía de sus propios tejidos, como se observa en figura 99.

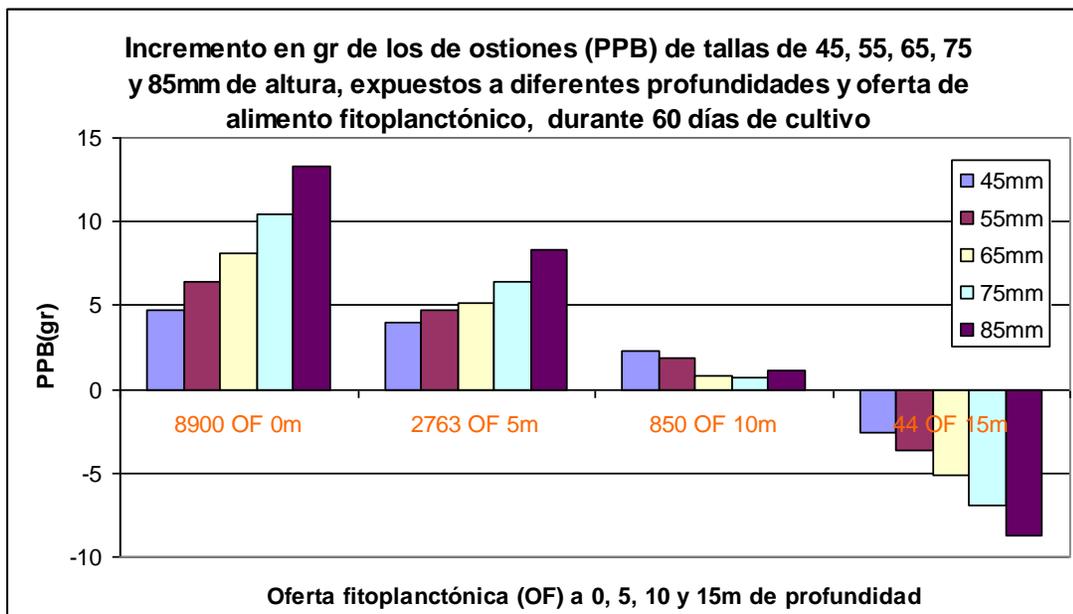


Fig. 99. Incremento en peso de las partes blandas en relación a la oferta de alimento fitoplanctónico (OF) a 0, 5, 10 y 15 m de profundidad del Ostión del norte

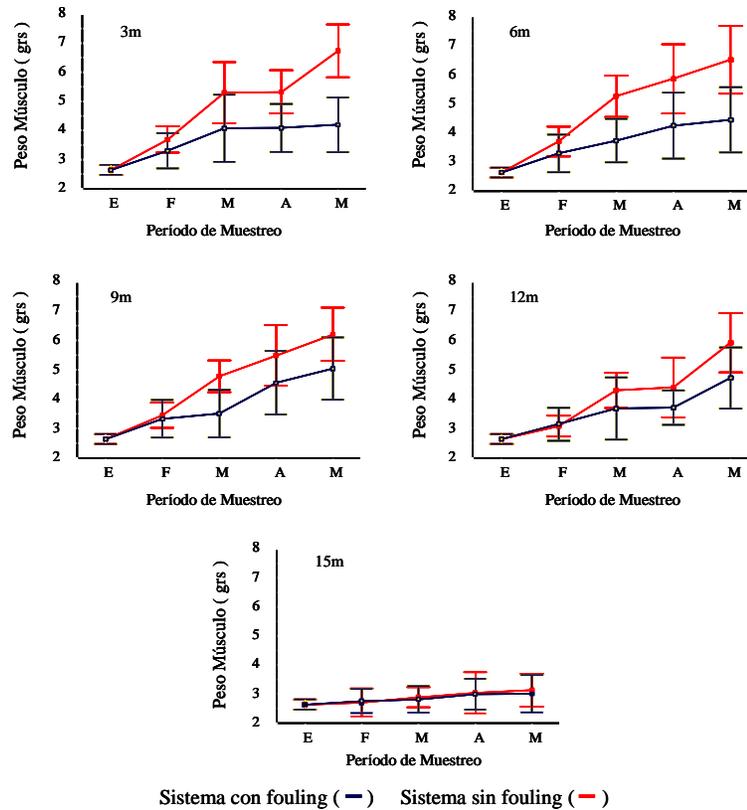


Fig. 100. Incremento del peso del músculo aductor de Ostión del norte a diferentes profundidades en Bahía Tongoy (Moya 1998)

La información que entrega el modelo de balance energético aplicado en ostiones de diferentes tallas a diferentes profundidades en Bahía Inglesa presenta la misma tendencia a lo registrado por Moya (1998) en Bahía Tongoy donde trabajó con el incremento en músculo aductor, lo que indica que el presente modelo funciona y solo falta realizar su validación con los datos que se puedan obtener de las empresas.

9.2.2 Discusión

La oferta de alimento fitoplanctónico que puede ser un factor limitante para el crecimiento y reproducción de los organismos filtradores en cultivo suspendido. Durante la pobreza fitoplanctónica invernal, donde además las corrientes son de bajo orden (moda 2,1 cm/s) (Uribe *et al.*, 1995), la oferta fitoplanctónica es

extremadamente limitante, época donde se registra las menores tasas de crecimiento y mayores mortalidades de los ostiones (Uribe *et al*, 1995). Además en épocas de alta biomasa fitoplanctónica como primavera-verano para las bahías Inglesa y Tongoy, también se puede presentar una oferta de alimento fitoplanctónico limitante, ya que ciertas áreas de una bahía presentan una baja circulación, como ocurre en la concesión de la Empresa Hidrocultivos en Bahía Inglesa (Fig. 79), donde los juveniles de ostiones son trasladados a Bahía Salada para lograr un mayor crecimiento.

Por otra parte, las áreas de cultivo de alta oferta fitoplanctónica no se ve reflejada en un elevado crecimiento de los ostiones, debido a que la tasa de ingestión y eficiencia de adsorción es decreciente a la concentración del fitoplancton (Martínez *et al*, 1994). Además en estas optimas condiciones de alimento, aumenta la frecuencia de reproducción de esta especie, ocupando una gran parte de la energía asimilada. Cabe señalar que los organismos epibiontes como la *Ciona intestinales* también se alimenta de fitoplancton y se adhiere a los sistemas de cultivo, el cual posee una alta tasa de filtración y crecimiento, transformándose en un verdadero filtro del paso del agua, lo cual disminuye el paso del alimento hacia el interior de los sistemas de cultivo, además por el aumento del peso (de 35 a 120 kg por sistema) es el principales responsables del hundimiento de estos, llevando a los ostiones a zonas de menor oferta de alimento fitoplanctónico.

En estos modelos de balance energético se debe además de considerar las técnicas de cultivo de cada empresa, como la densidad ostiones por sistema de cultivo y profundidad donde son instalados, ya que bajo diferentes condiciones ambientales y nula oferta de alimento fitoplanctónico, los bivalvos siempre experimentarían un incremento en longitud de sus conchas, obteniendo la energía de las partes blandas (Riisgard & Randlov, 1981; Urban *et al.*, 1983; Brown & Hartwick 1988). Por lo tanto, en un cultivo de ostiones, siempre se debe controlar el peso total del ejemplar (PT) o las partes blandas (PPB). Cabe señalar, que un balance de energía, es usado para seguir el movimiento y transformación de sustancia en un sistema, es una herramienta de control por medio de la cual se

puede determinar cuanto de una determinada sustancia esta en una zona dada a un tiempo dado.

9.3 MODELACION DE LA DISPONIBILIDAD DE ALIMENTO DISPONIBLE PARA EL CULTIVO DE OSTION

Para modelar la disponibilidad de alimento en los centros de cultivo de ostión se propone modelar los procesos físicos y biológicos que modulan la abundancia de fitoplancton que es consumido por el ostión. Los procesos físicos y biológicos que modulan el fitoplancton ocurren a distintas escalas espacio-temporales por lo que para realizar una buena modelación de lo que ocurre al interior de cada una de las bahías donde se realiza el cultivo del ostión se propone modelar desde el sur de la Punta Lengua de Vaca hasta el límite norte de la Región de Atacama (Fig. 101).

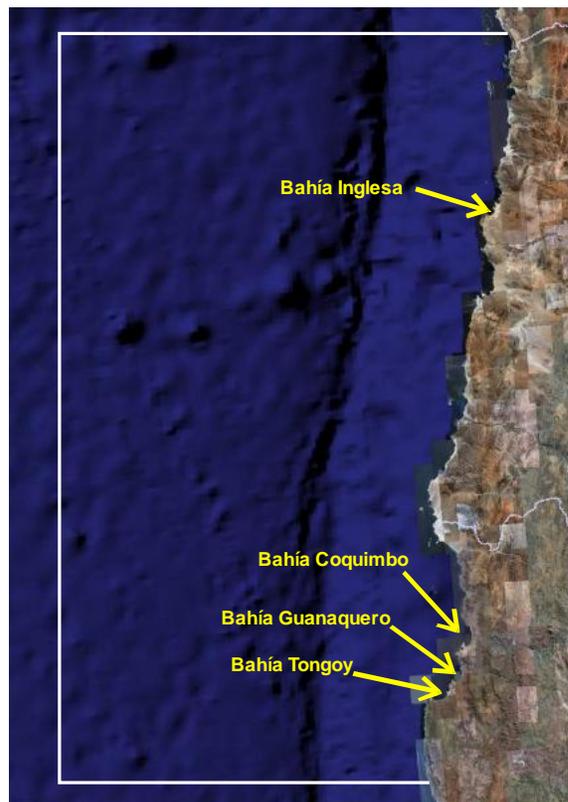


Fig. 101. Dominio de modelación propuesto

La modelación consiste de un modelo tridimensional hidrodinámico al que se le acopla un modelo tridimensional de los flujos de carbono (NPZ) con el cual

se va a determinar el alimento disponible para el ostión al interior de cada bahía. En la figura 102 se muestra el esquema general del modelación, que consiste en un modelo tridimensional hidrodinámico que es forzado por un campo de masa (temperatura y salinidad) inicial, las variaciones de la marea y del viento en el tiempo, del cual se obtienen los campos de corrientes, temperatura, salinidad y oxígeno en el tiempo y espacio que alimentan el modelo NPZ junto con la variación temporal de la luz. De este modelo finalmente se obtiene la variación espacio/temporal del alimento disponible para el consumo del ostión.

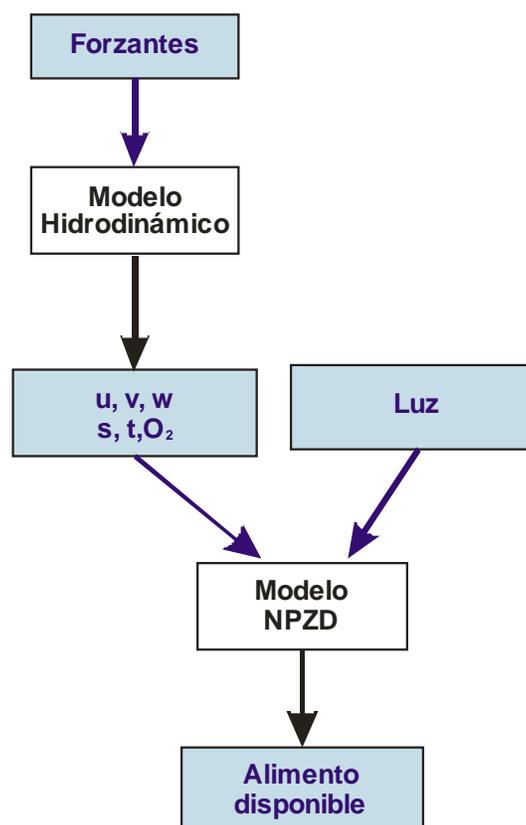


Fig. 103. Esquema de modelación planteado para determinar el alimento disponible para el Ostión del norte

El modelo hidrodinámico será inicializado con campos tridimensionales de temperatura y salinidad y forzado por marea por un período de estabilización. Al término de la estabilización el modelo será forzado por el periodo de interés con campos de viento que varían en el tiempo y espacio. Junto con lo anterior se simulara la respuesta del oxígeno disuelto a la dinámica de las corrientes por medio de un modelo de seguimiento de un trazador. Como resultado de la simulación se obtendrá la variación espacio-temporal de los campos de

temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y la velocidad producto de la acción de los forzantes en el dominio de simulación (Fig. 103)

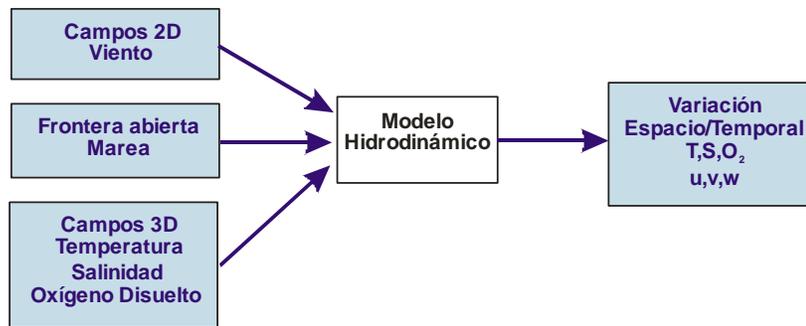


Fig. 103. Forzantes empleados en el modelo hidrodinámico y los resultados obtenidos en cada iteración.

El modelo NPZ acoplado al modelo hidrodinámico va ser inicializado con campos tridimensionales de nutrientes, fitoplancton y zooplancton, los cuales van a ser modificados en cada iteración por medio de las relaciones entre ellos más los efectos de la disponibilidad de oxígeno disuelto, factores abióticos (temperatura, salinidad y corrientes) obtenidos en cada iteración del modelo hidrodinámico más las variaciones en el tiempo de la luz durante el periodo de simulación. Con lo cual se va a obtener la concentración de carbono de fitoplancton disponible como alimento para el ostión (Fig. 104).

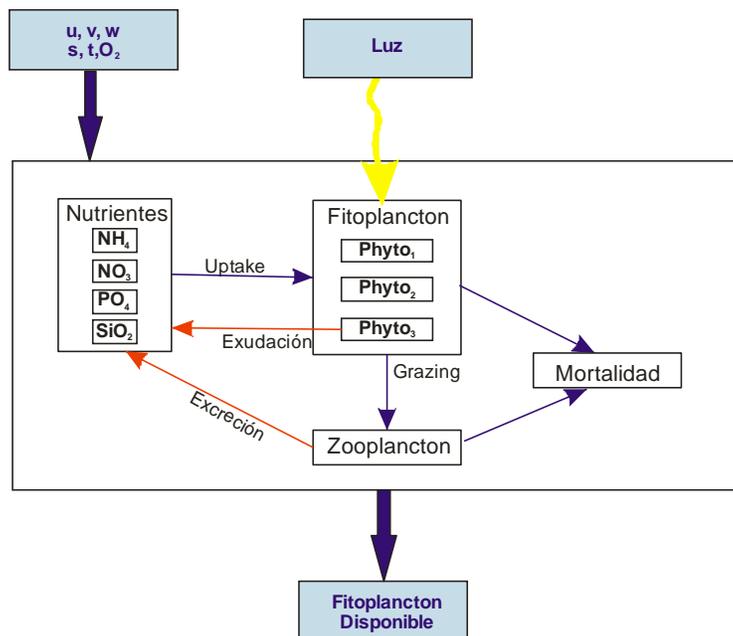


Fig.104. Esquema de los ingresos al modelo NPZ, de las relaciones entre cada elemento del modelo y del alimento disponible para los ostiones.

De acuerdo con lo anterior se requieren tener como datos de entrada para la modelación

- Marea en la frontera: Se obtienen para cada nodo de la frontera las constantes armónicas de los principales constituyentes armónicos desde el modelo global de marea TPXO62_load (Egbert y Erofeeva, 2002)
- Vientos: Campos bidimensionales de viento (dirección y magnitud) con variación temporal y espacial los cuales van a ser modificados en la costa por la variación horaria producto de la brisa marina. Los datos promedios diarios van a ser obtenidos del modelo PRECIS (DGEO-U de Chile) y la información de la costa para ajustar la brisa marina de las estaciones meteorológicas instaladas por el proyecto.
- Campo de masa: Los datos tridimensionales de temperatura y salinidad van a ser obtenidos del modelo OCCAM (Webb et al. 1998) y/o con datos de cruceros con estaciones de CTDO hasta 500 m dentro del dominio de simulación. Estaciones que deben cubrir en forma equidistante el área, con una distribución fina en la zona costera.
- Oxígeno disuelto: Se realizarán perfiles con CTDO hasta 500 m en las estaciones nombradas anteriormente de forma de tener una buena descripción espacial del oxígeno disuelto, con una mayor cobertura en la zona costera.
- Nutrientes: En las mismas estaciones se tomarán muestras de nutrientes para la cuantificación de los nutrientes de forma de poder generar los campos tridimensionales de nutrientes para inicializar el modelo NPZ
- Fitoplancton: En cada estación se realizarán pescas de fitoplancton para obtener los campos de los principales grupos de fitoplancteres para el campo inicial del modelo NPZ

- Zooplancton: En cada estación se realizaran pescas de zooplancton para obtener la fracción de zooplancteres herbívoros para el campo inicial del modelo NPZ
- ADCP remolcado: validación del patrón de circulación
- Batimetría de áreas con pocos sondajes

Se realizara un crucero oceanográfico para obtener los campos de nutrientes, oxígeno disuelto, temperatura y salinidad. En total se harán 7 transectas con 6 estaciones oceanográficas, en cada una de ellas se harán perfiles hasta 500 m de profundidad con CTDO y la toma de muestras de agua de mar para la determinación de la concentración de nutrientes, y pescas de fitoplancton y zooplancton. Junto con las estaciones anteriores se realizaran en total 20 estaciones más al interior de las bahías para resolver la variabilidad espacial en su interior.

10 EVALUACION ECONOMICA OSTION DEL NORTE

En la actualidad los cultivadores de Ostión del Norte están cultivando dicho recurso entre 11 y 14 metros de profundidad, lo que trae como consecuencia que el recurso capte menos oxígeno producto que a dicha profundidad dicho “insumo” es menor, lo que trae como consecuencia una baja en la productividad. En función de lo expuesto anteriormente, se debe tomar en cuenta que los cultivadores peruanos cultivan en estos momentos entre 7 y 8 metros de profundidad.

- Las aguas cálidas se encuentran más cercana al nivel del mar, al igual que el oxígeno, lo que implica que la mayor cantidad de alimento se encuentre entre 5 y 10 metros de profundidad.
- El carbono se encuentra a 10 metros de profundidad.
- Extraer la mayor cantidad del recurso en los sectores más productivos, es decir, donde la tasa de crecimiento sea mayor.

Para llevar a cabo un monitoreo profesional de dicho estudio es

- Las estaciones deben ser manejadas por profesionales, ya que en la actualidad las empresas toman datos de la temperatura que son insuficientes.
- Lo anterior se confirma ya que los datos biológicos actuales no son comparables, producto que todos los datos son analizados como un todo.
- El hecho de poseer un profesional independiente que maneje la información, implica que habrá un nivel de información óptimo que permitirá poseer mejor información meteorológica, que se traducirá en menores costos de producción y mayor tasa de crecimiento del recurso ostión del norte.

10.1 ANÁLISIS DE ESCENARIO

Se llevará a cabo el estudio, mediante un análisis de escenario el cual analizará un aumento en la productividad, como consecuencia de cultivar el recurso Ostión del norte en las zonas en las cuales su tasa de crecimiento se optimice.

Dicho análisis se fundamentará en un aumento de la productividad de 5% en el desembarque de ostión del norte.

Los datos de desembarques de ostión del norte en las III y IV se muestran a continuación en la Tabla V.

Tabla V. Desembarco de Ostión del Norte (En toneladas)

Año	III	IV	Nacional
1999	6.680	13.973	20.653
2000	6.078	12.722	18.800
2001	6.973	11.337	18.310
2002	4.704	10.139	14.843
2003	6.945	7.939	14.884
2004	9.840	14.413	24.253
2005	7.357	9.119	16.476
2006	5.542	13.239	18.781
Total	54.119	92.881	147.000
Promedio	6.764,9	11.610,1	18.375,0

Fuente: Anuario Sernapesca años: 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005 y 2006

Por otra parte, se evaluará el protocolo con un precio del dólar de \$ 500 pesos chilenos, con un desembarco promedio durante los próximos 5 años de 17.847.4 toneladas de ostión del norte, sin embargo, evaluará el proyecto con una cosecha media entre las III y IV regiones correspondiente a 2.502 toneladas del recurso, con un precio de venta de largo plazo de US\$ 9.000 la tonelada, para efectos de evaluación del proyecto la tasa de descuento será de 18%.

Los costos de explotación serán estimados a partir de los costos de mercados de empresas del rubro, en este caso se tomó la información resultante de los estados financieros de la empresa Multiexport, en la cual los costos de explotación representan un 82,5% de los ingresos de explotación, sin embargo, y para motivos de evaluación se ha estimado para este proyecto un 85%.

Para llevar a cabo este protocolo de mejoramiento de las condiciones ambientales de la producción del ostión del norte, se necesita realizar inversiones e incurrir en costos adicionales que en la actualidad las empresas acuícolas ostioneras no tiene asumidos en sus en sus planes de inversión y en sus estructuras de costos, dichos desembolsos se detallan a continuación:

Inversiones

- Tres estaciones meteorológicas
- Tres sets de instrumentos oceanográficos
- Un Computador Central
- Un notebook

Costos

- Monitoreo Fitoplacton
- Modelo de Pronóstico
- Alimentar Circulación y Oferta Eléctrica
- Viáticos

A continuación se muestra flujo de caja incremental de llevar a cabo el proyecto.

Tabla VI. Flujo de Caja Incremental (En miles de pesos)

Detalle	0	1	2	3	4	5
Ingresos		562.875	562.875	562.875	562.875	562.875
Ventas		562.875	562.875	562.875	562.875	562.875
Costos Implementación proyecto		(527.944)	(518.944)	(518.944)	(518.944)	(518.944)
Monitoreo Fitoplancton Temperatura		(18.000)	(18.000)	(18.000)	(18.000)	(18.000)
Alimentar de circulación y oferta energética		(9.000)				
Modelo de Pronóstico un año		(6.000)	(6.000)	(6.000)	(6.000)	(6.000)
Depreciación		(12.500)	(12.500)	(12.500)	(12.500)	(12.500)
Viaticos		(2.500)	(2.500)	(2.500)	(2.500)	(2.500)
Mantención		(1.500)	(1.500)	(1.500)	(1.500)	(1.500)
Costos de Explotación		(478.444)	(478.444)	(478.444)	(478.444)	(478.444)
Utilidad Antes de Impuesto		34.931	43.931	43.931	43.931	43.931
Impuesto		(5.938)	(7.468)	(7.468)	(7.468)	(7.468)
Utilidad Después de Impuesto		28.993	36.463	36.463	36.463	36.463
Depreciación		12.500	12.500	12.500	12.500	12.500
Inversiones	(32.500)					
3 Estaciones meteorológicas	(5.000)					
3 Set de instrumentos oceanográficos	(25.000)					
Computador	(1.200)					
Notebook	(1.300)					
Flujo	(32.500)	41.493	48.963	48.963	48.963	48.963

Fuente: Elaboración propia

10.2 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN.

- El hecho de implementar el proyecto, y que este aumente en un 5% la productividad de la zona, arroja un VAN= M\$ 114.285.-
- El período de recuperación de la inversión es de 2 años.
- La tasa interna de retorno es de 135,35%

- El punto de equilibrio se logra con un aumento de la productividad igual 2,42%.

11 EVALUACIÓN SOCIAL ESTIMACIÓN CAPACIDAD DE CARGA OSTIÓN DEL NORTE BAHÍAS TONGOY, GUANAQUEROS Y BAHÍA INGLESA.

Según datos entregados por Sernapesca los centros de cultivos existentes en la cuarta región son de 72, los cuales emplean directamente a 1.100 personas y a 307 personas indirectamente. Teniendo en consideración que 56 centros de cultivos de ostión del norte están representados en los 72 centros de cultivos que existían en dicha fecha en la región de Coquimbo, se puede estimar que los centros de cultivos emplean directamente 794,44 personas e indirectamente emplean a 221,72 personas. Se debe tener presente que dichas cifras nos muestran que para el año 2004 existió una producción de 14.413 toneladas de ostión del norte, las cuales a través del proceso productivo se convirtieron en 2.133 toneladas de producto. De lo anterior se puede inferir lo siguiente en relación al ostión del norte en la región de Coquimbo:

Dado que la región de Coquimbo es líder nacional en la producción de ostión del norte con una media de 12.257 toneladas de cosechas entre los años 2004 y 2006, las cuales como producto terminado llegan a las 6.200 toneladas de producto, la relación anterior se debe ajustar a la baja quedando esta de la siguiente forma:

$$\frac{1}{6} \text{Desembarque} = \text{Producto}$$

La relación anterior nos indica que por cada tonelada desembarcada de ostión del norte, 0.167 se transforman en producto terminado. Teniendo en consideración que la capacidad de carga del ostión del norte se encuentra en la

actualidad subestimada, debido a que los cultivos se realizan a una profundidad en la cual el recurso no desarrolla a cabalidad su capacidad de crecimiento, se puede argumentar que un aumento en la cantidad desembarcada producirá un aumento del número de personas ocupadas en el sector acuícola.

Con el objetivo de estimar el aumento en el número de personas empleadas directa e indirectamente en la industria acuícola, se estimará una función de producción Cobb-Douglas, como la que a continuación se muestra.

$$Y = f(K, L) = K^a L^b$$

Donde,
Y = Producto Final;
K = Es el Capital
L = Fuerza de Trabajo
a = 0,5
b = 0,5

El parámetro a toma el valor de 0,5 y el parámetro b toma el valor de 0,5 con el objetivo de mostrar el efecto neto en el empleo producto del aumento de la producción de ostión del norte, de esta manera se deja al capital ceteris paribus.

Dado que se ha asumido que el aumento de la productividad en el desembarque de ostión del norte producto de llevar a cabo el protocolo es igual a 5%, en el modelo empleado para estimar los puestos de trabajos incrementales nos entrega el siguiente resultado en las Bahías de Guanaqueros y Tongoy, es decir, dado un aumento de los desembarques de 5% en las Bahías de Guanaqueros y Tongoy y tomando la media de desembarques comprendidas entre los años 2004 y 2006, es decir, 12.257 toneladas de ostión del norte, implica un aumento en la productividad de 612,85 toneladas.

Introduciendo dicho valor en la ecuación número 1, tenemos que el producto final se incrementará en 102,14 toneladas. Asumiendo que los valores de

los parámetros a y b es de 0,5, y asumiendo que el capital es igual a los 56 centros de cultivos existentes en la IV región.

Por lo tanto el número de puesto de trabajos creados en la región de Coquimbo por el aumento de la productividad es de 186, dejando constante el número de centros de cultivos.

11.1 TERCERA REGIÓN

La media de los desembarques de ostión del norte en la III región comprendida entre los años 2004 y 2006 fue de 7.597,7 toneladas. Por lo tanto, y dado la productividad que hemos asumido de un 5% producto de la implementación del protocolo, nos entrega que existen un aumento de 63,21 toneladas de ostión del norte.

Si realizamos el mismo proceso que en la región de Coquimbo, podemos afirmar que en la III región los puestos de trabajo directo ser verán incrementados en 104.

11.2 RESUMEN EFECTO SOCIAL.

El aumento de 5% en la capacidad de carga de las bahías estudiadas traen como consecuencia un aumento como máximo para las III y IV regiones de 190 puestos de trabajos directos.

12 COSTO DEL MONITOREO EN LAS BAHÍAS TONGOY, GUANAQUEROS E INGLESA

Primer año

Batimetría	yyy
Viaje a USA	3.500.000
2 estaciones meteorológicas	3.000.000
4 unidades de instrumentos oceanográficos	30.000.000
1 computador de alta capacidad (cluster)	20.000.000
Computador de procesamiento y un portátil	2.500.000
MS Office	260.000
Surfer	309.000
Grapher	181.000
Matlab	402.000
TNT Mips	3.090.000
Monitoreo de fitoplancton, temperatura, oxígeno disuelto, registro de información meteorológica, seguimiento de cohortes de ostiones en cultivo para conocer mortalidad y tasa de crecimiento (en 3 bahías)	18.000.000
Análisis de datos meteorológicos, oceanográficos y oferta energética para validación de modelos numéricos (3 bahías)	15.000.000
Dominio y servidor web	70.000
Desarrollo sitio web	1.000.000
1 vehículo 4x4	8.000.000
viajes, viáticos, insumos, etc.	5.000.000
Total \$	110.312.000

Años posteriores

Mantenión y reparación de equipos	1.500.000
Ejecución de modelos numéricos modo de pronóstico	6.000.000
Monitoreo de fitoplancton, temperatura, Oxígeno registro de información meteorológica, seguimiento de cohortes de ostiones en cultivo para conocer mortalidad y tasa de crecimiento (en 3 bahías)	18.000.000
Viajes, viáticos, insumos, etc	4.500.000
Total \$	30.000.000

El presente proyecto se puede presentar a CORFO bajo la línea de Innovación de bienes públicos, que podría ser presentado por SUBPESCA, SERNAPESCA como herramienta para tomar decisiones en la Administración de la Acuicultura

13 LITERATURA CITADA

ACOSTA, C. P., ROMÁN, G. 1994. Growth and reproduction in a southern population of scallop *Pecten maximus*. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences. 1: 119 - 126.

AKABOSHI, S. & J. ILLANES. 1983. Estudio experimental sobre la captación, pre-cultivo y Cultivo en ambiente natural de *Chlamys (Argopecten) purpurata*, Lamark 1819, en Bahía Tongoy, IV región, Coquimbo. Symposium Internacional de Acuicultura Coquimbo – Chile. Univ. Cat. Del Norte- OEA – CORFO – SUBPESCA.

AKABOSHI, S. & J. ILLANES. 1982. Desarrollo larvario del ostión del norte, *Chlamys (Argopecten) purpuratus*. Etapa pre-cultivo. Informe final. Universidad del Norte. Coquimbo, Chile. 39 pp.

ALAMO, V. & VALDIVIESO, M.V. 1987. Lista sistemática de los moluscos marinos del Perú. Bol. Inst. Mar Perú-Callao, Vol. Extraordinaria; 1-205.

ALARCÓN, E., ILLANES, J.E., PEREIRA, L., 1991. Crecimiento de *Argopecten purpuratus*, en la zona norte de Chile. IV Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar. 30 Septiembre- 4 Octubre. Chile. Resumen: pag. 70.

ALLEN, D.M., COSTELLO, T.J., 1972. The calico scallop, *Argopecten gibbus*. N.O.A.A. Tech. Rep. NMFS SSRF 656, 19pp.

AVENDAÑO, M. 1984. Una técnica para el cultivo de *Argopecten purpuratus* (Lamarck 1819) en dos sistemas de cultivo suspendido en la bahía de Mejillones sur, Chile. Rev.Latinoam. Acuicult. 40.

AVENDAÑO, M. & J. BARILES. 1986. Crecimiento de *Argopecten purpuratus* (Lamarck 1819) en dos sistema de cultivo suspendido en Bahía Mejillones. Chile. *Ibid.* 30: 7-22.

AVENDAÑO M & M CANTILLANEZ. 1996. Efectos de la pesca clandestina, sobre *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819), en el banco de La Rinconada, II Región. *Ciencia y Tecnología Marina (Chile)* 19: 57-65.

AVILA, M., U. PLAZA, P. SCIINETTLER, M. NILO, H. PAVEZ & C. TOLEDO. 1998. Estado de situación y perspectivas de la acuicultura en Chile. Chile, Instituto de Fomento Pesquero, 194 p.

BARBER, B. J., BLAKE, N. J. 1991. Reproductive physiology, p 377-428 In: S.E. Shumway (ed) *Scallops: biology, ecology and aquaculture*. Developments in aquaculture and fisheries science. Vol. 21, Elsevier. Amsterdam, the Netherlands.

BAYNE, B. L. (1976). Aspects of reproduction in b~valve molluscs. In: Wiley, M. (ed.) *Estuar~nep rocesses*, Vol. I. Academic Press, New York, pp 432-448

BEIRAS, R., A. PEREZ y M. ALBENTOSA. 1993. Influence of food concentration on energy balance and growth performance of *Venerupis pullastra* seed reared in an open-flow system. *Aquaculture*, 116 : 353-365.

BEIRAS, R., A. PEREZ y M. ALBENTOSA. 1994. Comparision of the scope for growth with the growth performance of *Ostrea edulis* seed reared at different food concentrations in a open-flow system. *Marine Biology*, 119 : 227-233.

BERNARD, F.R., 1983. Physiology and the mariculture of some northeastern pacific bivalve molluscs. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 63, 1-4.

BLAKE, B. J. & N. J. BLAKE. 1991. Reproductive physiology. Pp. 377-428. En: S.E. Shumway (ed). *Scallops: Biology, Ecology and Aquaculture*. Elsevier Science, New York.

BOHLE, B., 1972. Effects of adaptation to reduced salinity on filtration activity and growth of mussels (*Mytilus edulis*). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 10, 41-49.

BRETT, J., J. SHELBOURN y C. SHOOP (1969) Growth rate and body composition of fingerling sokeye salmon, *Oncorhynchus nerka*, in relation to temperature and ration size. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 26 : 2363-2394.

BRAND, A. R. 1991. Scallop ecology: Distributions and behaviour. In: S. Shumway (ed.). *Scallops: biology, ecology and aquaculture*. *Developments in Aquaculture and Fisheries Science*, 21: 517-584.

BROWN D & R GUERRA 1980. Recuperación gonadal en Ostión *Chlamys (Argopecten purpurata* (Lamarck, 1819) luego de evacuación de gametos. *Archivos de Biología y Medicina Experimental* 13 (3): 363.

BROWN, J. y B. HARTWICK. 1988. Influences of temperature, salinity and available food upon suspended culture of the pacific oyster, *Crassostrea gigas*. I Absolute and allometric growth. *Aquaculture*, 70 : 231-251.

BUSTOS, C. 1978. Investigación del Ostión en la IV Región. Informe Centro de Investigaciones Submarinas. Universidad del Norte. Coquimbo, Chile. 44 pp.

CHAUVAUD, L., G. THOUZEAU y Y. PAULET. 1998. Effects of environmental factors on the daily growth rate of *Pecten maximus* juveniles in the Bay of Brest (France). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 227: 83-111.

CHEN, C, G COWLES, RC BEARDSLEY. 2003. An unstructured, finite-volume, three-dimensional, primitive equation ocean model: Application to coastal ocean and estuaries. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology* 20: 159-186.

CHEN, C, RC BEARDSLEY, G COWLES. 2006. An unstructured grid, finite-volume coastal ocean model FVCOM User Manual. Second Edition. SMAST/UMASSD-06-0602. University of Massachusetts, School of Marine Science and Technology, New Bedford, MA. 315 pp.

CRAGG, S.M., CRISP, D. J. 1991. The biology of scallop larvae. 75 –132. In: *Scallops: biology, ecology and aquaculture* (ed) S.E. Shumway. *Developments in aquaculture and fisheries science*. Vol. 21, Elsevier. Amsterdam.

DARE, P.J., EDITH, M.R., 1991. Age determination of scallops, *Pecten maximus* (Linnaeus, 1758) using stable oxygen isotope analysis, with some implications for fisheries management in British waters. In *An International Compendium of Scallop Biology and Culture*. Shumway S.E. Sandifer P.A. (Eds.) World Aquaculture Society, Baton Rouge, La., USA ., p. 118 – 133.

DAVENPORT, LL.D. GRUFFYDD AND A.R. BEAUMONT. 1975 An apparatus to supply water of fluctuating salinity, and its use in a study of the salinity tolerance of larvae of the scallop *Pecten maximus* L. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.* 55 (1975), pp. 391–409.

DEMAISON G.J AND MOORE G.T. 1980. Anoxic environments and oil source bed genesis. *Org. Geochem.* 2.

DGEO-U de Chile. 2006. Estudio de la Variabilidad Climática en Chile para el siglo XXI. Estudio encargado por CONAMA.

DISALVO, L., E. ALARCÓN, G. MARTÍNEZ & E. URIBE. 1984. Progress mass culture of *Argopecten purpuratus* with notes on its natural history. *Rev. Chilena Hist. Nat.* 57: 33-45.

EGBERT, GD., SY EROFEEVA, 2002: Efficient inverse modeling of barotropic ocean tides, *J. Atmos. Oceanic Technol.*, 19(2), 183-204

FRÉCHETTE, A. y C. BACHER. 1998. A modelling study of optimal stocking density of mussel populations kept in experimental tanks. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 219: 241-255.

GALLEGUILLOS, R.A., TRONCOSO, L.S., 1988. Protein variation in the Chilean-Peruvian Scallop *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819). In *An International Compendium of Scallop Biology and Culture. A Tribute to James Mason*, vol. 1, Shumway S.E. Sandifer P.A. (Eds.) *World Aquaculture Workshop*: 146-150.

GRAU, G. 1959. Pectinidae of the eastern Pacific, *Allan Hancock Pacific Expeditions*, 23:1-308, pls. 1-57.

GRUFFYDD, L. D. 1976. The Development of the Larva of *Chlamys islandica* in the Plankton and Its Salinity Tolerance in the Laboratory (Lamellibranchia, Pectinidae). *Astarte* Vol 8, N°2, p 60-68

GRUFFYDD, L.D., BEAUMONT, A.R., 1972. A method of rearing *Pecten maximus* larvae in the laboratory. *Marine Biology*, 15:350-355.

GUILLÉN, O., CALIENES, R., DE RONDÁN, R., 1977. Medio Ambiente y producción primaria frente al área de Pimentel-Chimbote. *Bol. Inst. Mar Perú* 3(4) 159p.

HIRTLE, R., M. DER MONT y R. O'DOR. 1981. Feeding, growth and metabolic rates in captive short-finned squid, *Illex illecebrosus*, in relation to the natural population. *Journal of Shellfish Research*, 1: 187-192.

HOGG, D. 1977. Natural history of the northern Chilean scallop. Informe Centro de Investigaciones Submarinas. Universidad del Norte. Coquimbo, Chile. 19 pp.

ILLANES J. E. 1987. Cultivation of the northern scallop of Chile (*Chlamys* (*Argopecten*) *purpuratus*) in controlled and natural environment. Sixth International Pectinid Workshop, Menai Bridge, Wales, 13 pp.

ILLANES, J. E. 1990. Cultivo del ostión del norte, *Argopecten purpuratus*. En: A. Hernandez (ed). Cultivo de Moluscos en America Latina. Memorias segunda reunión grupo de trabajo técnico. Ancud – Chile. 405 pp.

ILLANES, J.E., S. AKABOSHI & E. URIBE. 1985. Efectos de la temperatura en la reproducción del ostión del norte *Chlamys* (*Argopecten*) *purpuratus* en la Bahía Tongoy durante el fenómeno El Niño 1982-83. Invest. Pesq. (Chile), 32: 167-173.

JARA, F. 2000. Estudio comparativo de crecimiento en longitud y mortalidad del ostión del norte *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819) entre cultivos suspendidos tipo "Loop Cord" y linternas, en la bahía de Tongoy, Coquimbo, IV región, Chile. Memoria para optar al título de Ingeniero en Acuicultura. Universidad Católica del Norte. Coquimbo. 49pp.

KINNE, O., 1971. Salinity animal invertebrates. In: Kinne (Ed.) Marine Biology, Vol.1. Wiley-Interscience, London, 821-995.

MARIN, V, L DELGADO. 2007. Lagrangian observations of surface coastal flows north of 30°S in the Humboldt Current system. *Continental Shelf Research* 27: 731-743.

MARTINEZ, G., L. CACERES, E. URIBE & M. DIAZ. 1994. Effects of the different feeding regimens on larval growth and the energy budget of juvenile Chilean scallops, *Argopecten purpuratus* Lamarck. *Aquaculture* 132: 313 - 323

MARU, K., 1985. Tolerance of scallop, *Patinopecten yessoensis* (Jay) to temperature and specific gravity during early developmental stages. Sci. Rep. Hokkaido fish Expl. Stn., 27: 55-64.

MASON, J., 1958. The breeding of the scallop, *Pecten maximus*, in Manx waters. J. Mar. Biol. Ass. U.K. 37: 653-671.

MENDO, J., YAMASHIRO, C., RUBIO, J., KAMEYA, 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 septiembre – 9 de octubre de 1987. IMARPE, Informe N° 94.

MENESES, N. 1987. Efectos de la alimentación sobre el crecimiento larval de *Chlamys Argopecten purpurata*, Lamarck 1819, bajo condiciones controladas. Memoria (Ingeniero en Pesca). Facultad de Ciencias del Mar. Departamento de Pesquerías. Universidad Católica del Norte. Coquimbo, Chile. 89 p.

MOYA, L. A., 1998. Efecto del fouling en el crecimiento de ostiones *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819) cultivados en pearl nets en Bahía Tongoy IV Región. Memoria para optar al título, Ingeniero Acuicultor. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad Católica del Norte. 120 pp.

MUCK, P., TSUKAYAMA, I., FERRANDIS, E., 1989. Temperaturas superficiales del mar a lo largo de la costa peruana para el período 1950-1988. Informe. Instituto del Mar del Perú. N° 95: 1-26.

NAVARRO, J. M., 1988. The effects of salinity on the physiological ecology of *Choromytilus chorus* (Molina, 1782) (Bivalvia: Mytilidae). J. Exp. mar. Biol. Ecol. 12, 19-33.

NAVARRO, J.M., GONZÁLEZ, C.M., 1998. Physiological responses of the Chilean scallop *Argopecten purpuratus* to decreasing salinities. Aquaculture. 167:315-327

NAVARRO , J. y J. WINTER. 1982. Ingestion rate, assimilation efficiency and energy balance in *Mytilus chilensis* in relation to body size and different algal concentrations. *Marine Biology*, 67: 255-266.

NAVARRO, R., L. STURLA., O. CORDERO., & M. AVENDAÑO. 1991. Chile; Scallops: Biology, Ecology and Aquaculture. S.E. Shumway (Ed). Elsevier, Amsterdam. 1001-1015 pp.

OLIVARES, J., 1988. Variación temporal de las condiciones oceanográficas en Bahía Herradura de Guayacán – Chile. *Biota, Osorno, Chile* Vol. 4: 89 –106.

OLIVARES, J., 1989. Aspectos hidrográficos de la Bahía de Coquimbo. *Biología Pesquera*. 18:97-108.

OLIVARES, G. 2005. The role of semi-enclosed embayments for the metapopulations dynamics of coastal marine invertebrates in the Humboldt Current System. Thesis Doctor of Natural Sciences. Universidad of Bremen, Germany.

ORELLANA, A. 1999. Modelación de la tasa instantánea de crecimiento del Ostión del norte (*Argopecten purpuratus*, Lamarck 1819) en cultivo suspendido. Memoria para optar al Título de Ingeniero en Acuicultura: Universidad católica del Norte, Facultad de Ciencias del Mar, Departamento de Acuicultura. 46 páginas.

ORENSANZ, J.M., 1986. Size, environment and density: the regulation of a scallop stock and its management implications. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 92: 195-227.

ORENSANZ, J.M., PARMA, A.M., IRIBARNE, O.O., 1991. Population dynamics and management of natural stocks. In: Sumway, S. E. (Ed.), *Scallops: Biology, Ecology and Aquaculture*. *Developments in Aquaculture and Fisheries Science*. 21: 625-713.

OSORIO, C & N. BAHAMONDE. 1968. Moluscos bivalvos en pesquerías chilenas. Biol. Pesq. Chile. 3: 69-128.

PADILLA. M. 1979. Desarrollo larval del Ostión *Chlamys (Argopecten) purpurata* Lamarck, (1819) en condiciones de laboratorio. (Mollusca, Pelecypoda). Cienc. y Tec. del Mar, Cona., 4: 41-52.

PANGUE, L., 1996. Crecimiento y supervivencia del ostión del Norte (*Argopecten purpuratus*, Lamarck, 1819) cultivado durante la etapa intermedia en tres profundidades y dos tipos de sistemas en Bahía Tongoy. Memoria para optar al título, Ingeniero Acuicultor. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad Católica del Norte. 50 pp.

PAUL, J.D., 1980. Salinity-temperature relationships in the queen scallop *Chlamys opercularis*. Mar. Biol., 56: 295-300.

PAZOS, A. J. 1993. Relaciones entre composición bioquímica y ciclo gametogenético en la vieira, *Pecten maximus* L. Tesis Doctoral. Universidad de Santiago de Compostela. 276 pp.

PEÑA, J. B. 2001. Taxonomía, morfología, distribución y hábitat de los pectínidos iberoamericanos. Capít. 1: 1-25. En: Los moluscos pectínidos de Iberoamérica: Ciencia y Acuicultura. A. Maeda (ed.). McGraw-Hill. México.

PEREIRA, L., J.E. ILLANES & S. AKABOSHI. 1987. Captación de semilla en ambiente natural del ostión del norte *Argopecten purpuratus* en Bahía Tongoy IV Región, Chile. Anales Científicos UNALM (Lima, Perú), Vol Extr. Memorias del 2° COLACMAR, 17-21 agosto 1987: 281-292.

PEREZ, A. & G. ROMÁN. 1987. La reproducción en moluscos bivalvos. En: Reproducción en Acuicultura. CAYCIT. Espinoza y Lobarta Editores. La Coruña. España. 133-184pp.

PILDITCH, C., J. GRANT, A. MELLET, C. CAVER y P. CRANFORD. 1996. Seston supply to scallop in suspended culture. *Journal of Shellfish Research*, 15 : 504.

RAILLARD, O. & A. MÉNESGUEN. 1994. An ecosystem box model for estimating the carrying of a macrotidal shellfish system. *Marine Ecology Progress Series*, 117: 117-130.

RICKER, W. 1958. Handbook of computation for biological statistics of fish populations. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada*, 119 : 1-300.

RICKER, W. 1968. Methods for assessment of fish production in fresh water. Ed: IBP Handbook N°3. Oxford. 313

RIISGARD, H. y A. RANDLOV. 1981. Energy budgets, growth and filtration rates in *Mytilus edulis* at different algal concentrations. *Marine Biology*, 61 : 227-234.

RHEAULT, R. y A. RICE. 1993. Food limited growth and condition index in *Crassostrea virginica* and *Argopecten irradians*. *Journal of Shellfish Research*, 12: 113.

ROSEMBERG, R. y L. LOO. 1983. Energy flow in a *Mytilus edulis* culture in Western Sweden. *Aquaculture*, 35: 151-161.

RUBIO, J., TAIPE, A., AGUILAR, S., 1997. Evaluación de la población del recurso Concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en la Isla Lobos de Tierra y bahía de Sechura. 05 - 06 junio 1997. Informe Progresivo. Instituto del Mar del Perú. N° 69: 3 -13.

SANTA CRUZ, S., 1977. Informe sobre prospección de algunos recursos marinos en la IIIª Región, Chile. Instituto de Fomento Pesquero – Chile 46 pp.

SANZANA, J. 1978. Estudios preliminares del ostión (*Chlamys purpurata*, Lamarck, 1819) de la zona de Valparaíso. Tesis, Esc. Ciencias del Mar y de los Alimentos, UCV, 57 pp.

SASTRY, A.N. 1970. Reproductive physiological variation in latitudinally separated population of the bay scallop, *Aequipecten irradians* Lamarck. Biol. Bull. 138:56-65.

SCHOLTEN, H. y A. SMAAL. 1998. Responses of *Mytilus edulis* L. to varying food concentrations: testing EMMY, an ecophysiological model. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 219: 217-239.

SHUMWAY, S.E., 1977. Effect of salinity fluctuation on the Osmotic Pressure and Na⁺, Ca⁺, Mg²⁺ Ion concentrations in the Hemolymph of Bivalve. Mar. Biol. 41, 153-177.

SHUMWAY, S.E., SELVIN, R., SCHICK, D. F., 1987. Food resources related to habitat in the scallop *Placopecten magellanicus* (Gmelin, 1791): a qualitative study. J. Shellfish Res. 6:89-95.

STOTZ, W. 2000. When aquaculture restores and replaces a overfished stock: is conservation of the species assured? The case of the scallop *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819) in northern Chile. Aquaculture International 8: 237-247.

TETTELBACH, S.T., RHODES, E.W., 1981. Combined effects of temperature and salinity on embryos and larvae of the northern bay scallop *Argopecten irradians*. Mar. Biol., 63:249-256.

URBAN, E., J. GARY, D. PRUDER & C. LANGDON. 1983. Effects of ration on growth and growth efficiency of juveniles of *Crassostrea virginica*. Journal of Shellfish Research, 3 : 51-57.

URIARTE, I., FARÍAS & A., MUÑOZ, C., 1996. Estado actual del cultivo en hatchery y preengorde del ostión del norte, *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819), en la X región. Revista de Biología Marina, Valparaíso, 31(2): 81-90

URIBE, E. 2002. Variables ambientales que inciden en la distribución de *Argopecten purpuratus* en la costa del pacífico sudeste y en su ciclo reproductivo. Tesis para optar al grado de Doctor en Biología. Universidad de Barcelona. Facultad de Biología. España. 142 págs.

URIBE, E., & BLANCO, J.L., 2001. Capacidad de los sistemas acuáticos para el sostenimiento del cultivo de pectínidos: caso de *Argopecten purpuratus* en Bahía Tongoy, Chile. pp. 233-248.

URIBE, E., D. BORÉ, J. OLIVARES, J. MORAGA, J. L. BLANCO, J. RUTLLANT, I. ETCHEPARE, C. JÉLVEZ & G. LEDERMAN. 1995. Determinación de la Capacidad de Carga de Bahía Inglesa (III Región) y Bahía Tongoy (IV Región) Chile. Informe, Fondo de Investigación Pesquera. Subsecretaría de Pesca. 121 pp.

VALLE-LEVINSON, A. & J.MORAG, J. OLIVARES and J. L. BLANCO, 2006. Tidal and residual circulation in a semi-arid bay: Coquimbo Bay, Chile. Continental Shelf Research 20 (2000) 2009- 2028

VALLE-LEVINSON, A. & J.MORAGA, 2006. Observations of residual circulation in two equatorward-facing semiarid bays. Cont. Shelf Res.26:179-193.

VELVIN, R., 1999. Environmental effects from Fish farming. In: Poppe, T. (Ed.), Textbook of Fish Health and Fish Diseases. Universitetforlaget, Oslo, Norway, pp. 340– 347.

VENTILLA, R.F., 1982. The scallop industry in Japan. Adv. Mar. Biol. 20:309-382

VILDOSO, A., CHIRICHIGNO, N., 1956. Contribución al estudio de Concha de abanico, *Pecten purpuratus*, en Perú. Pesca y Casa 7: 126.

VON BRAND, E., KAJIMA, A., 1990. Comparison of Genetic Markers between the Chilean Scallop *Argopecten purpuratus* and the Japanese Scallop *Patinopecten yessoensis*. Tohoku Journal of Agricultural Research. 41, (1-2) 25-35.

YAMAMOTO, G., 1956. Habitats of spat of the scallop, *Pecten yessoensis* Jay, which turned to bottom life. Sci. Rep. Tohoku Univ. 4th Ser. (Biol.), 22: 149-156.

YAMASHIRO, C., RUBIO, J., TAPE, A., AGUILAR, S., 2001. Fluctuaciones de la población de concha de abanico *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819) en la Bahía Independencia (Pisco-Perú) durante el período 1984-2000. Memorias de Primera Jornada Científica "Bases ecológicas y socioeconómicas para el manejo de los recursos vivos de la Reserva Nacional de Paracas", marzo-abril 2000, Lima-Perú. En prensa.

YARYES, V. 1986. Cultivo del ostión del norte en la IV región. Estudio de prefactibilidad. IFOP, Chile. 23-45pp.

WHEATON, W.F. 1982. Acuicultura. Diseño y construcción de sistemas. AGT editor. México. 704 p.

WEBB, DJ, BA de CUEVAS, AC COWARD. 1998. The first main run of the OCCAM global ocean model, internal report of James Rennell Div., 50 pp., Southampton Oceanogr. Cent., U. K.

WIDDOWS, J., 1985. The effects of fluctuating and abrupt changes in salinity on the performance of *Mytilus edulis*. In: Gray, J.S., Christiansen, M.E. (Eds.) Marine Biology of Polar Regions and Effects of Stress on Marines Organism. Wiley-Inter science, 555-566.

WOLFF, M. & E. ALARCON. 1993. Structure of a scallop *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819) dominate subtidal macroinvertebrates assemblage in northern Chile. J. Shellfish Res. 12: 295-304.

WOLFF, M., GARRIDO, J., 1991. Comparative study on growth and survival of two colour morphs of the Chilean scallop *Argopecten purpuratus* (Lamarck 1819) in suspended culture. Journal of Shellfish Research 10: 47 – 53.

WOLFF, M., MENDO, J., 2000. Management of the Peruvian bay scallop (*Argopecten purpuratus*) metapopulation with regard to environmental change. Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst. 10: 117-126.

XIE, S., Y. CUI, Y. YANG y J. LIN. 1997. Energy budget of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in relation to ration size. Aquaculture, 154 : 57-68.

YI, Y. 1998. A bioenergetic growth model for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) based on limiting nutrient and fish standing crop in fertilized ponds. Aquacultural Engineering, 18: 157-173.

