

# **INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ**

**DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIONES EN ACUICULTURA**



## **INFORME FINAL**

**CONTRATO N°83-2011-PRODUCE- UE01**

**ESTUDIO BIO-OCEANOGRÁFICO PARA DETERMINACIÓN  
DE LA CAPACIDAD DE CARGA EN LA BAHÍA DE SECHURA**

**Noviembre, 2012**

**Callao, Perú**

## **ESTUDIO BIO-OCEANOGRÁFICO PARA DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA EN LA BAHÍA DE SECHURA**

### **INFORME FINAL**

#### **Coordinadora**

ROSARIO CISNEROS BURGA

#### **Personal científico y técnico participante en las prospecciones de campo**

Area Funcional de Investigaciones en Oceanografía Física

JORGE QUISPE, MARCELO CRISPÍN, WALTER GARCÍA, NOEL DOMÍNGUEZ

Area Funcional de Investigaciones en Oceanografía Química y Geología

GEORGINA FLORES

Area Funcional de Investigaciones en Oceanografía Biológica

CARMELA NAKAZAKI , OSCAR LOZANO

Area Funcional de Investigaciones en Acuicultura

ROSARIO CISNEROS, JORGE BAUTISTA, FRANCISCO VILLAMÓN

Sede Regional de Paita, IMARPE

ISAÍAS GONZÁLES, JOE MACALUPÚ, ELKY TORRES, ALDO RODRÍGUEZ,  
MOISÉS SEGURA, JOSÉ SILVA , YESSICA QUISPE, JUAN MANUEL ANTÓN,  
MANUEL SABA, WALTER FIESTAS, SAMUEL MORI,

**Director General de Investigaciones en Acuicultura**

CARLOS VERGARA MANRIQUE DE LARA

## ESTUDIO BIO-OCEANOGRÁFICO PARA DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA EN LA BAHÍA DE SECHURA INFORME FINAL

### CONTENIDO

I.	Presentación .....	5
II.	Biología y ecología de <i>Argopecten purpuratus</i> .....	8
III.	Descripción del área de estudio .....	10
IV.	Revisión histórica biológica pesquera y poblacional de la concha de abanico <i>Argopecten purpuratus</i> en la bahía de Sechura <i>Juan Arguelles, Anatolio Taipe, Silvia Aguilar, María Nelly Sanjinez</i> .....	13
V.	Caracterización batimetría de la bahía de Sechura <i>Federico Velazco</i> .....	39
VI.	Condiciones oceanográficas y dinámica de las corrientes marinas <i>Jorge Quispe</i> .....	48
VII.	Determinación de la tasa de recambio de las masas de agua en el interior de la bahía <i>Jorge Quispe</i> .....	73
VIII.	Condiciones hidroquímicas <i>Georgina Flores, Octavio Morón</i> .....	76
IX.	Análisis de la comunidad fitoplanctónica <i>Sonia Sánchez, Elcira Delgado</i> .....	106
X.	Análisis de la comunidad zooplanctónica e ictioplanctónica <i>Patricia Ayón, Katia Arones, Carmela Nakazaki</i> .....	131
XI.	Composición y abundancia de larvas planctónicas de grupos mayores <i>Roberto Quesquén</i> .....	156
XII.	Crecimiento de la concha de abanico <i>Argopecten purpuratus</i> en áreas de repoblamiento de la bahía de Sechura <i>Rosario Cisneros</i> .....	169
XIII.	Tasa de filtración e ingestión y consumo de oxígeno de <i>Argopecten purpuratus</i> en condiciones de laboratorio <i>Alfredo Flores</i> .....	192
XIV.	Monitoreo de mareas rojas <i>Yéssica Quispe</i> .....	207
XV.	Evaluación poblacional de la concha de abanico <i>Argopecten purpuratus</i> <i>Isaías Gonzáles, Joe Macalupú, Elky Torres, Aldo Rodriguez</i> .....	217

XVI.	Modelos de simulación y determinación de la capacidad de carga de la concha de abanico <i>Argopecten purpuratus</i> <i>Jorge Tam, Dante Espinoza, Ricardo Oliveros, Carlos Romero, Jorge Ramos.....</i>	241
XVII.	Conclusiones Generales .....	254
XVIII.	Recomendaciones .....	258
XIX.	Agradecimientos .....	260
XX.	Referencias bibliográficas.....	260
	Anexos.....	262



## I. PRESENTACIÓN

La concha de abanico *Argopecten purpuratus* (LAMARCK, 1819) constituye uno de los moluscos más importantes de la costa del Pacífico, no sólo por su alta productividad, sino también por la importancia que tiene como producto de exportación.

La explotación de este recurso en el Perú hasta antes del fenómeno El Niño 1982-1983 era insignificante y alcanzaba niveles de desembarque entre 500 y 1 000 t al año. El Niño trajo un incremento en los niveles poblacionales y así se crearon los primeros criaderos a nivel comercial, con semilla proveniente de bancos naturales (ALCAZAR Y MENDO, 2008).

Esta especie reporta los mayores volúmenes de producción nacional provenientes de la acuicultura, en el 2010 superó las 75 000 t, cifra que supera largamente a los registros de producción anual que hasta antes de dicho año no alcanzaban las 20 000 t (PRODUCE, 2012); paralelamente también crecieron las exportaciones, en el 2010 se exportaron aproximadamente 12 000 t de concha de abanico (ADEX, 2010).

En el ámbito del litoral peruano, los centros de producción se encuentran distribuidos en las provincias de Casma, Santa y Huarmey en Ancash; Virú en La Libertad; Sechura en Piura y Pisco en Ica; encontrándose habilitadas un total de 2 693,4 hectáreas para acuicultura de la concha de abanico (ITP, 2011).

Actualmente, los desembarques de concha de abanico se han incrementado considerablemente en la zona norte del país, en especial en la Bahía de Sechura, debido al incremento de los niveles poblacionales en los bancos naturales, lo que ha convertido a la Región Piura en una de las zonas más importantes para la exportación de este recurso.

En los últimos años la Bahía de Sechura ha contribuido con el 50 a 70 % en la producción nacional de concha de abanico, constituyendo una de las bahías más productivas e importantes de la costa peruana en el cultivo de la concha de abanico. Sin embargo la sostenibilidad de su producción dependerá del manejo adecuado que se aplique en relación al ordenamiento marítimo, abastecimiento de semilla, engorde y

cosecha, capacidad de carga, conservación del recurso y su ecosistema, procesamiento y comercialización (MENDO et al., 2011).

Es ampliamente reconocido que el desarrollo adicional de la acuicultura necesita ser planeado y diseñado de una manera responsable que minimice tanto como sea posible los impactos negativos sociales y ambientales. Un objetivo del manejo de la acuicultura es tener herramientas disponibles para predecir y medir la capacidad de un área para soportar el cultivo de una especie. Capacidad de carga es un importante concepto para el manejo de un ecosistema-base, lo cual ayuda a definir el límite superior de la producción acuícola, así como límites ecológicos y la aceptabilidad social de la acuicultura sin causar cambios inaceptables en el ecosistema natural, las estructuras y funciones sociales (BYRON & COSTA-PIERCE, 2012).

Al nivel más básico, el concepto de capacidad de carga describe la relación entre el tamaño de la población y cambio en los recursos de los cuales depende. KAISER & BEADMAN (2002) (en BYRON & COSTA-PIERCE, 2012), definen capacidad de carga como la potencial producción máxima de especies o población que puede ser mantenida en relación a los recursos disponibles.

INGLIS et al. (2002); MCKINDSEY et al. (2006) definen 4 tipos de capacidad de carga y encontraron que con pocas excepciones este trabajo se ha enfocado a determinaciones de capacidad de carga productiva, el cual es la máxima producción sostenible de organismos cultivados que pueden ser producidos dentro de un área. Así las categorías funcionales y que son relevantes en acuicultura costera son las siguientes:

- i) Capacidad de carga física.  
El área total de granjas marinas que pueden ser acomodadas en un espacio físico disponible.
- ii) Capacidad de carga productiva  
Densidad poblacional sostenible de moluscos bivalvos en el que las cosechas o la producción son maximizadas
- iii) Capacidad de carga ecológica  
La población o densidad de granjas antes de causar impactos ecológicos inaceptables.

iv) Capacidad de carga social

El nivel de desarrollo de granjas antes de causar impactos sociales inaceptables.

Modelos de capacidad de carga para producción de bivalvos mayormente están referidos a determinar la biomasa de ejemplares que un espacio marino puede soportar antes de que la tasa de crecimiento se vea reducida debajo de un nivel aceptable o antes que el incremento de la biomasa rebase límites aceptables (MCKINDSEY et al., 2006).

Bajo este contexto y debido al interés por parte del Viceministerio de Pesquería a contribuir con la producción sostenible de la concha de abanico, en noviembre del 2011 suscribió un contrato con el Instituto del Mar del Perú para realizar el servicio de “Estudio bio-oceanográfico para determinación de la capacidad de carga en la Bahía de Sechura”, contrato N° 83-2011-PRODUCE-UE01.

El objetivo de este estudio es determinar la capacidad máxima de biomasa total de concha de abanico *Argopecten purpuratus* en las áreas de repoblamiento, que puede soportar la Bahía de Sechura, para obtener un crecimiento y supervivencia sostenibles, lo cual beneficiará a unas 120 asociaciones de pescadores artesanales que ocupan un total de 8000 hectáreas para repoblamiento de este recurso. Los resultados del mencionado estudio son presentados en este informe.

## II. BIOLOGÍA Y ECOLOGÍA DE *Argopecten purpuratus*

### 2.1 DISTRIBUCIÓN Y TAXONOMÍA

*Argopecten purpuratus* (LAMARCK, 1819) es un molusco bivalvo que pertenece al Phylum Mollusca, Clase Pelecypoda, Familia Pectinidae.

Se distribuye desde Paita, Perú (ALAMO Y VALDIVIESO, 1987) hasta Valparaíso, Chile, dentro de bahías semi-protegidas con sustratos sedimentarios. Verticalmente ocupa la zona infralitoral de fondos arenosos, rocosos, pedregosos y areno-fangosos, especialmente acompañada de *rodhymenia sp* a profundidades de 2 a 40 m, en áreas con temperaturas que oscilan entre 13 y 28 °C, rangos de oxígeno de 0,2 a 14 mg/l, corrientes marinas con velocidades entre 3 y 25 cm/s. Los depredadores son: Jaiba, erizo, caracol, estrella de mar, pulpo, entre otros y como parásitos a los poliquetos destacando la *Polydora sp*, *Hidroides sp*, tunicados como: *sciona sp*.

Los principales bancos naturales se ubican en la Bahía de Sechura, Isla Lobos de Tierra, Chimbote, Callao y Pisco. En la Bahía de Sechura el banco se extiende desde Bayovar hasta Chullillachi, observándose las mayores concentraciones frente a Matacaballo, Parachique, Vichayo y Punta Bayóvar.

### 2.2 ASPECTOS BIOLÓGICOS

Presenta dos valvas comprimidas, articuladas dorsalmente, con 23 a 26 costillas radiales que delimitan surcos en los que se encuentran estriaciones transversales. La cavidad del manto es espaciosa y presenta branquias grandes que han adquirido la función de acumular alimento además de la respiratoria. Tiene un pie comprimido en forma de hacha y un músculo central que sirve para cerrar las valvas con fuerza (Fig. 2.1).

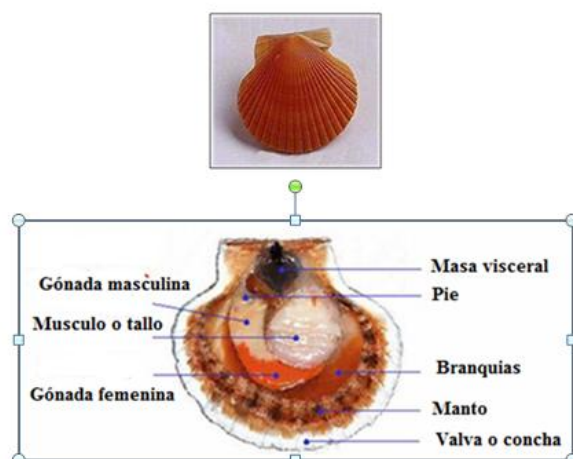


Figura 2.1. Anatomía externa (figura superior) e interna (figura inferior) de la concha de abanico *Argopecten purpuratus*.

Es una especie hermafrodita con fecundación externa (Fig. 2.2), pueden desovar de 1 a 60 millones de óvulos por desove y un alto porcentaje de la población presenta gametos maduros durante todo el año, sin embargo al año ocurren 2 desoves masivos intensos principalmente en verano y primavera. La madurez de las gónadas se acelera durante los eventos El Niño, debido a las altas temperaturas, incrementando la frecuencia del desove (Wolff, 1985). Son netamente filtradores, alimentándose de fitoplanctón, especialmente diatomeas y detritos orgánicos, filtrando 8-10 litros por hora.



Figura 2.2. Ciclo de vida de la concha de abanico *Argopecten purpuratus*

### III. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La Bahía de Sechura (Fig. 3.1) está ubicada al norte de Perú, en la zona occidental del departamento de Piura, entre los paralelos  $5^{\circ} 18'46''$  y  $5^{\circ} 50'33''$ , es una de las bahías semi protegidas (lado sur) más extensa del mar peruano, cuyo límite al norte en Punta Gobernador y al sur Punta Aguja, tiene una extensión aproximada de 89 km, su borde costero se caracteriza por extensas playas arenosas, humedales como los manglares San Pedro, Palo Parado y estuario de Virrilá.



Figura 3.1. Mapa de la Bahía de Sechura. Fuente Google Earth

En su costa se asientan centros poblados tales como la ciudad de Sechura y las caletas de Matacaballo, Constante, Las Delicias, Parachique y Puerto Rico; así mismo plantas pesqueras como congeladoras y de harina de pescado e importante infraestructura de desembarque para la pesca artesanal, actividad mercante y minera.

Por su ubicación, su gran extensión y configuración de costa, está considerada como una bahía vulnerable a cambios en las variables físicas y biogeoquímicas debido a los efectos que pueden producir el desplazamiento horizontal de las corrientes marinas y surgencia de masas de agua, frente a Punta Falsa, principalmente en época de verano.

El relieve del fondo marino muestra distribución de isóbatas paralelas a la línea de costa. La topografía nos muestra las máximas profundidades en el borde externo del área de estudio, desde la parte central hacia el sur, alcanzando profundidades de 80 m en el punto más profundo, ascendiendo rápidamente hacia la orilla. La zona próxima a la línea costera es bastante somera con profundidades entre 3 m hasta 10 m.

Las condiciones hidrográficas están influenciadas por el volumen de precipitaciones provenientes del océano Pacífico, a su vez determinadas por el encuentro de dos corrientes marinas: la fría Corriente de Humboldt de 13 a 19 °C, con la cálida de El Niño de 21 a 27 °C, encuentro que se observa en la bahía de Sechura.

En condiciones normales la Bahía de Sechura es abastecida principalmente por Aguas Costeras Frías que ingresan por la capa subsuperficial, aflorando en la zona central. En superficie el rango de temperatura fluctúa entre 15 y 24 °C, la salinidad de 34,8 a 35,3 ups, el oxígeno disuelto en el agua de 2 a 5,5 mL/L. Por lo general, la capa subsuperficial presenta valores menores a los de superficie. Respecto a los nutrientes los fosfatos presentan un rango de 1 a 3,5  $\mu\text{mol/L}$ , silicatos 5 a 35  $\mu\text{mol/L}$  y nitratos 5 a 30  $\mu\text{mol/L}$  (MORÓN et al., 2006). En determinadas temporadas del año o durante épocas como El Niño, las aguas del río Piura y drenajes de la laguna Ñapique y Ramón son vertidas a la bahía.

La braveza del mar es poco frecuente, siendo predominante en los oleajes, la dirección sur (S) y suroeste (SW). El área desértica de la región origina un gradiente térmico significativo entre el continente y océano colindante, el cual ocasiona el libre flujo del viento, acelerándose superficialmente hacia mar adentro.

La convergencia de las corrientes marinas hace que la temperatura del mar fluctué entre 18 y 23 °C, durante los meses de invierno y primavera; y entre los 23° y 27°C durante el verano (a veces en el otoño con la extensión del verano); además, ello está condicionado por periodos anómalos cortos asociados a pulsos cálidos producto del arribo de ondas Kelvin.

Los sedimentos superficiales predominantes son de textura arenosa, con bajos contenidos orgánicos, cercanos a la línea de costa, extendiéndose a mayor profundidad hacia el norte de Punta Aguja, condicionado por la mayor energía de la corriente en el fondo. Los sedimentos de textura areno limosa se encuentran a mayor

profundidad, adyacentes a los de arena, ocupando también gran extensión de la ensenada, asociados a los más altos contenidos de materia orgánica, al igual que pequeñas extensiones de arena arcillosa y limo arenoso ubicados frente a La Bocana, Bayovar y Punta Tric Trac, características condicionadas por la escasa circulación, la tasa de aporte de material fino y orgánico procedente del continente y distribuido por la corriente. Los más altos contenidos de carbonatos, de origen biogénico, alcanzan hasta 70% aproximadamente, se ubican frente a San Pablo, al norte de la ensenada, asociados a texturas de arena y arena limosa.



#### **IV. REVISIÓN HISTÓRICA BIOLÓGICA PESQUERA Y POBLACIONAL DE LA CONCHA DE ABANICO *Argopecten purpuratus* EN LA BAHÍA DE SECHURA**

*Juan Argüelles, Anatolio Taipe, Silvia Aguilar, María Nelly Sanjinez*

Área Funcional de Investigaciones en Invertebrados Marinos y Macroalgas, DGIRDL, IMARPE

##### **4.1 INTRODUCCIÓN**

La provincia de Sechura está ubicada a 54 km al sur de la ciudad de Piura, es una de las ocho provincias de esta región. Cuenta con 6 distritos: Sechura, Bellavista La Unión, Bernal, Cristo nos valga, Rinconada Llicuar y Vice.

Existen un total de 12 caletas en la Bahía de Sechura: Playa Casita, San Pedro, San Pablo, Chullillachi, Palo Parado, Matacaballo, Constante, Las Delicias, Parachique, Bocana, Vichayo y Puerto Rico. Las más importantes por los volúmenes de desembarque son las caletas Matacaballo, Las Delicias, Parachique y Puerto Rico, donde diariamente se registra información de desembarques y esfuerzos de pesca.

En la Bahía operan embarcaciones de mayor escala (industriales) que se orientan básicamente a la captura de anchoveta, mientras que las de menor escala o artesanales desembarcan diversos recursos pesqueros. La pesca artesanal ocupa alrededor de 4 500 personas. En los últimos años en la zona de La Bocana-Parachique, se ha incrementado el número de pescadores artesanales, probablemente debido a la oferta de trabajo en actividades de extracción de la concha de abanico *Argopecten purpuratus* (MENDO et al., 2011).

##### **4.2 ANTECEDENTES**

La producción de pectínidos en América Latina presenta grandes fluctuaciones originadas por cambios drásticos en el ambiente y la fuerte presión pesquera que se ejerce sobre los bancos naturales. Esta situación ha obligado a mirar a la acuicultura como una alternativa que permitiría recuperar, mantener o eventualmente aumentar la producción de pectínidos (STOTZ & MENDO, 2001) (en MENDO et al., 2008), la cual se

ha incrementado a paso rápido en las últimas décadas, en el 2001 la industria produjo más de 1.2 millones de toneladas métricas de pectínidos, aproximadamente 3.5 veces más que en 1990 (UDDIN et al., 2007).

Sin embargo el incremento de la demanda internacional, repercute con elevadas capturas de esta especie, en las principales zonas de extracción, declinando sus poblaciones (MORAGAT et al., 2001; TARAZONA et al., 2007; PACHECO & GÁRATE, 2005; MENDO & WOLFF, 2003).

La concha de abanico *A. purpuratus* es uno de los pocos recursos cultivados en el Perú, cuya producción se ha incrementado en los últimos años. Este incremento sostenido de su producción se inició con la aparición de grandes bancos naturales y con la apertura de las exportaciones en el año 1983 (MENDO et al., 2007).

Es una de las principales especies de invertebrados marinos, que por décadas se ha extraído mediante pesca de buceo y que desde 1982 se ha cultivado con éxito (WOLFF, 1988). En el Perú, su población está distribuida entre los 5 y 40 m de profundidad a lo largo de toda la costa, pero los bancos naturales más grandes y las pesquerías están concentradas en solo dos áreas : la Bahía de Sechura en el norte y Bahía Independencia en el sur (WOLFF et al., 2007).

Se ha observado que los volúmenes de desembarque se incrementan durante eventos El Niño (1983/84 o 1997/98), cuyas condiciones favorecen a la especie (MENDO & WOLFF, 2003); así mismo su abundancia fluctúa grandemente, debido a las variaciones en el reclutamiento durante este evento (PACHECO & STOTZ, 2006).

Luego del “boom” de concha de abanico en la zona sur por efecto de El Niño 1997/98, en la Bahía Sechura (Piura) se originó un incremento de las biomásas de este recurso en los bancos naturales de la bahía, trayendo consigo la migración de pescadores marisqueros hacia esta zona, ocupándose áreas propicias para el engorde de este recurso (MENDO et al., 2011).

El cultivo de concha de abanico depende fundamentalmente del abastecimiento de semillas, que tiene actualmente dos fuentes principales: la producción en ecloserías y la captación en el ambiente natural. Aunque en los últimos años, en el país se ha desarrollado en base a semilla extraída del ambiente natural. Esto ha ocasionado que

la principal restricción para el desarrollo acuícola sea una reducida disponibilidad de ejemplares adultos en las poblaciones silvestres (BANDÍN & MENDO, 1999). El traslado de semillas para abastecer algunas áreas de cultivo se realiza desde Isla Lobos de Tierra y Sechura.

El crecimiento es uno de los aspectos esenciales para el conocimiento de la dinámica poblacional de un recurso en explotación como es el caso de la concha de abanico, habiéndose realizado trabajos para determinar tasas de crecimiento en condiciones de cultivo (CISNEROS & ARGUELLES, 1996; ECHE et al., 2010), así como de poblaciones procedentes de diferentes localidades (CISNEROS et al., 2008).

#### **4.3 Información histórica de indicadores biológicos, poblacionales y pesqueros de *A. purpuratus* durante el periodo 1995-2009.**

##### **Aspectos pesqueros**

##### ***Desembarque, esfuerzo y captura por unidad de esfuerzo anual***

Los volúmenes anuales de desembarque de concha de abanico en la bahía de Sechura han presentado una tendencia creciente desde 1997 a 2009 (en el año 1998 no se tiene registrado desembarques). Los desembarques variaron de 523 hasta 62078 toneladas. De estos desembarques la pesquería artesanal representó el 100% hasta el 2000. A partir del 2001 el aporte de las áreas de engorde en los desembarques fue notorio con un valor inicial de 157 t (22,2%) en este año. La importancia de las áreas de engorde en los desembarques fue creciendo hasta el 2009, año en el que esta actividad representó el 99,4% del total desembarcado. Paralelamente la pesquería artesanal presentó una tendencia decreciente en sus volúmenes desembarcados (Tabla 4.1, Fig. 4.1).

Tabla 4.1. Desembarques, esfuerzo y captura por unidad de esfuerzo (CPUE) anuales de concha de abanico realizados en la bahía de Sechura por la pesquería artesanal y los procedentes de los corrales de engorde. Los desembarques en la bahía de Sechura procedentes de la isla Lobos de Tierra no fueron considerados. Datos de la Unidad de pesca Artesanal del IMARPE.

Año	Corrales	Pesca Artesanal			Total
	Desembarque (t)	Viaje (N°)	Desembarque (t)	CPUE (t/viaje)	Desembarque (t)
1 997		4 265	523	0.12	523
1 999		4 275	581	0.14	581
2 000		4 373	1 315	0.30	1 315
2 001	157	6 377	547	0.09	704
2 002	882	7 358	500	0.07	1 382
2 003	130	7 727	1 258	0.16	1 387
2 004	879	11 535	1 636	0.14	2 515
2 005	1 260	11 715	1 086	0.09	2 347
2 006	1 081	7 747	595	0.08	1 677
2 007	7 161	4 446	307	0.07	7 468
2 008	9 754	2 338	304	0.13	10 058
2 009	61 732	1 286	346	0.27	62 078

La variación interanual de la abundancia (CPUE) de concha de abanico en la pesquería artesanal presentó picos de abundancia en el 2000, 2003-2004 y 2009. Esta variación anual no corresponde con las variaciones anuales de desembarques, si tenemos en cuenta la tendencia creciente de los desembarques observados de 1997 al 2009. Estos pulsos de abundancia en áreas silvestres (en las cuales la pesquería artesanal realiza sus actividades) podrían corresponder a variaciones asociadas al ambiente (Fig. 4.1).

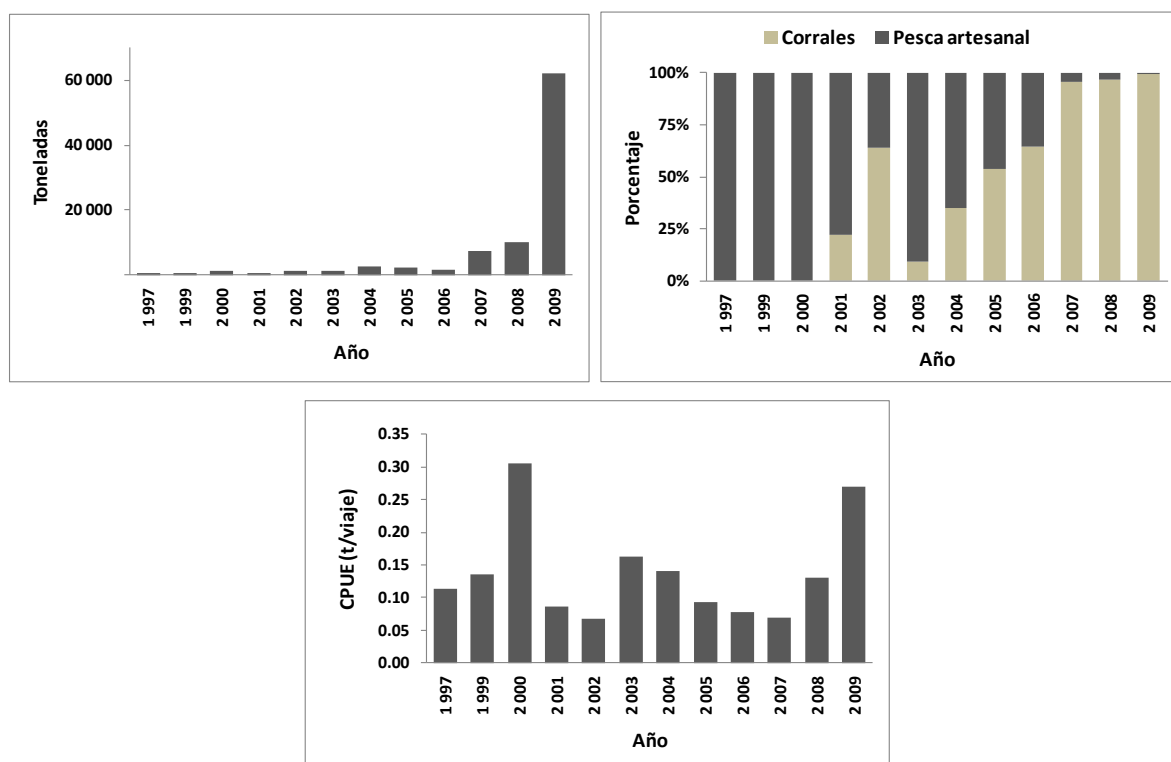


Figura 4.1. Desembarques anuales de concha de abanico en la bahía de Sechura procedentes tanto de la pesquería artesanal y de los corrales de engorde (figura superior izquierda), composición porcentual anual de los desembarques de concha de abanico de la pesquería artesanal y de las áreas de corrales (figura superior derecha), y captura por unidad de esfuerzo anual de la pesquería artesanal en la bahía de Sechura (figura inferior).

### **Aspectos biológicos pesqueros**

#### ***Estructura poblacional por tallas en las capturas***

La estructura poblacional anual de *A. purpuratus* en las capturas durante el periodo 1995-2009 en la bahía de Sechura se presenta en la figura 4.2. Para el periodo analizado el rango de tallas varió entre 10 y 140 mm de altura valvar y las tallas promedios entre 56,0 y 73,9 mm (Fig. 4.2, Tabla 4.2). Las capturas presentaron generalmente estructuras unimodales todos los años analizados, excepto en los años 2005 y 2006, en los cuales se observaron una significativa presencia de ejemplares con modas secundarias menores a 30 mm.

Las talla medias anuales en las capturas presentaron una tendencia decreciente de 1995 a 2000, con valores menores a la TME de 1997 al 2001. Posteriormente al año 2000, las tallas medias presentaron una tendencia creciente hasta el 2004. Posteriormente las tallas medias decrecieron debido a una alta proporción de ejemplares menores a la TME los años 2005 y 2006. Del 2007 al 2009 las tallas medias fueron mayores a la TME (Fig. 4.3).

La proporción de ejemplares menores a la TME e las capturas presentó una tendencia creciente de 1995 al 2000, alcanzando valores mayores al 80% en el 2000 y 2001. Posteriormente al 2001 el porcentaje presentó una tendencia decreciente a excepción de los años 2005 y 2006. Los menores valores del porcentaje de TME fue observado en el 2009 (12,4%) (Fig. 4.3).

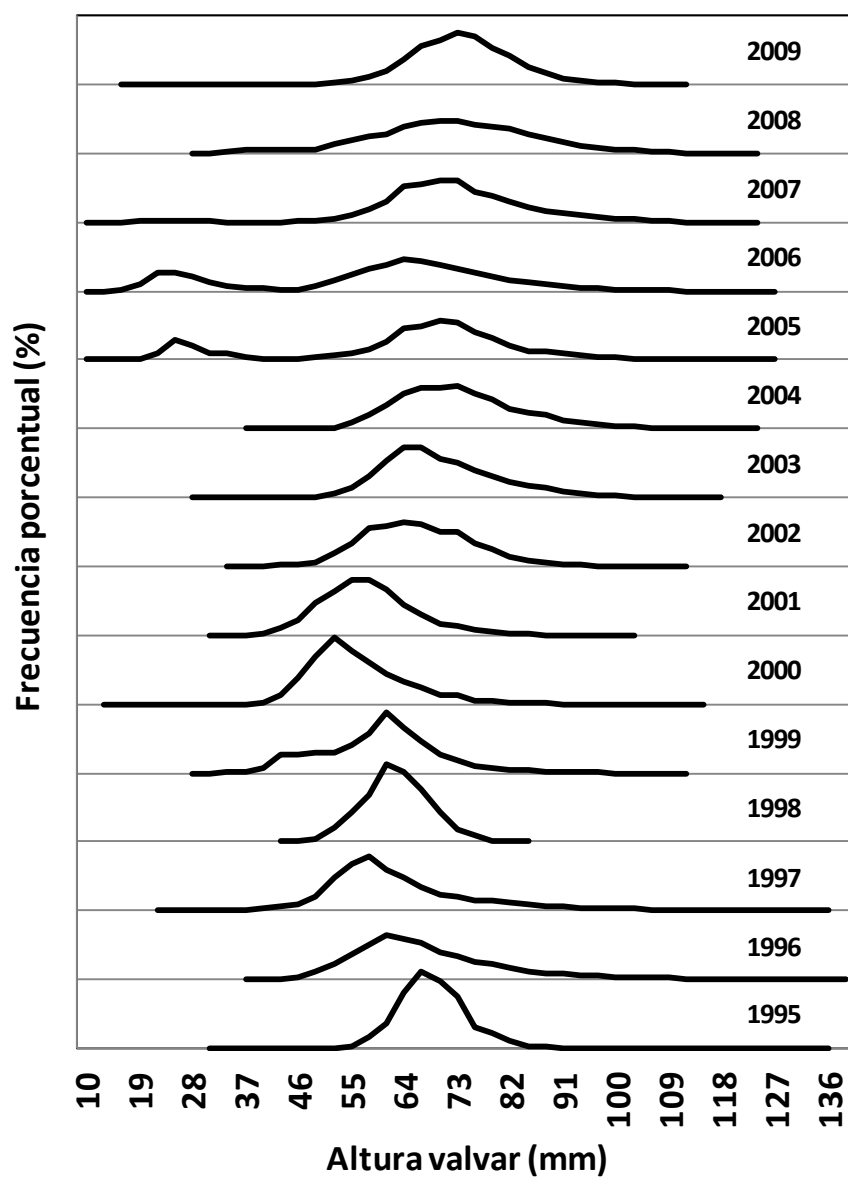


Figura 4.2. Estructura por tallas anuales de *A. purpuratus* en las capturas realizada en la bahía de Sechura.

Tabla 4.2. Valores de talla promedio, mínima y máxima, y porcentaje de ejemplares capturados menores a la talla mínima de extracción

Talla (mm) / Año	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Promedio	69.2	68.1	63.4	62.6	59.9	56.0	58.1	66.5	70.2	73.4	64.3	58.9	72.5	72.0	73.9
Min	34	40	25	47	32	27	33	37	32	41	10	13	14	32	18
Max	132	140	134	82	108	113	99	109	115	120	123	124	121	121	109
% < 65mm	22.9	45.9	65.3	62.7	71.0	85.4	80.8	45.0	30.7	19.3	36.2	53.3	21.9	27.6	12.4

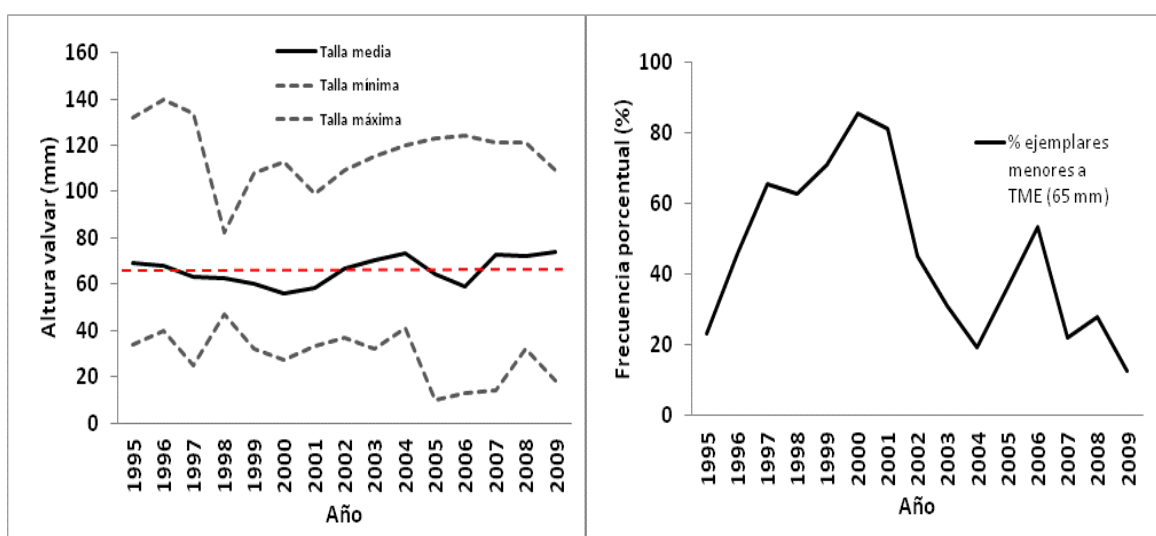


Figura 4.3. Variación anual de la talla promedio, mínima y máxima (izquierda) y del porcentaje de ejemplares menores a la talla mínima de extracción de *A. purpuratus* (derecha) en las capturas realizada en la bahía de Sechura durante 1995-2009.

### Relaciones biométricas

El la figura 6.4 se presentan las relaciones biométricas de *A. purpuratus* para la bahía de Sechura durante el periodo 1995-2009. Las relaciones altura valvar con el peso total, peso cuerpo y peso musculo fueron exponenciales y significativas. Asimismo, las relaciones el peso total con el peso del cuerpo, peso gónada y musculo fueron lineales y significativas.



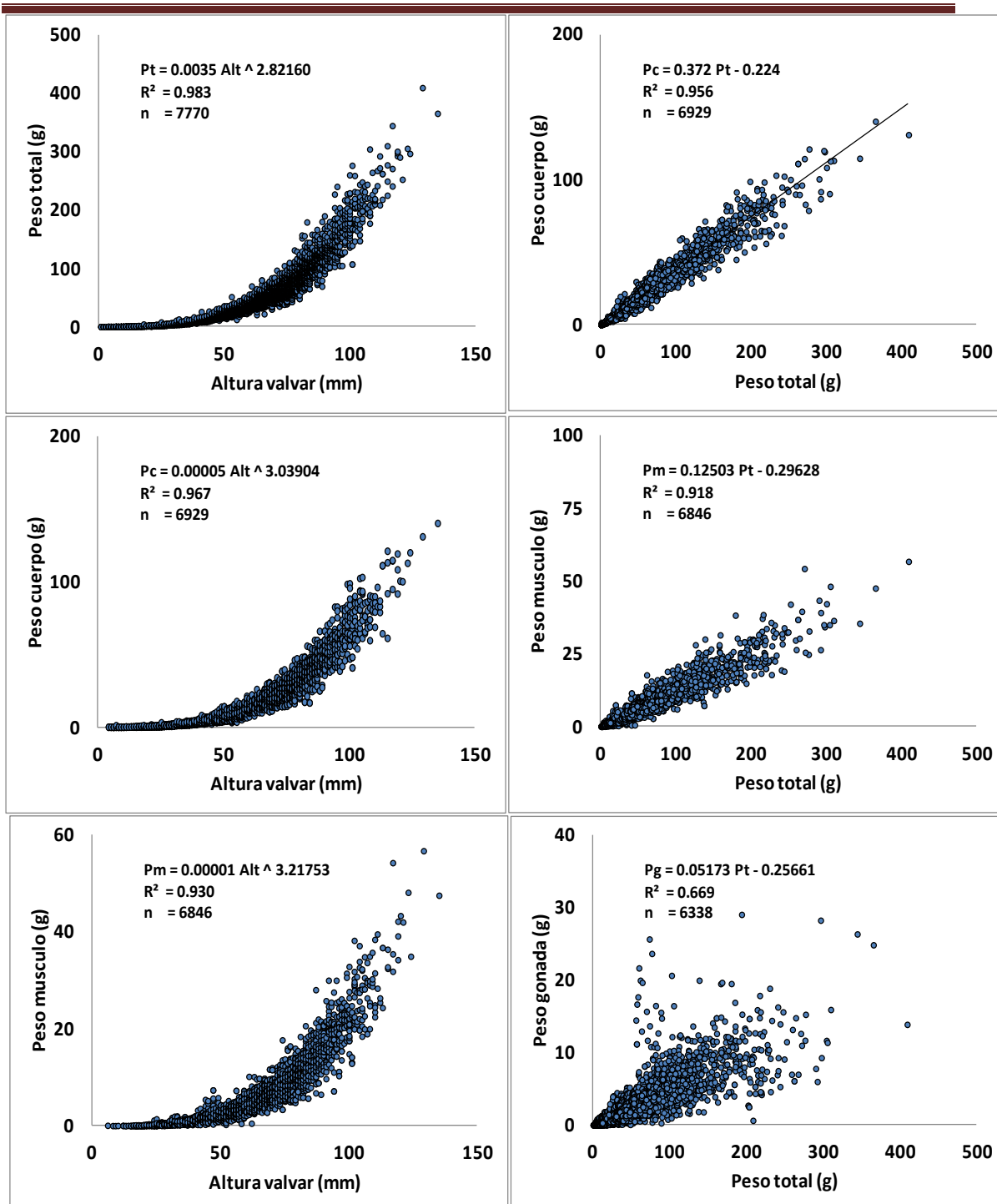


Figura 4.4. Relaciones biométricas de *A. purpuratus* en la bahía de Sechura para el periodo 1995-2009.

### **Índice gonadosomático**

En la figura 4.5 se presenta la variación mensual del índice gonadosomático (IGS) para dos grupos de tamaños para el periodo 1995-2009. Ambos grupos presentaron una estacionalidad con picos de altos valores a mediados del verano y durante la primavera para los ejemplares de mayor tamaño (> 65 mm). Mientras que los ejemplares de menor tamaño presentaron un pico durante el verano y otoño e inicios de primavera. Los valores de IGS fueron menores en los ejemplares de menor tamaño (Fig. 4.5).

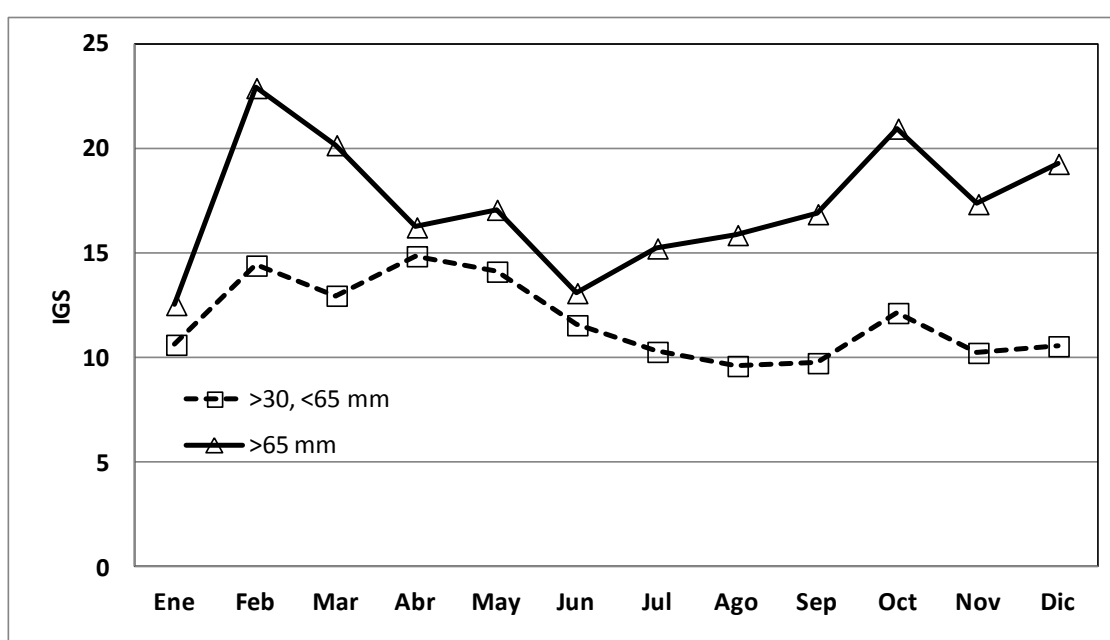


Figura 4.5. Variación del índice gonadosomático promedio mensual de *A. purpuratus* en la bahía de Sechura para el periodo 1995-2009.

### **Factor de condición**

En la figura 4.6 se presenta la variación mensual del factor de condición (FC) para dos grupos de tamaños para el periodo 1995-2009. En ambos grupos se observó estacionalidad de los valores de FC. En ambos grupos los mayores valores se observaron en los meses de febrero y marzo, para posteriormente presentar una tendencia decreciente hasta finales de invierno, para incrementarse en los meses de primavera. Los valores de FC fueron similares para ambos grupos (Fig. 4.6).

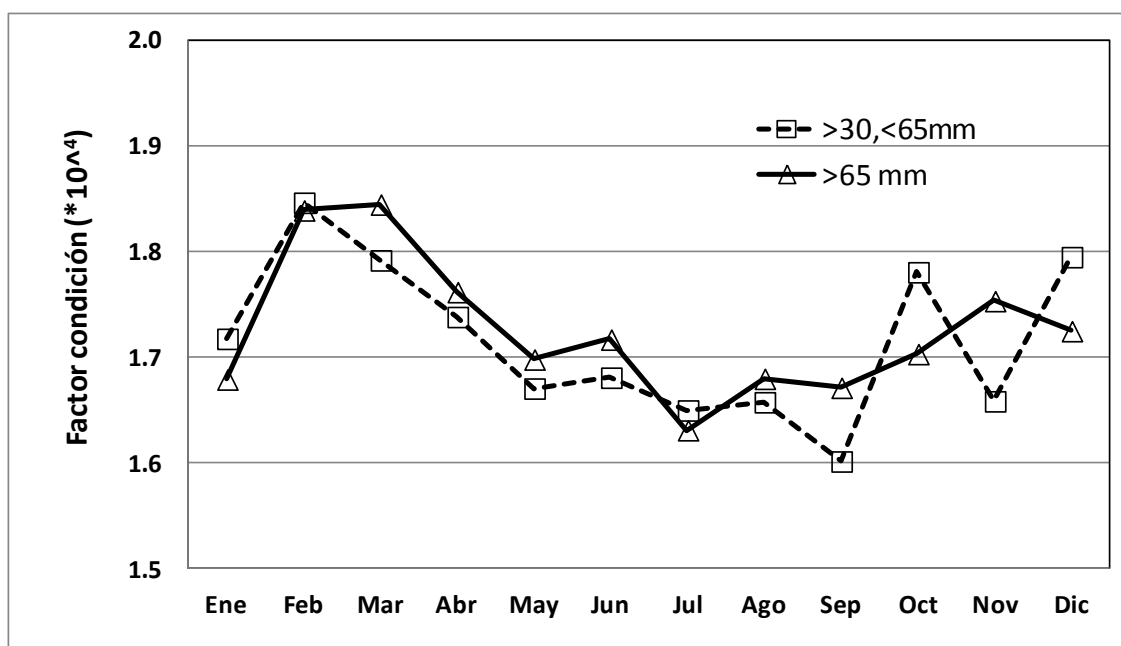


Figura 4.6. Variación del factor de condición promedio mensual de *A. purpuratus* en la bahía de Sechura para el periodo 1995-2009.

### **Estadios de maduración gonadal**

Las variaciones mensuales de los estadios de madurez gonadal son presentadas en la figura 4.7. En el estadio inmaduro y madurante no se observa una clara estacionalidad. En inmaduros los mayores valores son observados en los meses de primavera, mientras que el porcentaje de madurantes presentan sus mayores valores a mediados de verano y finales de otoño. La presencia de desovantes y desovados durante todo el año indica que esta especie mantiene una actividad reproductiva durante todo el año. Los desovantes y desovados presentan tendencias estacionales opuestas. Así, los desovantes presentan mayores valores a inicios y finales de año, y los desovados en otoño e invierno, lo que indica una mayor actividad reproductiva en los meses de verano y primavera. El estadio en recuperación no presenta una estacionalidad (Tabla 4.3, Fig. 4.7).

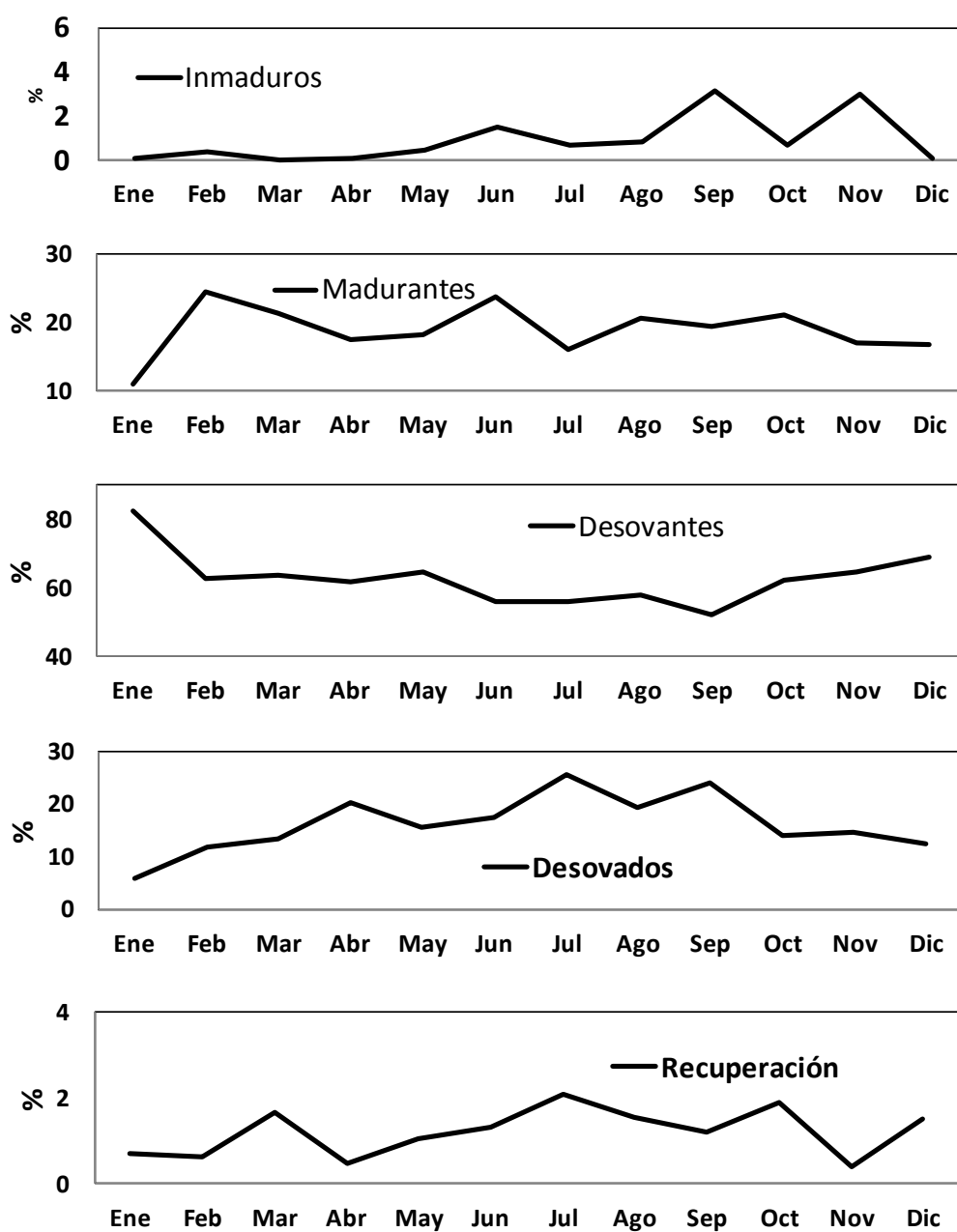


Figura 4.7. Variación mensual porcentual de los estadios de madurez gonadal de *A. purpuratus* en la bahía de Sechura para el periodo 1995-2009.

Tabla 4.3. Valores porcentuales de los estadios de madurez gonadal de *A. purpuratus* en la bahía de Sechura, 1995-2009.

Estadio/Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Inmaduros	0.1	0.4	0.0	0.1	0.4	1.5	0.7	0.9	3.1	0.7	3.0	0.1
Madurantes	11.1	24.6	21.5	17.5	18.4	23.7	16.0	20.6	19.4	21.1	17.1	16.8
Desovante	82.5	62.7	63.5	61.8	64.5	56.0	55.8	57.9	52.4	62.2	64.9	69.2
Desovados	5.7	11.7	13.4	20.1	15.6	17.4	25.4	19.2	23.9	14.1	14.6	12.4
Recuperación	0.7	0.6	1.7	0.5	1.0	1.3	2.1	1.5	1.2	1.9	0.4	1.5
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

### ***Rendimiento del musculo, gónada y musculo-gónada***

El rendimiento del musculo, gónada y musculo-gónada expresado porcentualmente como la relación de estos con el peso total por rangos de tamaños es presentado en la tabla 4.4 y figura 4.8. En los tres casos puede observarse un incremento del rendimiento con la altura valvar. Este incremento es rápido desde los 10 hasta 60 mm de altura valvar, haciéndose más lento a partir de esta talla.

Tabla 4.4. Valores porcentuales del rendimiento de *A. purpuratus* en la bahía de Sechura, 1995-2009.

Rango (mm)	P. musculo/P.total		P. gonada/P.total		(P.musc+P. gon)/P.total	
	%	n	%	n	%	n
10-19	7.5	41	2.3	12	9.4	12
20-29	9.0	276	2.3	150	11.3	145
30-39	9.8	627	2.7	466	12.6	446
40-49	10.8	1083	3.0	1029	13.8	1027
50-59	10.8	1240	3.9	1190	14.8	1190
60-69	11.7	1589	4.6	1555	16.3	1554
70-79	12.3	1096	4.8	1065	17.1	1063
80-89	12.3	541	5.1	523	17.4	522
90-99	12.9	220	5.3	218	18.2	218
100-109	12.9	98	5.3	99	18.3	96
110-119	12.7	22	4.0	21	16.8	20
120-129	14.6	5	4.8	5	19.4	5
130-140	13.0	1	6.8	1	19.9	1
Total		6839		6334		6299

Los mayores valores de rendimiento fueron de 14.6, 6.8 y 19.9 % para el peso del musculo, gónada y musculo-gónada respectivamente (Fig. 4.8).

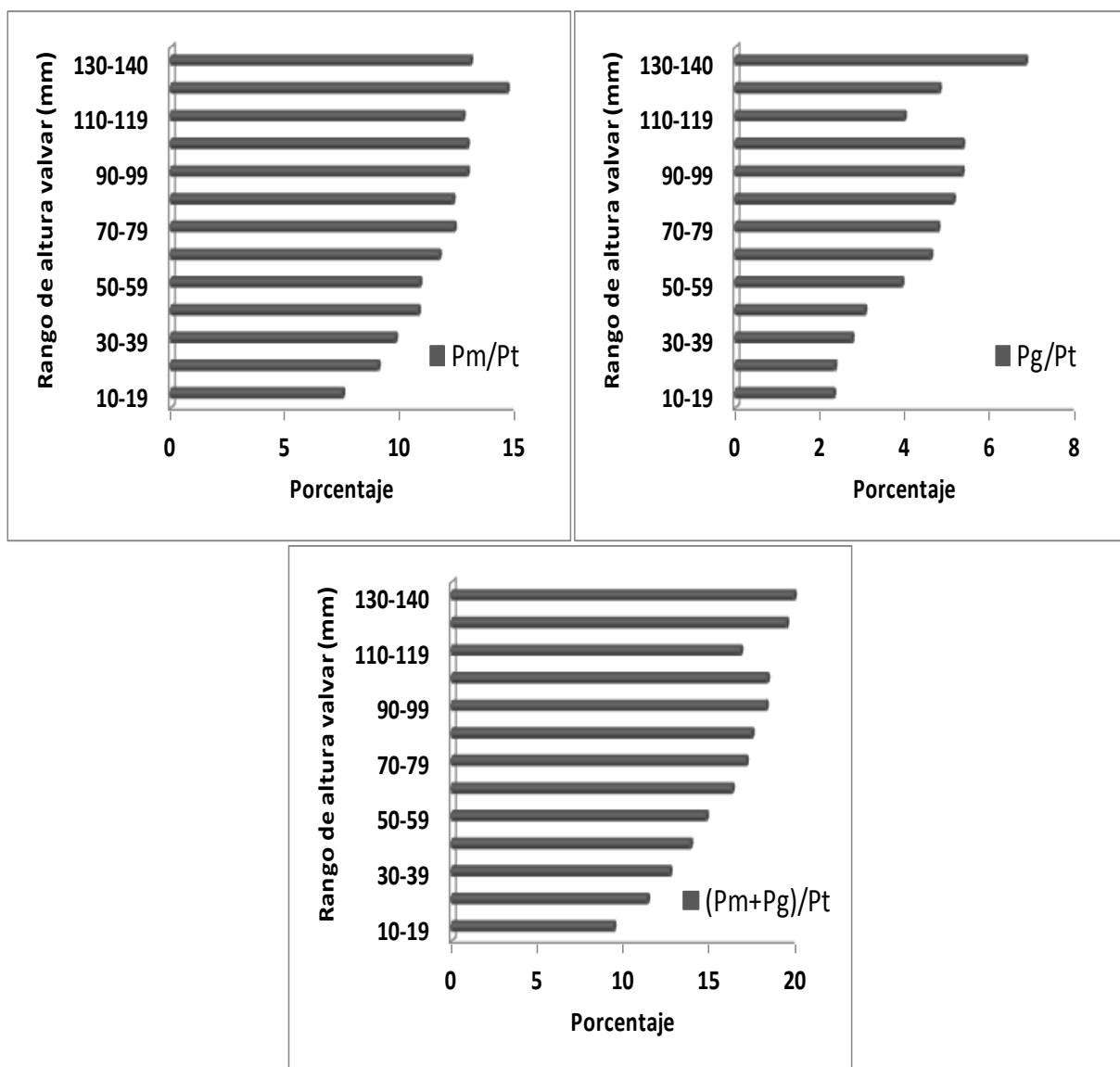


Figura 4.8. Variación por tamaños del rendimiento porcentual de *A. purpuratus* en la bahía de Sechura para el periodo 1995-2009. Figura superior izquierda, relación del peso del musculo (Pm) con el peso total (Pt) por rangos de tallas. Figura superior derecha, relación del peso de la gónada (Pg) con el peso total (Pt) por rangos de tallas. Figura inferior, relación del peso del musculo y gónada (Pm-Pg) con el peso total (Pt) por rangos de tallas.

#### 4.4 Estado biológico y poblacional de *A. purpuratus* en bancos naturales de la bahía y concesiones, magnitud y estructura poblacional durante el periodo 1995-2010.

##### ***Biomasa y población de A. purpuratus***

La biomasa de *A. purpuratus* en el periodo 1995-2010 presentó una tendencia variable hasta el 2005, para posteriormente presentar una tendencia creciente, alcanzando los mayores valores en mayo del 2009. Los valores de biomasa variaron desde un mínimo de 442,1 toneladas en agosto del 2001 y un máximo de 52,6 mil toneladas en mayo del 2009.

Antes del 2006 se observaron pulsos de abundancia en 1997-1999 y 2004 probablemente como respuesta a eventos cálidos como El Niño en 1997-98 y 2002 (Tabla 4.5, Fig. 4.9).

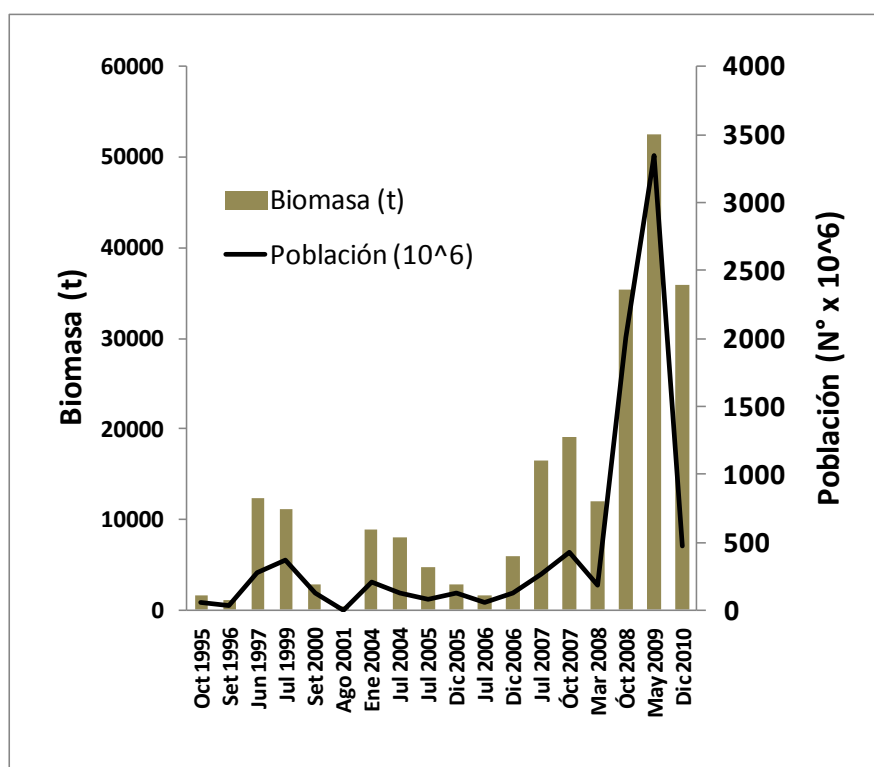


Figura 4.9. Biomasa y población de *A. purpuratus* en la bahía de Sechura estimados durante las evaluaciones poblacionales realizadas en el 1995-2010.

Paralelamente a la biomasa, la población presentó las mismas tendencias observadas en la biomasa, esto es, pulsos antes de 2006, y un incremento después del 2007 (Fig. 4.9).

Tabla 4.5. Valores de biomasa y población de concha de abanico en la bahía de Sechura estimadas durante las evaluaciones poblacionales de 1995 a 2010.

Mes-Año	Biomasa (t)	Poblacion (N°x10 <sup>6</sup> )
Oct 1995	1548.0	58.3
Set 1996	1060.2	34.0
Jun 1997	12328.8	276.8
Jul 1999	11088.9	371.3
Set 2000	2846.4	122.4
Ago 2001	442.1	3.7
Ene 2004	8896.7	208.2
Jul 2004	7962.5	123.8
Jul 2005	4817.7	83.3
Dic 2005	2846.6	127.7
Jul 2006	1539.8	56.5
Dic 2006	5960.9	121.3
Jul 2007	16439	264.6
Óct 2007	19083	427.3
Mar 2008	11931.5	179.9
Óct 2008	35344.2	2001.2
May 2009	52566.8	3348.2
Dic 2010	35824.0	467.3

### ***Estructura por tallas durante las evaluaciones poblacionales***

La estructura poblacional por tallas registradas durante las evaluaciones poblacionales en la bahía de Sechura presentó una alta variabilidad interanual. En general las tallas oscilaron entre 1 y 136 mm de altura valvar. Las estructuras por tallas anuales fueron multimodales, con una mayor incidencia de ejemplares de menor tamaño del 2003 al 2009, mientras que la mayor incidencia porcentual de ejemplares de gran tamaño fueron observados en 1995 y 1996. En general predominaron ejemplares entre los 40 y 70 mm de altura valvar (Fig. 4.10).



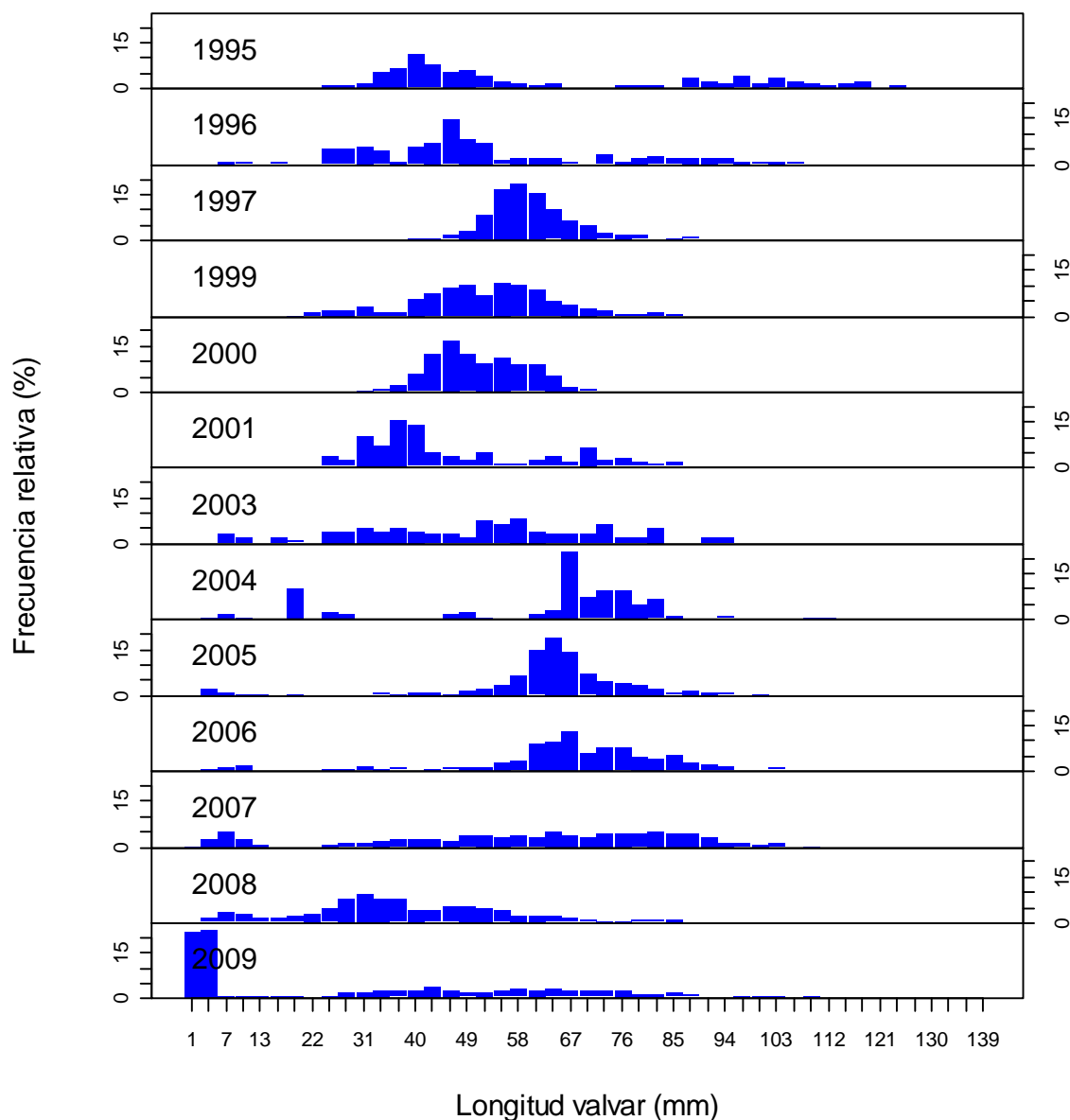


Figura 4.10. Estructura por tallas de *A. purpuratus* en la bahía de Sechura registradas durante las evaluaciones poblacionales realizadas de 1995-2009.

### ***Distribución y densidades durante las evaluaciones poblacionales***

La concha de abanico *Argopecten purpuratus* durante el periodo de estudio presentó una alta variabilidad en su distribución espacial. En general este recurso presenta una amplia distribución desde Chullillachi por el norte hasta Puerto Rico en el sur de la bahía de Sechura. Batimetricamente presentó una amplia distribución desde zonas someras hasta la isobata de los 40 m (Fig. 4.11). Durante el periodo de estudio las densidades variaron desde cero hasta 495 ejemplares por metro cuadrado. Generalmente las mayores densidades medias fueron observadas en el núcleo, en el cual se observó que las densidades medias variaron de 0,1 a 4,6 ejemplares por m<sup>2</sup>. En la zona de expansión media las densidades medias variaron de 0,0 a 3,2 ejemplares por m<sup>2</sup> en la zona de expansión máxima las densidades medias variaron de 0,0 a 9,1 ejemplares por m<sup>2</sup>. Las densidades medias en toda el área de estudio variaron de 0,2 a 6,2 ejemplares por m<sup>2</sup> (Tabla 4.6, Fig. 4.12).

Tabla 4.6. Valores de densidad promedio, mínima y máxima por m<sup>2</sup> de concha de abanico por zonas ó áreas núcleo, expansión media y expansión máxima en la bahía de Sechura estimadas durante las evaluaciones poblacionales de 1995 a 2008.

Fecha	Area Nucleo				Area Expansión Media				Area Expansión Máxima				Total			
	Prom	Mín	Máx	N	Prom	Mín	Máx	N	Prom	Mín	Máx	N	Prom	Mín	Máx	N
1995	0.1	0	1	11	0.6	0	4	14	0.1	0	1	23	0.3	0	4	48
1996	2.3	0	26	16	0.4	0	5	20	0.0	0	0	35	0.6	0	26	71
1997	2.0	0	28	18	0.3	0	2	15	0.4	0	7	45	0.7	0	28	78
1999	3.1	0	19	29	0.6	0	7	23	0.1	0	2	38	1.2	0	19	90
2000	4.6	0	77	40	1.0	0	4	22	0.1	0	3	49	1.9	0	77	111
2001	0.2	0	2	25	0.6	0	4	28	0.1	0	2	35	0.3	0	4	88
2003	0.6	0	5	21	0.7	0	4	18	0.1	0	2	27	0.4	0	5	66
2004-1	0.7	0	5	31	0.5	0	2	17	0.8	0	10	34	0.7	0	10	82
2004-7	1.1	0	10	22	0.3	0	2	19	0.3	0	4	49	0.5	0	10	90
2005-7	0.4	0	2	29	2.8	0	41	16	1.2	0	61	63	1.2	0	61	108
2005-12	1.0	0	5	26	0.5	0	3	19	0.2	0	1	61	0.4	0	5	106
2006-7	0.7	0	4	26	0.0	0	1	24	0.0	0	1	60	0.2	0	4	110
2006-12	0.3	0	2	19	0.9	0	4	17	0.3	0	4	47	0.4	0	4	83
2007-7	2.4	0	9	27	1.9	0	9	24	0.4	0	8	59	1.2	0	9	110
2007-10	1.5	0	9	41	1.9	0	25	29	1.4	0	17	73	1.5	0	25	143
2008-3	1.1	0	10	40	1.0	0	5	39	0.3	0	6	100	0.6	0	10	179
2008-10	3.8	0	74	46	3.2	0	52	39	9.1	0	495	80	6.2	0	495	165

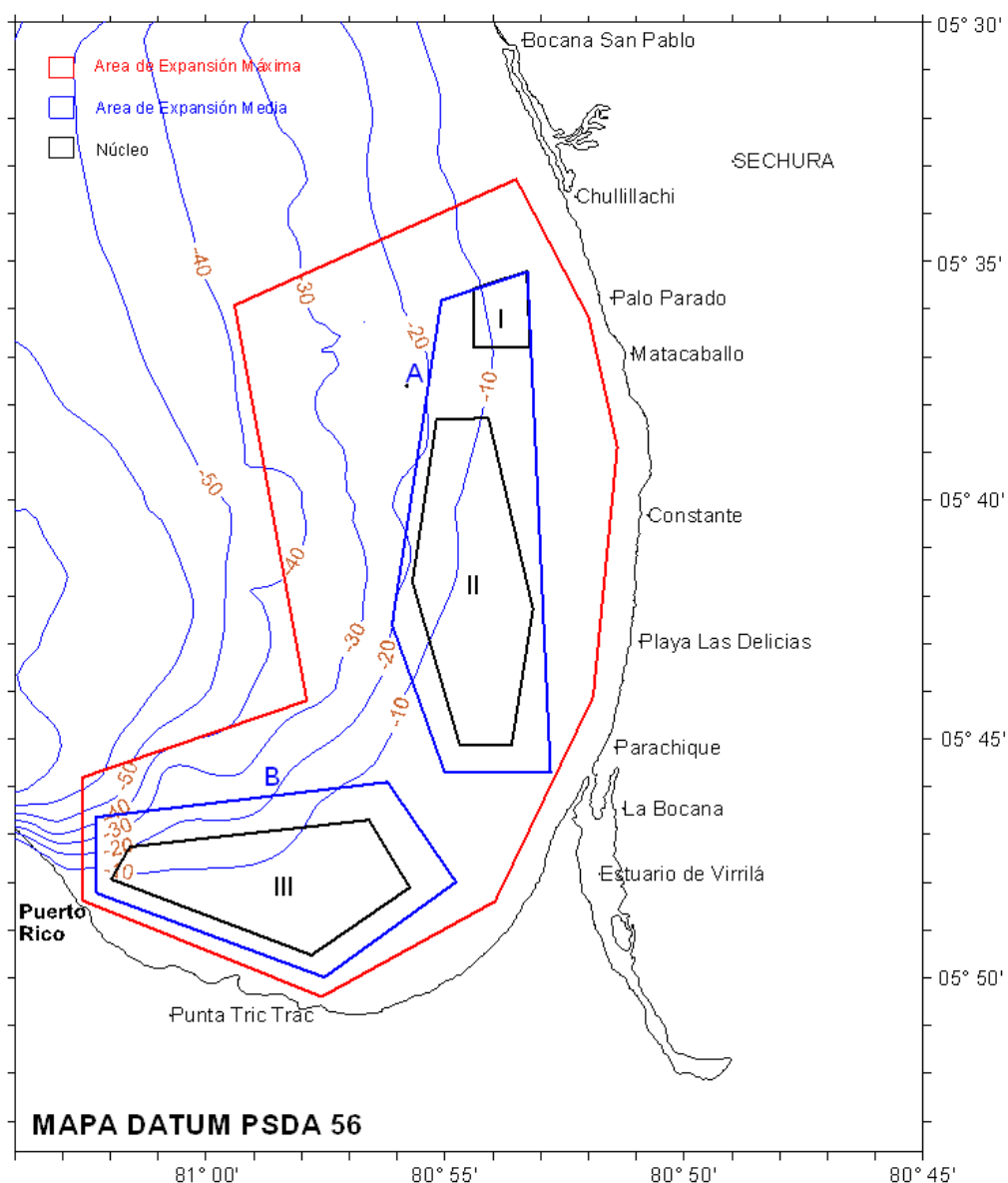


Figura 4.11. Área de distribución de *A. purpuratus* en la bahía de Sechura registradas durante las evaluaciones poblacionales realizadas de 1995-2009 mostrando las áreas denominadas núcleos (áreas encerrada por la línea de color negro), área de expansión media (área fuera de los núcleos y delimitadas por las líneas de color azul), y el área de expansión máxima (área delimitada por la línea roja).

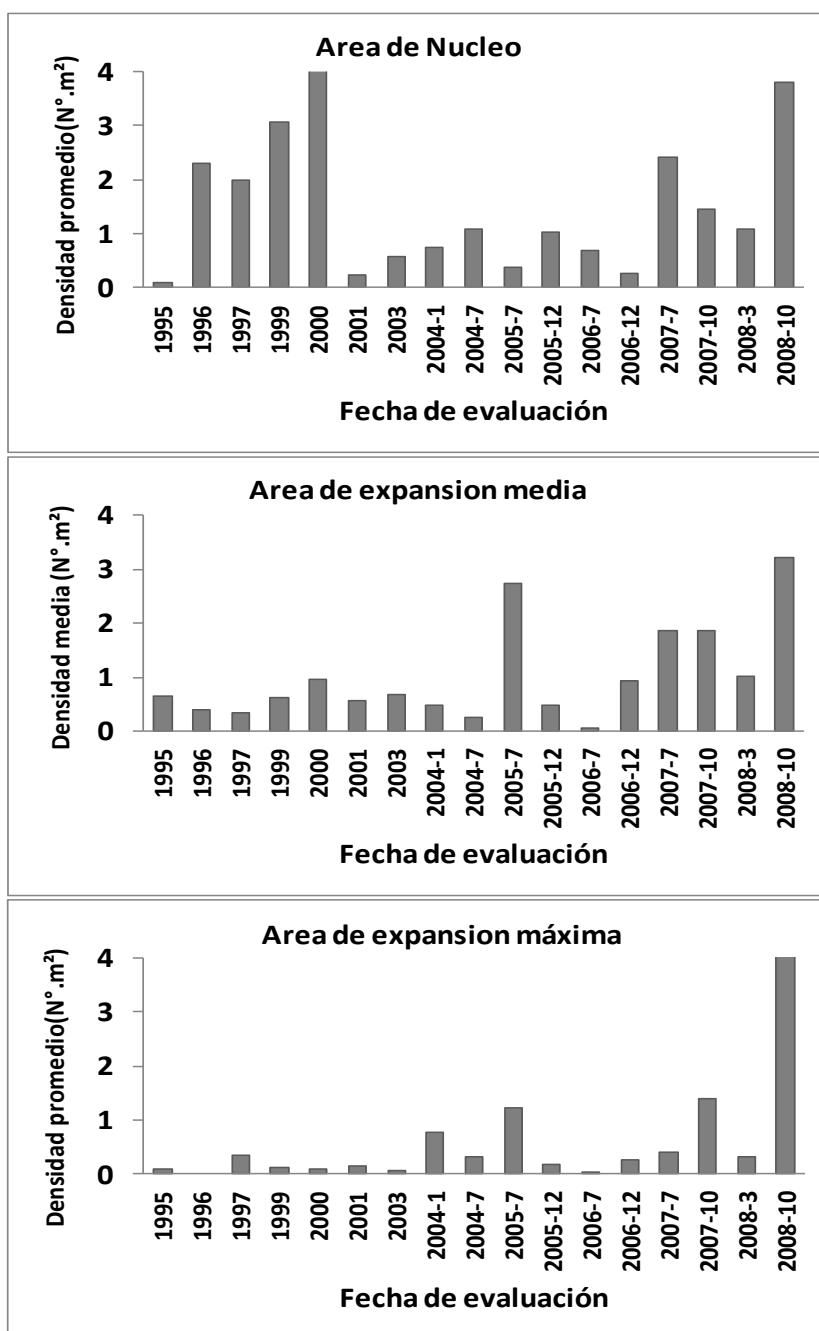


Figura 4.12. Variaciones interanuales de los valores de densidad media de *A. purpuratus* en la zona núcleo (Figura superior), zona de expansión media (figura central) y expansión máxima (figura inferior) en la bahía de Sechura registradas durante las evaluaciones poblacionales realizadas de 1995-2008.

### ***Fauna asociada a A. purpuratus***

Se registraron 57 especies de 8 grupos taxonómicos (algas, crustáceos, gasterópodos, bivalvos, equinodermos, antozoarios, anélidos y peces) asociadas a *A. purpuratus* durante las evaluaciones poblacionales de este recurso. El grupo que presentó una mayor diversidad de especies fue el de los gasterópodos (26 especies) seguidos por los crustáceos (12 especies), bivalvos (8 especies) y equinodermos (5 especies). A continuación se detallan las especies registradas:

#### ALGAS

<i>Chondrocanthus chamisoi</i>	“Cochayuyo”
<i>Ulva sp.</i>	“Lechuga de mar”
<i>Cladophora sp.</i>	

#### CLASE CRUSTACEA

<i>Alpheus sp.</i>	
<i>Euripanopeus transversus</i>	
<i>Euphyllax dovii</i>	“Jaiva”
<i>Hepatus chilensis</i>	
<i>Mursia gaudichaudii</i>	“Jaiva paco”
<i>Pagurus sp.</i>	“Ermitaño”
<i>Pilumnoides perlatus</i>	
<i>Pinnixa transversalis</i>	
<i>Portunus sp.</i>	“Jaiva”
<i>Cancer sp.</i>	
<i>Penaeus sp.</i>	“Langostino”
<i>Litopetrolisthes sp.</i>	
<i>Callinassa callinassa</i>	“Marucha”

#### GASTROPODA

<i>Chaetopleura hennahi</i>	
<i>Aplysia sp.</i>	“Liebre de mar”.
<i>Atrina maura</i>	“Concha lampa”
<i>Atrina sp.</i>	“Concha lampa”
<i>Bursa ventricosa</i>	“Caracol rosado”
<i>Concellaria chrysotoma</i>	

<i>Conus sp.</i>	“Cono”
<i>Crepidatella dilatata</i>	“Señorita”
<i>Crucibulum sp.</i>	
<i>Cymatium sp.</i>	
<i>Melongena patula</i>	
<i>Malea ringens</i>	“Caracol bola”
<i>Mitra sp.</i>	
<i>Nassarius sp.</i>	
<i>Olivella sp.</i>	“Olivella”
<i>Pollinices ubre</i>	“Caracol blanco”
<i>Solenostera sp.</i>	
<i>Sinum cymba</i>	“Abalón”
<i>Tegula verrucosa</i>	“Caracolito negro”
<i>Tegula sp.</i>	“Caracol turbante”
<i>Thais chocolata</i>	“Caracol negro”
<i>Thais haemostoma</i>	
<i>Thais sp.</i>	
<i>Turritella sp.</i>	“Caracol tornillo”
<i>Xanthochorus sp.</i>	“Caracol”
<i>Cantharus sp.</i>	“Buccino”

#### BIVALVIA

<i>Argopecten purpuratus</i>	“Concha de abanico”
<i>Argopecten Circularis</i>	“Concha de abanico”
<i>Chione sp.</i>	
<i>Ostrea megodon</i>	“Ostra”
<i>Trahycardium sp.</i>	
<i>Tellina sp.</i>	
<i>Ostrea sp.</i>	“Ostra”
<i>Mytella guyanensis</i>	

#### ECHINODERMATA

<i>Arbacia spatulifera</i>	
<i>Encope stokesi</i>	“Dólar de mar”
<i>Ophiuroideos</i>	“Ofiuras”

*Coenocentrotus sp.*

*Astropyga pulvinata*

#### ANTHOZOA

*Anthotoa sp.*

#### ANNELIDA

*Paraeurithoe*

#### PECES

*Hippocampus ingens* “Caballito de mar”

*Labrisomus philippi*

### 4.5 CONCLUSIONES

Los volúmenes anuales de desembarque de concha de abanico en la bahía de Sechura han presentado una tendencia creciente desde 1997 a 2009, variando de 523 hasta 62078 toneladas.

La variación interanual de la abundancia (CPUE) de concha de abanico en la pesquería artesanal presentó picos de abundancia en el 2000, 2003-2004 y 2009. Estos pulsos de abundancia en áreas silvestres podrían corresponder a variaciones asociadas al ambiente.

Las tallas medias anuales en las capturas presentaron una tendencia decreciente de 1995 a 2000. Posteriormente presentaron una tendencia creciente hasta el 2004.

La biomasa de *A. purpuratus* en el periodo 1995-2010 presentó una tendencia variable hasta el 2005, con una tendencia creciente posteriormente, hasta el 2009. Los valores de biomasa variaron desde un mínimo de 442,1 toneladas en agosto del 2001 y un máximo de 52,6 mil toneladas en mayo del 2009.

Se observaron pulsos de abundancia de la biomasa en el periodo 1997-1999 y 2004 probablemente como respuesta a eventos cálidos como El Niño en 1997-98 y 2002.

La estructura poblacional por tallas registradas durante las evaluaciones poblacionales en la bahía de Sechura presentó una alta variabilidad interanual. En general las tallas oscilaron entre 1 y 136 mm de altura valvar.

La concha de abanico *Argopecten purpuratus* durante el periodo de estudio presentó una alta variabilidad en su distribución espacial, presentando una amplia distribución desde Chullillachi por el norte hasta Puerto Rico en el sur de la bahía de Sechura.

Las densidades variaron desde cero hasta 495 ejemplares por metro cuadrado, observándose las mayores densidades medias en el núcleo.

#### 4.6 REFERENCIAS

ALAMO V. & VALDIVIESO V. 1987. Lista sistemática de moluscos marinos del Perú. Boletín Volúmen Extraordinario Instituto del Mar del Perú.

BANDIN R. & MENDO J. 1999. Asentamiento larval de la concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en colectores artificiales en la Bahía Independencia, Pisco, Perú. Invest. Mar., Valparaíso. 27: 3-13.

CANTILLANEZ M., AVENDAÑO M., THOUZEAU G. & PENNEE M. 2005. Reproductive cycle of *Argopecten purpuratus* (Bivalvia : Pectinidae) in La Rinconada marine reserve (Antofagasta, Chile) : Response to environmental effects of El Niño and La Niña. Aquaculture. 246:181-195.

ECHÉ A., LEÓN W., MENDO J. 2010. Crecimiento y mortalidad de concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) sembrada en sistemas de fondo a diferentes densidades frente a Parachique, Bahía de Sechura. Seminario Bases científicas y tecnológicas para incrementar la productividad del cultivo de concha de abanico en áreas de repoblamiento en la Bahía de Sechura. Piura, 11 de noviembre del 2010 : 22-24 p

MENDO J. & WOLFF M. 2003. El impacto de El Niño sobre la producción de concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en Bahía Independencia, Pisco, Perú. Ecología aplicada. 2(1): 51-57.

MENDO J., WOLFF M., CARBAJAL W., GONZÁLES I. Y BADJECK M. 2008. Manejo y explotación de los principales bancos naturales de concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en



la costa Peruana. En A. Lovatelli, A. Farías e I. Uriarte (eds). Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan susustentabilidad en América Latina. Taller Técnico Regional de la FAO. 20–24 de agosto de 2007, Puerto Montt, Chile. FAO Actas de Pesca y Acuicultura. No. 12. Roma, FAO. pp. 101–114

MENDO J., ISLA L., ORREGO H., TOLEDO M., GIL P. & DEL SOLAR A. 2011. Manual técnico para el repoblamiento de concha de abanico en la Bahía de Sechura, 100 pp. Proyecto FINCYT, Lima, mayo 2011.

MENDO J., ISLA L., ORREGO H., TOLEDO M., GIL P. & DEL SOLAR A. 2011. Manual técnico para el repoblamiento de concha de abanico en la Bahía de Sechura, 100 pp. Proyecto FINCYT, Lima, mayo 2011.

MORAGAT D., AVENDAÑO M., PEÑA J., LE PENNECT M., TANGUYT A. & BARON J. 2001. Genetic and morphological differentiation between two pectinid populations of *Argopecten purpuratus* from the northern chilean coast. *Estud. Oceanol.* 20: 51-60.

PACHECO A. & GARATE A. 2005. Bioincrustantes en estructuras de cultivo de *Argopecten purpuratus* en Bahía Samanco, Perú. *Ecología Aplicada.* 4(1,2): 149-152.

PACHECO A. & STOTZ W. B. 2006. Will providing a filamentous substratum in the water column and shell litter on the bottom increase settlement and post-larval survival of the scallop *Argopecten purpuratus*? . *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology.* 333:27-39.

TARAZONA J., ESPINOZA R., SOLIS M. & ARNTZ W. 2007. Crecimiento y producción somática de la concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en Bahía Independencia, Pisco (Perú) comparados entre eventos El Niño y La Niña. *Revista de Biología Marina y Oceanografía.* 42(3): 275-285.

WOLFF M. 1985. Abundancia masiva y crecimiento de preadultos de la concha de abanico peruana (*Argopecten purpuratus*) en la zona de Pisco bajo condiciones de El Niño 1983. *Bol. Inst. Mar Perú-Callao, Vol. Extraordinario.* : 1-222.

WOLFF M. 1988. Spawning and recruitment in the Peruvian scallop *Argopecten purpuratus*. Mar. Ecol. Prog. Ser. 42: 213-217.

WOLFF M., TAYLOR M., MENDO J. & YAMASHIRO C. 2007. A catch forecast model for the Peruvian scallop (*Argopecten purpuratus*) based on estimators of spawning and settlement rate, Ecol. Model. 209(2-4): 333-341.

## **V. CARACTERIZACIÓN BATIMETRÍA DE LA BAHÍA**

*Federico Velazco*

Área de Geología Marina, DGIOCC, IMARPE

### **5.1 INTRODUCCIÓN**

En relación al tema del estudio, la batimetría constituye información base en las actividades de modelamiento numérico para determinación de la capacidad de carga y para la simulación de la circulación marina. También puede emplearse en cuantificaciones de recursos.

Otras aplicaciones importantes se dan en los campos de geología marina, especialmente en los campos de geomorfología y sedimentología marina, como también en otras investigaciones en el campo de la oceanografía, estudios medio ambientales y de ingeniería costera.

### **5.2 MATERIAL Y MÉTODOS**

El presente estudio se elaboró en base a la compilación de información bibliográfica y documentos cartográficos existentes de la Bahía de Sechura y frente a la misma, entre las latitudes de 5° 27' al 5° 51' de Latitud Sur y 81° 7' 48" al 80° 09' de Longitud Oeste.

La obtención de datos georeferenciados de profundidad marina se obtuvieron empleando el software ArcGIS, digitalizando las profundidades de Cartas de Navegación de la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú, que constituyen además los mapas base del presente estudio. Adicionalmente se incluyen datos de profundidades obtenidas durante la prospección oceanográfica de Verano. En la Tabla 5.1 se indican los detalles de la información empleada.

Tabla 5.1. Información empleada en la digitalización de profundidades.

Carta Navegación / ó Procedencia del dato	Referencia de datum	Escala	Software empleado en digitalización
Carta HIDRONAV 121 Punta Gobernador a Punta Falsa	WGS 84	1:100,000	Arc Gis
Carta HIDRONAV 1211 Caleta Mataballo	WGS 84	1:25,000	Arc Gis
Carta HIDRONAV 1212 Caleta Parachique	WGS 84	1:25,000	Arc Gis
Carta HIDRONAV 1213 Puerto Bayovar	WGS 84	1:25,000	Arc Gis
Op. Mar Estudio Bio Oceanográfico para determinar la Capacidad de Carga en la Bahía de Sechura (1203-03)	WGS 84	-----	Dato medido en campo

Mediante el empleo de herramientas del *Spatial Analyst* del ARC GIS, se obtuvieron las isóbatas a partir de datos georeferenciados de las profundidades, aplicando el método de interpolación *Kriging Ordinary*, disponible en ArcGis 10 que utiliza el semivariograma Espherical (es el más general y utilizado de los métodos *kriging* y también el predeterminado).

Para obtener una visión tridimensional de la ensenada y facilitar el análisis de la morfología submarina, se elaboró un *Modelo de Elevación Digital* (DEM en inglés), usando la opción TIN del paquete del comando *3D Analyst*. También se graficaron 3 perfiles perpendiculares a la línea de costa de los sectores norte (Perfil AA'), centro (Perfil BB') y sur (Perfil CC'); adicionalmente en el sector sur se elaboró un cuarto perfil (Perfil DD') para mostrar un rasgo morfológico importante; para ello se ha empleado el comando *create profile graph* del entorno de *3D Analyst*, obteniéndose así los perfiles del fondo marino.

### 5.3 RESULTADOS

#### Datos georeferenciados de profundidades marinas

De la digitalización de las profundidades en las cartas de navegación, se obtuvieron 8055 datos que se anexan en formato digital al presente informe. La distribución de los sondeos digitalizados, número y separación entre puntos se presenta en la Figura 5.1 y el detalle de la misma se precisa en la Tabla 5.2.

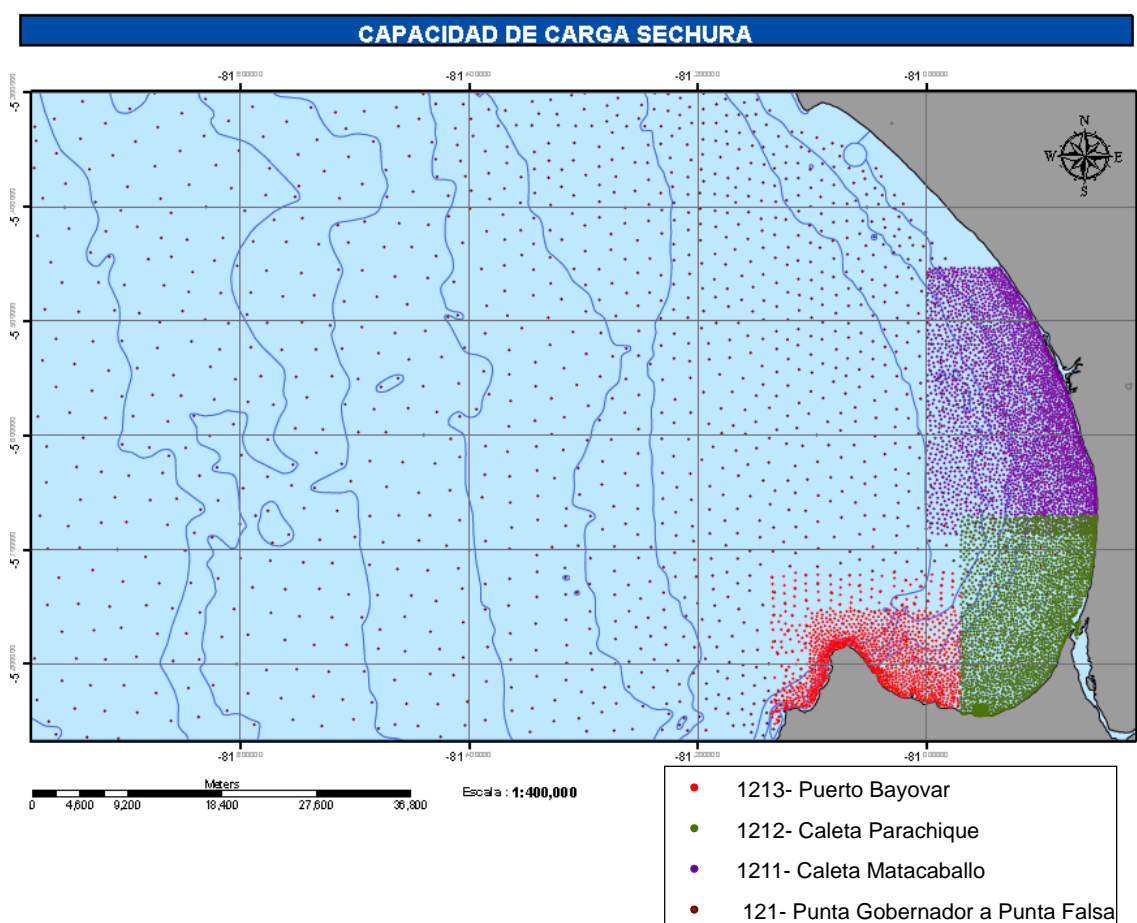


Figura 5.1. Distribución de puntos georeferenciados (Ensenada de Sechura)

Tabla 5.2. Información global de sondeos georeferenciados

Carta de Navegación	# De sondeos digitalizados	Distancia entre sondeos (m)
121 Punta Gobernador a Punta Falsa	1466	2500-3000
1211 Caleta Matacaballo	3153	300-400
1212 Caleta Parachique	2295	200-400
1213 Puerto Bayovar	1141	300-500

Se adjunta también en formato digital la compilación de la información de profundidades proporcionada por la Unidad de Investigación en Oceanografía Física y sus correspondientes posiciones, empleando un Navegador GPS Garmin conectado a un ADCP Teledyne Instruments, que fueron obtenidas durante la prospección oceanográfica de Verano (Figura 5.2); sin embargo esta información no fue empleada

para efectos de la obtención de gráficos, como lo son los datos provenientes de cartas de navegación. Se incluyen en el presente trabajo de modo referencial.

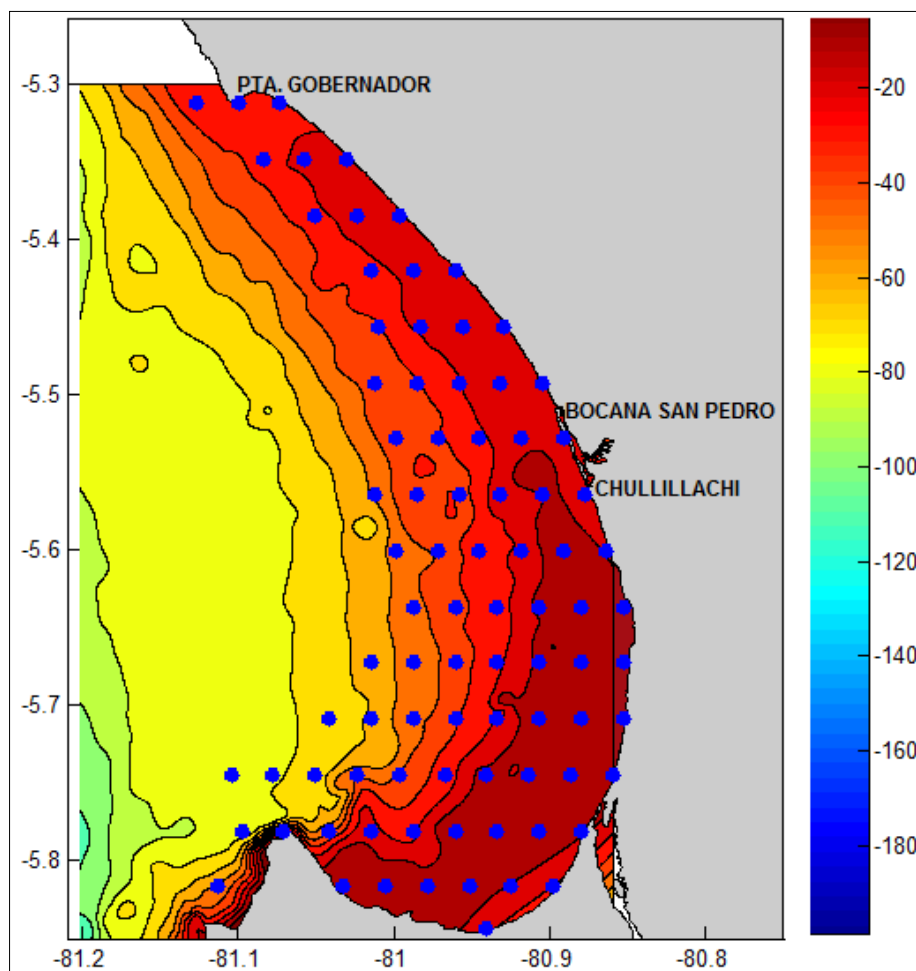
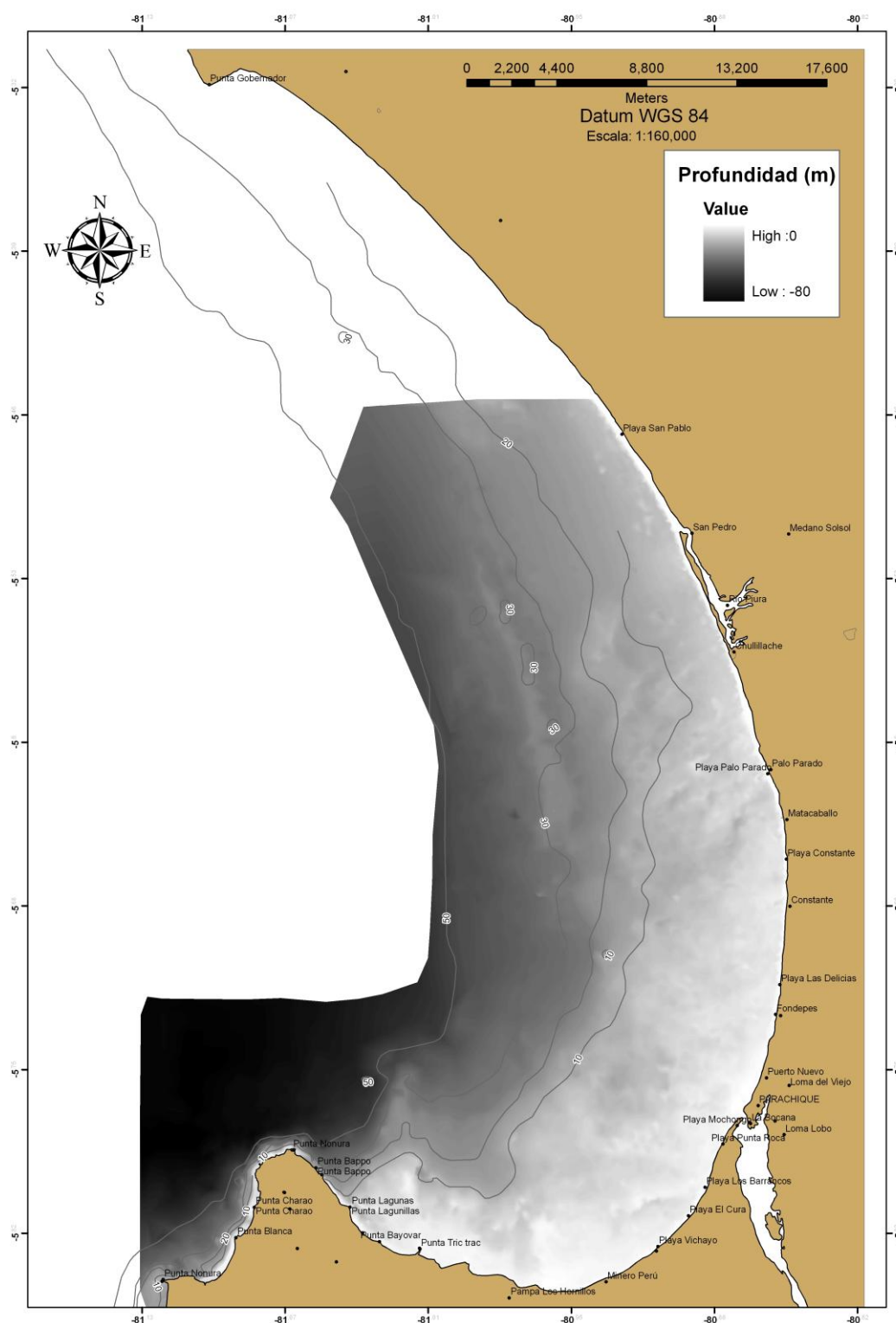


Figura 5.2. Distribución de puntos y profundidades asociadas de la Bahía de Sechura. Febrero  
Marzo 2012.

### Mapa de distribución de isóbatas marinas

El mapa de distribución de isóbatas, muestra los veriles de 10 m, 20 m, 30 m y 50 m, observándose que la zona más próxima a la costa presenta escasa profundidad. Los veriles mencionados se presentan sub paralelos a la línea de costa en el sector norte, hacia el sector central comienzan a ampliarse y alejarse de la costa. Localmente, al sur de la desembocadura del Río Piura, frente al Estuario de Virrilá y frente a Puerto Bayovar se aprecian inflexiones en las isóbatas (Figura 5.3). La mayor profundidad (mayor a 70 m) está presente en el sector sur.



## Perfiles submarinos y Modelo de Elevación Digital (DEM)

Los perfiles batimétricos de los sectores norte (AA'), central (BB') y sur (CC') evidencian a distintas profundidades, niveles sub-horizontales de escasa pendiente y extensión variable en cada sector, conectados entre sí por tramos de pendiente elevada. Estos niveles sub-horizontales están presentes en mayor número en el sector sur (Fig. 5.4) .

En la zona más próxima a la orilla, la pendiente es mayor en el Perfil AA' que en los Perfiles BB' y CC' (Figs. 5.5 a 5.7) y se aprecia que enlaza un nivel sub horizontal aproximadamente entre 5 a 10 m de profundidad (este nivel presenta algunas depresiones). La amplitud de este nivel (5-10 m) es mayor en el Perfil CC' (donde aproximadamente se extiende por 6 km), representando una gran extensión superficial para el sector sur. Bajo este nivel, el perfil CC' muestra niveles sub horizontales (25-28 m, 32 m, 42 m y 58-60 m aproximadamente).

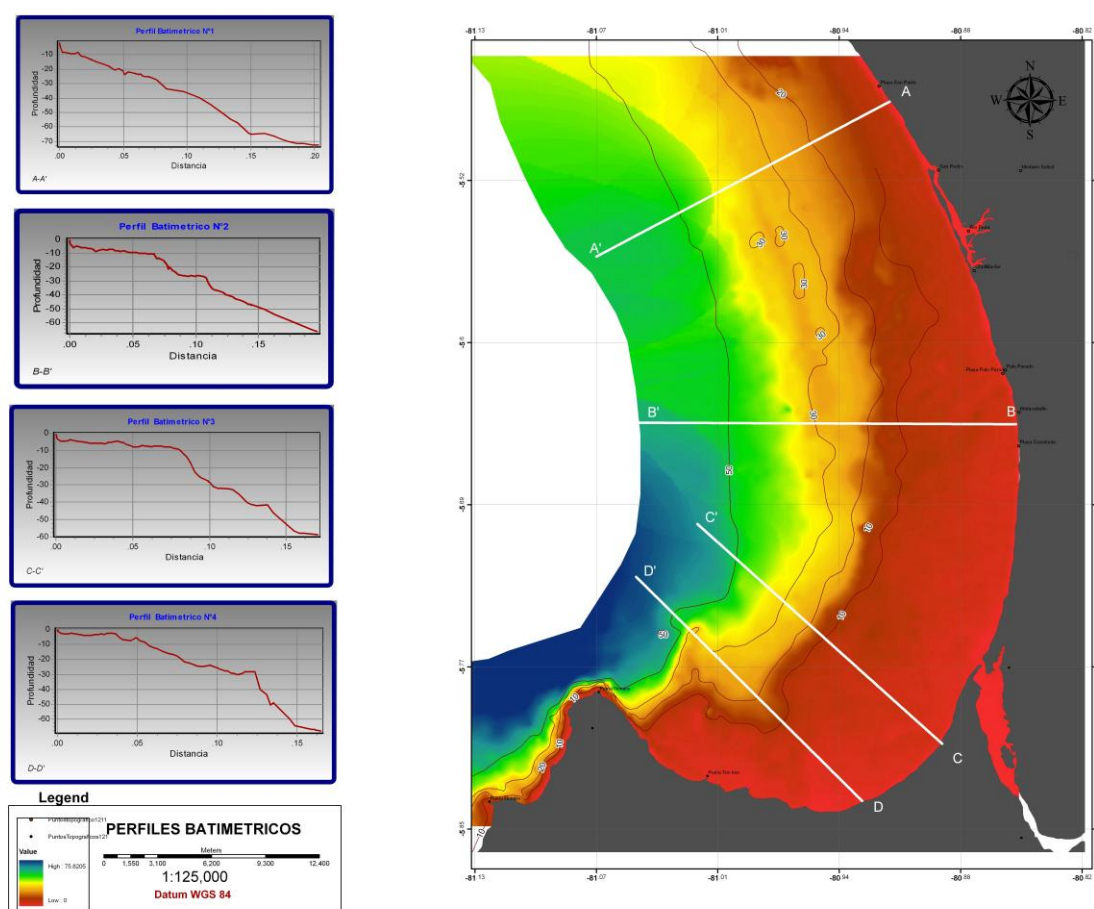


Figura 5.4. Ubicación de Perfiles submarinos en la Bahía de Sechura



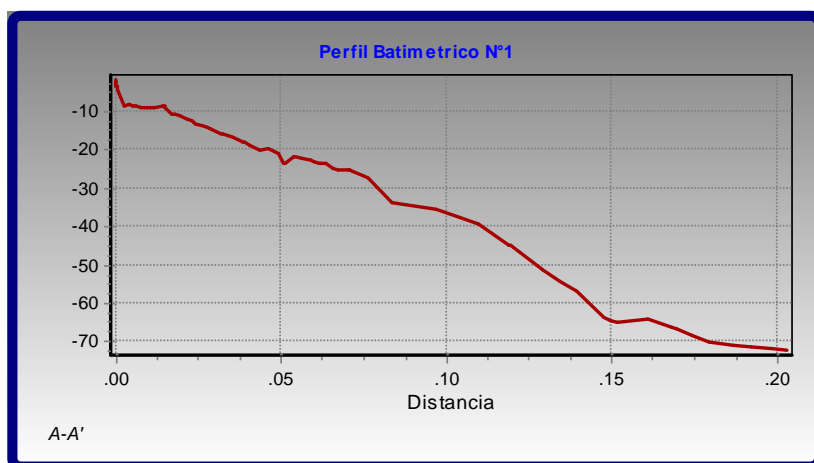


Figura 5.5. Perfil N°1

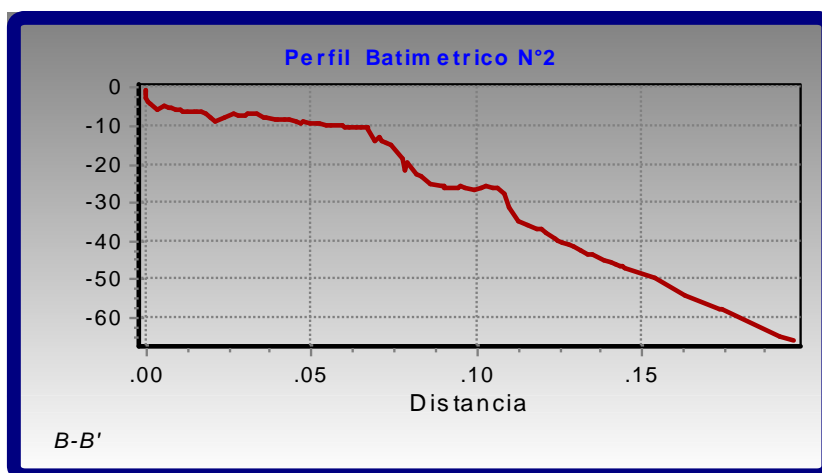


Figura 5.6. Perfil N°2

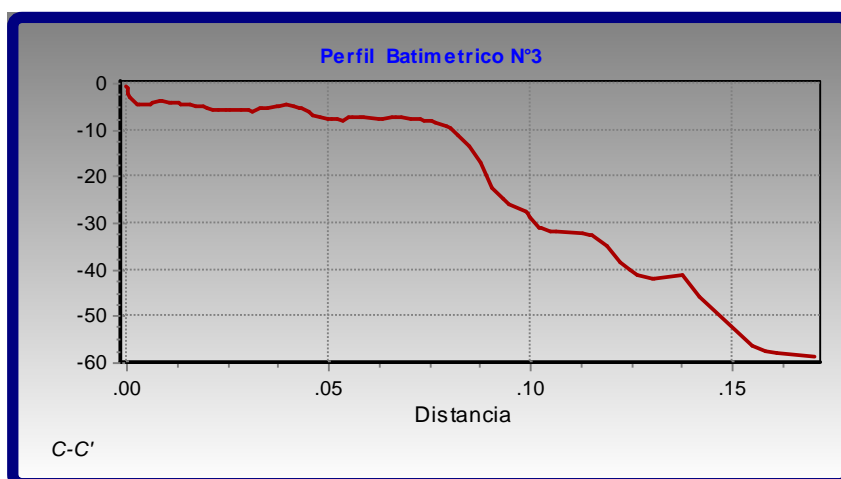


Figura 5.7. Perfil N°3

El Perfil DD' de dirección aproximada N45°W (Fig. 5.8) ubicado en el sector sur es cortado (frente a la zona de Bayovar) desde la isóbata de 10 m hacia mayores profundidades, por una depresión (de dirección general NS) que se aprecia en las Figuras 5.3 y 5.4, con mayor detalle en la Figura 5.9 (Modelo de Elevación Digital). Este perfil presenta cambios de pendiente que corresponden al cruce de los flancos, primero al lado derecho y luego al lado izquierdo de esta depresión. También se observa que al interior de esta depresión el perfil DD' es cortado por canales más pequeños a 25 y 30 m.

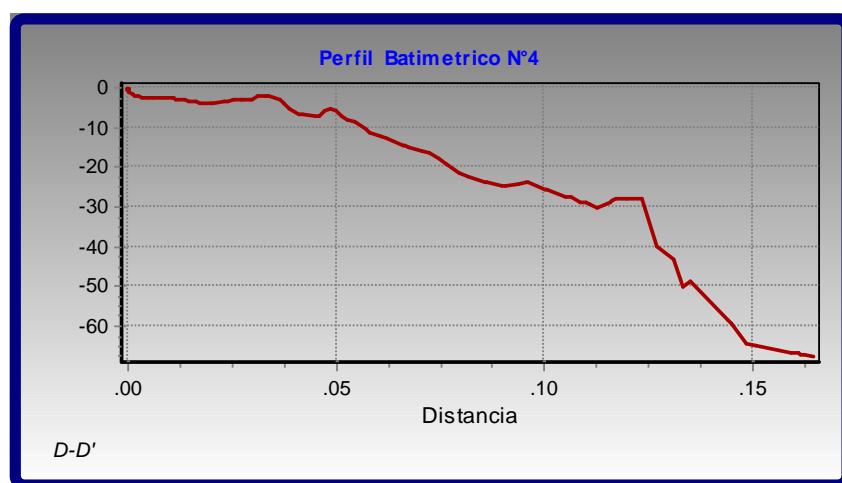


Figura 5.8. Perfil N°4

El modelo de elevación digital permite visualizar rasgos morfológicos tales como la amplia superficie sub-horizontal que abarca gran extensión de la ensenada, localizada entre los 5 a 10 m de profundidad y principalmente desarrollada en la zona sur y central. Esta superficie presenta irregularidades ocasionadas por pequeñas elevaciones sobre el fondo pero que no alcanzan la superficie y algunas pequeñas depresiones.

También es posible visualizar una superficie sub-horizontal entre aproximadamente los 27-28 m de profundidad, alargada, paralela a la línea de costa que está más desarrollada en el sector central y se vuelve más angosta hacia los sectores norte y sur.

Una amplia depresión de orientación NS similar a un canal, con pequeños y delgados canales en su interior que se inicia desde los 10 m y se proyecta a una profundidad de 50 m.

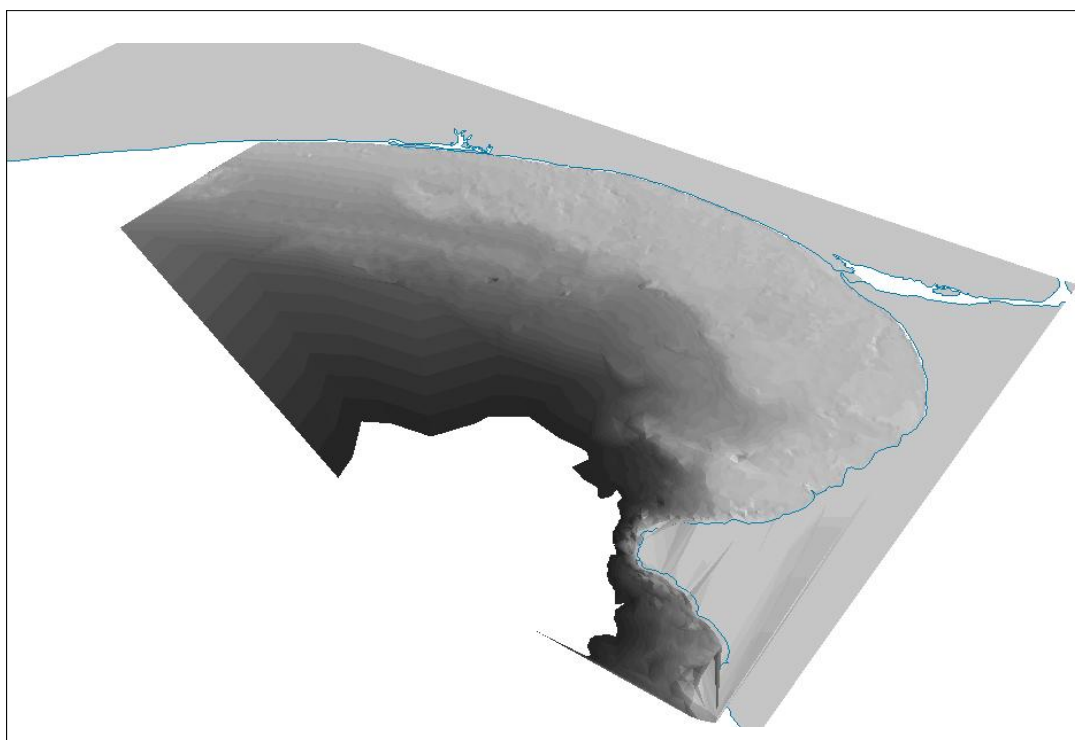


Figura 5.9. Modelo de Elevación Digital de la Bahía de Sechura.

#### 5.4 CONCLUSIONES

Como conclusión podemos mencionar que los rasgos morfológicos más importantes que destacan en el relieve submarino de la Bahía de Sechura son los siguientes:

Se presenta un amplio nivel sub horizontal (5 a 10 m) bien desarrollado en la zona sur, que disminuye hacia el norte y también hacia el oeste de Puerto Bayovar. Este nivel posee elevaciones y depresiones entre 5 y 10 m que reflejan la irregularidad del fondo de esta zona y que se aprecian claramente en el perfil CC' y en menor grado en el perfil BB'.

Un segundo nivel similar a una cornisa (aproximadamente 27 m de profundidad) estrecho y paralelo a la línea de costa que tiene un mayor desarrollo en la zona central y se vuelve más angosto tanto al sur como al norte.

Una depresión similar a un ancho canal de orientación principal NS (con pequeños canales interiores) que se desarrolla entre 10 y 50 m aproximadamente

## **VI. CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS Y DINÁMICA DE LAS CORRIENTES MARINAS**

*Jorge Quispe*

Área Funcional de Investigaciones en Oceanografía Física, DGIOCC, IMARPE

### **6.1 INTRODUCCIÓN**

Diversos estudios realizados han determinado que las áreas de la Bahía de Sechura, principalmente las de la zona interior, son de importancia no solo ecológica sino también económica por que sustentan una importante actividad extractiva artesanal y turística; esto genera la necesidad de contar con estudios multidisciplinarios que abarquen toda la estructura trófica del área, con el fin de generar información técnica actualizada.

La bahía de Sechura por su ubicación, gran extensión y configuración de costa, está considerada como una bahía vulnerable a cambios en las variables físicas y biogeoquímicas debido a los efectos que puedan producir el desplazamiento horizontal de las corrientes marinas y surgencia de masas de agua. Determinando los efectos de la hidrodinámica en la bahía y su interacción sobre el ecosistema, se espera establecer bases técnicas para el ordenamiento pesquero y acuícola del área de estudio. El presente informe resume las condiciones oceanográficas y la dinámica de corrientes marinas durante el periodo de evaluación.

### **6.2 MATERIAL Y MÉTODOS**

Para la Fase I (Verano) el muestreo se realizó entre 21 de febrero y 04 de marzo del 2012; mientras que para la Fase II (Invierno) entre el 11 y 21 de julio del 2012; para ambas Fases de muestreo se realizaron 76 estaciones hidrográficas en el área de evaluación entre las latitudes 5,25°- 5,90°S y longitudes 80,75°- 81,2°W (Figura 6.1).

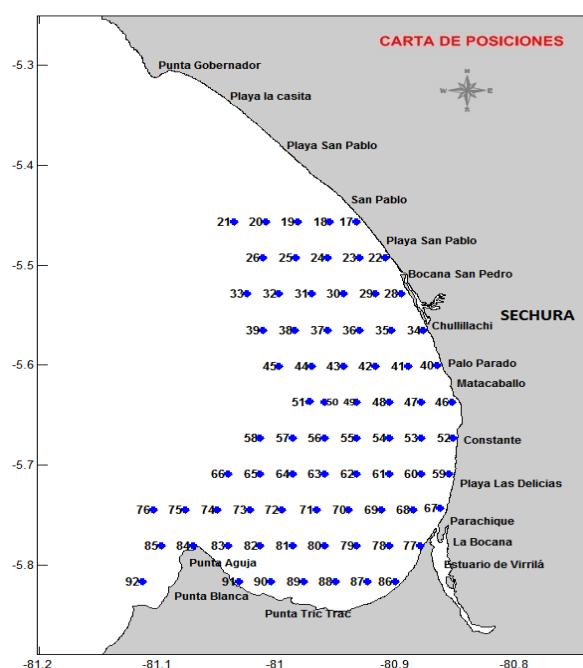


Figura 6.1. Ubicación de las Estaciones Hidrográficas de muestreo, Bahía de Sechura.

Se hicieron registros de temperatura, salinidad y corrientes marinas en superficie, capas intermedias y fondo. La navegación y la ubicación de las estaciones se realizaron con el apoyo de un equipo de navegación satelital GPS de marca Garmin. Para la obtención de muestras de salinidad y registro de temperatura de fondo se utilizó una Botella Niskín de 5 Litros de capacidad, las temperaturas en la superficie fueron registradas con un termómetro de superficie; las muestras de salinidad se colectaron en frascos de polietileno y posteriormente se analizaron en la sede central por el método de inducción, utilizando un salinómetro PORTASAL Guildline.

Las corrientes marinas se registraron con un correntómetro tipo Doppler, marca RDI Instruments, tomando información en niveles (capas) de superficie y fondo, donde se obtuvieron velocidades y direcciones predominantes de las corrientes marinas en cada nivel. Los datos de corrientes fueron procesados y filtrados usando programas propios del equipo. Se colectaron datos de viento (magnitud y dirección) entre las 08.00 h y 15.00 h del 21 de febrero al 04 de marzo y del 09 al 21 de julio del 2012, con el anemómetro Marca Ames.

Los parámetros oceanográficos registrados se procesaron en hojas de cálculo Excel y los resultados graficados con el programa MATLAB 7.0, generando como producto cartas de distribución horizontal, de temperatura, salinidad y corrientes marinas en superficie, capa intermedia y fondo.

### **6.3 RESULTADOS**

#### **FASE I (VERANO)**

Los resultados se presentan en distribuciones horizontales para la capa superficial, a 5, 10, 15 m y secciones verticales obtenidas para las variables hidrográficas. El muestreo se realizó entre las 07:00:00 horas del 21-Feb-2012 y las 15:00:00 horas del 04-Mar-2012. Las figuras generadas fueron la distribución superficial de la temperatura, salinidad, corrientes marinas y vientos.

#### **Distribucion horizontal**

##### ***Temperatura***

Uno de los parámetros más relevantes y que permite caracterizar la hidrodinámica en el océano es la temperatura. La figura 6.2 a) presenta su variación espacial mediante la distribución superficial de las isolíneas en la zona de estudio, el máximo valor se alcanzó frente a Playa las Delicias [27 °C].

La temperatura superficial (TS) muestra una distribución térmica con fluctuaciones entre 22 y 27°C (Figura 6.2a); con un promedio de 24,5 °C. En general el área presentó condiciones ligeramente cálidas en la zona centro y sur al interior de la bahía; quizás debido al ingreso de aguas de continente frente a Parachique; mientras que a 5m de profundidad las temperaturas estuvieron entre 20 y 22,5°C con promedio de 21,25 °C.

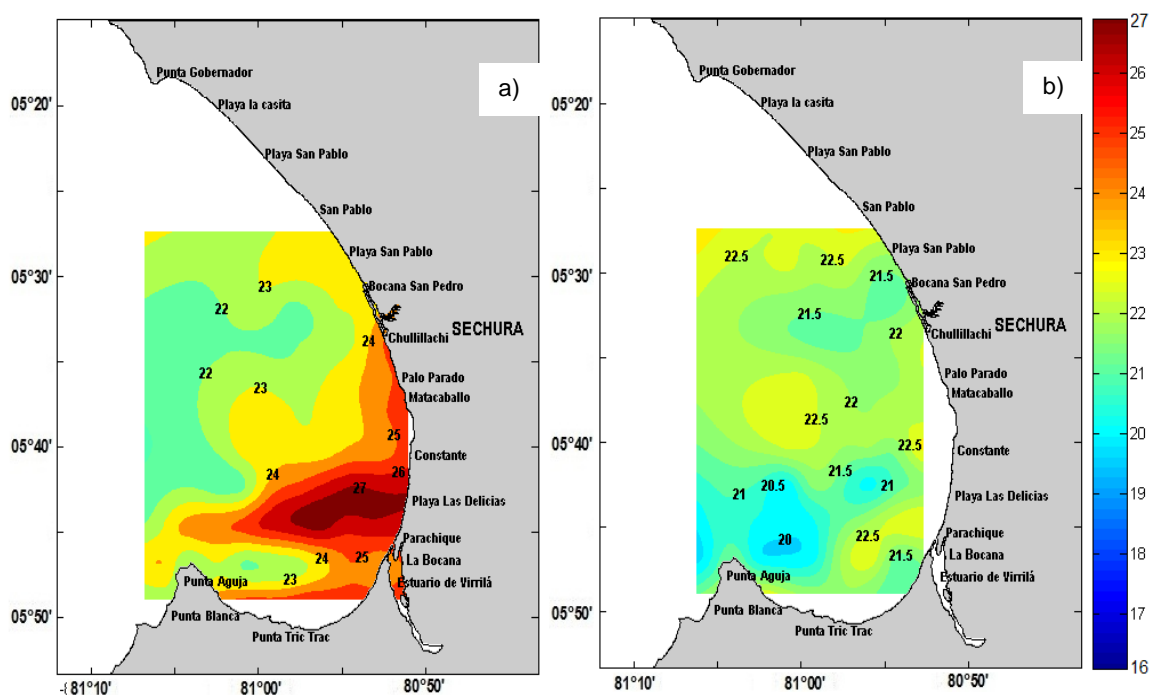


Figura 6.2.- Distribución Horizontal de Temperatura [°C] 6.2a) Capa superficial, 6.2b) Capa a 5 m de profundidad. Estudio Bio Oceanográfico para Determinar la Capacidad de Carga en la Bahía de Sechura, Piura, 2012-0203.

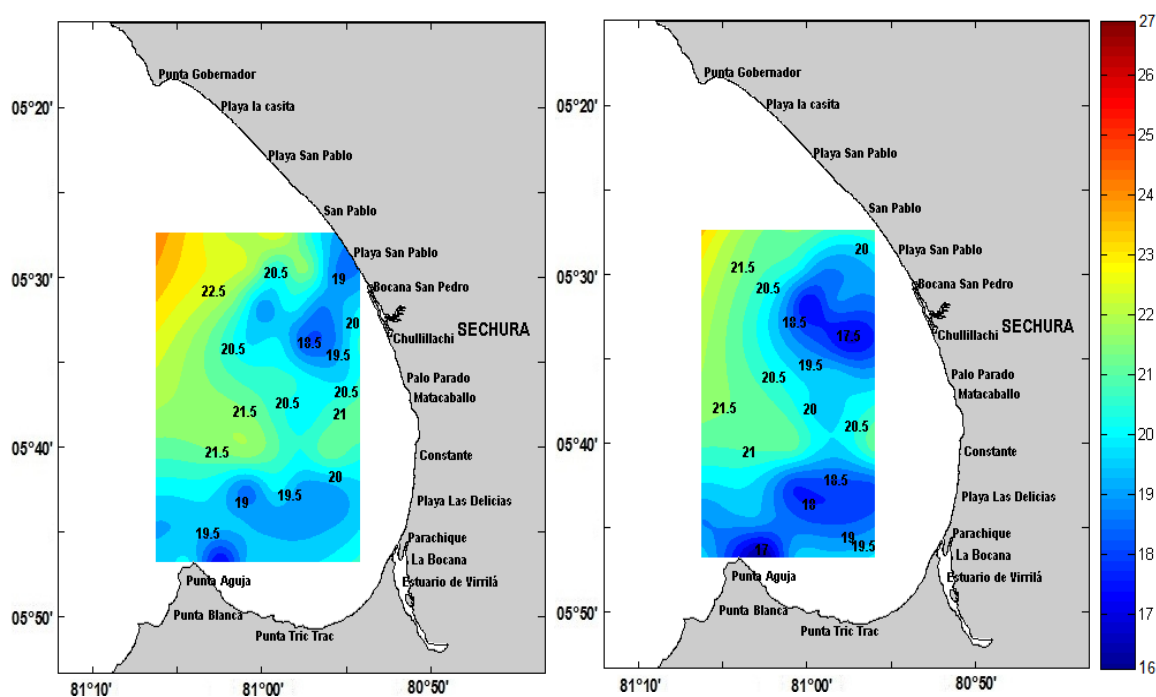


Figura 6.3.- Distribución Horizontal de Temperatura [°C] 6.3a) Capa a 10 m de profundidad, 6.3b) Capa a 15 m de profundidad. Estudio Bio Oceanográfico para Determinar la Capacidad de Carga en la Bahía de Sechura, Piura, 2012-0203.

La capa superficial a 10 m de profundidad presentó gradientes térmicos entre 18,5 y 22,5°C con una media de 20,5°C (Figura 6.3a); y a 15 m de profundidad temperaturas entre 17 y 21,5°C, y promedio de 19,25 °C (Figura 6.3b).

Se observaron gradientes térmicos anómalos en superficie entre Constante y la Bocana, con un núcleo de 27°C frente a la Playa las Delicias, desplazándose al oeste. La zona norte frente a San Pablo presentó temperaturas propias de la estación; es así que las temperaturas < de 24°C se observaron en la zona de intercambio de flujos con el océano abierto; en tanto que las más altas (27,0°C) se presentaron frente a Las Delicias; mientras que al interior de la Bahía la distribución térmica fue variable con valores alrededor de los 25°C (ver Figura 6.3a). La temperatura superficial y de fondo (entre 10 a 15 m) muestra una diferencia aproximada de 5,25 °C con respecto al promedio.

### Salinidad

En superficie la salinidad mostró valores entre 31,2 y 34,8 ups siendo el promedio de 33,0 ups, los valores halinos indican la presencia de aguas de descarga de continente que en general cubrieron toda el área de estudio; excepto la zona oeste.

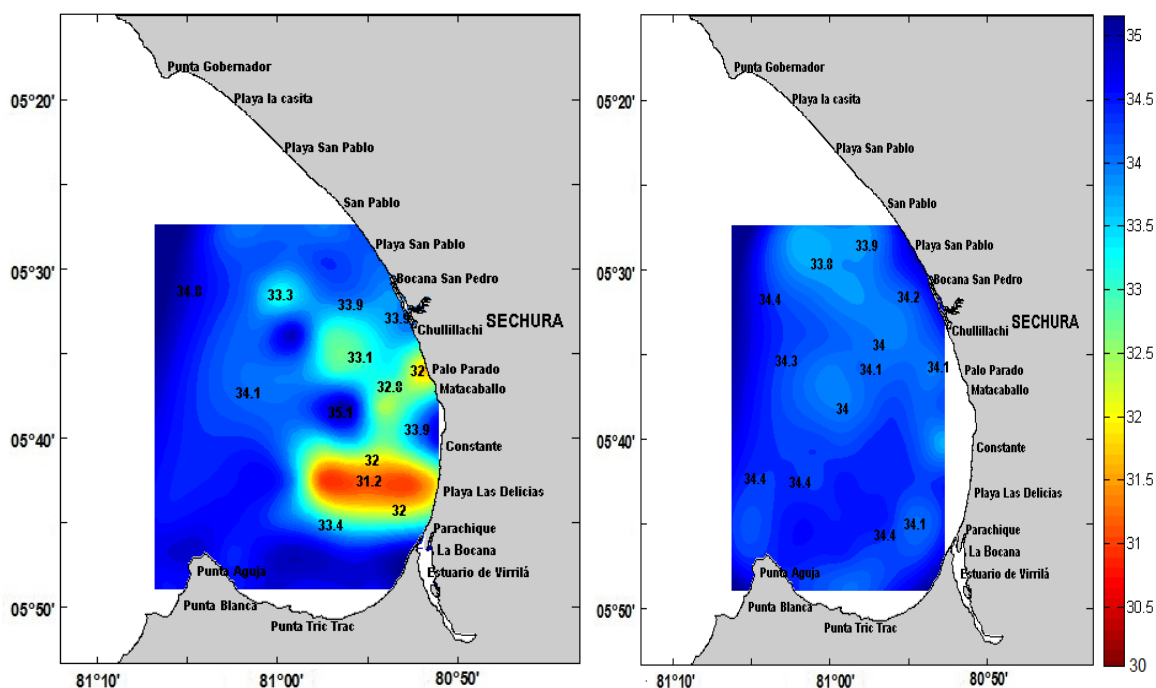


Figura 6.4.- Distribución Horizontal de Salinidad [ups] 6.4a) Capa superficial, 6.4b) Capa a 5 m de profundidad. Estudio Bio Oceanográfico para Determinar la Capacidad de Carga en la Bahía de Sechura, Piura, 2012-0203.



La aguas costeras con salinidad máxima estuvieron asociadas a temperaturas de 22,5 °C y viento de 4,2 m/s con dirección NW, mientras que las de salinidad mínima con temperaturas de 27,0 °C y vientos de 7,1 m/s con componente norte; la distribución halina registró valores anómalos. (Figura 6.4a), asociados con aguas frías de surgencia (ver Figura 6.5a y 6.5b).

Cerca al fondo (10 y 15 m de profundidad) las concentraciones de sal, en promedio fueron mayores en 1,5 ups que las encontradas en la capa superficial, variando entre 34,4 y 34,9 ups, siendo el promedio 34.3 ups. A diferencia de la capa superficial se presentaron núcleos con concentraciones tendientes a la homogeneidad que estarían asociados a aguas frías de surgencia (ver Figura 6.5a y 6.5b).

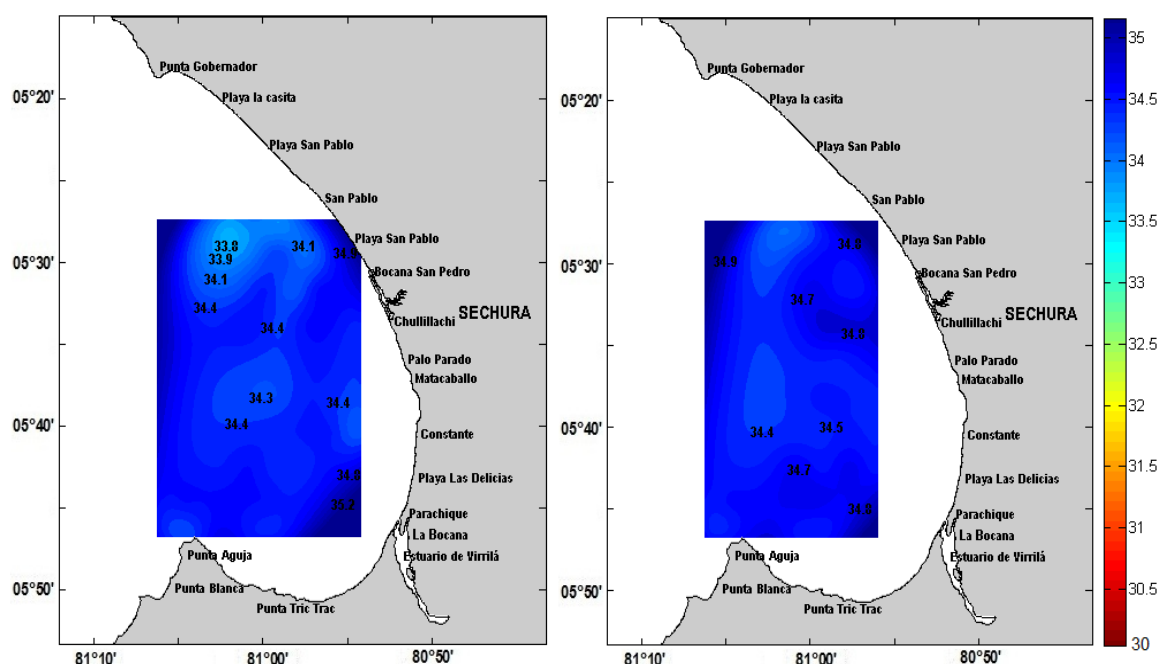


Figura 6.5.- Distribución Horizontal de Salinidad [ups] 6.5a) Capa a 10 m de profundidad, 6.5b) Capa a 15 m de profundidad. Estudio Bio Oceanográfico para Determinar la Capacidad de Carga en la Bahía de Sechura, Piura, 2012-0203.

## Secciones verticales perpendiculares a la costa

### *Temperatura y Salinidad*

Se seleccionaron las secciones verticales de Bocana San Pedro, Chullillachi, Constante, Parachique y La Bocana para evaluar la temperatura (T) y salinidad (S) entre la superficie y fondo. Se observó (Figuras 6.6, 6.8, 6.10, 6.12) que la bahía está

regulada por las condiciones hidrográficas en la columna de agua, con una estructura de mezcla de la columna con aguas más cálidas en superficie ( $> 23^{\circ}\text{C}$ ), condición observada desde San Pedro hasta Parachique (entre 0 y 15 m de profundidad), mientras que por debajo presentó una estructura de estratificación con temperaturas inferiores a  $18^{\circ}\text{C}$ . Esta estructura puede ser alterada por el proceso de ingreso de aguas de surgencia.

Las condiciones térmicas muestran una termoclina estable en los primeros metros y bajo la misma las aguas tienen  $19^{\circ}\text{C}$  (Figura 6.6); las condiciones salinas (Figuras 6.7, 6.9, 6.11, 6.13) indican aguas de menor salinidad en la capa superior por influencia de aguas de descarga de continente y el ingreso de aguas de mayor salinidad a los 40 m del sur. Los promedios totales de salinidad en cada una de las secciones muestran mínimos valores de salinidad cerca de la superficie y se encuentran localizados cerca a la costa, desplazándose hacia la parte central, alrededor de las estaciones 57 y 70. Este desplazamiento del núcleo de agua cálida hacia fuera de la costa, define un ramal norte, y sur que y fluye hacia el suroeste hasta alcanzar el océano abierto. El núcleo de salinidad mínima se transforma en una estructura subsuperficial y pasa de ser una estructura superficial ( $S \sim 33.4$ ) en la sección más al norte, a una cuña delgada de baja salinidad ( $S \sim 34.4$ ) y mayor profundidad (20–40 m) en la sección al sur.

### Sección Bocana San Pedro

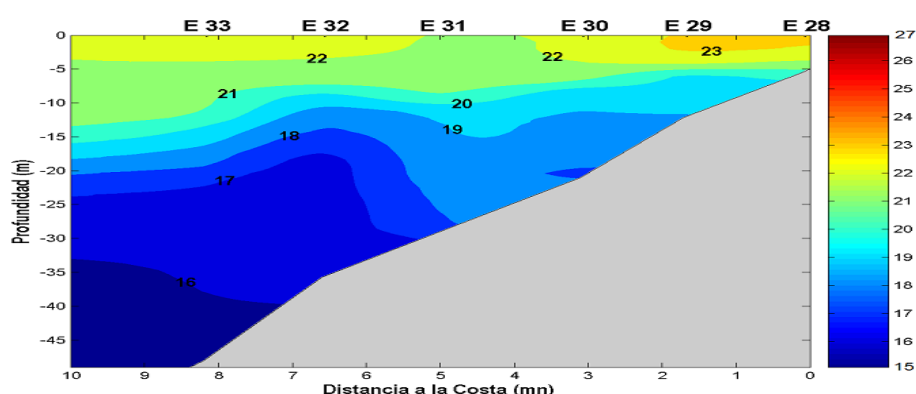


Figura 6.6.- Distribución vertical de Temperatura [ $^{\circ}\text{C}$ ] frente a la bocana San Pedro. Estudio Bio Oceanográfico para Determinar la Capacidad de Carga en la Bahía de Sechura, Piura, 2012-0203.

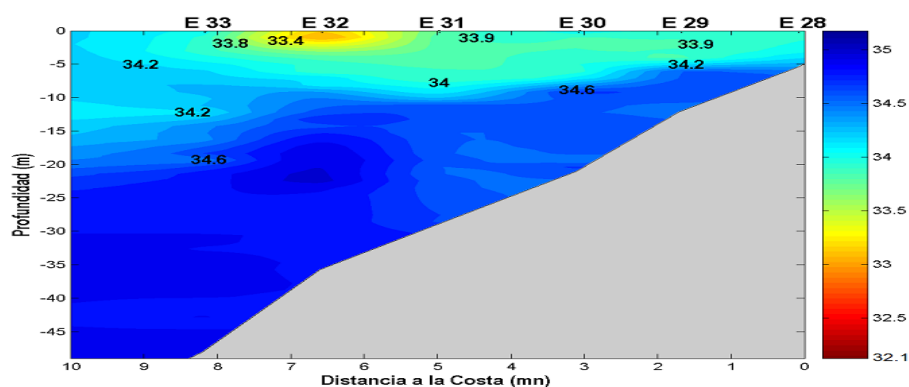


Figura 6.7.- Distribución vertical de Salinidad [ups] frente a la bocana San Pedro. Estudio Bio Oceanográfico para Determinar la Capacidad de Carga en la Bahía de Sechura, Piura, 2012-0203.

### Sección Chullillachi

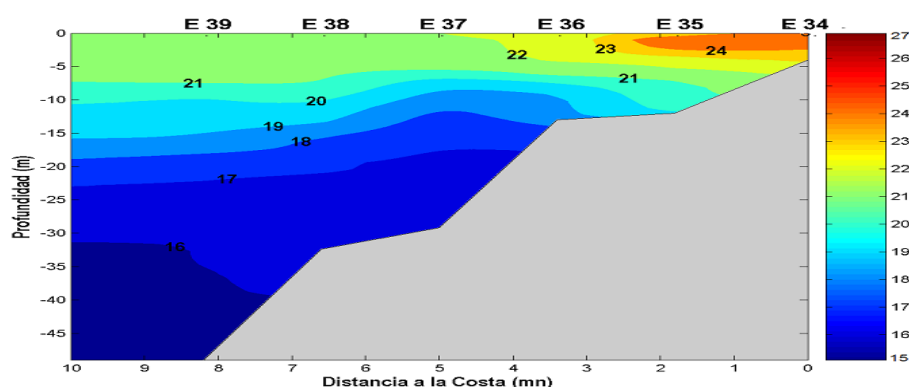


Figura 6.8.- Distribución vertical de Temperatura [°C] frente a Chullillachi. Estudio Bio Oceanográfico para Determinar la Capacidad de Carga en la Bahía de Sechura, Piura, 2012-0203.

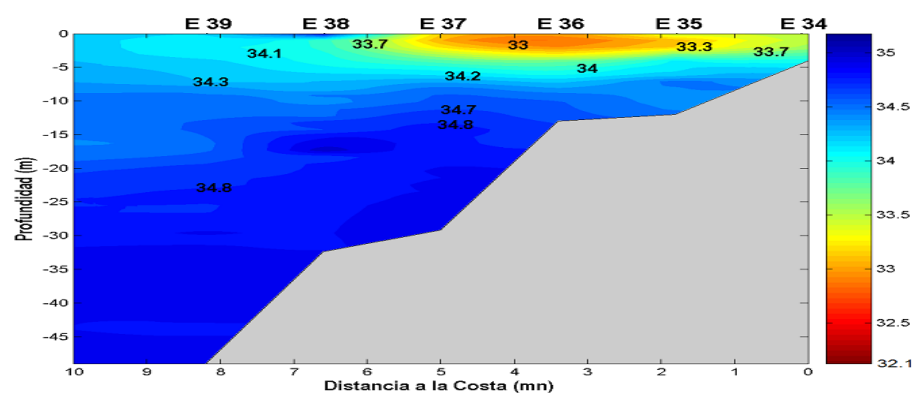


Figura 6.9.- Distribución vertical de Salinidad [ups] frente a Chullillachi. Estudio Bio Oceanográfico para Determinar la Capacidad de Carga en la Bahía de Sechura, Piura, 2012-0203.

## Sección Constante

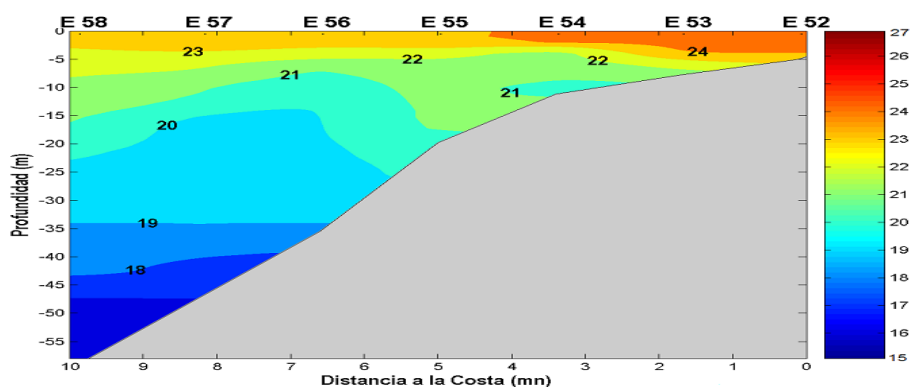


Figura 6.10.- Distribución vertical de Temperatura [°C] frente a Constante. Estudio Bio Oceanográfico para Determinar la Capacidad de Carga en la Bahía de Sechura, Piura, 2012-0203.

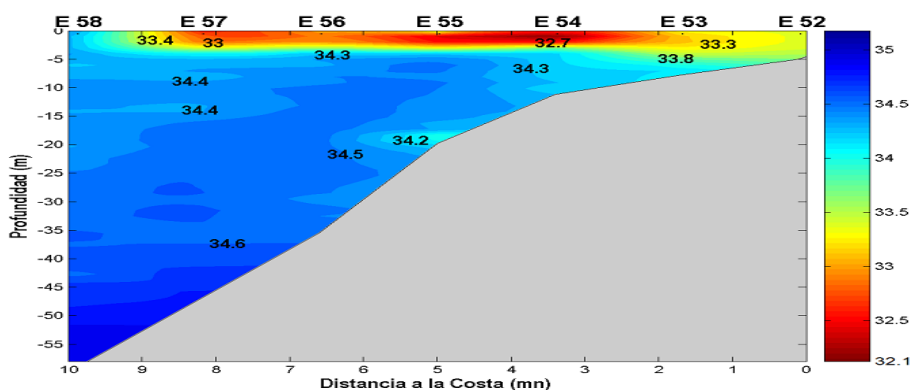


Figura 6.11.- Distribución vertical de Salinidad [ups] frente a Constante. Estudio Bio Oceanográfico para Determinar la Capacidad de Carga en la Bahía de Sechura, Piura, 2012-0203.

## Sección Parachique

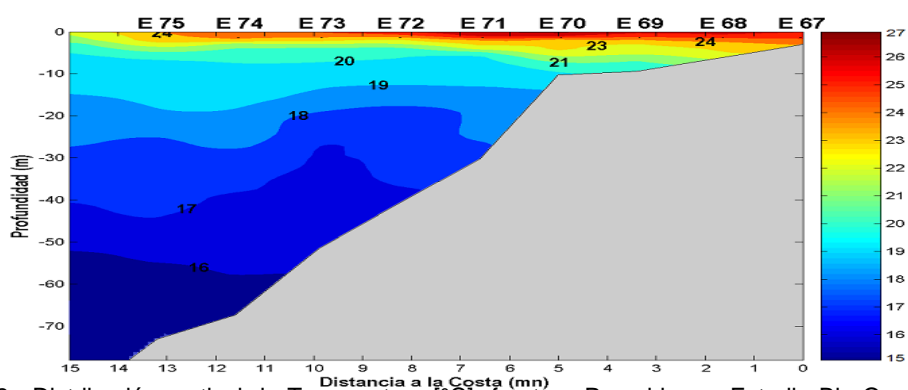


Figura 6.12.- Distribución vertical de Temperatura [°C] frente a Parachique. Estudio Bio Oceanográfico para Determinar la Capacidad de Carga en la Bahía de Sechura, Piura, 2012-0203.

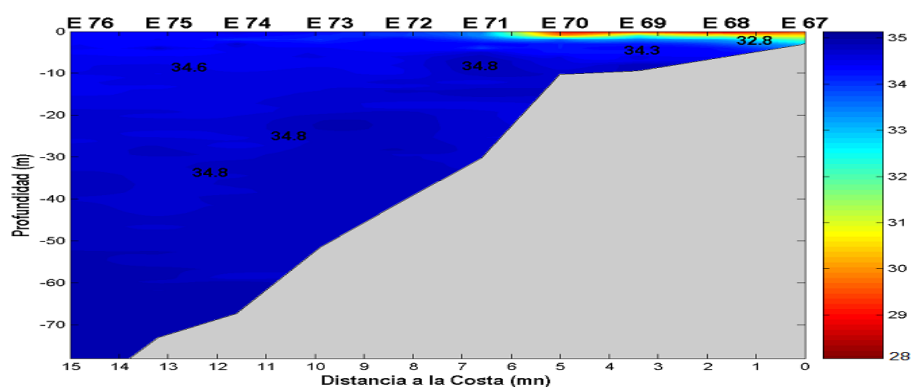


Figura 6.13.- Distribución vertical de Salinidad [ups] frente a Parachique. Estudio Bio Oceanográfico para Determinar la Capacidad de Carga en la Bahía de Sechura, Piura, 2012-0203.

### Sección la Bocana (Estuario de Virrilá)

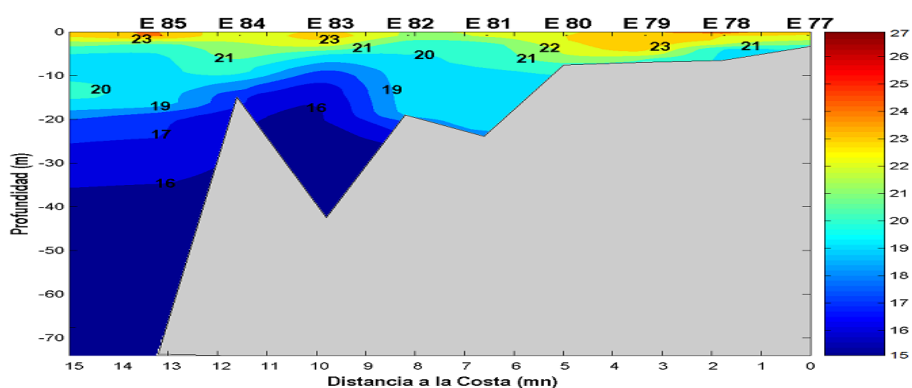


Figura 6.14.- Distribución vertical de Temperatura [°C] frente a la Bocana. Estudio Bio Oceanográfico para Determinar la Capacidad de Carga en la Bahía de Sechura, Piura, 2012-0203.

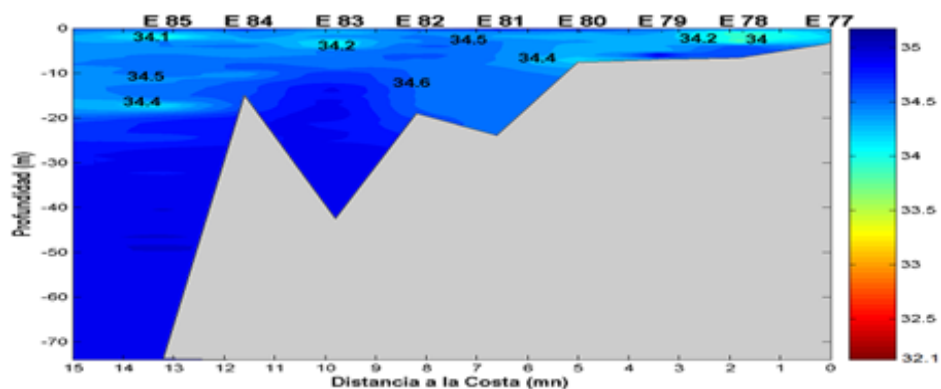


Figura 6.15.- Distribución vertical de Salinidad [ups] frente a la Bocana. Estudio Bio Oceanográfico para Determinar la Capacidad de Carga en la Bahía de Sechura, Piura, 2012-0203.

## **Corrientes marinas**

La Figura 6.16 (a y b), muestran la distribución vectorial de las corrientes marinas (CM) en superficie por la acción del viento, que registró fluctuaciones  $> 1,0$  m/s y  $< 7,0$  m/s, (ver Figura 6.18 a y b).

Las (CM) en la capa superficial (ver Figura 6.16a) registraron intensidades entre 1,0 y 2,5 cm/s, con un valor medio de 1,75 cm/s. En general los flujos en superficie fueron lentos al interior de la bahía con una dirección predominante cerca al borde costero del norte produciendo vorticidades al interior de la bahía.

Las corrientes marinas de fondo (10 y 15 m de profundidad), presentaron flujos con intensidades que variaron entre 1,0 y 2,8 cm/s, con promedio de 1,9 cm/s (Figura 6.17 a y b). En general los flujos presentaron una circulación lenta al interior de la bahía y en la franja costera con ligera intensificación frente a Bocana San Pedro y Chullillachi con dirección predominante del este (componente E-W). Respecto a la dirección de los flujos, estos no mostraron una dirección predominante en esta capa (Figura 6.17b).

Los resultados muestran una distribución de velocidades vectoriales promediadas en la superficie y fondo (5 m, 10 m, y 15 m de profundidad), presentando una variabilidad débil en magnitud y dirección debido a la configuración del fondo y también por las corrientes inducidas por acción del viento, puede observarse una distribución de velocidades muy débil al interior de la bahía (figura 6.12a y 21b).

Durante el período de estudio se constató que la circulación marina es lenta al interior de la bahía; tanto en superficie como en fondo (entre 5 y 15 m de profundidad), con lo que se puede estimar que el tiempo de residencia es alto, con las menores velocidades registradas.

La circulación observada mediante el Correntómetro Acústico Doppler (ADCP) en modo de arrastre, muestra una distribución en la circulación de tipo rotacional, con giro en la capa superficial. Las aguas ingresan por el centro de la bahía y los flujos de salida se ubican cerca de las puntas al sur de la bahía (Figura 6.16a).

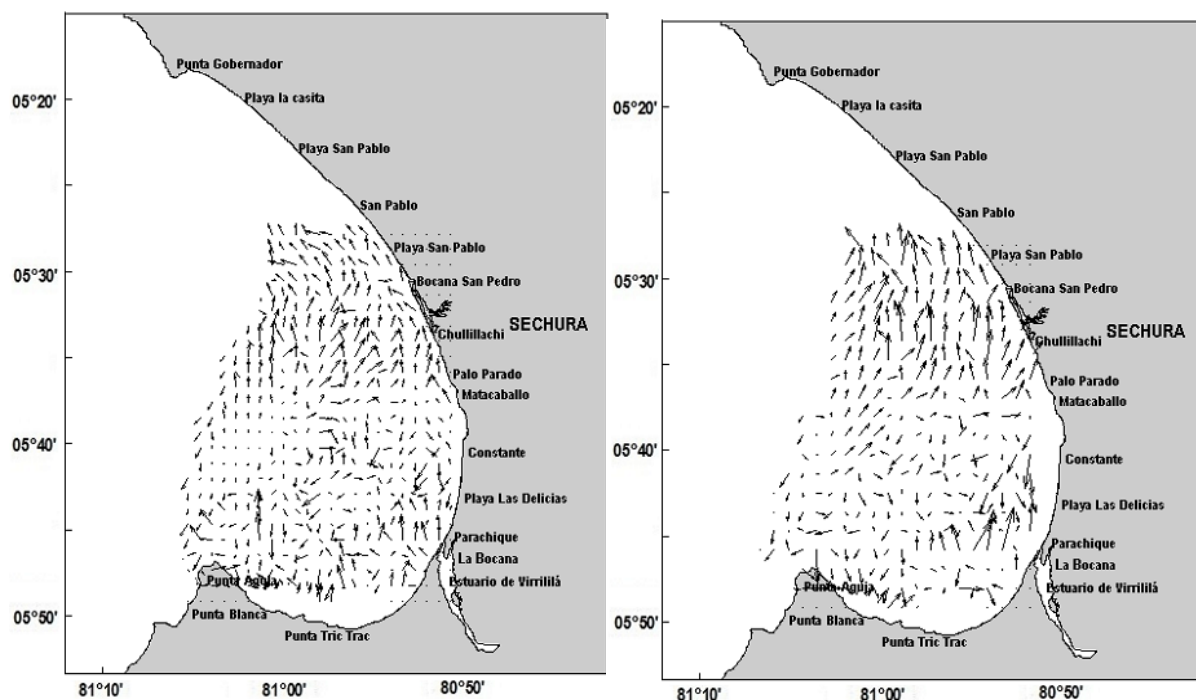


Figura 6.16.- Distribución Horizontal de Corrientes Marinas [cm/s], 20a) Capa superficial, 6.16b) Capa a 5 m de profundidad. Estudio Bio Oceanográfico para Determinar la Capacidad de Carga en la Bahía de Sechura, Piura, 2012-0203.

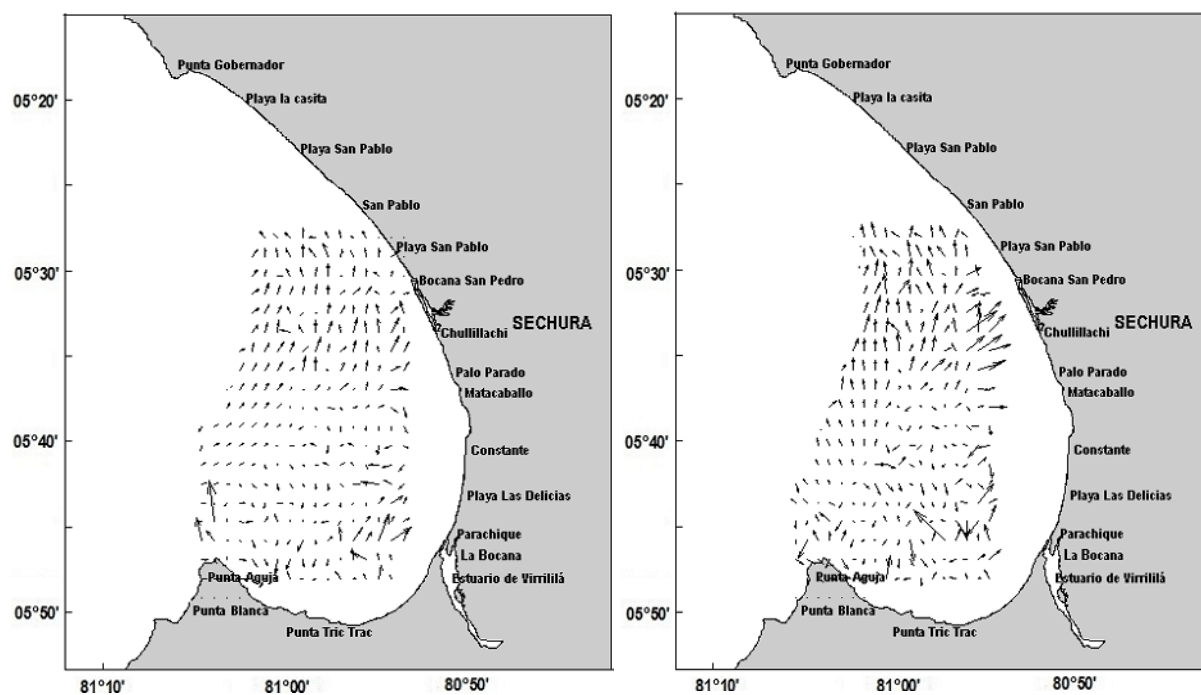


Figura 6.17.- Distribución Horizontal de Corrientes Marinas [cm/s] 7a) Capa a 10 m de profundidad, 7b) Capa a 15 m de profundidad. Estudio Bio Oceanográfico para Determinar la Capacidad de Carga en la Bahía de Sechura, Piura, 2012-0203.

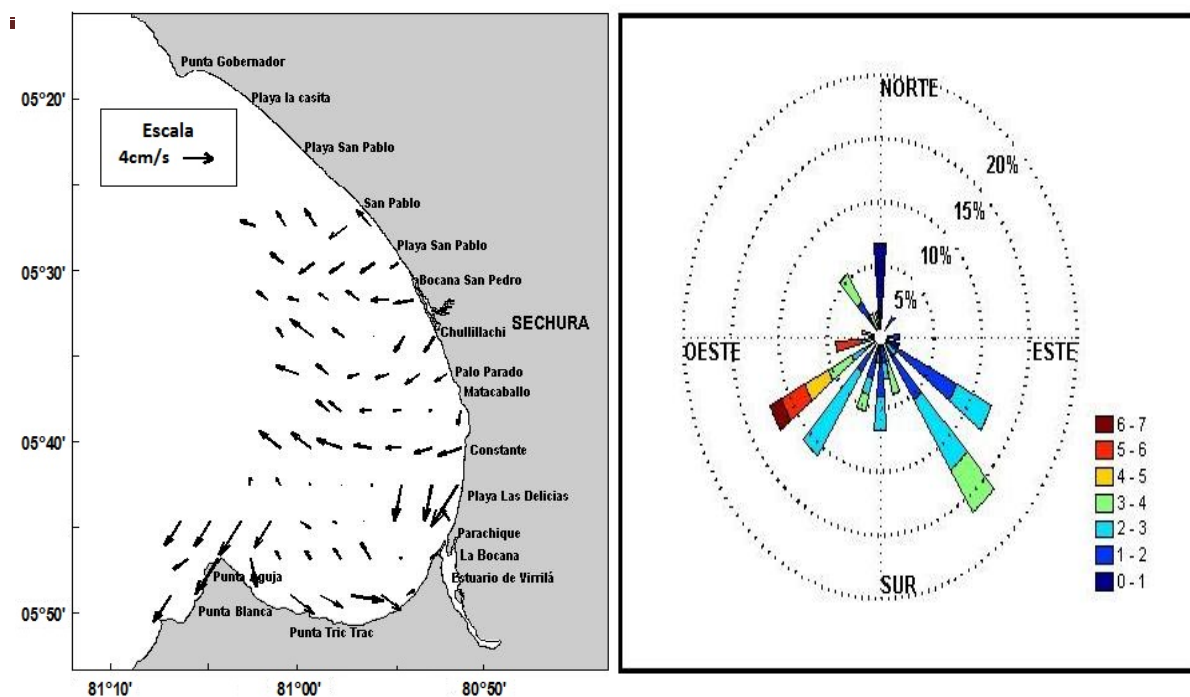


Figura 6.18.- Distribución Horizontal de la magnitud del viento en superficie [cm/s], 6.18a) Campo vectorial, 6.18b) Rosa de vientos. Estudio Bio Oceanográfico para Determinar la Capacidad de Carga en la Bahía de Sechura, Piura, 2012-0203.

### Sistema de vientos

La figura 6.18 (a y b), muestra la variación espacio temporal de la distribución vectorial del campo de viento y la rosa de vientos (magnitud y dirección). Los vientos en la capa próxima a la superficie registraron intensidades de 1,0 a 7,0 m/s y promedio de 4,0 m/s (Figura 6.18b). El valor mínimo estuvo asociado a temperatura de 25,0 °C y salinidad de 34,851 ups (estación 10) en superficie, mientras en fondo 14,1 °C y salinidad 33,4 ups (profundidad 9 m). El valor máximo se asoció a temperaturas de 27,0°C y salinidad 31,2 ups (estación 61) en superficie; en fondo 18,0 °C y salinidad 34,7 ups (profundidad 15 m); esto se debe a la influencia del viento por transferencia de calor. La variación de los vientos se presentan con frecuencia y/o regularidad, que si generan alteraciones en la circulación superficial estos serían los causantes principales de los cambios de dirección de las corrientes marinas, y del desplazamiento de las aguas desde el sur al interior de la bahía.



## FASE II (INVIERNO)

Se presentan los resultados del Monitoreo de Invierno realizado entre las 07.00 h del 09 de julio y las 14.00 h del 21 de julio en base a distribuciones horizontales para las capas de (1, 5, 10 y 15 m) y secciones verticales de las variables (temperatura, salinidad, corrientes marinas y vientos).

### Distribución horizontal

#### *Temperatura*

La distribución de temperatura en superficie (TS) presentó valores entre 18,5 y 22,5 °C, el máximo valor se registró frente a Playa Parachique siendo la (TS) media de 20,5 °C (Figura 6.19a). En general se presentaron condiciones ligeramente frías en la zona centro y sur de intercambio con el océano, así como cálidas al interior de la bahía.

La distribución de la temperatura a 5 m de profundidad (Figura 6.19b), tuvo variaciones entre 18,5 y 19,5 °C, con una media de 19 °C.

-

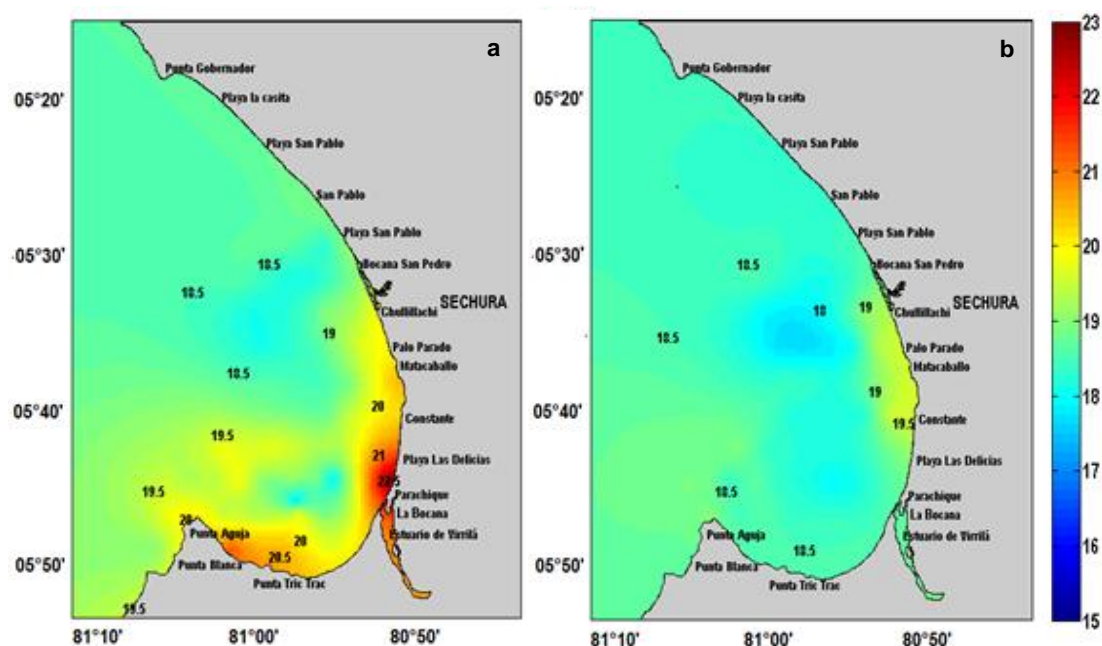


Figura 6.19.- Distribución Horizontal de Temperatura [°C], 6.19a) Capa superficial, 6.19b) Capa a 5 m de profundidad. Estudio Bio Oceanográfico para Determinar la Capacidad de Carga en la Bahía de Sechura, Piura, Julio 2012.

La capa superficial a 10 m de profundidad presentó gradientes térmicos entre 17,5 y 18,5 °C con una media de 18,5 °C (Figura 6.20a); a 15 m de profundidad, la temperatura fue de 17,5 a 18,5 °C, con un promedio de 18 °C (Figura 6.20b).

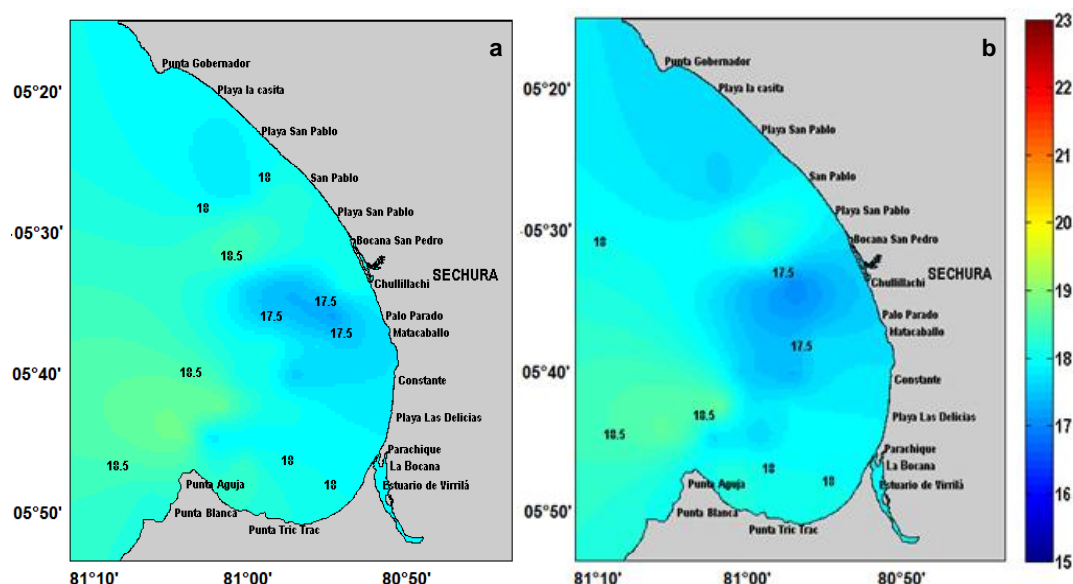


Figura 6.20.- Distribución Horizontal de Temperatura [°C], 6.20a) Capa a 10 m de profundidad, 6.20b) Capa a 15 m de profundidad. Estudio Bio Oceanográfico para Determinar la Capacidad de Carga en la Bahía de Sechura, Piura, Julio 2012.

La Bahía presentó gradientes térmicos anómalos en superficie en la Playa Las Delicias y Parachique, con un núcleo de 22,5 °C y desplazamiento térmico hacia el norte-sur (20 °C frente a Constante y 20,5 °C en Punta Aguja). A partir de la longitud 81°W, las masas de agua fueron homogéneas con temperatura promedio de 18,5 °C frente a Playa San Pablo, Chullillachi y Mataballo; la temperatura máxima a 5 m fue de 19,5 °C frente a Constante (Figura 6.20a), disminuyendo hacia el sur, con 18,5 °C frente a Punta Aguja, mientras que a 10 y 15 m de profundidad los flujos en la horizontal mostraron condiciones térmicas homogéneas, con valores entre 17,5 y 18,5 °C (Figura 6.20a y 6.20b). La temperatura superficial y de fondo (0 - 15 m) mostró una diferencia de aproximadamente 2,5 °C respecto al promedio.

### **Salinidad**

La salinidad en superficie (SS) mostró valores entre 34,8 y 35,2 ups, siendo el promedio 35,0 ups (Figura 6.21a). Los valores halinos indican la presencia de aguas subtropicales superficiales (ASS) que cubrieron el área de estudio por la zona oeste. La aguas costeras con salinidad máxima estuvieron asociadas a temperaturas de 19,5

y 20,5 °C al norte y este de Punta Aguja, con viento de 3 a 6 m/s, mientras que las de salinidad mínima con temperaturas de 20 °C y vientos de 7 m/s, se presentaron entre Mataballo y Constante. La distribución halina a 5 m de profundidad presentó valores de 34,9 ups entre Chullallachi y Palo Parado, así como de 35,1 ups frente a Playa Las Delicias (Figura 6.21b).

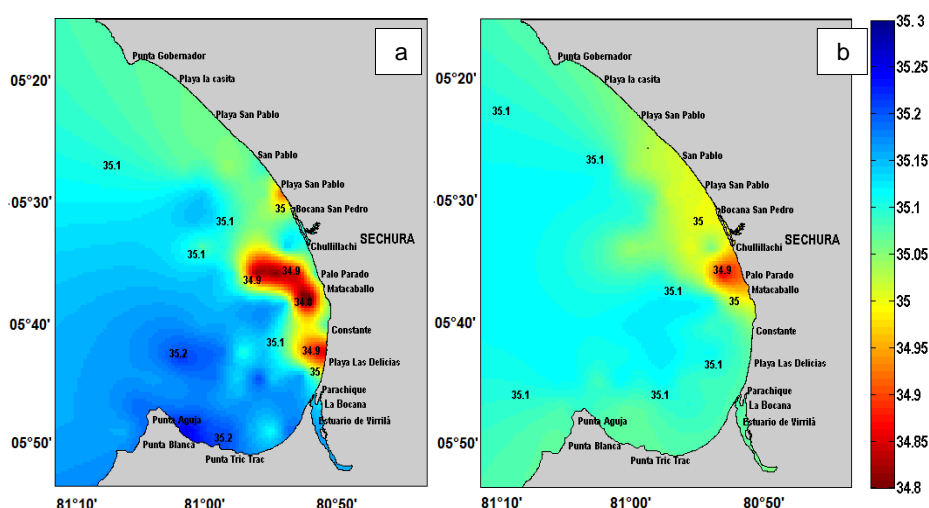


Figura 6.21.- Distribución Horizontal de Salinidad [ups] 6.21a) Capa superficial, 6.21b) Capa a 5 m de profundidad. Estudio Bio Oceanográfico para Determinar la Capacidad de Carga en la Bahía de Sechura, Piura, Julio 2012.

En las capas de fondo (10 y 15 m de profundidad) las concentraciones de sal fueron homogéneas. La variación de la salinidad en ambas profundidades fue de 35,07 a 35,13 ups, con una media de 35,1 ups. A diferencia de la capa superficial se presentaron núcleos con concentraciones homogéneas que estarían asociadas a aguas frías de surgencia (Figura 6.22a y 6.22b).

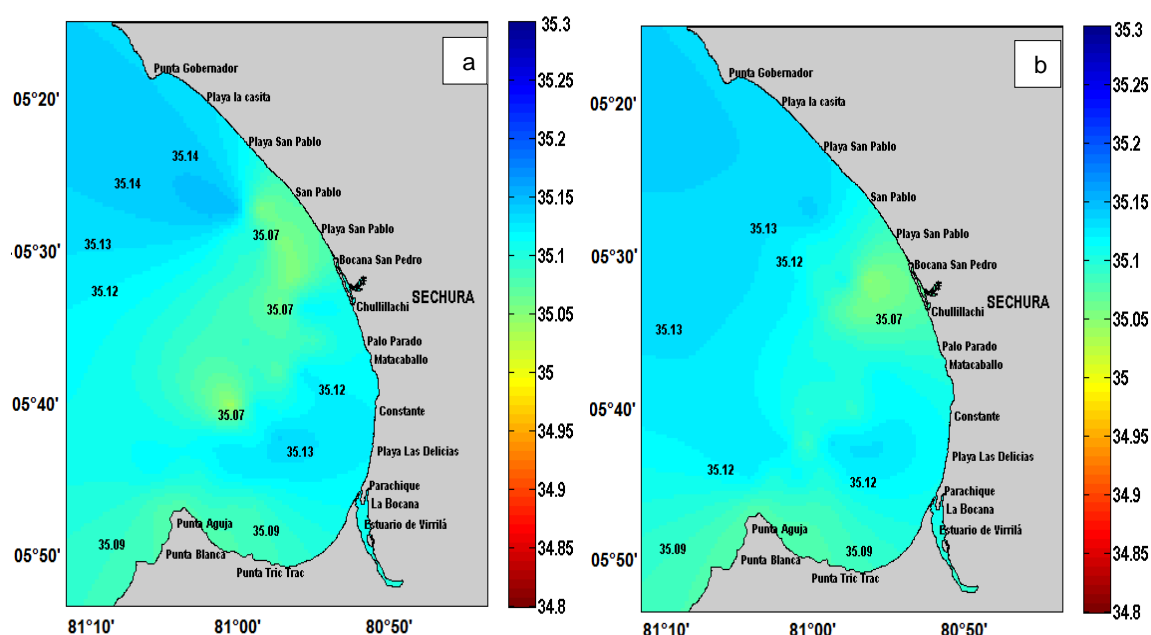


Figura 6.22.- Distribución Horizontal de Salinidad [ups] 6.22a) Capa a 10 m de profundidad, 6.22b) Capa a 15 m de profundidad. Estudio Bio Oceanográfico para Determinar la Capacidad de Carga en la Bahía de Sechura, Piura, Julio 2012.

## Secciones verticales perpendiculares a la costa

### *Temperatura y Salinidad*

Para este análisis se consideraron las secciones verticales de Bocana San Pedro, Chullillachi, Constante, Parachique y La Bocana donde se obtuvieron promedios estacionales de temperatura y salinidad a profundidades entre superficie y fondo. Se observó (Figuras 6.23, 6.25, 6.27 y 6.29) que la bahía está regulada por las condiciones hidrográficas propias de la estación, con una estructura de mezcla de la columna con aguas más cálidas en superficie ( $> 18,5^{\circ}\text{C}$ ), condición observada desde San Pedro hasta Parachique (0 y 10 m de profundidad), mientras que por debajo presentó una estratificación con temperaturas inferiores a  $17^{\circ}\text{C}$ . Esta estructura puede ser alterada por el proceso de ingreso de aguas de surgencia o por advección de fondo en el sur, mientras que frente a la Sección La Bocana (Estuario de Virrilá), la temperatura presentó una estructura térmica homogénea ( $18,5^{\circ}\text{C}$ ) a 10 m de profundidad y 0 - 5 mn extendiéndose hasta las 12 mn (Figura 6.31). Las condiciones térmicas de la bahía muestran una termoclina estable en los primeros metros, con temperatura de  $17^{\circ}\text{C}$  (Figura 6.23).

Las condiciones de salinidad observadas (Figuras 5.7, 5.9, 5.11, 5.13, 5.15), indicaron presencia de aguas de baja salinidad en la capa superior, por influencia posible de aguas de descarga del continente y el ingreso de agua de mayor contenido salino (35,13 ups) entre los 20 y 40 m provenientes del sur (Figura 6.24).

Los promedios de salinidad en cada una de las secciones tuvieron mínimos valores cerca de superficie, con desplazamiento hacia el oeste, aumentando su valor hasta 35,13 ups, este desplazamiento halino aumenta de 35 a 35,1 ups de norte a sur dentro de la capa de 10 m, mientras que por fuera los valores disminuyen a partir de los 20 m de profundidad (Figura 6.24). El núcleo de salinidad máxima se transforma en una estructura subsuperficial por debajo de los 15 m ( $S \sim 35,13$ ) y una estructura superficial ( $S \sim 34,9$ ) a la profundidad de 5 m, observado en las estaciones 36 y 54 (Figuras 6.26 y 6.28).

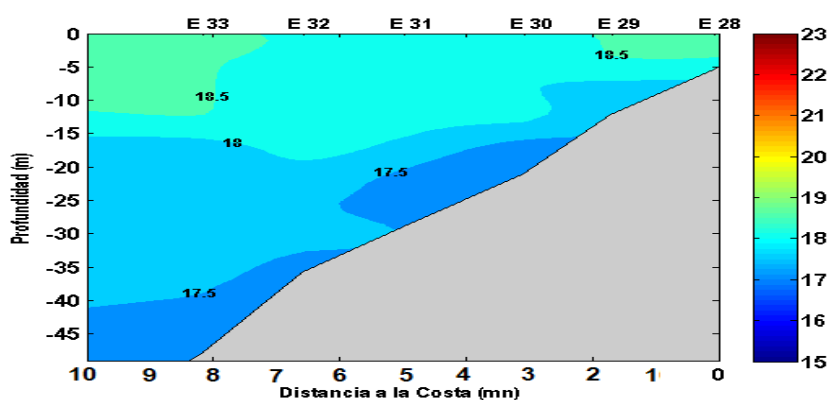


Figura 6.23.- Distribución vertical de Temperatura [°C] frente a la Bocana San Pedro. Estudio Bio Oceanográfico para Determinar la Capacidad de Carga en la Bahía de Sechura, Piura, Julio 2012.

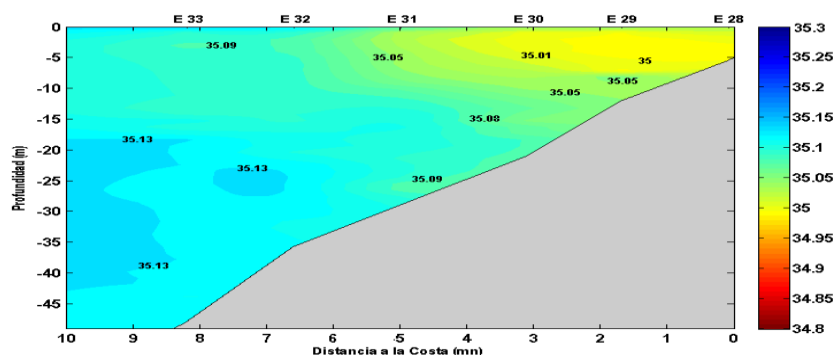


Figura 6.24.- Distribución vertical de Salinidad [ups] frente a la bocana San Pedro. Estudio Bio Oceanográfico para Determinar la Capacidad de Carga en la Bahía de Sechura, Piura, Julio 2012.

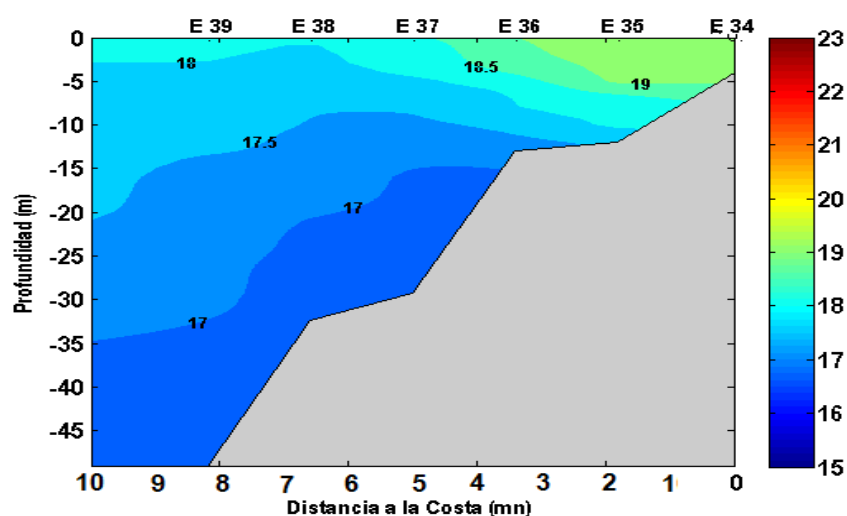


Figura 6.25.- Distribución vertical de Temperatura [°C] frente a Chullillachi. Estudio Bio Oceanográfico para Determinar la Capacidad de Carga en la Bahía de Sechura, Piura, Julio 2012.

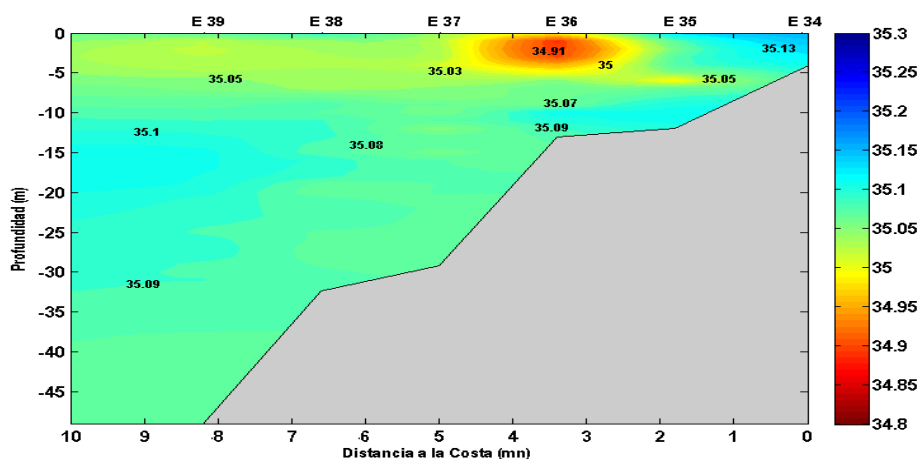


Figura 6.26.- Distribución vertical de Salinidad [ups] frente a Chullillachi. Estudio Bio Oceanográfico para Determinar la Capacidad de Carga en la Bahía de Sechura, Piura, Julio 2012.

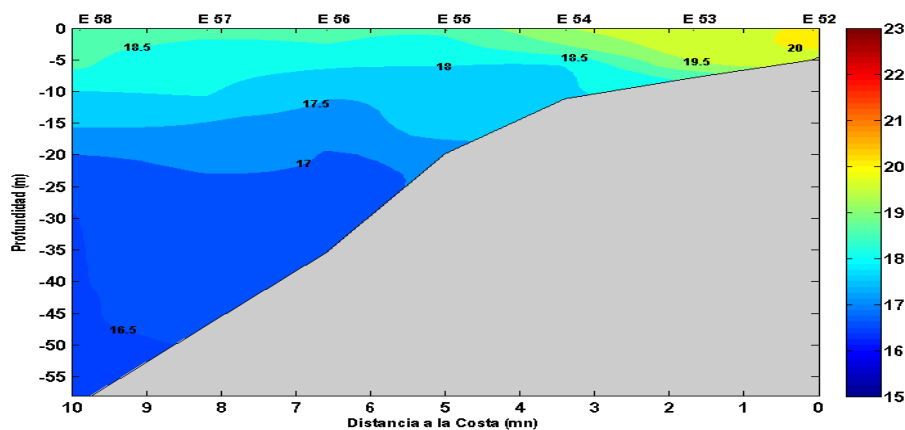


Figura 6.27.- Distribución vertical de Temperatura [°C] frente a Constante. Estudio Bio Oceanográfico para Determinar la Capacidad de Carga en la Bahía de Sechura, Piura, Julio 2012.

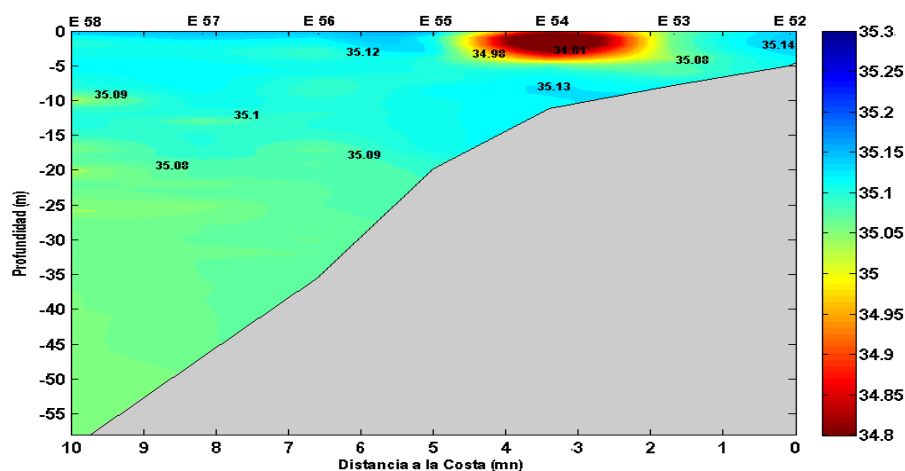


Figura 6.28.- Distribución vertical de Salinidad [ups] frente a Constante. Estudio Bio Oceanográfico para Determinar la Capacidad de Carga en la Bahía de Sechura, Piura, Julio 2012.

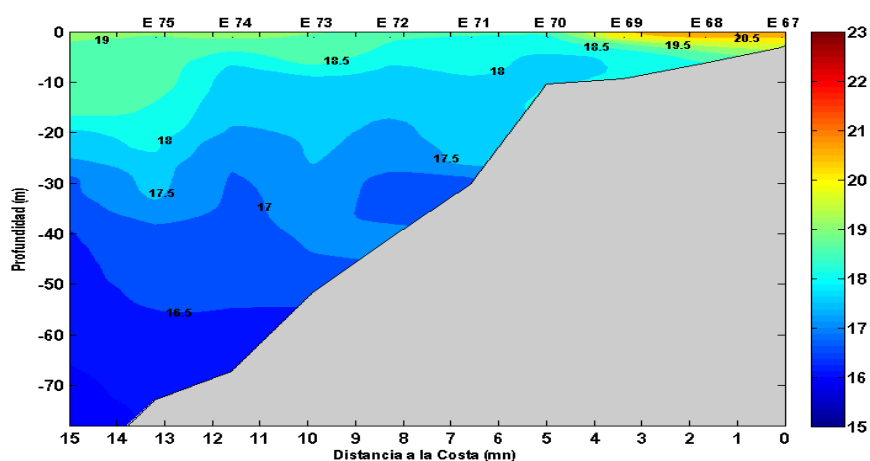


Figura 6.29.- Distribución vertical de Temperatura [°C] frente a Parachique. Estudio Bio Oceanográfico para Determinar la Capacidad de Carga en la Bahía de Sechura, Piura, Julio 2012.

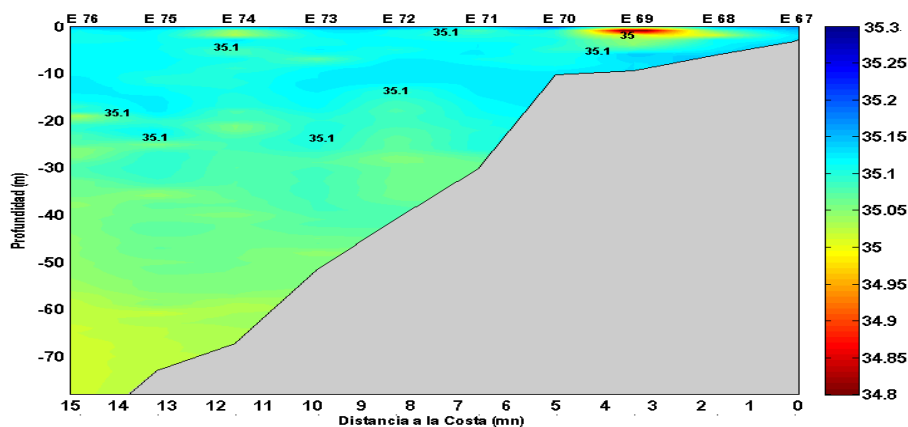


Figura 6.30.- Distribución vertical de Salinidad [ups] frente a Parachique. Estudio Bio Oceanográfico para Determinar la Capacidad de Carga en la Bahía de Sechura, Piura, Julio 2012.

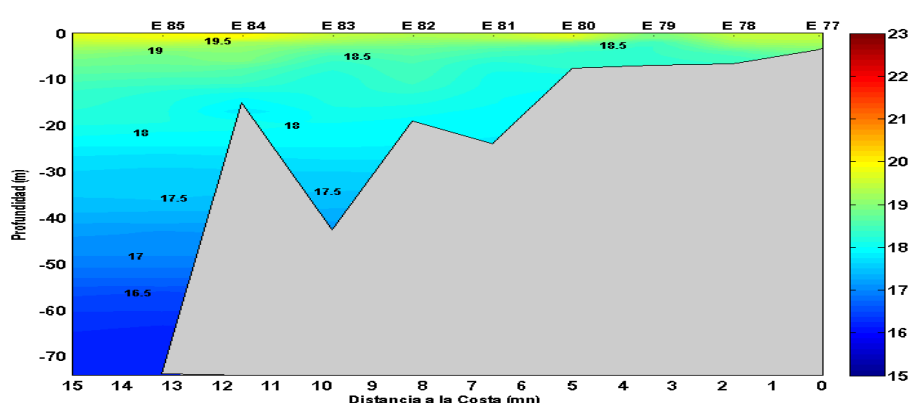


Figura 6.31.-Distribución vertical de Temperatura [°C] frente a la Bocana. Estudio Bio Oceanográfico para Determinar la Capacidad de Carga en la Bahía de Sechura, Piura, Julio 2012.

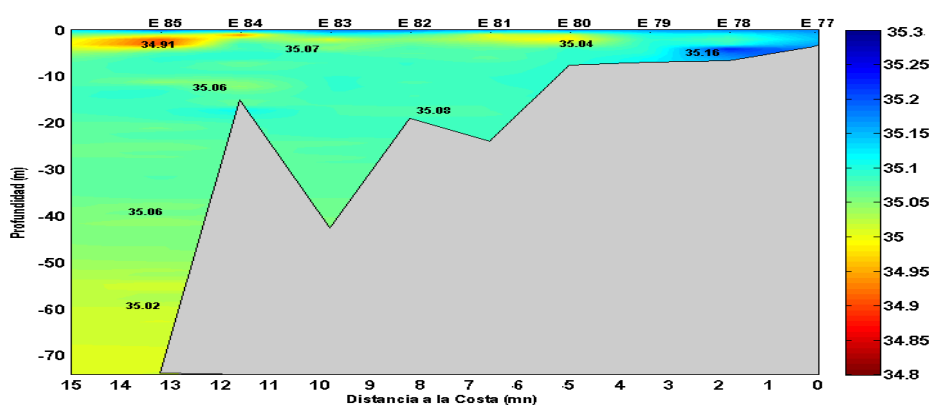


Figura 6.32.- Distribución vertical de Salinidad [ups] frente a la Bocana. Estudio Bio Oceanográfico para Determinar la Capacidad de Carga en la Bahía de Sechura, Piura, Julio 2012.

## Corrientes marinas

Los resultados muestran la distribución de las corrientes marinas en superficie a 1, 5, 10 y 15 m de profundidad mediante su campo vectorial; durante la campaña de mediciones la acción del viento presentó variaciones  $> 1,0$  m/s y  $< 7,1$  m/s (Figura 6.35).

Las corrientes marinas en la capa superficial promediadas a 1 m de profundidad (Figura 6.33a) registraron intensidades que variaron de 3,5 a 8,5 cm/s, con un valor medio de 6 cm/s. En general los flujos en superficie mostraron una variabilidad dinámica cambiante con una dirección predominante de flujo norte, este y oeste cerca al borde costero produciendo vorticidades y flujos convergentes al interior de la bahía, (Figura 6.33a); escenario similar se puede observar en la capa de 5 m de profundidad, (Figura 6.33b).



Durante el período de estudio se constató que la circulación marina es muy cambiante al interior de la bahía; tanto en superficie como en fondo (5 y 15 m de profundidad), con lo que se puede estimar que el tiempo de residencia es ligeramente alto, con las velocidades registradas. La circulación observada mediante el Correntómetro Acústico Doppler (ADCP) en modo de arrastre, durante el periodo de muestreo, presenta una distribución en la circulación de tipo rotacional, con giro en la capa superficial y subsuperficial. Las aguas ingresan por el centro de la bahía y los flujos de salida se ubican cerca de las puntas al sur de la bahía (Figura 6.33a, 6.34a).

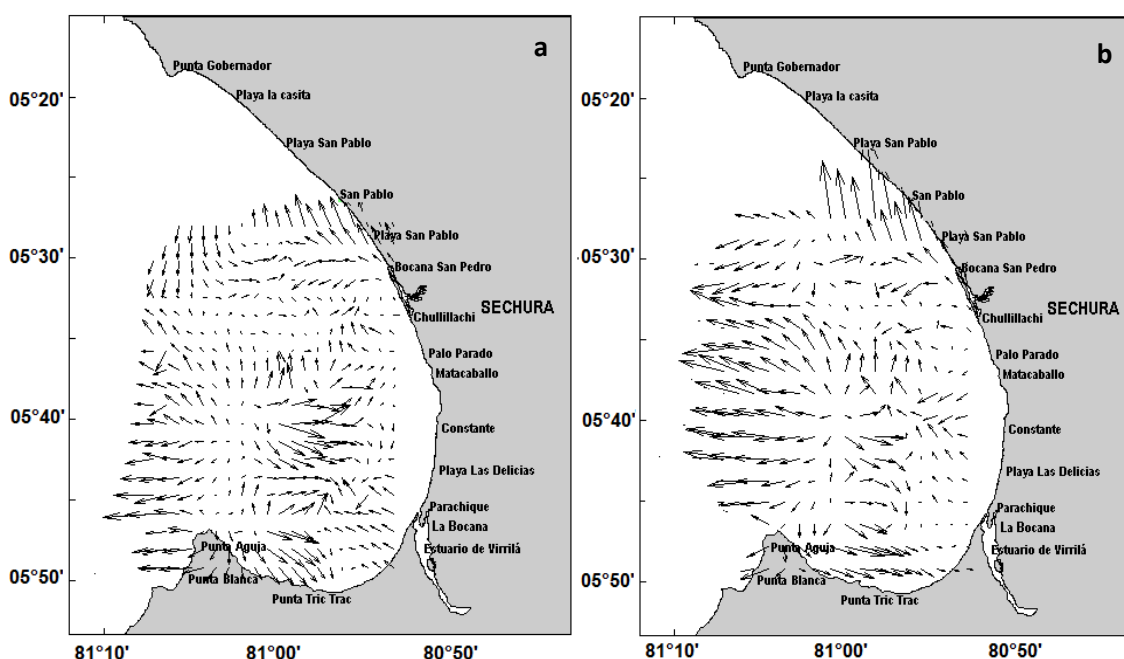


Figura 6.33.- Distribución Horizontal de Corrientes Marinas [cm/s], 6.33a) Capa superficial, 6.33b) Capa a 5 m de profundidad. Estudio Bio Oceanográfico para Determinar la Capacidad de Carga en la Bahía de Sechura, Piura, Julio 2012.

Las corrientes marinas de fondo (10 y 15 m de profundidad), presentaron flujos con intensidades que variaron de 2 a 10 cm/s, con promedio de 5 cm/s (Figura 6.34 a y b). En general los flujos presentaron una circulación en la zona central, al interior de la bahía, mostrando una intensificación frente a Constante con dirección predominante este (componente E-W), donde los vientos registraron los valores máximos, cambiando de dirección al norte de Punta Aguja, produciendo un intercambio de agua en la capa de 5 m (Figura 6.34b).

La distribución de velocidades vectoriales promediadas en las capas de (10 m, y 15 m de profundidad), muestran una variabilidad débil en magnitud y dirección debido a la configuración del fondo. También puede observarse que las corrientes inducidas por

acción del viento, producen una distribución de velocidades al interior de la bahía (Figuras 6.34 a y b).

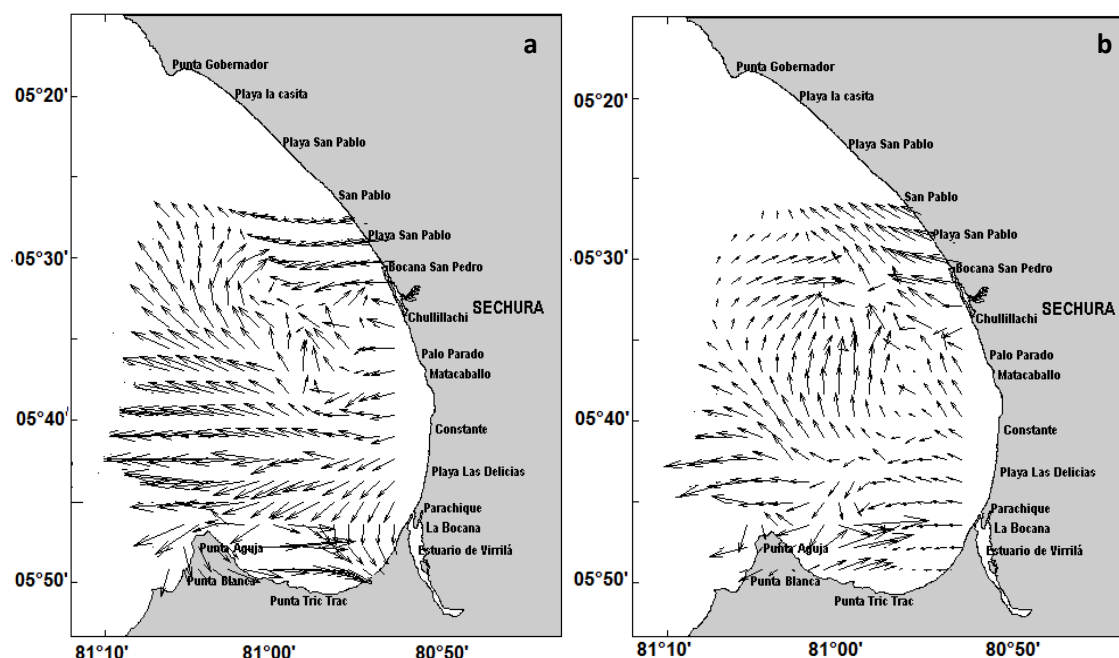


Figura 6.34.- Distribución Horizontal de Corrientes Marinas [cm/s] 6.34a) Capa a 10 m de profundidad, 6.34b) Capa a 15 m de profundidad. Estudio Bio Oceanográfico para Determinar la Capacidad de Carga en la Bahía de Sechura, Piura, Julio 2012.

### Sistema de vientos

La figura 6.35, presenta la distribución vectorial del campo de viento, mostrando la variación espacio temporal durante la evaluación en la zona de estudio.

Los vientos en la capa próxima a la superficie del mar presentaron intensidades de 1 a 7,1 m/s con un promedio de 4 m/s (Figura 6.35). El valor mínimo del viento estuvo asociado a temperatura de 18,5 °C y salinidad de 35,2 ups en superficie, mientras que el valor máximo frente a Constante con temperatura de 20 °C y salinidad de 34,9 ups; en el fondo el valor máximo de viento estuvo asociado con temperatura de 17,5 °C y salinidad 35,12 ups (capa de 15 m), estos valores pueden deberse a la influencia del viento por transferencia de calor. La variación de los vientos se presentan con frecuencia y/o regularidad, pero generan alteraciones en la circulación superficial y serían los causantes principales de los cambios de dirección de las corrientes marinas, y del desplazamiento de las aguas al interior de la bahía.

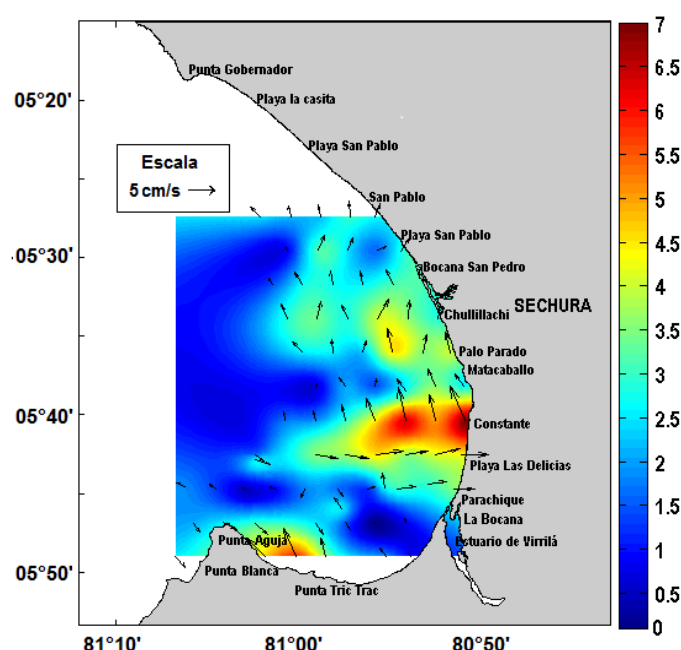


Figura 6.35.- Distribución Horizontal de la magnitud del viento en superficie [m/s], Campo vectorial, del sistema de vientos. Estudio Bio Oceanográfico para Determinar la Capacidad de Carga en la Bahía de Sechura, Piura, Julio 2012.

## 6.4 DISCUSIÓN

En base a datos hidrográficos que incluyen información del 1<sup>er</sup> y 2<sup>do</sup> monitoreo, se ha descrito las características dinámicas de la distribución horizontal y estructura vertical (temperatura y salinidad), así como la circulación marina por capas (1, 5, 10 y 15m de profundidad) al interior de la bahía. La mayor resolución del muestreo permitió cuantificar mejor las características de la circulación media y de la distribución de masas de agua a escala estacional. Los resultados muestran que en la capa superficial la circulación estacional determina la distribución de propiedades y la interacción entre las masas de agua presentes en la región. Debajo de la superficie (~ 10 a 15 m) se observó el flujo de norte a sur. El flujo está organizado en dos estructuras de circulación anticiclónica que, debido a su variabilidad estacional, modula la contribución y balance de agua de origen oceánico y costero.

Las condiciones ambientales durante el monitoreo de invierno no mostraron condiciones anómalas con relación al monitoreo de verano, debido a las características hidrográficas propias de la estación, influencia de masas de agua asociadas a bajas concentraciones de sales en la capa superficial frente a Maticaballo

y Playa Las Delicias; esta condición se debería a la acción de los vientos que fueron máximos en esta zona, provocando el desplazamiento de las aguas con baja salinidad de sur a norte, aumentando al interior de la columna de agua, generando procesos de balance de masa al interior por la advección de fondo; sin embargo, puede observarse que la salinidad tiene un aumento de superficie a fondo en la zona de viento máximo, esto puede deberse a que el viento desplaza la masa de agua y es compensada con flujo de la subsuperficie.

De los resultados se puede afirmar que en la capa superficial la circulación estacional determina la distribución de propiedades y la interacción entre las masas de agua presentes en la región lo que implica que el flujo está organizado en dos estructuras de circulación ciclónica, que debido a su variabilidad estacional, modulan la contribución de agua de origen costero.

## **6.5 REFERENCIAS**

FISCHER HB, LIST EJ, KOH RC, IMBERGER J, BROOKS N. 1979. Mixing in inland and coastal waters. Academic Press Inc.

IMARPE 2006a. Evaluación de la Calidad del Medio Ambiental Marino frente a la zona de Bahía Callao (Convenio IMARPE-SEDAPAL), 28 febrero – 04 marzo del 2006. Inf. Interno Int. Mar Perú. DIO-UIOF.

IMARPE 2006b. Evaluación de la Calidad del Medio Ambiental Marino frente a la zona de Bahía Callao (Convenio IMARPE-SEDAPAL), 11 al 15 septiembre del 2006. Informe Interno DIO-UIOF. Inst. Mar Perú.

## VII. DETERMINACIÓN DE LA TASA DE RECAMBIO DE LAS MASAS DE AGUA EN EL INTERIOR DE LA BAHÍA

*Jorge Quispe*

Área Funcional de Investigaciones en Oceanografía Física, DGIOCC, IMARPE

### 7.1 INTRODUCCIÓN

Uno de los factores que altera el metabolismo de los organismos filtradores es la velocidad de las corrientes marinas, debido a que estas puede influir en las tasas de ingestión (URIBE Y BLANCO, 2001). Estudios realizados por MALOUF Y BREESE (1978) demostraron que flujos de corrientes débiles influyen en que la capacidad de crecimiento disminuya.

Por esta razón, en la determinación de la capacidad de carga, debe considerarse el movimiento del agua, en términos de mantener una constante oferta de partículas para los organismos filtradores en cultivos suspendidos (INCZE et al. 1981, ROSENBERG Y LOO 1983, FRÉCHETTE Y BOURGET 1985, WILDISH Y KRISTMANSON 1987). La tasa de renovación dependerá de la dinámica física de cada sistema, esto implica que no solo está controlado por las corrientes, sino también por los vientos, los parámetros meteorológicos, la batimetría y otros procesos físicos.

### 7.2 MATERIAL Y MÉTODOS

Para determinar la tasa de renovación del agua, se consideró que el nivel del mar no presenta variaciones importantes en un periodo mayor que el de las mareas y que los parámetros meteorológicos (relación evaporación y precipitación) son mínimos comparado con las variaciones producidas por el viento y las corrientes marinas. Se asume que el volumen de agua que entra al sistema debe ser igual al que sale, por lo que el tiempo de residencia o tasa de renovación de las aguas, según (Knaus 1998) está dado por la siguiente expresión (1):

$$T = \frac{V}{\frac{1}{2}(S)(Velcorr)} \quad (1)$$

Dónde:

T = tiempo de residencia (días)

V = volumen de agua al interior de la bahía.

S = sección vertical paralela a la línea costera

Velcorr = velocidad de las corrientes marinas (m/día)

El tiempo de residencia del agua, se determinó en base a los valores máximo, mínimo y promedio para las corrientes marinas en la superficie; que fueron determinados por mediciones directas con el Correntómetro Acústico Doppler (ADCP) en modo de arrastre, durante el periodo de muestreo, considerando secciones de control para la entrada y salida de agua a las profundidades de 10 y 15 m, paralelas a la costa.

### 7.3 RESULTADOS

En la Fase I (Verano) los resultados mostraron que para una profundidad de 10 m, el valor máximo de la corriente en superficie, calcula que el tiempo de residencia es de 3,7 días, mientras que para un valor mínimo, el tiempo de residencia es de 9,25 días y para el valor promedio, el tiempo de residencia es de 5,29 días. Para la profundidad de 15 m, el valor máximo de la corriente en superficie, calcula que el tiempo de residencia es de 5,55 días, mientras que para un valor mínimo, el tiempo de residencia es de 13,8 días y para el valor promedio, el tiempo de residencia es de 7,93 días, (ver Tabla 7.1).

Tabla 7.1.- Tiempo de residencia del Agua en la Bahía de Sechura, en función de las corrientes marinas máxima, mínima y media. Febrero-Marzo 2012

Profundidad (m)	Corrientes Marinas (cm/s)	Tiempo de Residencia(días)
10	Máxima 2,5	3,7
	Mínima 1,0	9,25
	Promedio 1,75	5,29
15	Máxima 2,5	5,55
	Mínima 1,0	13,8
	Promedio 1,75	7,93

En la Fase II (Invierno) los resultados mostraron que para una profundidad de 10 m, el valor máximo de la corriente en superficie, determina que el tiempo de residencia es de 2,7 días, mientras que para un valor mínimo, el tiempo de residencia es de 7,15

días y para el valor promedio, el tiempo de residencia es de 4,2 días. Para la profundidad de 15 m, el valor máximo de la corriente en superficie, calcula que el tiempo de residencia es de 4,25 días, mientras que para un valor mínimo, el tiempo de residencia es de 9,8 días y para el valor promedio, el tiempo de residencia es de 6,9 días, (ver Tabla 7.2).

Estos valores reflejan que existe una diferencia entre la velocidad de la corriente marina y el tiempo de residencia, cuando mayor es la velocidad menor es el tiempo de residencia mientras que cuando la velocidad disminuye el tiempo de residencia se incrementa.

Tabla 7.2.- Tiempo de residencia del Agua en la Bahía de Sechura, en función de las corrientes marinas máxima, mínima y media. Julio 2012

Profundidad (m)	Corrientes Marinas (cm/s)	Tiempo de Residencia(días)
10	Máxima 8,5	2,7
	Mínima 3,5	7,15
	Promedio 6,0	4,2
15	Máxima 8,5	4,25
	Mínima 3,5	9,8
	Promedio 6,0	6,9

#### 7.4 REFERENCIAS

- FRÉCHETTE M., P. BERGERON & P. GAGNON. 1996. On the use self-thinning relationships in stocking experiments. *Aquaculture*. 145:91-112.
- INCZE L.S., R.A. LUTZ & E. TRUE. 1981. Modeling carrying capacities for bivalve mollusc in open, suspended–culture systems. *J. World Maricul. Soc.*12(1):143-155.
- MALOUF R.E & W. P. BREESE. 1978. Intensive culture of the pacific oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg) in heated effluents. *Agricultural Exptl. Station Bull.* 627:41.
- ROSENBERG R. & L.O. LOO. 1983. Energy flow in a *Mytilus edulis* culture in Western Sweden. *Aquaculture*.35:151-161.
- WILDISH D.J. & D.D. KRISTMANSON. 1987. Estimating bivalve carrying capacity and potential production. pp. 19. Book of Abstracts. National Shellfisheries Association. Annual Meeting. Nanaimo, B.C., Canada. 9-13 August, 1987.

## VIII. CONDICIONES HIDROQUÍMICAS

*Georgina Flores, Octavio Morón*

Área Funcional de Investigaciones en Oceanografía Química y Geología, DGIOCC, IMARPE

### 8.1 INTRODUCCIÓN

La Ensenada de Sechura se encuentra ubicada en la zona occidental del departamento de Piura, entre los paralelos 5° 18'46" y 5° 50'33", limitada al norte con Punta Gobernador y al sur con Punta Aguja, tiene una extensión aproximada de 89 km, su borde costero se caracteriza por extensas playas arenosas, humedales como los manglares San Pedro, Palo Parado y estuario de Virrila.

En condiciones normales la ensenada de Sechura es alimentada principalmente por Aguas Costeras Frías que ingresan por la capa subsuperficial, aflorando en la zona central. En superficie el rango de temperatura fluctúa entre 15 y 24°C, la salinidad de 34,8 a 35,3 ups, el oxígeno disuelto en el agua de 2 a 5,5 mL/L. Por lo general, la capa subsuperficial presenta valores menores a los de superficie. Respecto a los nutrientes estos presentan un rango de fosfatos entre 1 a 3,5 µmol/L, silicatos de 5 a 35 µmol/L y nitratos de 5 a 30 µmol/L (MORÓN et al, 2006). En determinadas temporadas del año o durante épocas como El Niño, las aguas del río Piura y drenajes de la laguna Ñapique y Ramón son vertidas a la bahía.

Con el propósito de determinar los parámetros químicos de la bahía de Sechura, se realizaron 2 monitoreos oceanográficos, cuyos resultados se presentan a continuación.

### 8.2 MATERIAL Y MÉTODOS

Para la Fase I (verano) el muestreo se realizó entre 20 Febrero y 5 de marzo 2012. Para la Fase II (invierno) entre el 9 y 21 de julio del 2012, en un área comprendida desde la línea costera hasta las 18 mn, aproximadamente (Fig.8.1).



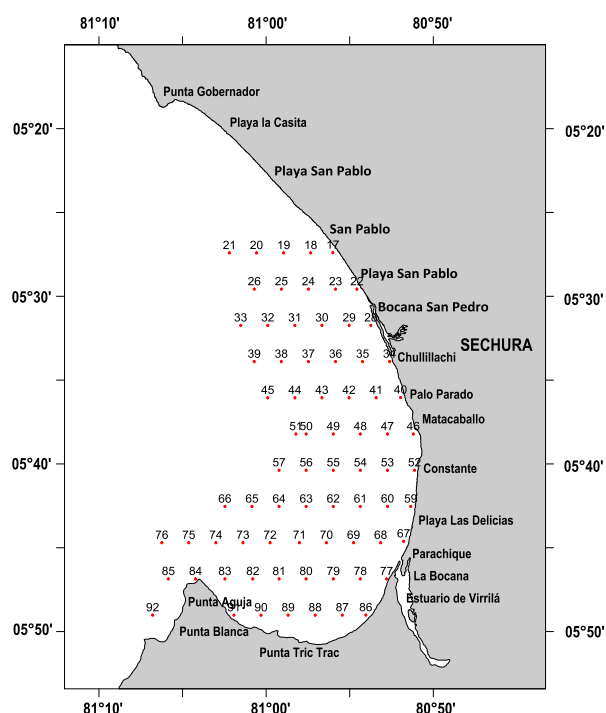


Figura 8.1. Localización de estaciones para toma de muestra de parámetros químicos.

La colecta de muestras se realizó en 86 estaciones hidrográficas a nivel de superficie ya profundidades estándar de 10, 20, 30, 50 y 75 m, usando una botella Niskin de 5 litros de capacidad con la cual se obtuvo el agua para las diferentes determinaciones químicas.

Se determinó el oxígeno disuelto mediante el método de WINKLER modificado por CARRIT & CARPENTER (1966). Los fosfatos, silicatos, nitratos y nitritos fueron determinados de acuerdo a técnicas y modificaciones dadas por STRICKLAND & PARSONS (1972), utilizando el espectrofotómetro Lambda 45 marca Perkín Elmer. Para la determinación de clorofila-a se utilizó el método fluorométrico HOLM-HANSEN et al. (1965), mientras que para el pH se utilizó un potenciómetro marca HANNA y para la alcalinidad total el método de APHA (1992).

Los resultados de la transparencia del agua de mar se obtuvieron haciendo uso de un disco Secchi de color blanco de 30 cm de diámetro. Para la elaboración de los gráficos se aplicó el software Surfer 9.

## 8.3 RESULTADOS

### FASE I (Verano)

#### Oxígeno, Clorofila-a, pH y Alcalinidad - Superficie

En la superficie del mar el oxígeno presentó un rango de 0,0 y 8,76 mL/L, con un promedio de 5,68 mL/L, observándose a nivel superficial concentraciones mayores a 5 mL/L en gran parte de la bahía, mientras que condiciones de anoxia se localizaron frente a La Bocana y Punta Tric Trac (Fig.8.2a).

Las concentraciones de clorofila-a fueron altas en la superficie del mar, variando entre 0,49 y 13,56  $\mu\text{g/L}$ , los altos valores de clorofila-a estuvieron asociados a los máximos valores de oxígeno (7 y 8,5 mL/L), las menores concentraciones ( $< 1 \mu\text{g/L}$ ) se localizaron frente a la Bocana San Pedro y playa San Pablo (Fig. 8.2b).

El pH tuvo un valor mínimo de 6,99 y un máximo de 8,87, con promedio de 8,15, observándose predominio de valores mayores a 8, a excepción de pequeños núcleos ácidos frente a Bocana San Pedro y al estuario de Virrilá (Fig. 8.2c). Los valores de alcalinidad variaron entre 110,97 y 140,84 mg/L con un promedio de 130,79 mg/L, la distribución mostró pequeños núcleos de 115 y 120 mg/L asociado a valores de pH de 7,5 (Fig. 8.2d).

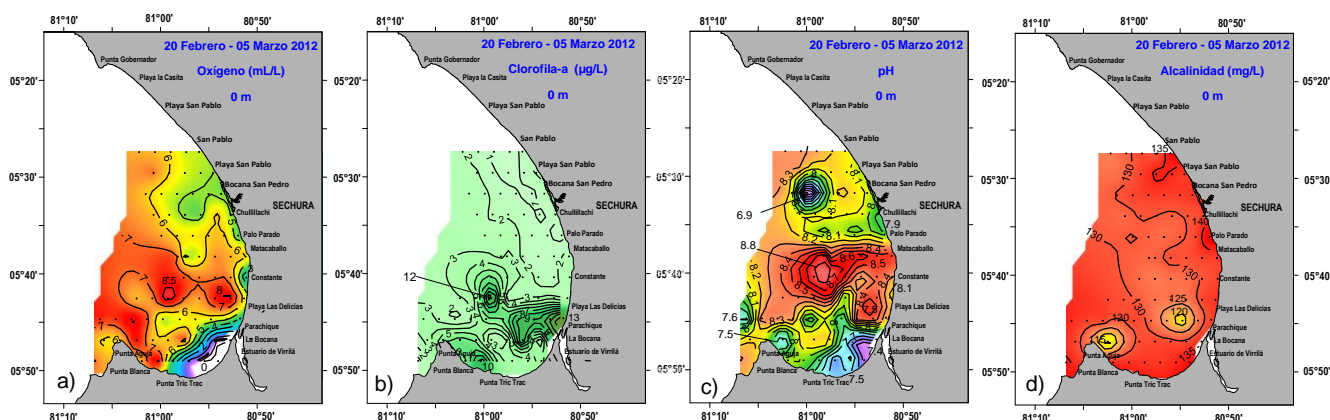


Figura 8.2. Distribución superficial de a) Oxígeno, b) Clorofila-a, c) pH y d) Alcalinidad. Bahía de Sechura, Febrero-Marzo 2012

## Transparencia

La transparencia del agua de mar varió entre 0,5 y 4 m, los valores menores a 1,5 indicarían una gran turbidez dentro de la Bahía debido al aporte continental, los valores mayores a 1,5 estarían en relación a las concentraciones de clorofila-a (Fig. 8.3).

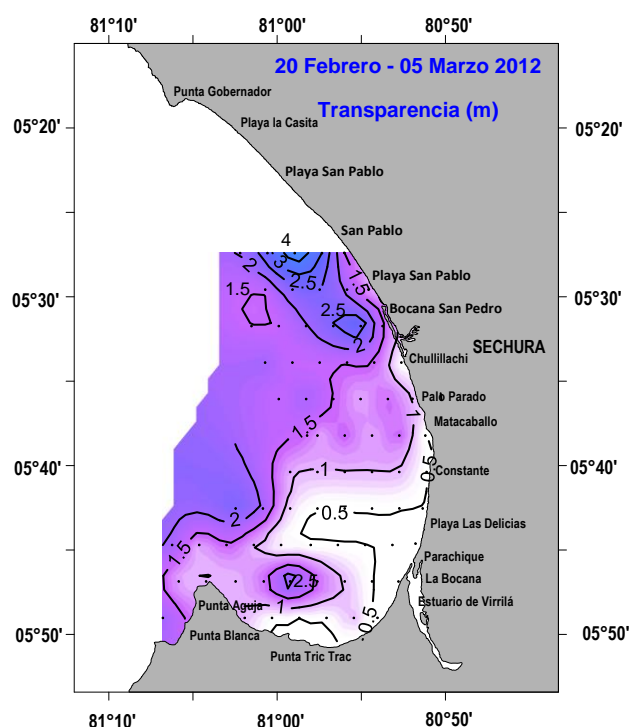


Figura 8.3. Distribución de Transparencia (m). Bahía de Sechura, Febrero-Marzo 2012

## Nutrientes - Superficie

En la superficie del mar, los fosfatos presentaron valores entre 0,49 y 18,21  $\mu\text{mol/L}$ , con valores más elevados frente a playa San Pablo, playa Las Delicias, Estuario de Virrilá y Punta Aguja, concentraciones menores a 1  $\mu\text{mol/L}$  se localizaron entre Chullillachi y Constante (Fig.8.4a). Respecto a los silicatos el rango mínimo de 0,40  $\mu\text{mol/L}$  se localizó frente a playa Constante y el máximo de 113,90  $\mu\text{mol/L}$  entre playa Las Delicias y Parachique. Concentraciones menores de 5  $\mu\text{mol/L}$  se encontraron por fuera de las 4 y 6 mn (Fig. 8.4b).

Los nitratos fueron muy pobres encontrándose valores menores a  $5 \mu\text{mol/L}$  en toda el área de estudio, solo un pequeño núcleo de  $5 \mu\text{mol/L}$  se localizó frente a Chullillachi, debido a un mayor consumo de este nutriente (Fig. 8.4c), en relación a los nitritos los valores mayores a  $0,5 \mu\text{mol/L}$  estuvieron bordeando la línea costera, entre playa Las Delicias y Punta Aguja (Fig. 8.4d).

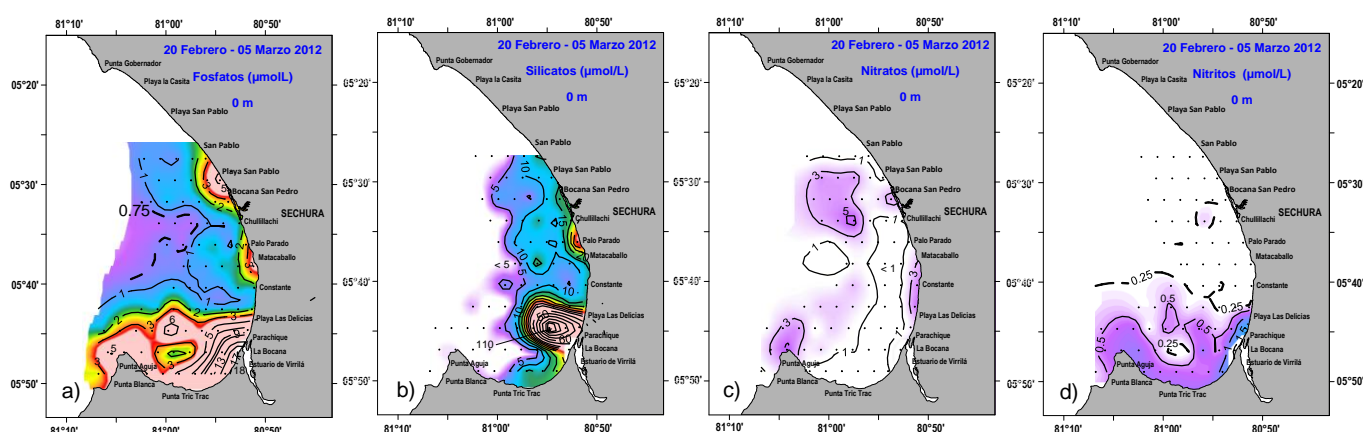


Figura 8.4. Distribución superficial de nutrientes: a) Fosfatos, b) Silicatos, c) Nitratos y d) Nitritos. Bahía de Sechura, Febrero-Marzo 2012

### Oxígeno, Clorofila-a, pH y Alcalinidad - Fondo

Las concentraciones de oxígeno a nivel de fondo fueron más bajas en relación a la superficie, con un rango de 0,0 y 5,87 mL/L. En el área de estudio predominaron concentraciones menores a 4 mL/L, a excepción de un pequeño núcleo de 5,5 mL/L frente a San Pablo. Las condiciones de anoxia también se vieron reflejadas en el fondo frente al estuario de Virrilá. La mínima de oxígeno (0,5 mL/L) se encontró frente a Punta Aguja (Fig. 8.5a).

La clorofila-a presentó un rango de 0,03 a 9,53  $\mu\text{g/L}$ , con las concentraciones más altas al sur de Matacaballo y estuvo asociado a los altos y bajos valores de pH (Fig. 8.5b). En relación al pH se encontraron dos núcleos con valores mayores a 8, frente a playa San Pablo y entre Matacaballo y norte de playa Las Delicias, observándose que los núcleos se deben a procesos físicos y biológicos (Fig. 8.5c), sin embargo la alcalinidad muestra una capa homogénea con pequeños núcleos, con valores de 123,82 y 138,28 mg/L (Fig. 8.5d).

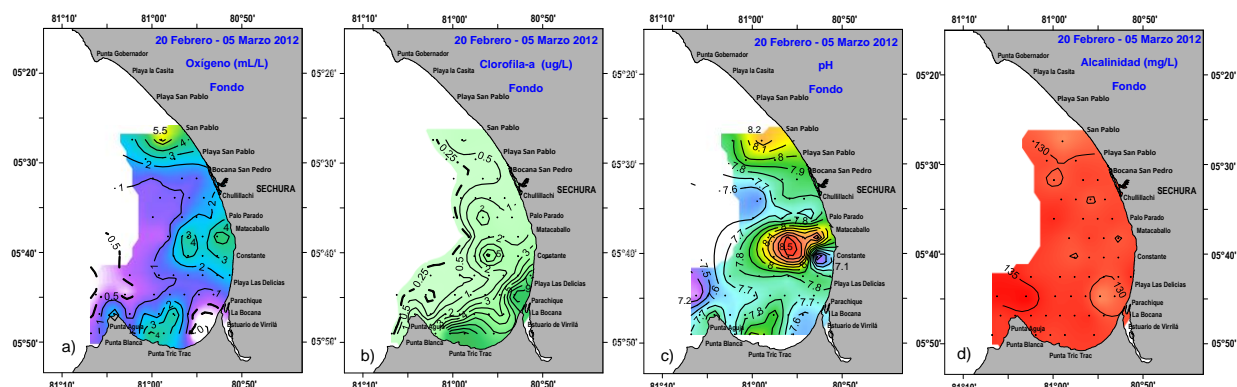


Figura 8.5. Distribución a nivel de fondo de a) Oxígeno, b) Clorofila-a, c) pH y d) Alcalinidad. Bahía de Sechura, Febrero-Marzo 2012

## Nutrientes - Fondo

A nivel de fondo, predominaron las altas concentraciones de fosfatos (0,92 – 9,23  $\mu\text{mol/L}$ ) al sur de playa Las delicias, sin embargo al norte de playa Constante los valores estuvieron dentro de los rangos normales (1,5 – 3,5  $\mu\text{mol/L}$ ) (Fig. 8.6a). Por otro lado, los silicatos mostraron pequeños núcleos, con valores menores a 5  $\mu\text{mol/L}$ , el cual no es característico a nivel de fondo (Fig. 8.6b).

Respecto a los nitratos, se observó una reducción, la isolínea de 5  $\mu\text{mol/L}$  delimitó el área de menores concentraciones, los valores mayores a 5  $\mu\text{mol/L}$  tuvieron una distribución normal (Fig. 8.6c). En referencia a los nitritos el valor mínimo fue 0,12  $\mu\text{mol/L}$  y el máximo 3,2  $\mu\text{mol/L}$ , con un promedio de 1,02  $\mu\text{mol/L}$  (Fig. 8.6d).

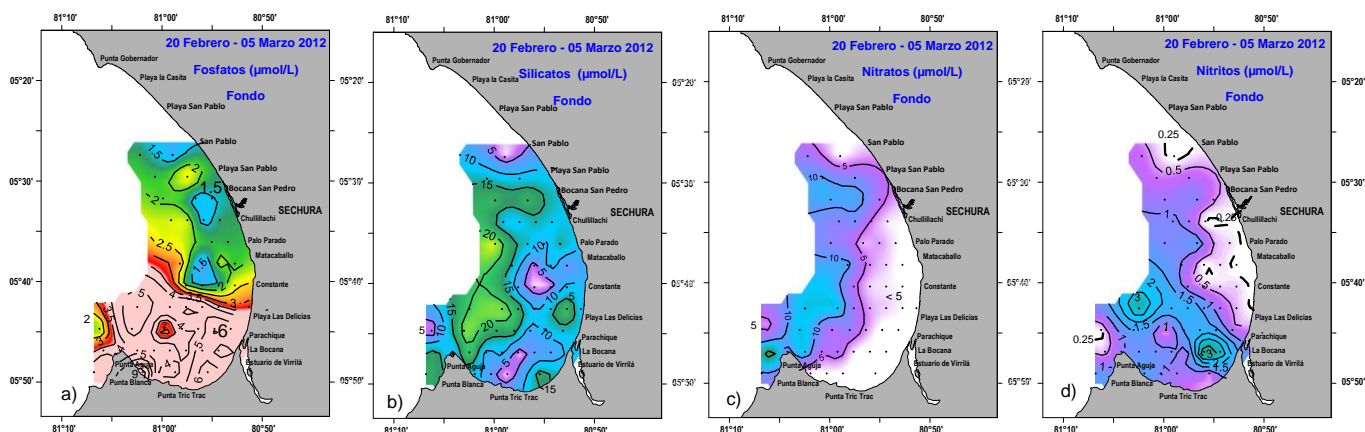


Figura 8.6. Distribución de nutrientes a nivel de fondo a) Fosfatos, b) Silicatos, c) Nitratos y d) Nitritos. Bahía de Sechura, Febrero-Marzo 2012

## Distribución vertical de variables químicas

### Sección Bocana San Pedro

En la columna de agua, la distribución de oxígeno se caracterizó por presentar una oxiclina conformada por 3 iso-oxígenas encontrándose entre 10 y 20 m cerca de la costa y profundizándose hasta los 20 m lejos de esta, la iso-oxígena de 1 mL/L se ubicó entre 20 y 25 m (Fig. 8.7a). La biomasa fitoplanctónica en términos de clorofila-a no fue muy alta presentando valores entre 0,025 y 2  $\mu\text{g/L}$  (Fig. 8.7b).

En la distribución vertical el pH varió entre 7 y 8,1, las máximas concentraciones se localizaron entre 0 y 12 m y dentro de las 4,5 mn, sin embargo, por fuera de las 5 mn se observó una disminución del pH asociado a concentraciones de oxígeno de 5 y 6 mL/L (Fig. 8.7c). La alcalinidad total mostró una capa homogénea, un máximo de 133 mg/L se encontró cerca de la costa dentro de 1 mn (Fig. 8.7d).

### Sección: Bocana San Pedro

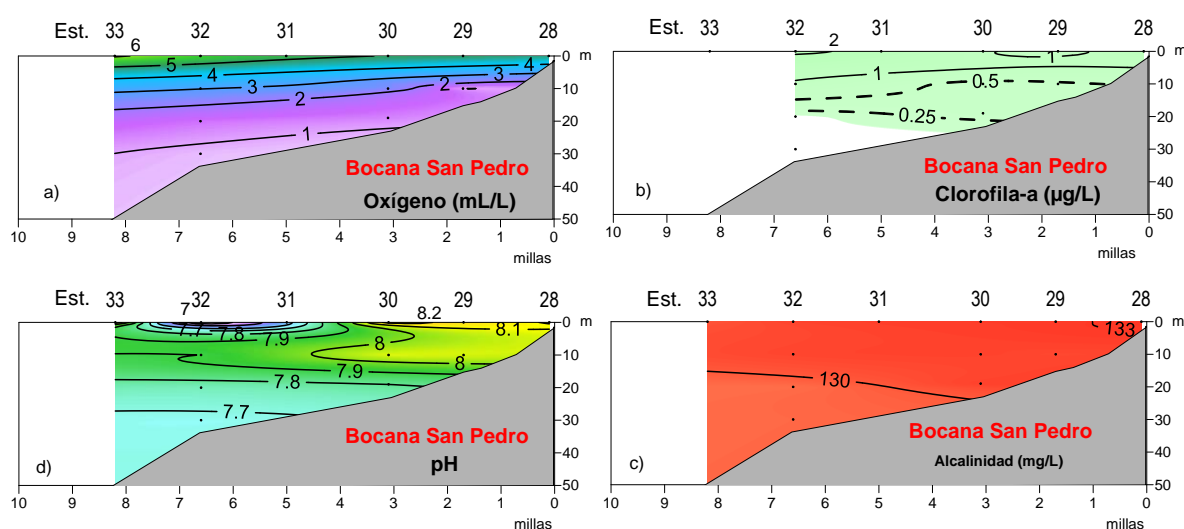


Figura 8.7. Distribución vertical de: a) Oxígeno, b) Clorofila-a, c) pH y d) Alcalinidad. Sección Bocana San Pedro-Bahía de Sechura, Febrero-Marzo 2012

Los nutrientes, como los fosfatos, silicatos, nitratos y nitritos, mostraron una distribución dentro de los rangos normales, las máximas concentraciones se hallaron dentro de las 4,5 mn; por otro lado, las concentraciones menores de 5  $\mu\text{mol/L}$  de nitratos por encima de los 10 m se debe a un mayor consumo de este nutriente (Fig. 8.8).

#### Sección: Bocana San Pedro

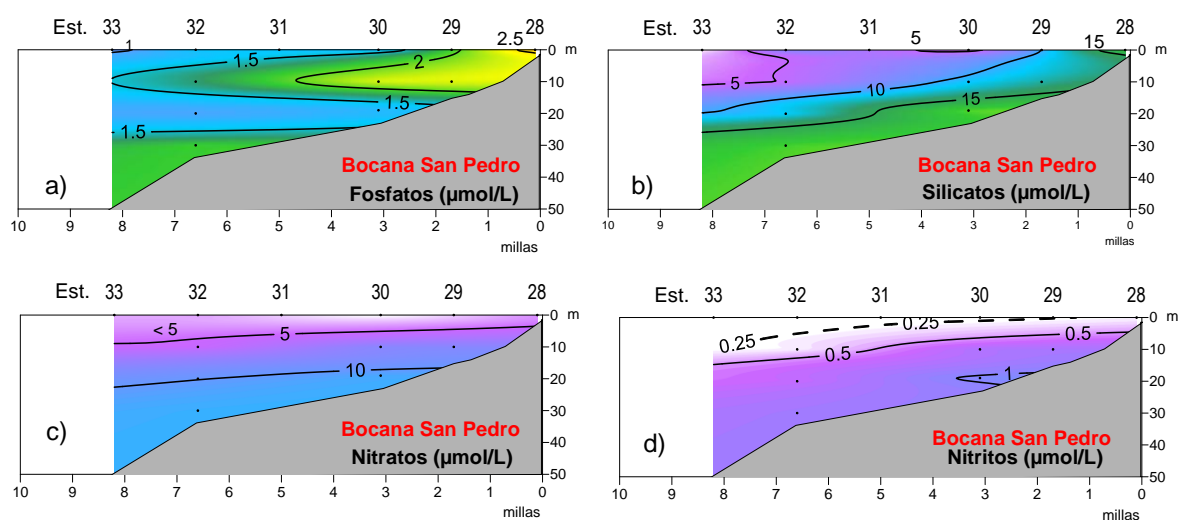


Figura 8.8. Distribución vertical de nutrientes: a) Fosfatos, b) Silicatos, c) Nitratos y d) Nitritos. Sección Bocana San Pedro-Bahía de Sechura, Febrero-Marzo 2012

#### Sección Chullillachi

En esta sección, el oxígeno presentó una oxiclina formada por 3 iso-oxígenas (2-4 mL/L) por encima de los 10 m cerca de la costa profundizándose hasta 15 m lejos de esta. Por debajo de los 10 m se observó una capa homogénea entre 10 y 25 m. La iso-oxígena de 1 mL/L se ubicó a 30 m de profundidad (Fig. 8.9a). Respecto a la clorofila-a presentó concentraciones entre 1 y 2,5  $\mu\text{g/L}$ , el máximo de clorofila (2,5  $\mu\text{g/L}$ ) estuvo en relación a concentraciones de 6 mL/L de oxígeno (Fig. 8.9b).

El pH varió entre 7,5 y 8,1, por encima de los 10 m tuvo distribución semejante al oxígeno con isolíneas entre 7,8 y 8,1, por debajo de los 10 m también se observa una capa homogénea con valores de 7,7 disminuyendo con la profundidad hasta 7,5 (Fig. 8.9c). En relación a la alcalinidad no hubo muchas variaciones encontrándose valores entre 130 y 133 mg/L (Fig. 8.9d).



### Sección: Chullillachi

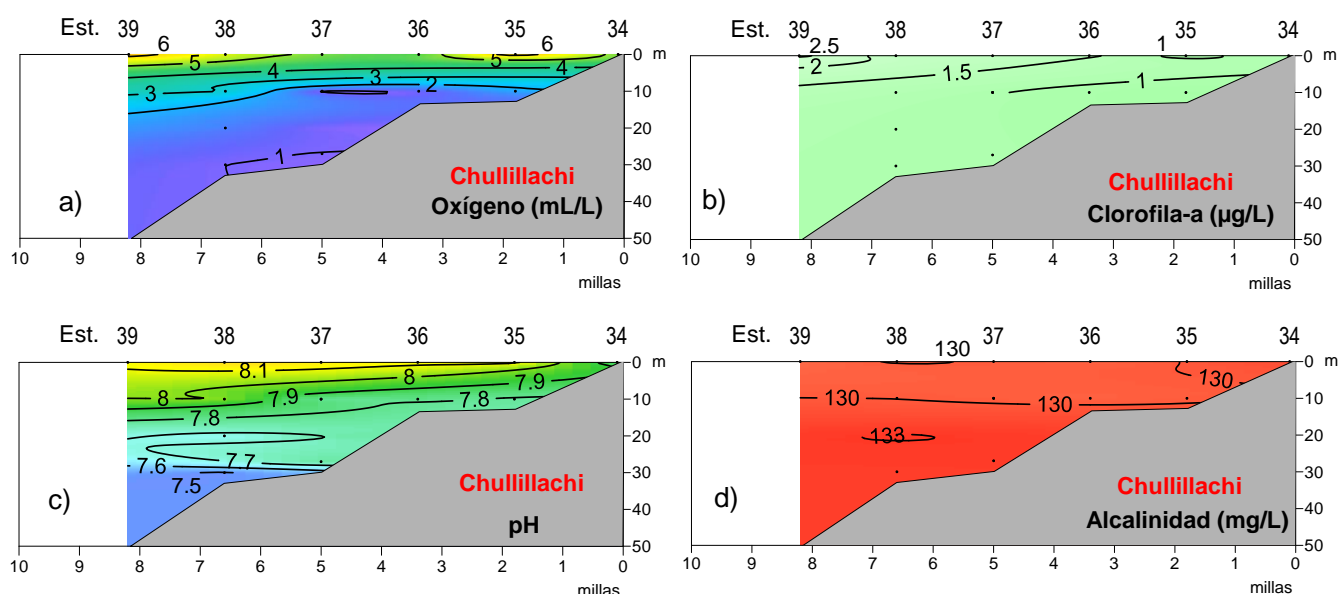


Figura 8.9. Distribución vertical de: a) Oxígeno, b) Clorofila-a, c) pH y d) Alcalinidad.  
Sección Chullillachi-Bahía de Sechura, Febrero-Marzo 2012

Los nutrientes, al igual que el perfil Bocana San Pedro, presentó valores dentro de los rangos normales (Fig. 8.10).

### Sección Chullillachi

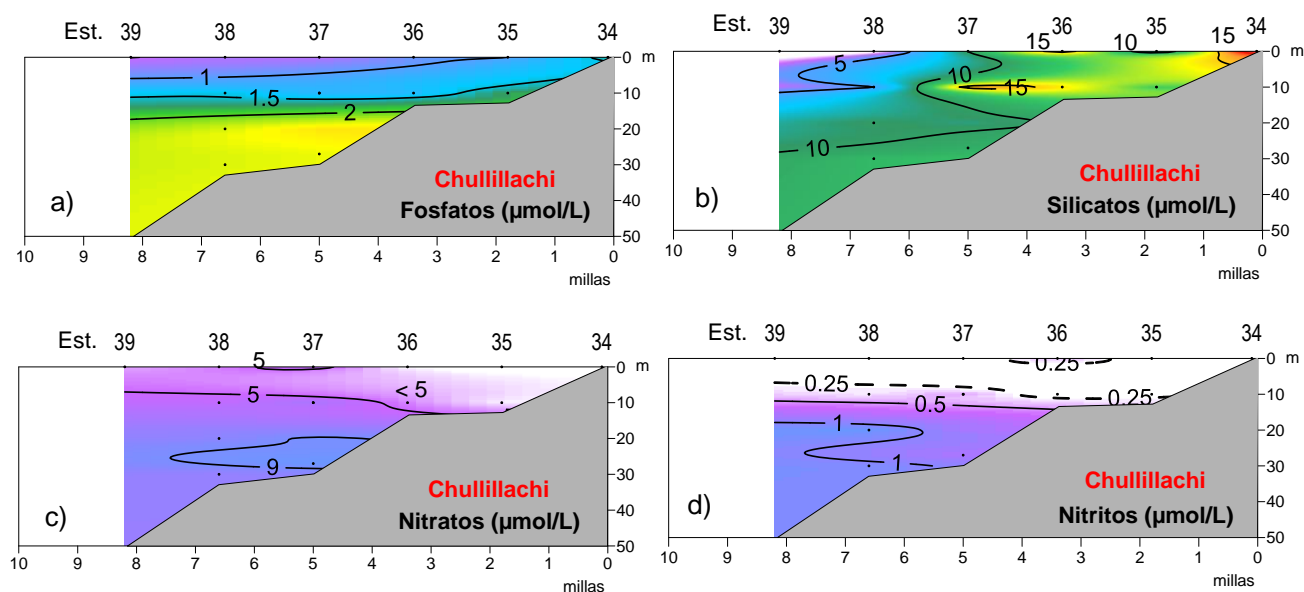


Figura 8.10. Distribución de nutrientes: a) Fosfatos, b) Silicatos, c) Nitratos y d) Nitritos.  
Sección Chullillachi-Bahía de Sechura, Febrero-Marzo 2012



## Sección Constante

El oxígeno disuelto varió de 0,97 mL/L (50 m) a 7,61 mL/L (0 m), las concentraciones mayores a 5 mL/L se localizaron entre 5 y 10 m de profundidad, asociado a la alta biomasa fitoplanctónica (3-10  $\mu\text{g/L}$ ), la iso-oxígena de 1 mL/L se ubicó a 50 m (Fig. 8.11a). La biomasa fitoplanctónica en términos de clorofila-a mostró un rango entre 0,18 y 10,67  $\mu\text{g/L}$ . En la capa de 0 a 35 m se presentaron buenas concentraciones de clorofila-a con valores de 1 a 10  $\mu\text{g/L}$  debido a los procesos fotosintéticos (alta productividad fitoplanctónica)(Fig. 8.11b).

El pH varió de 7,18 a 8,80; en gran parte de la columna de agua predominaron valores mayores a 8, los cuales estuvieron relacionados con la distribución del oxígeno y la clorofila-a. Cerca de la zona costera dentro de las 3,5 mn se encontró un pH disminuido hasta 7,2 (Figura 8.11c). La alcalinidad presentó una capa homogénea con núcleos de 130 mg/L (Fig. 8.11d).

## Sección: Constante

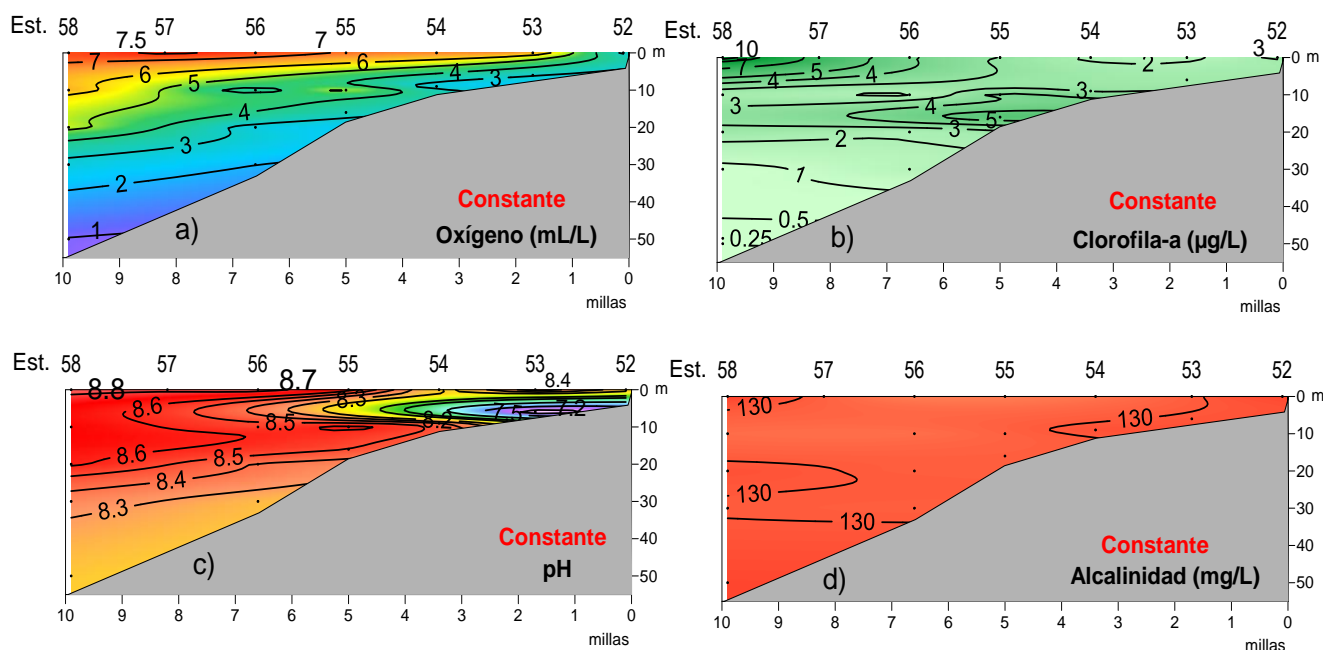


Figura 8.11. Distribución vertical de: a) Oxígeno, b) Clorofila-a, c) pH y d) Alcalinidad. Sección Constante-Bahía de Sechura, Febrero-Marzo 2012

En la capa superficial de 0 a 30 m donde se realiza la mayor actividad fotosintética, los nutrientes como los fosfatos y nitritos tuvieron una distribución homogénea con valores dentro de los rangos normales (Figs. 8.12a y 8.12d); respecto a los silicatos y nitratos se encontraron concentraciones menores a 5  $\mu\text{mol/L}$  en las primeras capas superficiales debido al consumo de este nutriente por especies fitoplanctónicas (Figs. 8.12b y 8.12c).

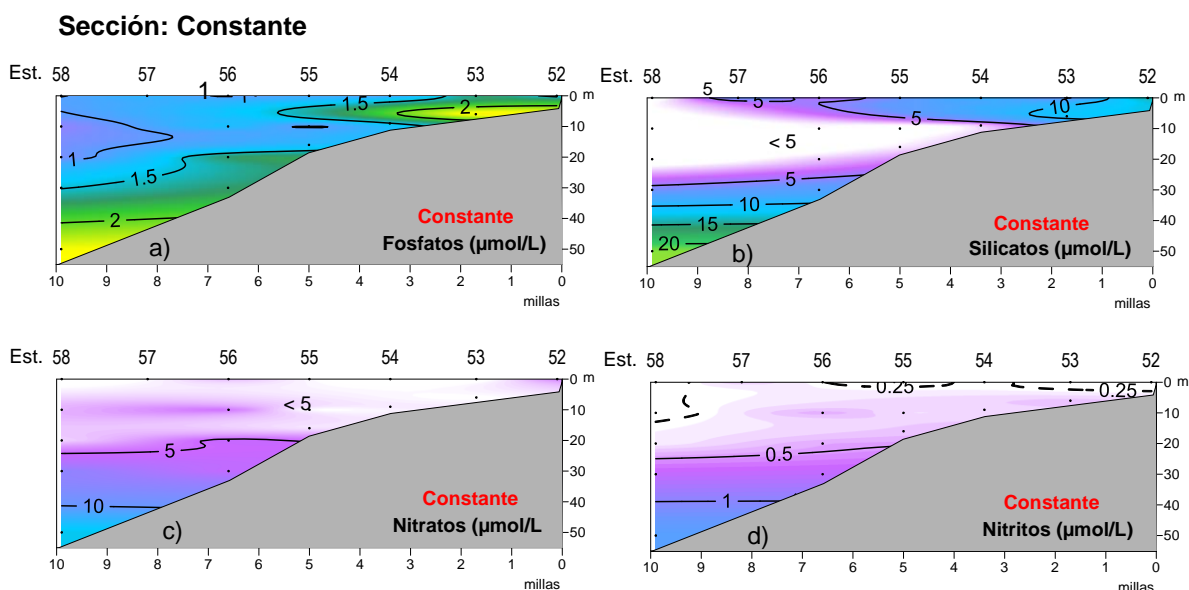


Figura 8.12. Distribución vertical de nutrientes: a) Fosfatos, b) Silicatos, c) Nitratos y d) Nitritos. Sección Constante-Bahía de Sechura, Febrero-Marzo 2012

### Sección Parachique

La distribución de oxígeno mostró una oxiclina de 4 iso-oxígenas por fuera de las 7 mn, formándose una gradiente dentro de las 6 mn. La iso-oxígena de 1 mL/L se encontró a los 30 m y la mínima de oxígeno (0,5 mL/L) se ubicó a 45 m de profundidad. Por otro lado, también se encontró altas concentraciones de oxígeno (6 - 8 mL/L) por fuera de las 9,5 mn (Fig. 8.13a). A nivel de columna de agua, la distribución de clorofila-a fue de 0,25 a 13  $\mu\text{g/L}$  indicando una alta productividad con mayor intensidad en la capa de 0 a 10 m (Fig. 8.13b).

El pH presentó una distribución vertical muy semejante al oxígeno con los valores mayores a 8 en la capa de 0 a 10 m que coincide con la alta biomasa fitoplanctónica debido a los procesos biológicos (Fig. 8.13c). La alcalinidad presentó una capa

homogénea, sin embargo, dentro de las 5mn se encontró un núcleo con tendencia a la disminución de la alcalinidad (Fig. 8.13d).

### Sección: Parachique

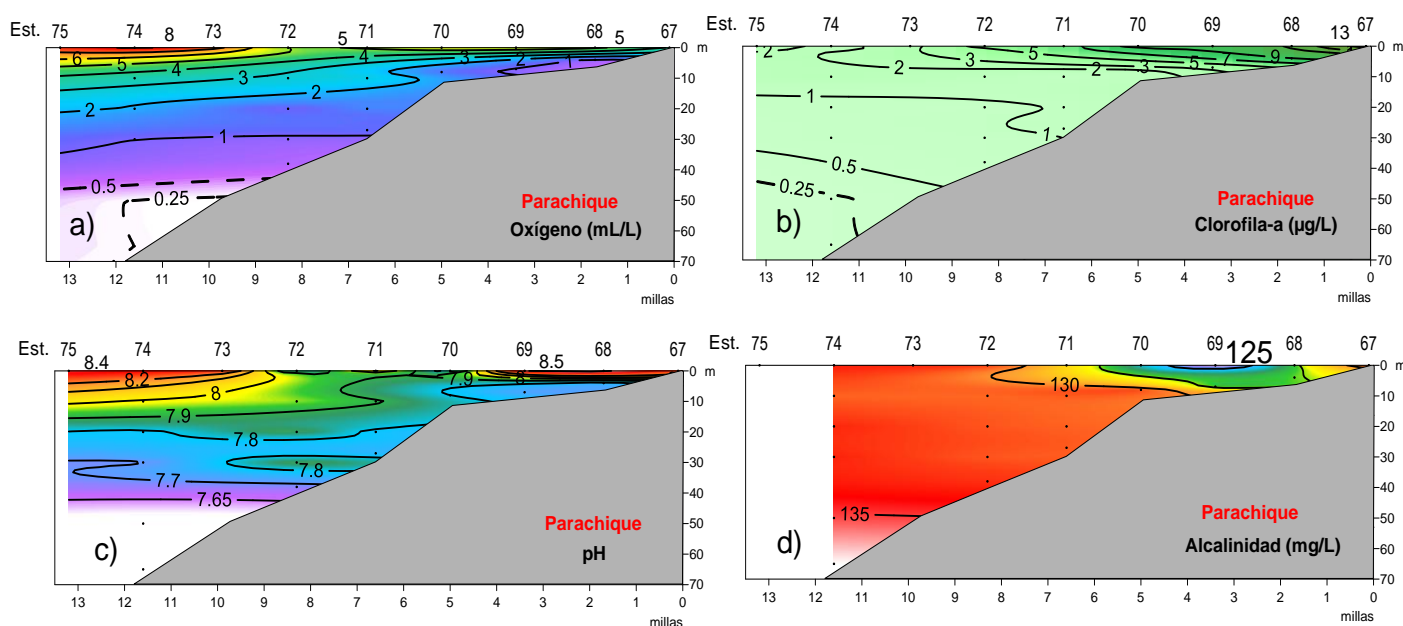


Figura 8.13. Distribución vertical de: a) Oxígeno, b) Clorofila-a, c) pH y d) Alcalinidad.  
Sección Parachique-Bahía de Sechura, Febrero-Marzo 2012

En referencia a los nutrientes, los fosfatos presentaron un rango de 2,25 a 7,97  $\mu\text{mol/L}$  observándose en la distribución vertical el predominio de valores muy altos sobrepasando el máximo de 3,5  $\mu\text{mol/L}$  de fosfatos en condiciones normales (Fig. 8.14a), así mismo, los silicatos también tuvieron altos valores (1,00 a 113,79  $\mu\text{mol/L}$ ) en la capa superficial de 0 a 5 m dentro de las 6 mn, ocasionando perturbaciones en el medio marino (Fig. 8.14b).

Respecto a los nitratos, entre 0 y 10 m tuvieron concentraciones menores a 5  $\mu\text{mol/L}$ , mientras que entre 10 y 50 m se encontró una capa homogénea (Fig. 8.14c). Los nitritos presentaron su máximo de 3  $\mu\text{mol/L}$  a 30 m de profundidad (Fig. 8.14d).

### Sección: Parachique

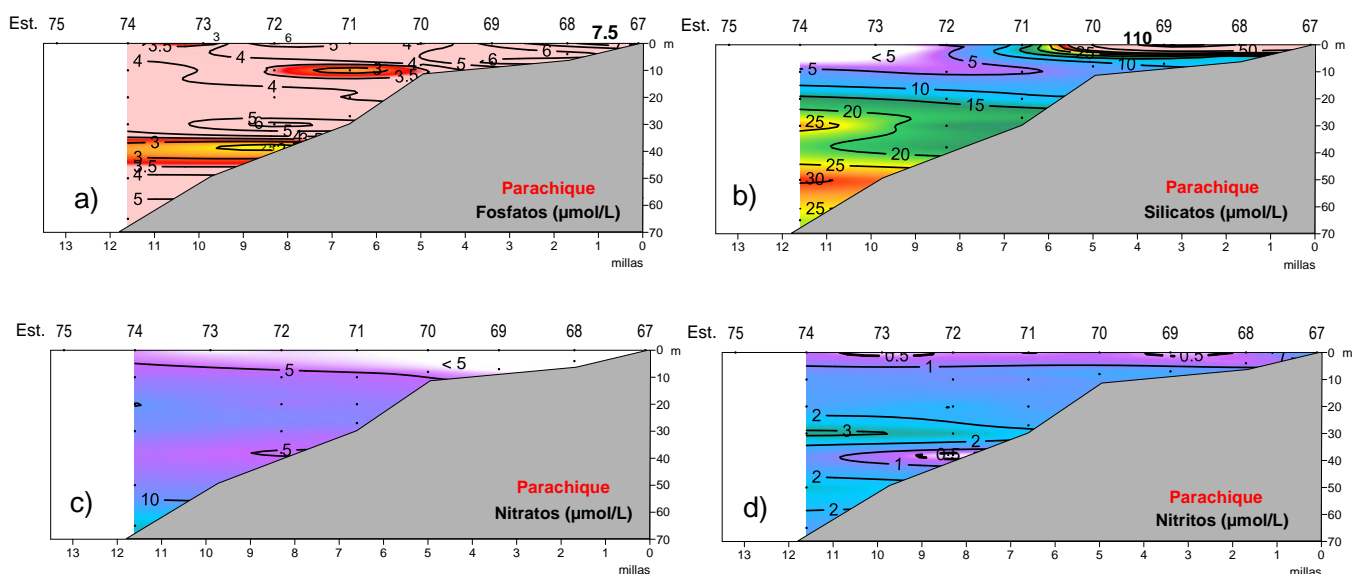


Figura 8.14. Distribución vertical de nutrientes: a) Fosfatos, b) Silicatos, c) Nitratos y d) Nitritos. Sección Parachique-Bahía de Sechura, Febrero-Marzo 2012

### Sección La Bocana

La distribución de oxígeno presentó una variación de 0,20 a 8,02 mL/L, la oxiclina estuvo por encima de los 10 m. La iso-oxígena de 1 mL/L se localizó a 20 m y la mínima por debajo de los 30 m. Los altos valores de oxígeno mayor a 5 mL/L se localizaron fuera de las 4 mn (Fig. 8.15a). Al igual que la sección de Parachique la biomasa fitoplanctónica fue alta, alcanzando un máximo de 11  $\mu\text{g/L}$  (Fig. 8.15b).

El pH mostró valores mayores a 8 entre las 5 y 8 mn, observándose en los extremos del perfil una disminución del pH (7,3 - 7,4) en la capa superficial de 0 a 5 m (Figura 8.15c). La alcalinidad presentó una capa homogénea en la distribución vertical, un pequeño núcleo con valores menores a 130 mg/L se localizó por fuera de las 8 mn y entre 0 a 5 m (Fig. 8.15d).

### Sección: La Bocana

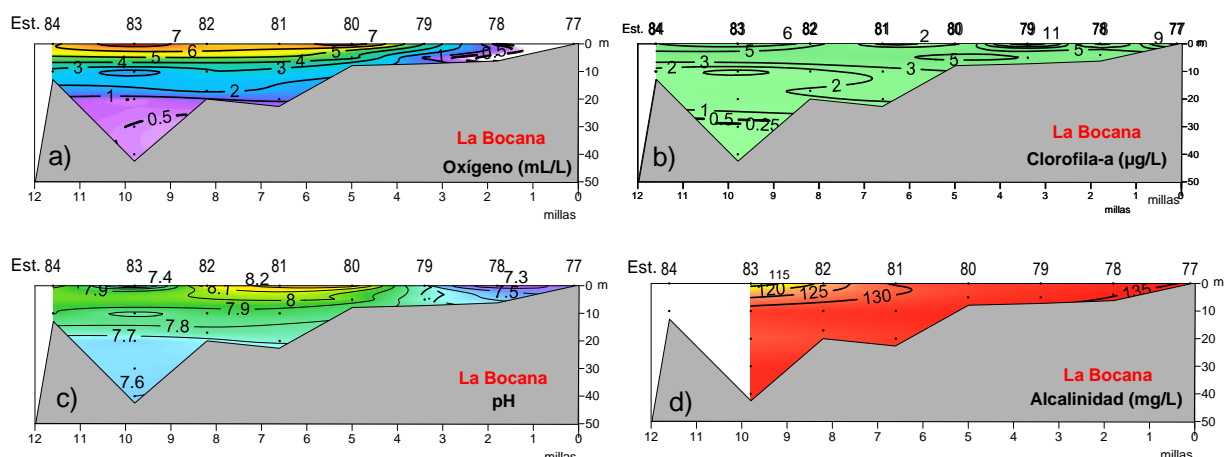


Figura 8.15. Distribución vertical de: a) Oxígeno, b) Clorofila-a, c) pH y d) Alcalinidad. Sección La Bocana-Bahía de Sechura, Febrero-Marzo 2012

Los fosfatos fueron altos (18  $\mu\text{mol/L}$ ) siendo estos valores más altos respecto a la sección Parachique, solo en una pequeña área se halló valores dentro de los rangos normales (1,5 – 3,5  $\mu\text{mol/L}$ )(Fig. 8.16a). Los silicatos presentaron una distribución normal, los valores menores a 5  $\mu\text{mol/L}$  en la capa de 0 a 10 m se deben a un mayor consumo de este nutriente (Fig. 8.16b).

Los nitratos tuvieron una distribución homogénea en toda la columna de agua (Fig. 8.16c) y los nitritos presentaron un máximo de 3,5  $\mu\text{mol/L}$  a 5 m de profundidad y 3 mn (Fig. 8.16d).

### Sección: La Bocana

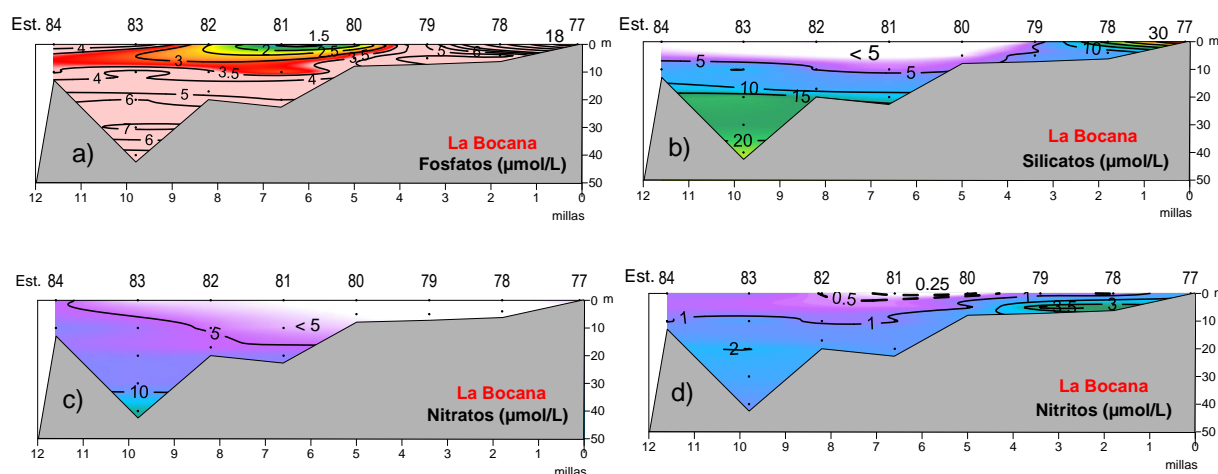


Figura 8.16. Distribución vertical de nutrientes: a) Fosfatos, b) Silicatos y c) Nitratos y d) Nitritos. Sección La Bocana-Bahía de Sechura, Febrero-Marzo 2012

## **FASE II (Invierno)**

### **Oxígeno, Clorofila-a, pH y Alcalinidad - Superficie**

En invierno 2012, los valores de oxígeno a nivel superficial registraron una mínima concentración de 2,74 mL/L, una máxima de 8,65 mL/L y la media fue de 5,31 mL/L. Un flujo hacia el norte frente a Punta Aguja dio lugar al ingreso de aguas superficiales con concentraciones de oxígeno disuelto mayores a 6 mL/L (por “Bloom” fitoplanctónico de diatomeas) hacia el centro de la bahía, con un pequeño ramal pegado a costa frente a Punta Tric Trac, fraccionando las menores concentraciones presentes dentro de la bahía. Se registraron concentraciones menores a 4 mL/L frente a Playa Las Delicias y Bocana San Pedro (Fig. 8.17a).

Los valores de clorofila-a fluctuaron desde un mínimo de 0,08 µg/L registrado en Playa las delicias, hasta un máximo de 5,24 µg/L registrado en la Estación 35, ubicada frente a Chullillachi y el valor más bajo en Playa Las Delicias. En el borde costero, las mayores concentraciones que indican una alta productividad se registraron en la zona sur entre Punta. Aguja y Parachique (hasta 3 µg/L), mientras que de Playa Las Delicias a San Pablo (zona norte) las concentraciones fueron menores a 0,5 µg/L. En la parte oceánica las mayores concentraciones se ubicaron en la zona norte, principalmente entre Playa San Pablo y Bocana San Pedro (4 µg/L) (Fig.8.17b).

Respecto al potencial de iones Hidronio (pH), a nivel superficial mostraron rangos de 7,06 a 8,39 en la Estación 46 (próximo a la costa) y Estación 92 frente a Punta Blanca, respectivamente, con un valor promedio de 7,72. Se registra una distribución muy irregular con núcleos de bajas concentraciones (< 7,3), lo cual estuvo asociado a la alcalinidad, la misma que presentó una distribución muy semejante al pH (Fig. 8.17c y 8.17d).

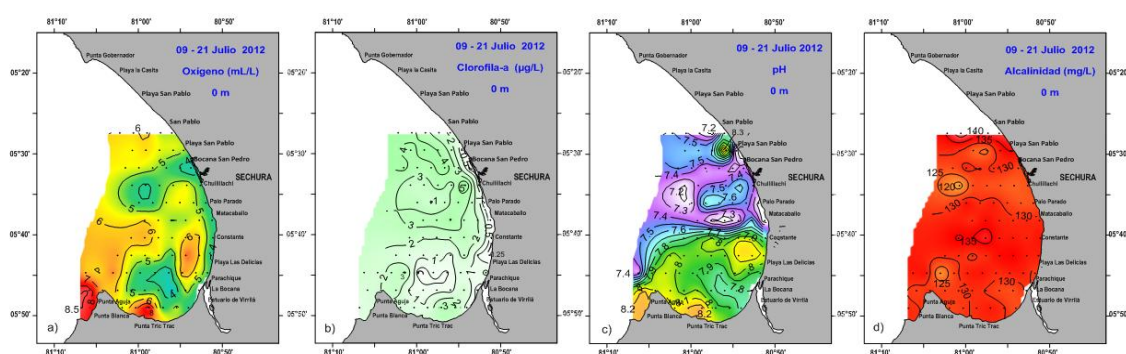


Figura 8.17. Distribución de: a) Oxígeno, b) Clorofila-a, c) pH y d) Alcalinidad Bahía de Sechura, Julio 2012.

## Transparencia

La transparencia del agua de mar varió entre 0,5 y 4,5 m, los menores valores se observaron en toda la franja costera, lo que es lógico por la turbidez ocasionada en parte por la resaca de las olas y la poca remoción de aguas. La mayor transparencia (3 – 4 m) está relacionada con las aguas que ingresan a la bahía (Fig.8.18).

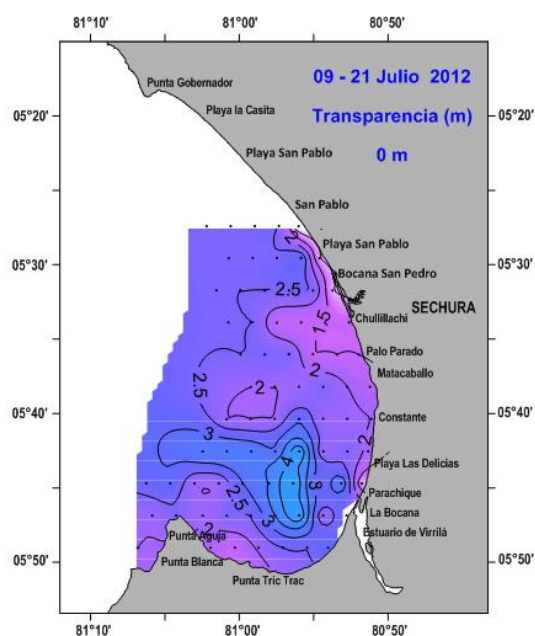


Figura 8.18. Distribución de Transparencia (m) Bahía de Sechura, Julio 2012.



## Nutrientes - Superficie

A nivel superficial los fosfatos presentaron valores de 0,06 a 3,62  $\mu\text{mol/L}$ , encontrándose concentraciones mayores a 2  $\mu\text{mol/L}$  en la zona costera entre Palo Parado y Playa San Pablo, una distribución semejante presentan los silicatos con valores mayores a 20  $\mu\text{mol/L}$  en esa misma área (cabe destacar que en la misma zona la clorofila-a presentó los mínimos valores). Las isolíneas de 1  $\mu\text{mol/L}$  de fosfatos y 5  $\mu\text{mol/L}$  de silicatos delimitan el área de mayores concentraciones. Frente a Parachique se localizó un núcleo de 40  $\mu\text{mol/L}$  de silicatos que estuvo asociado a aguas de poca remoción y valores de salinidad menores a 34 ups. Por otro lado, los nitratos tuvieron una distribución irregular observándose concentraciones menores a 5  $\mu\text{mol/L}$  debido al consumo de este nutriente por especies fitoplanctónicas. Los nutrientes en general variaron de 0,58 a 13,84  $\mu\text{mol/L}$  (Fig.8.19 a,b,c y d).

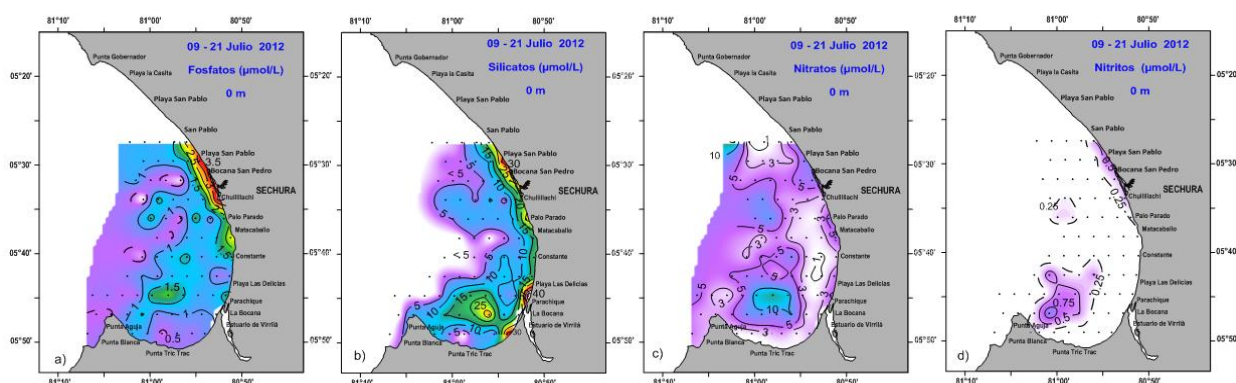


Figura 8.19. Distribución superficial de nutrientes a) Fosfatos, b) Silicatos, c) Nitratos y d) Nitritos. Bahía de Sechura, Julio 2012.

## Oxígeno, Clorofila-a, pH y Alcalinidad - Fondo

A nivel de fondo, los valores de oxígeno fluctuaron entre 0,49 y 4,38 mL/L. La iso-oxígena de 2 mL/L se encontró paralela a la línea costera desde Punta Blanca hasta playa San Pablo, por fuera de esta isoxígena se observó una distribución decreciente con núcleos de 1,5 mL/L en la parte central del área de estudio, debido al ingreso de aguas subsuperficiales (MORÓN, et al 2006) (Fig.8.20a).

La clorofila-a tuvo una distribución muy semejante al oxígeno, la isolínea de 1  $\mu\text{g/L}$  delimitó el área de mayores concentraciones que alcanzaron valores hasta 3  $\mu\text{g/L}$



principalmente en la zona costera de Constante a Playa San Pablo, los valores menores a  $0,5 \mu\text{g/L}$  indicarían pobreza fitoplanctónica (Fig.8.20b).

En la figura 7.5c se presenta la distribución de pH en fondo, a este nivel los valores variaron de 7,00 a 8,23, registrados en las estaciones 20 y 89 respectivamente. El pH promedio fue de 7,80. Frente a Matacaballo y Punta Tric Trac se encontraron pequeños núcleos con tendencia a la acidificación. Respecto a la alcalinidad las concentraciones fueron menores a las registradas en la superficie (Fig. 8.20d).

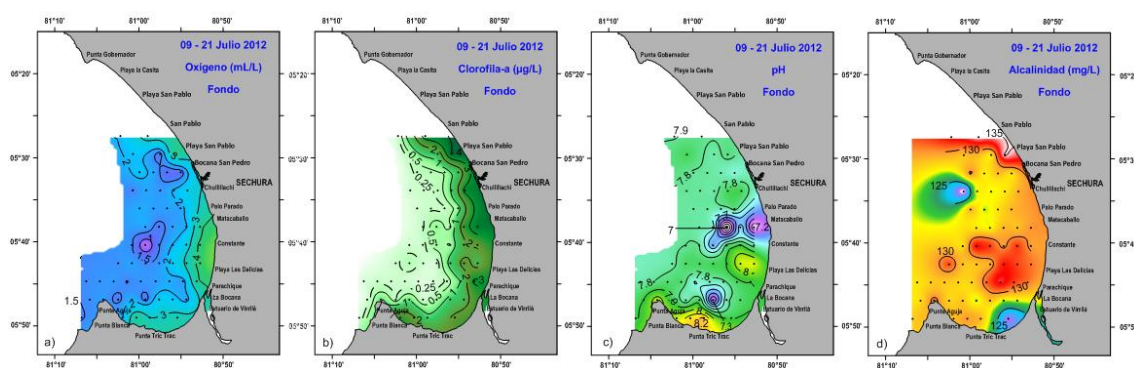


Figura 8.20. Distribución a nivel de fondo de: a) Oxígeno, b) Clorofila-a, c) pH y d) Alcalinidad. Bahía de Sechura, Julio 2012

### Nutrientes - Fondo

Los fosfatos tuvieron una distribución irregular en toda el área de estudio mostrando núcleos de  $1,5$  a  $2,5 \mu\text{mol/L}$  (Fig.8.21a).

Los valores de silicatos en el fondo fueron menores a los de superficie encontrándose de  $10$  a  $25 \mu\text{mol/L}$  (Fig.8.21b). En relación con los nitratos estos fueron más altos respecto a la superficie, con excepción del área entre Palo Parado – Parachique y Punta Blanca, donde se hallaron concentraciones menores a  $5 \mu\text{mol/L}$  (Fig.8.21c).

Los nitritos tuvieron una distribución normal con valores entre  $0,25$  y  $0,5 \mu\text{mol/L}$  (Fig.8.21d).

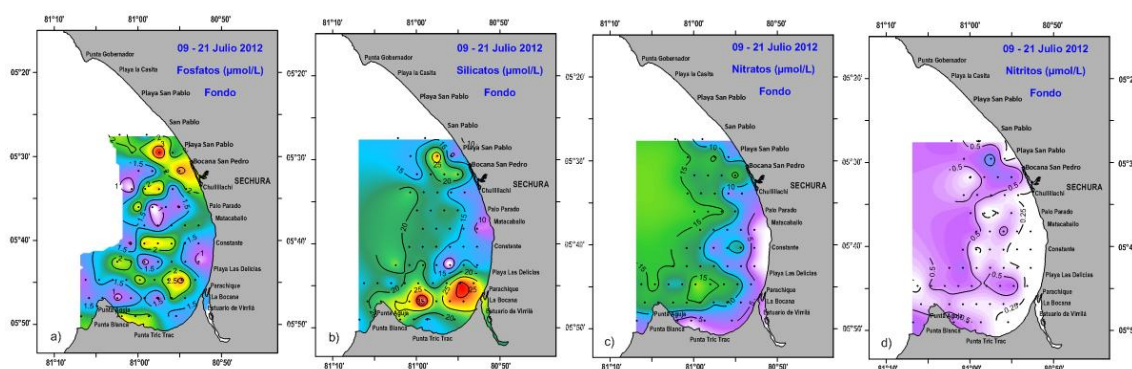


Figura 8.21. Distribución de nutrientes a nivel de fondo a) Fosfatos, b) Silicatos, c) Nitratos y d) Nitritos. Bahía de Sechura, Julio 2012.

## Distribución Vertical de las variables químicas

### Sección Bocana San Pedro

En la columna de agua, la distribución de oxígeno se caracterizó por presentar una oxiclina formada isoxígenas de 2 a 4 mL/L cerca a la costa y de 3 a 5 mL/L fuera de ella, encontrándose entre 2 a 8 m la primera, profundizándose hasta los 20 m lejos de esta. La isoxígena 1 mL/L no se registró, lo que tendría relación con la fuerte presencia de la Extensión Sur de la Corriente de Cromwell (ENFEN Julio 2012). Por fuera de las 6 mn se encontró concentraciones de 5,5 mL/L, indicando aguas de mezcla (Fig.8.22a).

La biomasa fitoplanctónica en términos de clorofila-a, presentó en la capa de 0 a 20 m y por fuera de 1 mn las concentraciones más altas (1 – 4,5 µg/L), por debajo de los 20 m las concentraciones de clorofila-a fueron muy pobres, menores a 0,5 µg/L (Fig.8.22b).

En la distribución vertical el pH varió de 7,3 a 7,9, con tendencia al incremento entre los 0 y 10 m. Por debajo de los 10 m los valores fueron homogéneos, los cuales estuvieron asociados a la alcalinidad (Figs.8.22c y 8.22d).

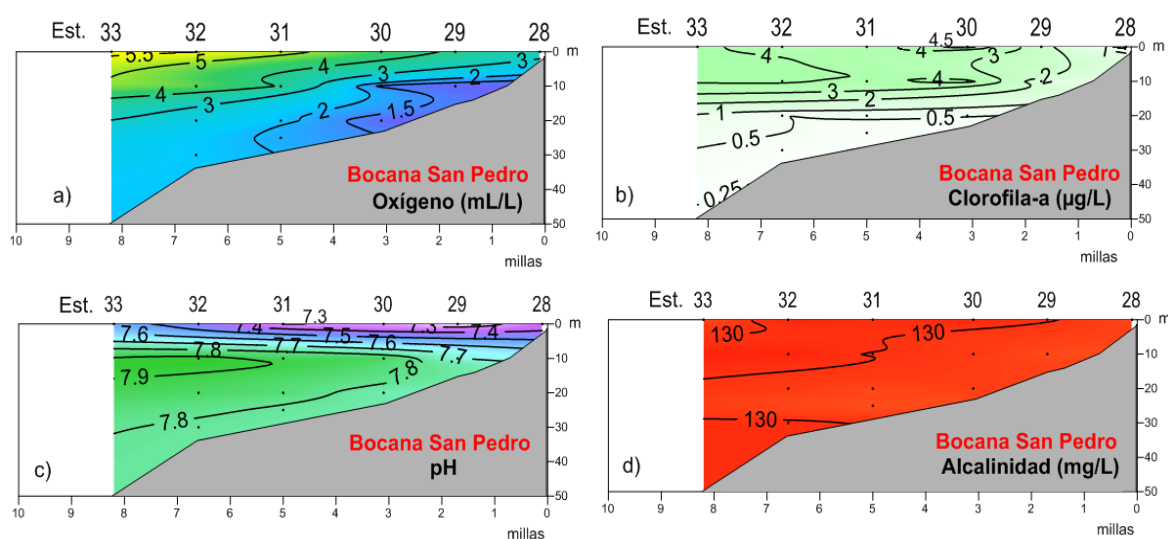


Figura 8.22. Distribución vertical de: a) Oxígeno, b) Clorofila-a, c) pH y d) Alcalinidad. Sección Bocana San Pedro-Bahía de Sechura, Julio 2012.

Respecto a los nutrientes, por fuera de las 3 mn, las concentraciones en general fueron pobres por encima de los 10 y 20 m; los fosfatos menor a 1 µmol/L, silicatos y nitratos menor a 5 µmol/L, debido a mezclas de agua y al consumo de estos nutrientes por especies fitoplanctónicas. En referencia a los nitritos, presentaron un máximo de 1 µmol/L a 20 m y a 3 mn (Fig.8.23).

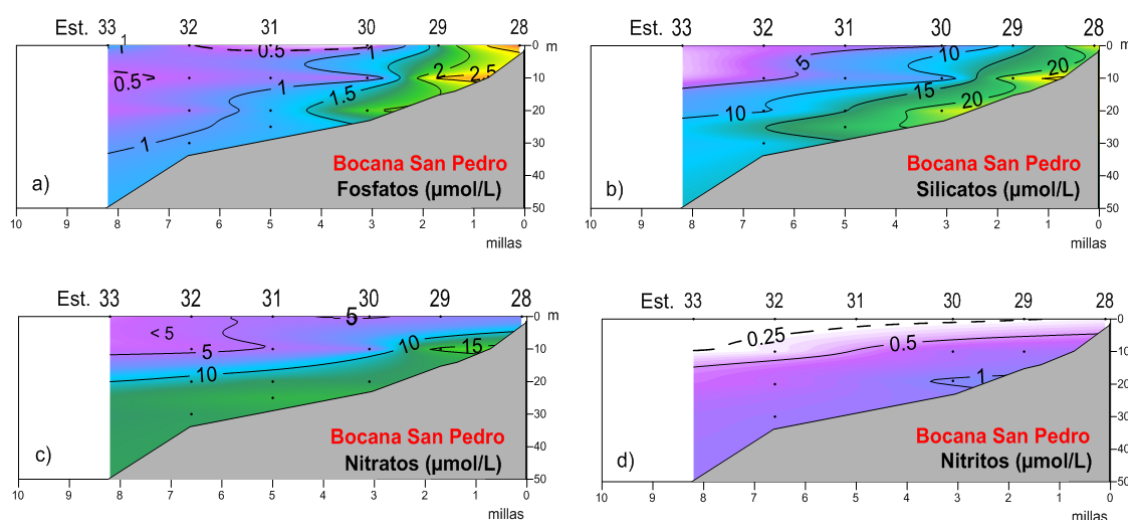


Figura 8.23. Distribución vertical de nutrientes: a) Fosfatos, b) Silicatos, c) Nitratos y d) Nitritos. Sección Bocana San Pedro-Bahía de Sechura, Julio 2012.

## Sección Chullillachi

La distribución vertical de oxígeno mostró por encima de los 10 m, isoxígenas de 3 a 5,5 mL/L. Entre los 20 y 40 m se observó una capa homogénea menor de 2 mL/L, que estuvo asociado a las concentraciones menores a 0,5  $\mu\text{g/L}$  de clorofila-a; tampoco se ubicó la isoxígena de 1 mL/L (Fig.8.24a).

Respecto a la clorofila-a en la capa subsuperficial, de 0 a 20 m presentó buenas concentraciones, con valores de 1 a 5  $\mu\text{g/L}$ , por debajo de los 20 m la clorofila-a fue pobre ( $< 0,5 \mu\text{g/L}$ ) Fig.8.24b.

El pH tuvo una distribución semejante al perfil de Bocana San Pedro, sin embargo la alcalinidad mostró una capa homogénea entre 0 y 50 m, dentro de las 7 mn, por fuera de las 7 mn presentaron variación con valores entre 120 y 125 mg/L (Fig.8.24c y d).

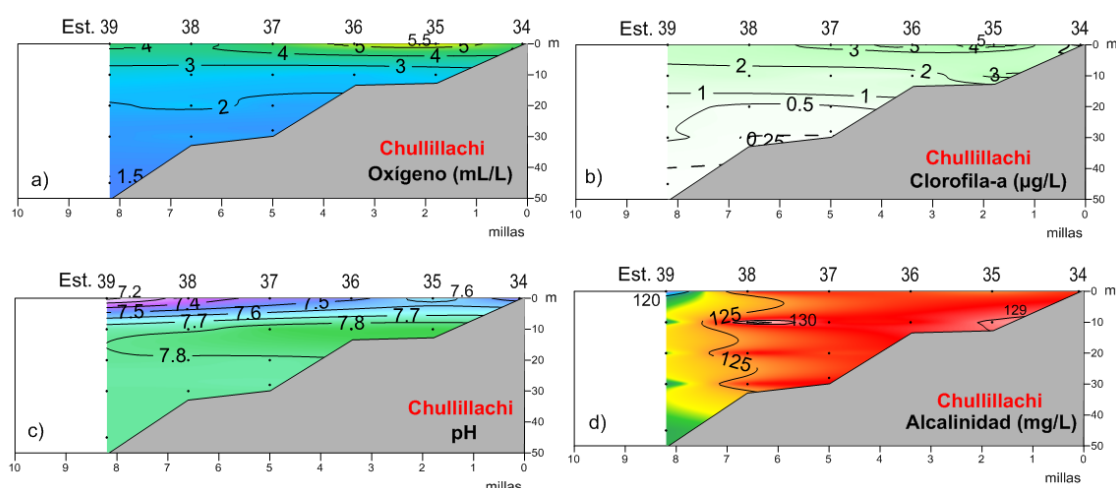


Figura 8.24. Distribución vertical de: a) Oxígeno, b) Clorofila-a, c) pH y d) Alcalinidad. Sección Chullillach-Bahía de Sechura, Julio 2012.

Respecto a los nutrientes, los fosfatos se incrementaron de acuerdo con la profundidad, aunque el máximo valor de 3,5  $\mu\text{mol/L}$  se localizó en la superficie dentro de 1 mn, debido al aporte antropogénico (Fig.8.25a). Los silicatos y nitratos tuvieron una distribución muy semejante y estratificada (Fig.8.24b y c). Los nitritos no tuvieron variaciones, encontrándose valores de 0,25 a 05  $\mu\text{mol/L}$  (Fig.8.25d).

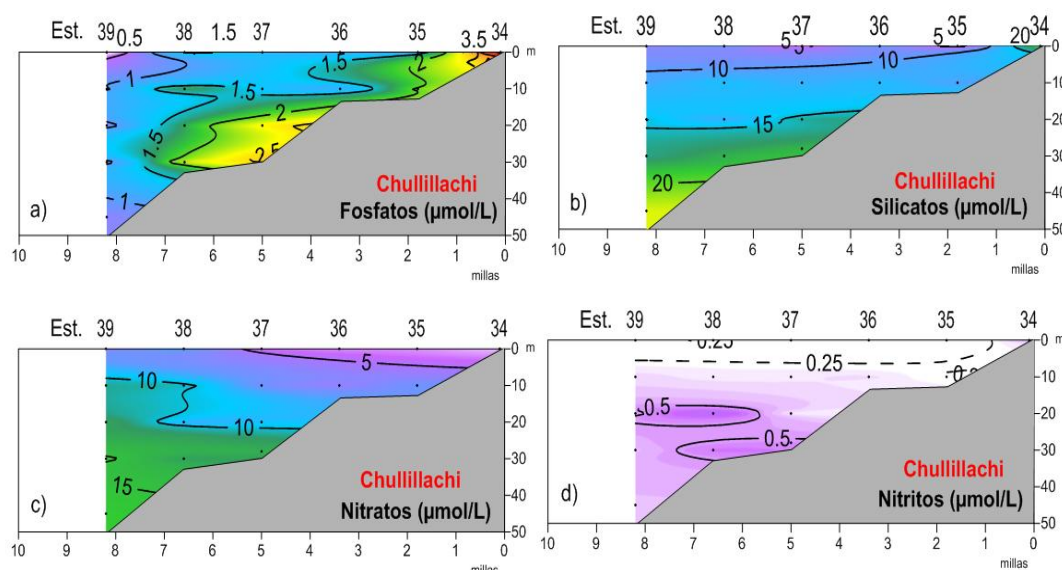


Figura 8.25. Distribución vertical de nutrientes: a) Fosfatos, b) Silicatos, c) Nitratos y d) Nitritos. Sección Chullillachi-Bahía de Sechura, Julio 2012.

## Sección Constante

La distribución vertical de oxígeno mostró una oxiclina entre 5 y 10 m de profundidad, con iso-oxígenas de 3 y 5 mL/L, concentraciones de 6 mL/L se localizaron a nivel superficial. La iso-oxígena de 1 mL/L se ubico a 40 m de profundidad (Fig.8.26a).

La biomasa fitoplanctónica en términos de clorofila-a presentó un máximo subsuperficial de 5  $\mu\text{g/L}$  a 10 m y 9.5 mn, el cual estuvo asociado a pH de 8 debido a los procesos biológicos, debajo de los 20 m las concentraciones fueron menores a 0,5  $\mu\text{g/L}$  (Fig. 8.26b).

El pH varió de 7,6 a 8, los valores fueron uniformes a excepción de un pequeño núcleo de 7,6 cerca al zócalo continental a 30 m (Figura 7.11c). La alcalinidad en todo el perfil fue homogénea sin variaciones (Fig.8.26d).

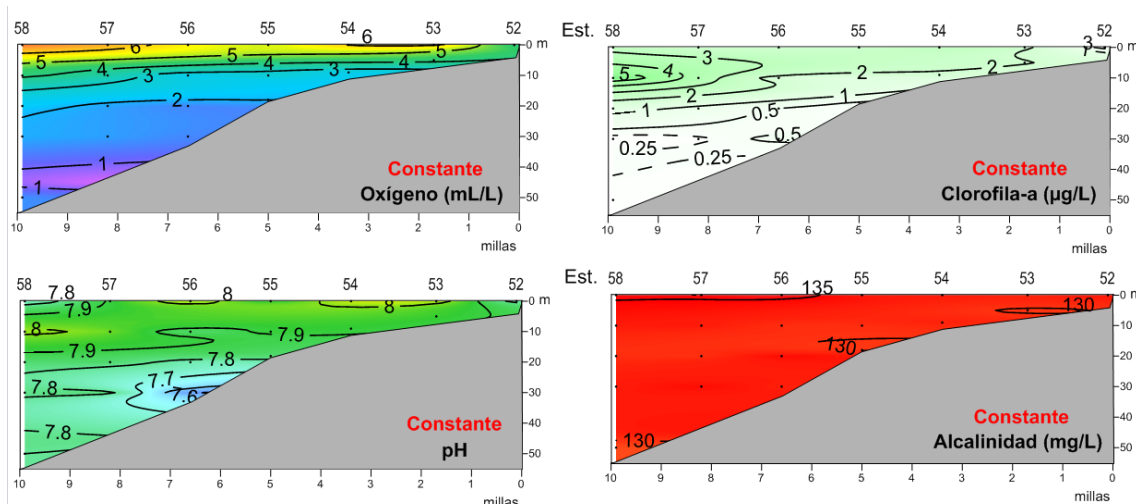


Figura 8.26. Distribución vertical de: a) Oxígeno, b) Clorofila, c) pH y d) Alcalinidad. Sección Constante-Bahía de Sechura, Julio 2012.

Los fosfatos tuvieron una distribución muy semejante al Perfil Bocana San Pedro y a Chullillachi. Un núcleo con valores menores a  $1 \mu\text{mol/L}$ , el cual se observa también en los silicatos y nitratos con la isolínea de  $5 \mu\text{mol/L}$ , indican concentraciones menores debido a mezclas de agua y al consumo biológico (Fig.8.27 a, b y c). Respecto a los nitritos se encontraron pequeños núcleos de  $0,25 \mu\text{mol/L}$  (Fig.8.27d).

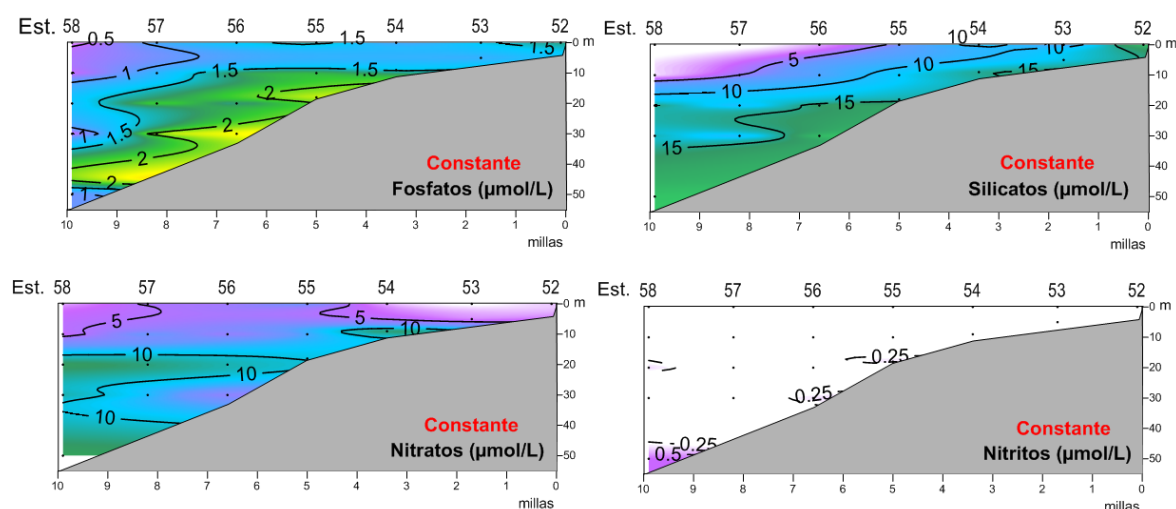


Figura 8.27. Distribución vertical de nutrientes: a) Fosfatos, b) Silicatos, c) Nitratos y d) Nitritos. Sección Constante-Bahía de Sechura, Julio 2012.



## Sección Parachique

La distribución vertical de oxígeno presentó un mínimo de 1,47 mL/L y un máximo de 6,87 mL/L. En la capa subsuperficial entre 0 y 5 m se observó concentraciones de 5 y 6,5 mL/L, por debajo de los 20 m se encontró una capa homogénea (Fig.8.28a).

La distribución de clorofila-a presentó un máximo subsuperficial de 4  $\mu\text{g/L}$  a 10 m, a 12,5 mn (Fig. 8.28b), el cual estuvo en relación con los altos valores de oxígeno (6,5 mL/L) (Fig. 8.28a) y con un pH de 8 (Fig. 8.28c), al igual que los perfiles anteriores, debajo de los 20 m las concentraciones fueron pobres.

El pH presentó una distribución estratificada, a excepción de un pequeño núcleo con valores de 7,7 cerca al zócalo continental (Fig.8.28c). La alcalinidad en todo el perfil fue homogénea (Fig.8.28d).

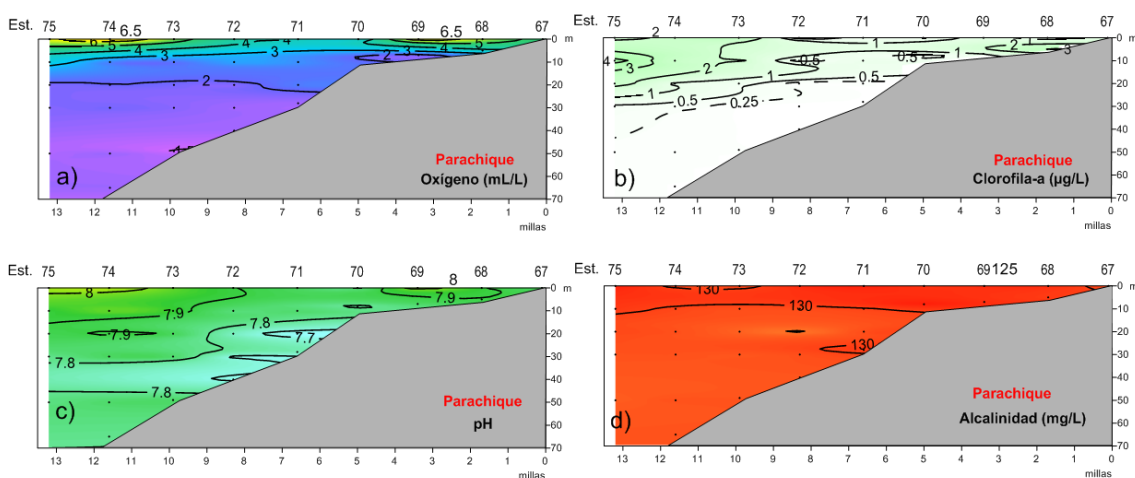


Figura 8.28. Distribución vertical de: a) Oxígeno, b) Clorofila-a, c) pH y d) Alcalinidad.  
Sección Parachique-Bahía de Sechura, Julio 2012.

En referencia a los nutrientes, los fosfatos presentaron un rango de 0,51 a 2,65  $\mu\text{mol/L}$ , observándose en la distribución vertical la misma tendencia que los perfiles anteriores, en cambio los silicatos estuvieron influenciados por el aporte continental, incrementando sus concentraciones hasta 30  $\mu\text{mol/L}$  dentro de las 3 mn, afectando la distribución de los nitratos, bajando sus concentraciones ( $< 5 \mu\text{mol/L}$ ). Los nitritos tuvieron una distribución con valores de 0,25 a 0,5  $\mu\text{mol/L}$  (Figura 8.29a, b, c y d).

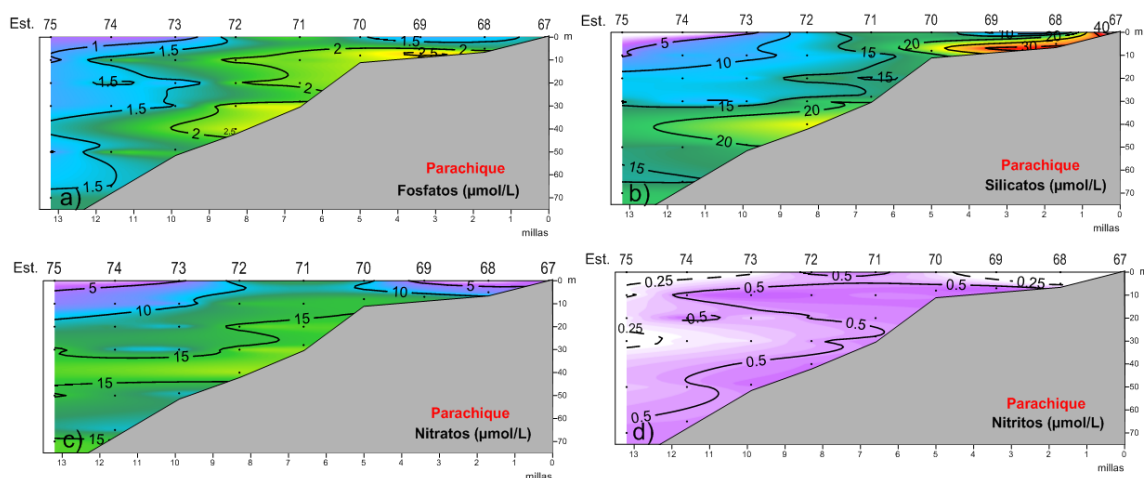


Figura 8.29. Distribución vertical de nutrientes: a) Fosfatos, b) Silicatos, c) Nitratos y d) Nitritos. Sección Parachique-Bahía de Sechura, Julio 2012.

### Sección La Bocana

El oxígeno presentó una oxiclina muy superficial por encima de los 10 m, un pequeño núcleo de 6 mL/L se registró fuera de las 9 mn (Fig.8.30a).

La clorofila-a mostró dos áreas, con concentraciones 1 y 2  $\mu\text{g/L}$  dentro de las 4 mn y por fuera de las 8 mn respectivamente, concentraciones menores a 1  $\mu\text{g/L}$  predominaron en el perfil (Fig.8.30b).

La distribución del pH presentó valores dentro de los rangos normales a excepción de un núcleo (7,6) a 5 m de profundidad y 6 mn, con tendencia a la disminución (Fig.8.30c).

La alcalinidad presentó en todo el perfil una capa homogénea con valores de 125,77 a 130,68 mg/L (Fig.8.30d).



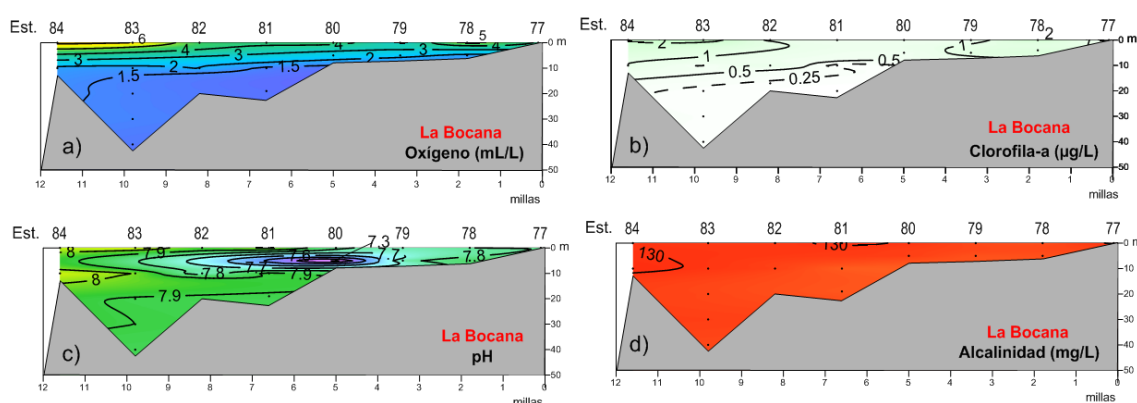


Figura 8.30. Distribución vertical de: a) Oxígeno, b) Clorofila-a, c) pH y d) Alcalinidad. Sección La Bocana-Bahía de Sechura, Julio 2012.

Los nutrientes tuvieron una distribución con rangos normales a excepción de los fosfatos, en donde se encontró concentraciones menores a  $1 \mu\text{mol/L}$ , debido al consumo de este nutriente por especies fitoplanctónicas (Fig.8.31).

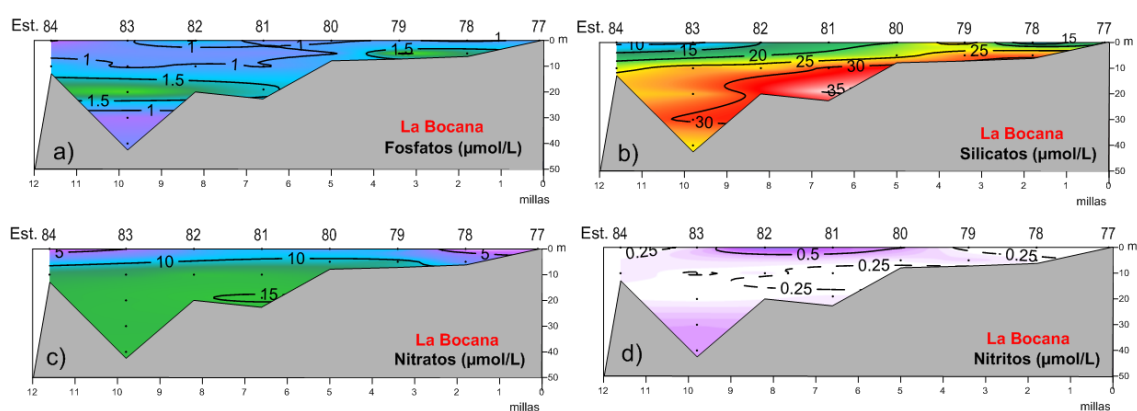


Figura 8.31. Distribución vertical de nutrientes: a) Fosfatos, b) Silicatos, c) Nitratos y d) Nitritos. Sección La Bocana-Bahía de Sechura, Julio 2012.

## 8.4 DISCUSION

En el primer semestre del 2012 el mar peruano presentó alteraciones en las condiciones oceanográficas por la proyección de aguas del norte (golfo de Panamá) en el verano y por el arribo de ondas Kelvin del Pacífico ecuatorial en otoño, prolongándose esto último a gran parte del invierno. Estas alteraciones han estado asociadas al debilitamiento de los vientos alisios en el Pacífico oriental, originando

frente a la costa el predominio de aguas de baja salinidad y alta temperatura en el verano, mientras que en otoño-invierno, además se registró la profundización de las isotermas de la zona de mínima de oxígeno. Tanto en verano como en invierno, la bahía de Sechura (por su ubicación geográfica) estuvo influenciada por el impacto de éstas alteraciones.

En el verano del 2012, la Bahía de Sechura presentó altas concentraciones de oxígeno en superficie (hasta 8,76 mL/L), explicado en parte por una elevada actividad fotosintética (13,56 µg/L clorofila-a), lo cual además se asoció a las altas temperaturas del agua y valores de pH mayores de 8. Por otro lado, frente a La Bocana y norte de Punta Tric Trac se hallaron condiciones de anoxia. A nivel de fondo, el oxígeno presentó valores menores a 5 mL/L, con un pequeño núcleo anóxico frente al Estuario de Virrilá (zona donde presumiblemente han impactado fuertes flujos subsuperficiales que han movido el fondo fangoso). En la distribución vertical de oxígeno, la isoxígena de 1 mL/L se observó entre 10 y 20 m, sin embargo en el invierno la isoxígena de 1 mL/L no se observó regularmente debido a la profundización anómala para la época, de la Extensión Sur de la Corriente de Cromwell.

Las concentraciones de clorofila-a en superficie fueron altas (13,56 µg/L), mientras que en el fondo también (1-9 µg/L), indicando un alto transporte de material fitoplanctónico en la bahía, debido a la poca profundidad (< 10 m) y a los intensos procesos de floración algal, principalmente de *Ceratium fusus* v. *fusus*.

La transparencia del agua de mar, mostró valores de 0,5 a 4 m, la isolínea de 1,5 m delimitó el área de mayor turbidez en donde se encontró valores hasta de 0,5 m.

En el caso de los fosfatos en la superficie del mar presentaron concentraciones muy altas frente a La Bocana San Pedro (5 µmol/L) y al sur de Playa Las Delicias (4 -18 µmol/L) sobrepasando los rangos normales (1- 3,5 µmol/L), lo cual podría asociarse a la influencia antropogénica del aporte de este nutriente hacia el mar. Respecto a los silicatos alcanzaron valores de hasta 110 µmol/L entre Playa Las Delicias y La Bocana. En cuanto a los nitratos, el alto déficit (< 5) a nivel superficial puede explicarse a partir de la alta actividad fitoplanctónica que en condiciones normales ocurre en primavera y verano.

En el nivel de fondo se apreció la expansión de las concentraciones altas de fosfatos ( $4 - 9 \mu\text{mol/L}$ ) hacia el norte llegando hasta playa Las Delicias, dividiendo al área de estudio en dos frentes, debido al transporte de las corrientes que en esa área son de menor intensidad y forman remolinos. En cambio los silicatos tuvieron una distribución normal a excepción de pequeños núcleos con valores menores a  $5 \mu\text{mol/L}$ . Los nitratos evidenciaron un alto consumo, la isolínea  $5 \mu\text{mol/L}$  delimitó el área de menor concentración y estuvo asociado a los máximos de nitritos ( $3 \mu\text{mol/L}$ ), que suelen ocurrir cuando hay un agotamiento de los nitratos por procesos de desnitrificación.

Durante el monitoreo de invierno del 2012, también las condiciones oceanográficas de la bahía fueron afectas por el arribo de las ondas kelvin y por la propia estación del año, estas en menor intensidad que en el verano.

La superficie del mar presentó concentraciones de oxígeno con valores de 4 a  $8,5 \text{ mL/L}$ , encontrándose las mayores concentraciones ( $6 - 8,5 \text{ mL/L}$ ) frente Punta Aguja (floración fitoplanctónica de diatomeas), ingresando por la zona costera y central del área de estudio (Punta Tric Trac y frente a Constante, respectivamente), lo que fraccionó las aguas de menor concentración de oxígeno dentro de la bahía. A nivel de fondo, las concentraciones de oxígeno tuvieron un rango de 1 a  $4 \text{ mL/L}$ .

Por otro lado, a pesar de estar en un período de invierno, las concentraciones de clorofila-a (hasta  $4 \mu\text{g/L}$ ), fueron relativamente altas, aunque más bajas que en el verano ( $13 \mu\text{g/L}$ ), encontrándose las menores concentraciones ( $0,5 \mu\text{g/L}$ ) cerca de la línea costera, principalmente al norte de Playa Las Delicias, debido en parte al aporte continental, como lo corroboran las bajas salinidades ( $< 34 \text{ ups}$ ) registradas en la capa superior de la zona en mención.

Respecto a los nutrientes en superficie, en especial a los fosfatos y silicatos, estos presentaron valores próximos a lo normal, menores en comparación con el verano. En el fondo los fosfatos, silicatos y nitratos mostraron concentraciones dentro de los rangos normales a excepción del área entre Palo Parado - Parachique y frente al Estuario de Virrilá y Punta Tric Trac, en donde las concentraciones fueron menores a  $5 \mu\text{mol/L}$  de nitratos.

En resumen, la bahía durante el monitoreo de invierno ha presentado ciertas anomalías, estas son debido a la persistencia de condiciones anómalas de meso y

macroescala (informes ENFEN), las mismas que han repercutido aunque con menor intensidad a las registradas en el verano último. La tendencia es a normalizar debido a que esta bahía es alimentada por permanentes flujos de aguas costeras superficiales y subsuperficiales que ingresan por la parte central de la bahía (MORÓN et al, 2006).

Comparando las prospecciones realizadas en Sechura en el verano del 2012 con el verano del 2007 (año de condiciones normales), en este último las concentraciones de oxígeno en la superficie del mar se presentaron en un rango de 2,37 a 9,66 mL/L encontrándose los valores más altos entre Matacaballo y playa San Pablo como producto principal de la presencia de una marea roja, mientras que a nivel de fondo predominaron concentraciones entre 2 y 5 mL/L. Ese mismo año, los nutrientes tuvieron una distribución de rangos normales a nivel de superficie y fondo asociado a salinidades de 34,955 a 35,104 ups en superficie y de 34,973 a 35,118 ups en el fondo, características que fueron muy diferentes en el verano del 2012.

Comparando ambos períodos, en el verano 2012 se observaron condiciones de oxígeno y nutrientes que están asociadas a las condiciones anómalas descritas anteriormente y al impacto de la actividad antropogénica, evidenciando esto último un proceso de eutrofización.

## **8.5 REFERENCIAS**

APHA. 1992. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19<sup>a</sup> ed, Washington.

CARRIT D, CARPENTER J. 1966. Comparation and evaluation of currently employed modifications of WINKLER method for determination dissolved oxygen in sea water. J.Mar.Res. 24:286-318.

FLORES G, MORON O. 2012. Condiciones hidroquímicas en la Ensenada de Sechura en el verano del 2012. Informe Interno. IMARPE.

GRASSHOFF K, KREMLING K, EHRHARDT M. 1999. Methods of Seawater Analysis. 3<sup>o</sup> edition. WILEY-VCH, Germany.

HOLM-HANSEN A, LORENZEN C, HOLMES R, STRICKLAND J. 1965. Fluorometric determination of chlorophyll. *Cons. Perm. Explor.* 30:3-15.

IMARPE 2007. Estudio de Línea de Base del Ambito Marino de la Bahía de Sechura. 14 – 28 Enero 2007. Inf. Interno Inst. Mar Perú. 116pp.

MORON A, VELAZCO F, BELTRAN L. 2006. Características hidrográficas y sedimentológicas de la Ensenada de Sechura. Inf. Interno DIO. Inst. Mar Perú.

STRICKLAND JT, PARSONS T. 1972. *Practical Handbook of Seawater Analysis*. Fisheries Board of Canada. Ottawa. Bulletin 167.

QUINO Y. 2010. Comportamiento de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la calidad acuática marina en la Bahía de Sechura-Perú. Período 1995-2007. Tesis. Universidad Nacional Federico Villarreal. 284pp.

UNESCO 1983. *Chemical methods for use in environmental monitoring*. Intergovernmental Oceanographic Commission. Manual and Guides 12. 53pp.

YENTSCH CM. 1963. A method for determination of phytoplankton chlorophyll and phacophytin by fluorescence. *Deep Sea Res.* 10:221-231.

## IX. ANÁLISIS DE LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA

*Sonia Sánchez, Elcira Delgado*

Área de Fitoplancton y Producción Primaria, DGIOCC, IMARPE

### 9.1 INTRODUCCIÓN

En el Perú, la concha de abanico *Argopecten purpuratus* representa uno de los recursos de mayor demanda debido a su valor económico y exportación, destinándose principalmente a Francia y Estados Unidos. Presenta una amplia distribución en las costas del Perú y Chile (ALAMO Y VALDIVIESO, 1997). Los bancos naturales más grandes están concentradas en dos áreas: la Bahía de Sechura en el norte y Bahía Independencia en el sur (WOLF et al., 2007).

El fitoplancton juega un rol importante en la alimentación de la concha de abanico, desde los primeros estadios larvales hasta lograr alcanzar la talla comercial (65 mm de altura valvar), cuya abundancia dependerá de la disponibilidad de nutrientes y de factores favorables para el crecimiento de la comunidad fitoplanctónica.

Es importante el conocimiento de la oferta de alimento para la estimación de la capacidad de carga productiva de la concha de abanico en la bahía de Sechura, ya que de esto depende gran parte del éxito del cultivo de este bivalvo filtrador, sin que el medio ambiente se vea alterado.

En el presente informe se da a conocer la composición, distribución y densidades ( $\text{cel.L}^{-1}$ ) del fitoplancton en superficie como en fondo, principal fuente de alimento y de la cual dependerá el éxito de la tasa de crecimiento de esta especie.

### 9.2 MATERIAL Y MÉTODOS

Para la Fase I (Verano) el muestreo se realizó entre el 22 de febrero y 04 de marzo de 2012. Para la Fase II (Invierno) entre el 11 y 21 de julio de 2012, en un área comprendida desde la línea costera hasta las 18 mn, aproximadamente (Fig. 9.1).

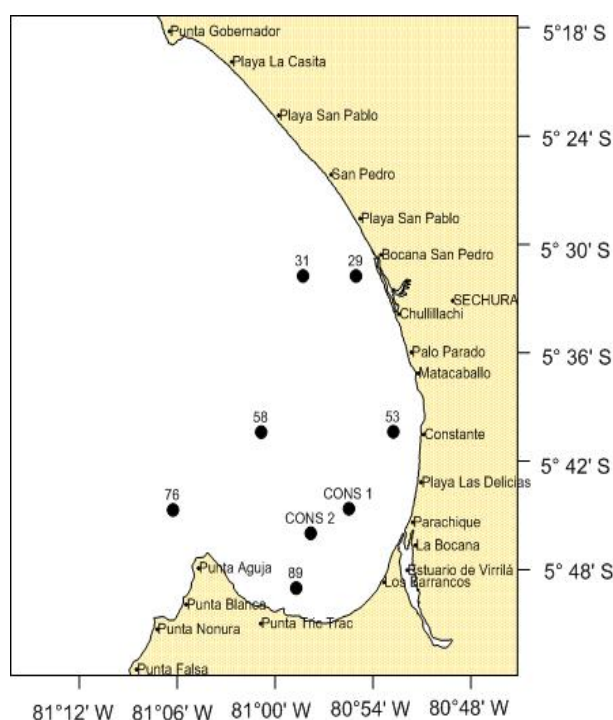


Figura 9.1. Localización de las estaciones de muestreo. Estudio Bio-Oceanográfico para determinación de Capacidad de Carga en la Bahía de Sechura IMARPE/PRODUCE, Julio 2012.

Se obtuvieron un total de 16 muestras de agua (verano) y 16 (invierno), de las cuales 8 fueron colectadas a nivel de superficie y 8 colectadas a 1 metro de profundidad, éstas últimas fueron colectadas con botellas Niskin.

La preservación de las muestras se hizo con 2 mL de formalina al 20%, neutralizada con Bicarbonato de Sodio (THRÖNDSSEN 1978). Estas fueron analizadas cuantitativamente, considerando para el recuento celular el método de UTERMÖHL (1958) y las recomendaciones de UNESCO (1978). Se emplearon cámaras de sedimentación de 50 mL de capacidad. La lectura de los organismos menores a 50  $\mu\text{m}$  y muy abundantes fueron contados en un área que representa 2 mL de la muestra con un aumento de 500X y aquellos organismos mayores a 50  $\mu\text{m}$  y poco abundantes fueron contados en toda la base de la cámara con un aumento de 200X. Los organismos fueron determinados en lo posible hasta nivel de especie, algunos organismos menores a 5  $\mu\text{m}$  como los fitoflagelados fueron agrupados en su respectiva categoría taxonómica y/o género. Los resultados fueron expresados en  $\text{Celsx}10^3 \cdot \text{L}^{-1}$ .

Para la determinación taxonómica de la comunidad de fitoplancton se consultaron los trabajos de HUSTEDT (1930), CUPP (1943), HENDEY (1964), SOURNIA (1967), SCHILLER (1971), SUNDSTRÖM (1986), HEIMDAL (1993), THRÖNDSSEN (1993), HASLE & SYVERTSEN (1996) y STEIDINGER Y TANGEN (1996).

Se realizó el análisis de comunidades con el uso del Primer ver. 5, así como el análisis de similitud entre estaciones, empleando el índice de Bray-Curtis, para lo cual se hizo una transformación a Log (x+1) a los valores de las concentraciones celulares para su aproximación a una distribución a la normalidad (IBAÑEZ & SEGUIN, 1972).

Se calcularon los índices de equidad, riqueza de especies de Margalef y diversidad de SHANNON & WEAVER (1963), cuyos resultados de este último son expresados en bits cel<sup>-1</sup>, siendo:

$$H' = -\left[\left(\frac{n_i}{N}\right) \cdot \log_2\left(\frac{n_i}{N}\right)\right]$$

Donde:

H' = Índice de diversidad

n<sub>i</sub> = Número total de organismos en la muestra

N = número de especies en la muestra

En la elaboración de los gráficos, tales como cartas de posición y distribución de las concentraciones celulares de los componentes del fitoplancton se utilizó el software Excel y Surfer ver.10.



### 9.3 RESULTADOS

#### FASE I (Verano)

##### Características generales de la comunidad de fitoplancton

Se registró un total de 153 especies, siendo 94 diatomeas (61%), 49 dinoflagelados (32%), 5 cocolitofóridos (3%), 3 fitoflagelados (2%) y 2 silicoflagelados (2%). Las densidades totales de fitoplancton presentaron un rango de variación entre  $66 \times 10^3$  Cels.L<sup>-1</sup> (Est. 76) y  $5\,570 \times 10^3$  Cels.L<sup>-1</sup> (Est. 32) a nivel de superficie y fondo, asociadas a una Temperatura Superficial del Mar (TSM) de 22,4 °C y una Temperatura de Fondo del Mar (TFM) de 16,6 °C, respectivamente (Tabla 9.1).

##### Composición, abundancia, y distribución de la comunidad de fitoplancton en superficie

A nivel de superficie se encontraron 141 especies de organismos fitoplanctónicos, de los cuales 86 fueron diatomeas (60%), 45 dinoflagelados (32%), 5 cocolitofóridos (4%), 3 fitoflagelados (2%) y 2 silicoflagelados (2%) (Fig. 9.2).

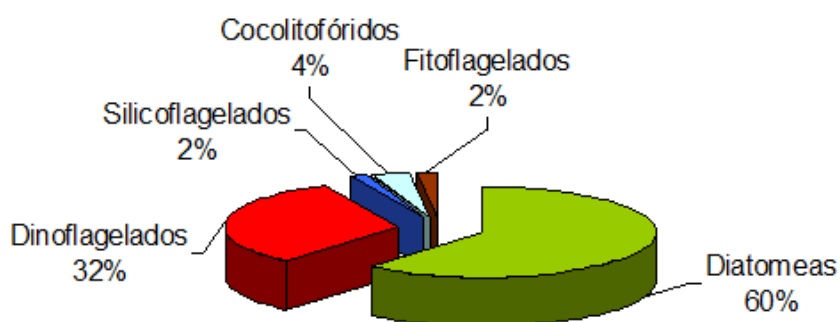


Figura 9.2. Distribución porcentual del fitoplancton en superficie. Bahía de Sechura, Febrero-Marzo 2012

Las densidades del fitoplancton total fueron muy similares a las del microfitoplancton (diatomeas, dinoflagelados y silicoflagelados) que alcanzaron valores entre  $265 \times 10^3$  Cels.L<sup>-1</sup> (Est. 29) y  $5\,365 \times 10^3$  Cels.L<sup>-1</sup> (Est. 53), relacionadas a TSM de 23,2 y 24,5 °C, respectivamente (Figs. 9.3a, 9.3b).

La distribución del microfitoplancton en esta zona costera se caracterizó por presentar densidades superiores a  $1\,000 \times 10^3$  Cels.L<sup>-1</sup> al sur de Bocana San Pedro con un núcleo máximo de  $5\,000 \times 10^3$  Cels.L<sup>-1</sup> siendo las diatomeas las más abundantes como *Thalassiosira cf. minima* ( $4\,092 \times 10^3$  Cels.L<sup>-1</sup>) y *Leptocylinndrus danicus* ( $896 \times 10^3$  Cels.L<sup>-1</sup>), frente a Constante (Est. 53), además de *Pseudo-nitzschia g. delicatissima* ( $325 \times 10^3$  Cels.L<sup>-1</sup>), *Chaetoceros lorenzianus* ( $182 \times 10^3$  Cels.L<sup>-1</sup>), *Ch. affinis* ( $114 \times 10^3$  Cels.L<sup>-1</sup>) y *Thalassionema nitzschioides* ( $154 \times 10^3$  Cels.L<sup>-1</sup>) que se distribuyeron en casi toda la zona en estudio (Fig. 9.3)

Los dinoflagelados presentaron densidades menores a  $16 \times 10^3$  Cels.L<sup>-1</sup>, sobresaliendo *Ceratium fusus v. fusus* con  $15 \times 10^3$  Cels.L<sup>-1</sup>, organismo que produjo una floración algal (marea roja) durante este período de estudio, además de *Ceratium furca* ( $9 \times 10^3$  Cels.L<sup>-1</sup>), ambos se presentaron entre la Playa Las Delicias y Parachique (Est. 76). De los silicoflagelados, *Dictyocha fibula* registró una máxima densidad de  $2 \times 10^3$  Cels.L<sup>-1</sup> frente a Constante (Est. 53).

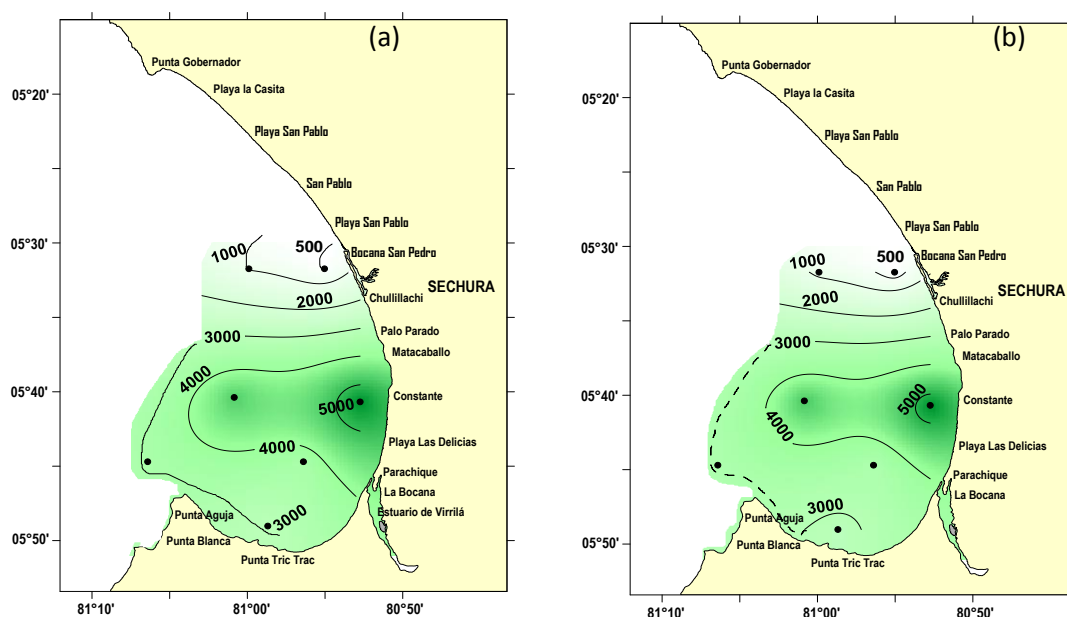


Figura 9.3. Distribución de la densidad del fitoplancton (a) y microfitoplancton (b) en superficie (Celsx10<sup>3</sup>.L<sup>-1</sup>). Bahía de Sechura, Febrero-Marzo 2012

El nanofitoplancton (cocolitofóridos y fitoflagelados) en superficie presentó densidades totales que variaron entre 0 (Est. 58) con TSM de 23,4 °C y  $295 \times 10^3$  Cels.L<sup>-1</sup> (Est. 70) asociada a TSM de 22,4 °C (Anexos, Tabla 1). Los fitoflagelados se distribuyeron entre La Bocana y Punta TricTrac con densidades mayores a  $100 \times 10^3$  Cels.L<sup>-1</sup> y registraron

un núcleo con una densidad máxima de  $250 \times 10^3$  Cels. $L^{-1}$  (Est. 70) entre Playa Las Delicias y Los Barrancos (Fig. 9.4).

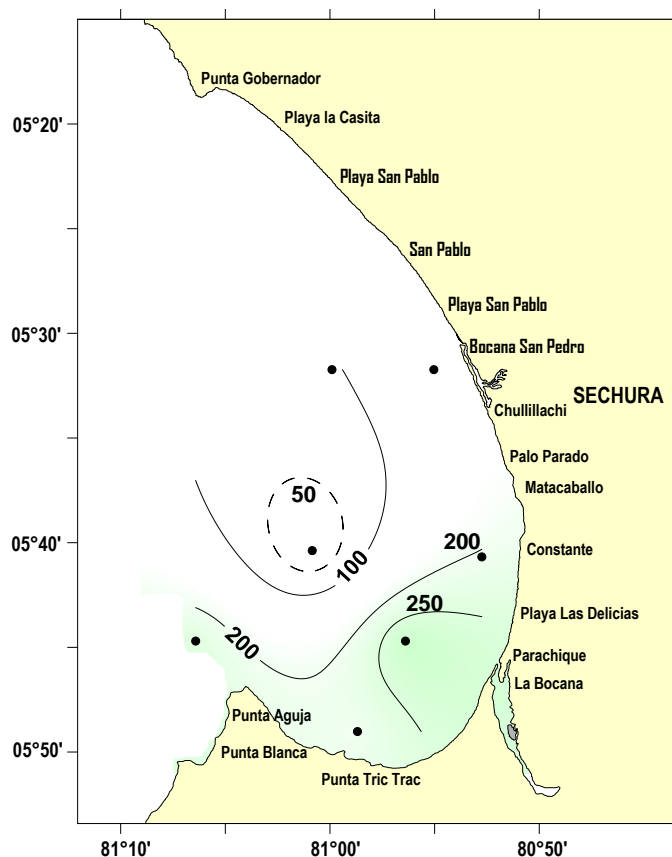


Figura 9.4. Distribución de la densidad del nanofitoplancton en superficie (Cels $\times 10^3$ . $L^{-1}$ ). Bahía de Sechura. Febrero-Marzo, 2012

### Análisis comunitario del fitoplancton de superficie

La diversidad ( $H'$ ) presentó valores entre 0,778 (Est. 58) y 2,898 (Est. 29) bits.Cels $^{-1}$ , frente a Constante y Bocana San Pedro, respectivamente. Los mayores valores de 2,057 (Est. 29) y 2,898 (Est.32) bits.Cels $^{-1}$  estuvieron localizados solo frente a Bocana San Pedro, las que mostraron la mejor distribución de las especies más abundantes, con evidencia en sus valores de equidad ( $J'$ ), con 0,519 y 0,382, respectivamente, donde predominaron *Chaetoceros lorenzianus* y *Leptocylindrus danicus*. Los menores valores de  $H'$  ( $< 1,7$  bits.Cels $^{-1}$ ) se hallaron al sur de Chullillachi. La riqueza específica ( $d$ ) presentó valores moderadamente elevados, con el máximo valor de 5,761 frente a Punta Tric Trac (Est. 89) donde la comunidad mostró un número relativamente alto de especies (89 spp), siendo algunas más abundantes (Tabla 9.2).

Tabla 9.2. Estaciones, número de especies, concentración celular (Cels.L<sup>-1</sup>), índice de riqueza de spp. (d), equidad (J') y diversidad (H' Log2) en superficie. Estudio Bio-Ocenográfico para determinación de Capacidad de Carga en la Bahía de Sechura IMARPE-PRODUCE. Febrero-Marzo 2012.

Estaciones	N° spp.	N° Cels.L <sup>-1</sup>	Riqueza spp. (d)	Equidad (J')	Diversidad (H' Log2)
89	87	3039744	5.761	0.169	1.091
70	40	3621448	2.582	0.314	1.672
76	71	3554333	4.641	0.131	0.808
58	44	4734360	2.798	0.143	0.778
53	69	5571120	4.378	0.246	1.500
32	42	967760	2.975	0.382	2.057
29	48	415680	3.633	0.519	2.896

El análisis de clasificación numérica en modo Q permitió distinguir 2 grupos al 60% de similitud. El Grupo I, estuvo conformado por las estaciones localizadas entre Constante y Punta Tric Trac (Ests. 53, 89 y 76). Allí se encontraron las más altas abundancias ( $5\,571 \times 10^3$  Cels.L<sup>-1</sup>) así como el mayor número de especies (87 spp), con dominancia de *T. cf. minima* (80%), seguido de *Leptocylindrus danicus* (8%). El Grupo II, aglomeró a las Est. 32 y 29 ubicadas frente a la Bocana San Pedro, caracterizados por la dominancia de las diatomeas *L. danicus* (51%) y *Ch. lorenzianus* (16%), seguido de Fitoflagelados (14%). En dichas estaciones se presentaron las menores abundancias de  $415$  y  $967 \times 10^3$  Cels.L<sup>-1</sup>, respectivamente (Fig. 9.5).

Finalmente, la Ests. 58 ( $4\,734 \times 10^3$  Cels.L<sup>-1</sup>) y Est. 70 ( $3\,621 \times 10^3$  Cels.L<sup>-1</sup>) aparecieron aisladas y mostraron altas abundancias, predominando en ambas estaciones *T. cf. minima* con el 89% y 70%, porcentajes que justificaron los valores de equitabilidad de 0,143 y 0,314, respectivamente (Fig. 9.5).

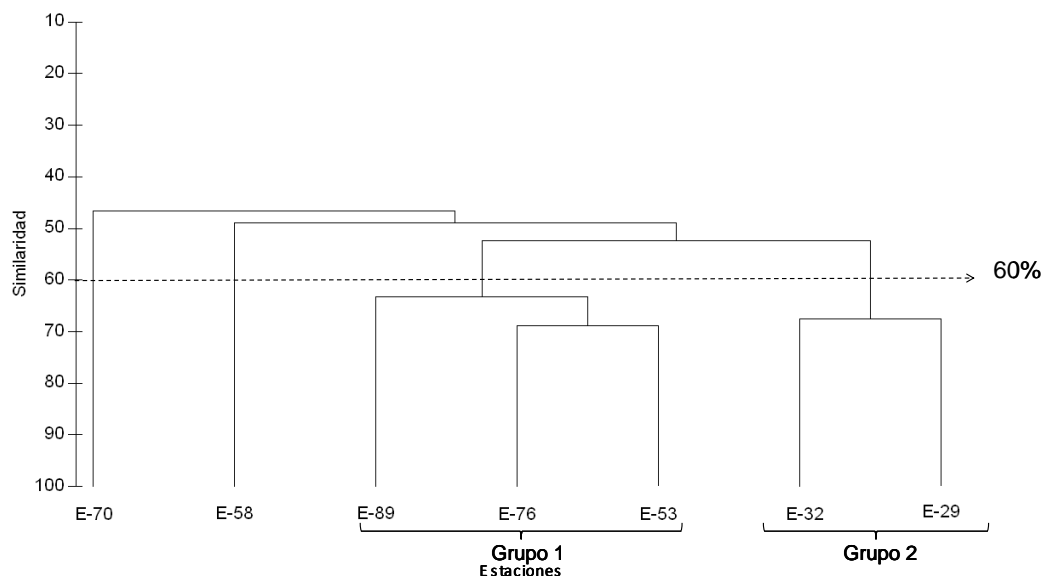


Figura 9.5. Dendrograma de similitud entre estaciones del fitoplancton en superficie. Bahía de Sechura. Febrero-Marzo 2012

### Composición, abundancia y distribución de la comunidad del fitoplancton en fondo

En fondo, se registraron 110 especies de fitoplancton, correspondiendo a 73 diatomeas (66%), 31 dinoflagelados (28%), 2 cocolitofóridos (2%), 2 fitoflagelados (2%) y 2 silicoflagelados (2%) (Fig. 9.6).

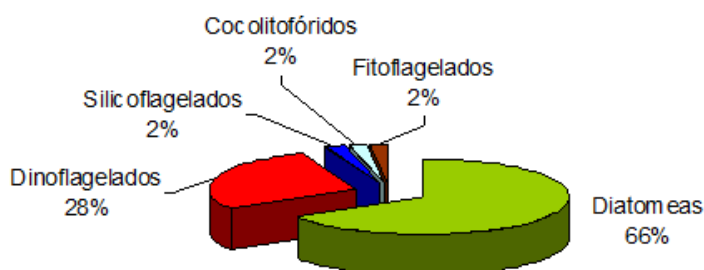


Figura 9.6. Distribución porcentual del fitoplancton en fondo. Bahía de Sechura Febrero-Marzo, 2012

Las densidades totales del fitoplancton fueron cercanas a las del microfitoplancton (diatomeas, dinoflagelados y silicoflagelados) variaron

entre  $14 \times 10^3$  Cels.L<sup>-1</sup> (Est. 32) y  $5\,328 \times 10^3$  Cels.L<sup>-1</sup> (Est. 89), asociadas a TFM de 16.6 y 22.5 °C, respectivamente (Figs. 9.7a, 9.7b y Tabla 9.1).

En cuanto a la distribución, se observó que al igual que en superficie las densidades del microfitoplancton fueron superiores a  $1000 \times 10^3$  Cels.L<sup>-1</sup>, en este caso al sur de Matacaballo con un núcleo de máxima densidad de  $5\,000 \times 10^3$  Cels.L<sup>-1</sup> frente a Punta Tric Trac (Est. 89), donde los altos aportes celulares estuvieron dados por las diatomeas *T. cf. minima* y *Guinardia delicatula*, con densidades de  $4\,851 \times 10^3$  Cels.L<sup>-1</sup> y  $142 \times 10^3$  Cels.L<sup>-1</sup>, respectivamente.

Otras diatomeas que se distribuyeron ampliamente en toda el área y presentaron densidades considerables fueron *Ch. affinis* ( $124 \times 10^3$  Cels.L<sup>-1</sup>), *Ch. compressus* ( $202 \times 10^3$  Cels.L<sup>-1</sup>), *Ch. curvisetus* ( $125 \times 10^3$  Cels.L<sup>-1</sup>), *Ch. socialis* ( $150 \times 10^3$  Cels.L<sup>-1</sup>), *Thalassiosira subtilis* ( $125 \times 10^3$  Cels.L<sup>-1</sup>), *L. danicus* ( $293 \times 10^3$  Cels.L<sup>-1</sup>) y *Thalassiosira. partheneia* ( $225 \times 10^3$  Cels.L<sup>-1</sup>). Entre los dinoflagelados resaltó la abundancia de *C. fusus* v. *fusus* con  $22 \times 10^3$  Cels.L<sup>-1</sup> (Est. 53) y de un dinoflagelado atecado con  $268 \times 10^3$  Cels.L<sup>-1</sup> (Est. 58).

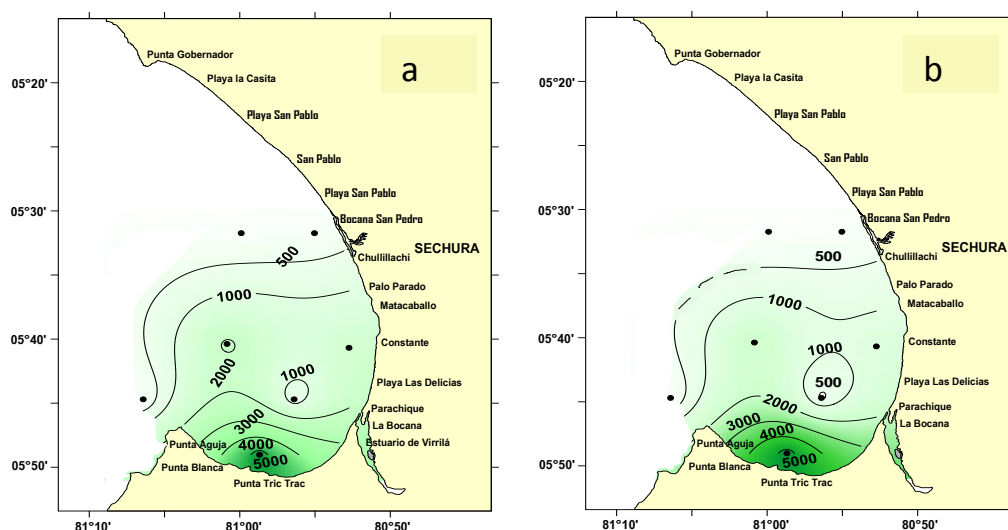


Figura 9.7. Distribución de la densidad del fitoplancton total (a) y microfitoplancton (b) en fondo (Celsx10<sup>3</sup>.L<sup>-1</sup>). Bahía de Sechura. Febrero-Marzo, 2022

El nanofitoplancton (cocolitofóridos y fitoflagelados) en fondo presentó densidades totales que variaron entre  $2 \times 10^3$  Cels.L<sup>-1</sup> (Est. 89) con TFM de 22,5 °C y  $320 \times 10^3$  Cels.L<sup>-1</sup> (Est. 53) relacionada a TFM de 22,4 °C (Tabla 1). Los fitoflagelados spp. se distribuyeron ampliamente entre Bocana San Pedro y Punta Tric Trac con densidades mayores a  $100 \times 10^3$  Cels.L<sup>-1</sup> y se encontró un núcleo con la densidad más alta de  $300 \times 10^3$  Cels.L<sup>-1</sup> (Est. 70) entre Constante y Playa Las Delicias (Fig. 9.8).

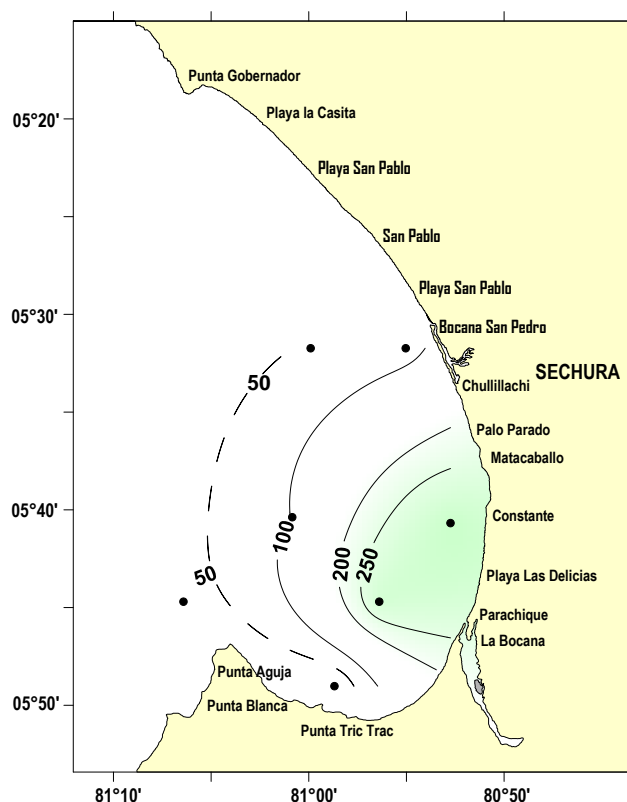


Figura 9.8. Distribución de la densidad del nanofitoplancton en fondo (Celsx10<sup>3</sup>.L<sup>-1</sup>). Bahía de Sechura, Febrero-Marzo, 1202

### Análisis comunitario del fitoplancton en fondo

El índice de diversidad (H') mostró valores comprendidos entre 0,741 bits.Cel<sup>-1</sup> en Punta Tric Trac (Est. 89) y 3,670 bits.Cel<sup>-1</sup> en Constante (Est. 53). El 57% de estaciones presentaron valores mayores de 3 bits.Cels<sup>-1</sup>. La equitabilidad estuvo comprendida entre 0,133 y 0,650, denotando claramente el predominio de pocas especies sobre otras, pudiéndose citar especies como *Chaetoceros* spp., *Guinardia*

spp., *L. danicus*, *T. cf. minima* y Fitoflagelados spp., que resaltaron tanto por sus altas abundancias como por sus mayores frecuencias (>80%).

La Est. 53 registró el máximo valor (3,670 bits.Cel<sup>-1</sup>), el cual coincide con el mayor valor de riqueza de especies (Tabla 9.3).

Tabla 9.3. Estaciones, número de especies, concentración celular (Cels.L<sup>-1</sup>), índice de riqueza de spp. (d), equidad (J') y diversidad (H' Log2) en fondo. Estudio Bio-Ocenográfico para determinación de Capacidad de Carga en la Bahía de Sechura IMARPE-PRODUCE. Febrero-Marzo 2012.

Estaciones	N° spp.	N° Cels.L <sup>-1</sup>	Riqueza spp. (d)	Equidad (J')	Diversidad (H' Log2)
89	47	5330520	2.970	0.133	0.741
70	55	692320	4.016	0.529	3.059
76	55	66628	4.862	0.590	3.408
58	51	2124000	3.432	0.562	3.188
53	50	1646400	3.423	0.650	3.670
32	23	68160	1.977	0.262	1.184
29	52	129920	4.331	0.519	2.961

El porcentaje de similitud al 57%, evidenció una asociación entre las estaciones, integrando la formación de dos grupos. El grupo 1 constituido por las Ests. 89 y 29 en donde se observó a *T. cf. minima* con el 91% de dominancia, junto a *Actinocyclus senarius*, *Detonula confervacea* y *P. pellucidum*, especies que sólo fueron registradas en estas estaciones, aunque con bajos porcentajes en sus abundancias. El grupo 2 conformado por las Ests. 70, 76 y 58 que reportaron los altos valores de equitabilidad, siendo estos casi homogéneos y estuvieron comprendidos entre 0.529 (Est. 70) y 0.590 (Est. 76), localizados en la parte sur de la bahía de Sechura, donde destacaron *T. cf. minima* (36%) y *L. danicus* (14%), especies de fases iniciales e intermedias de la sucesión ecológica, no obstante podemos inferir que la ubicación geográfica influye directamente sobre estos resultados obtenidos. Finalmente, las estaciones 32 y 53 ubicadas frente a Bocana San Pedro (norte de la bahía) y Constante, respectivamente, quedaron sueltas, siendo la primera la que presentó el menor valor de riqueza específica, equitabilidad y diversidad, así como una menor densidad celular; encontrándose como especies dominantes a *Leptocylindrus mediterraneus* (79%) y Fitoflagelados spp. (14%); mientras que la segunda tuvo altos valores de riqueza específica, diversidad, densidad celular y el mayor valor de equitabilidad, destacando principalmente *Ch. debilis* (9%) y con un 5% las especies *L. danicus* y *Pseudo-nitzschia cf. delicatissima* (Fig. 9.9).



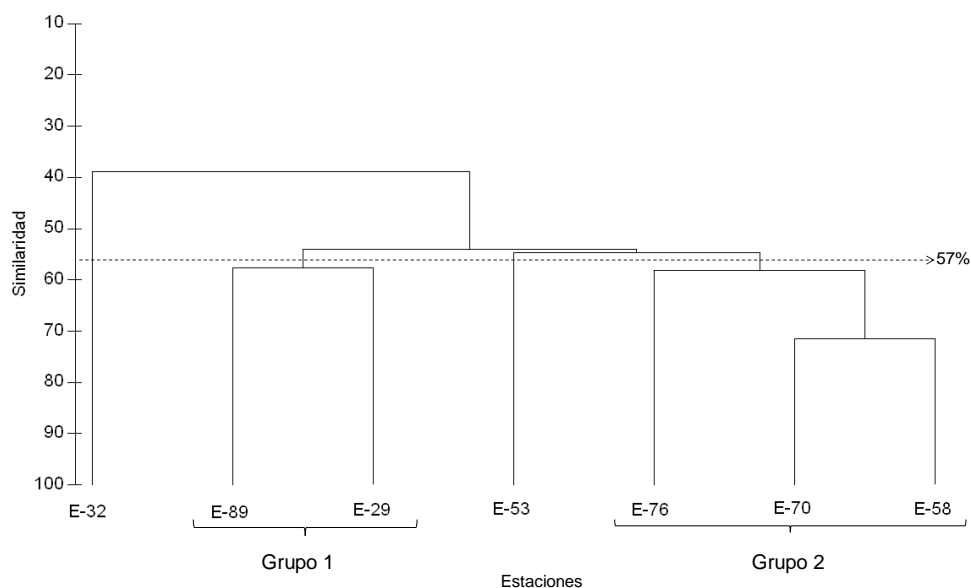


Figura 9.9. Dendrograma entre estaciones del fitoplancton en fondo.  
Bahía de Sechura. Febrero-Marzo, 2012

## FASE II (Invierno)

### Composición, abundancia y distribución de la comunidad del fitoplancton en superficie

A nivel de superficie se determinó un total de 65 especies de fitoplancton, de los cuales 43 fueron diatomeas (66%), 17 dinoflagelados (26%), 3 fitoflagelados (5%) y 2 silicoflagelados (3%) (Tabla 9.4 y Fig. 9.10).

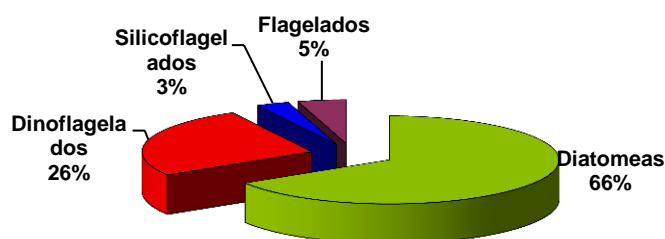


Figura 9.10. Distribución porcentual del fitoplancton en superficie. Estudio Bio-Oceanográfico para determinación de Capacidad de Carga en la Bahía de Sechura. Julio 2012.

Al igual que en el verano, la distribución de las densidades del total de fitoplancton en superficie fueron muy similares a las del microfitoplancton (diatomeas, dinoflagelados y silicoflagelados) alcanzando valores entre  $1\,191 \times 10^3$  Cels.L<sup>-1</sup> (Est.76) y  $5\,012 \times 10^3$  Cels.L<sup>-1</sup> (Est. 89), valor máximo registrado en la parte interna de la Bahía frente a Punta Tric Trac (Figs. 9.3a y 9.3b; Anexos Tabla 9.4). El valor promedio obtenido fue de  $2\,634 \times 10^3$  Cels.L<sup>-1</sup>.

Se determinaron cuatro núcleos de distribución, dos de ellos con concentraciones que superaron las  $4\,000 \times 10^3$  cels.L<sup>-1</sup> en la Est. 89 (interior de la Bahía) y Est. 58 en la parte externa, y los otros dos últimos frente a Parachique y en la parte externa (Est. 76) con concentraciones de  $2\,000 \times 10^3$  cels.L<sup>-1</sup>, todos ellos conformados principalmente por la diatomea *Detonula pumila* que alcanzó densidades máximas de  $5\,005 \times 10^3$  cels.L<sup>-1</sup>.

*D. pumila*, especie de la primera fase de la sucesión ecológica estuvo frecuente y abundante en el 100% de la bahía, seguido de *Chaetoceros debilis* ( $4 \times 10^3$  cels.L<sup>-1</sup>), *Eucampia zoodiacus* ( $2 \times 10^3$  cels.L<sup>-1</sup>) y *Navicula* sp. ( $3 \times 10^3$  cels.L<sup>-1</sup>), frente a la Bocana San Pedro.

Los dinoflagelados disminuyeron considerablemente, obteniéndose densidades menores a  $4 \times 10^3$  cels.L<sup>-1</sup>, sobresaliendo *Karlodinium veneficum*, organismo atecado potencialmente tóxico localizado por fuera de la bahía (Est. 76).

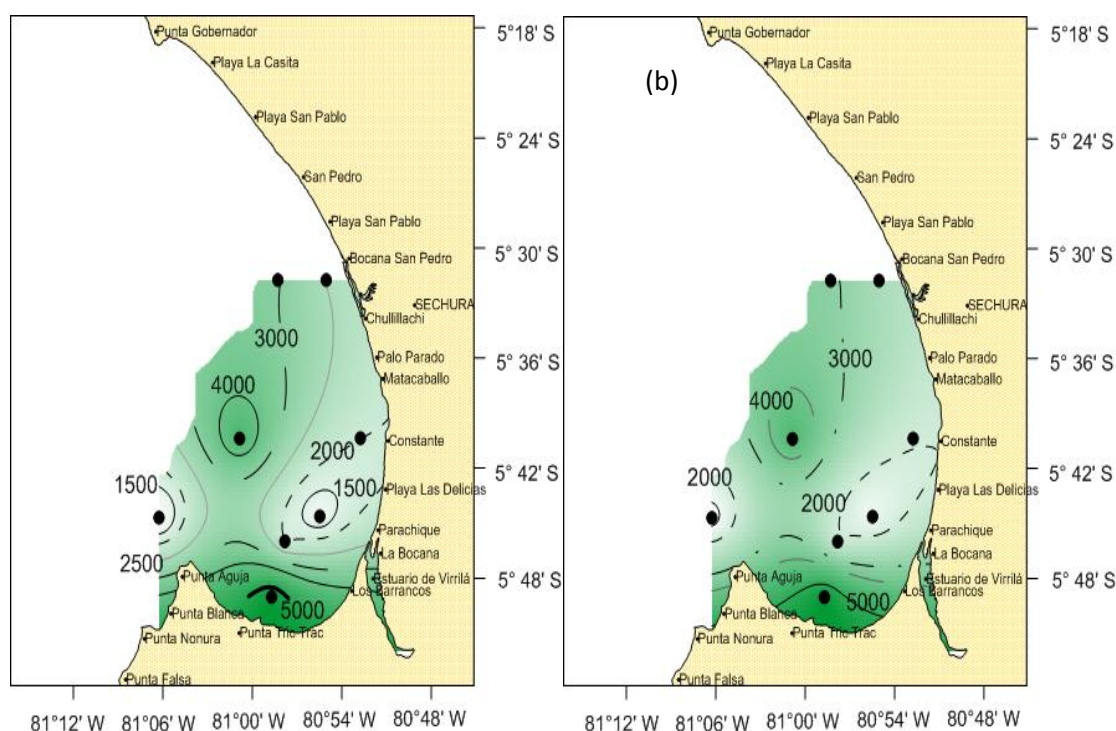


Figura 9.11. Distribución de la densidad en superficie del Fitoplancton total (a) y microfitoplancton Cels x  $10^3.L^{-1}$  (b). Estudio Bio-Oceanográfico para determinación de Capacidad de Carga en la Bahía de Sechura. Julio 2012.

El nanofitoplancton y los fitoflagelados tuvieron una distribución muy similar en superficie, obteniendo densidades que fluctuaron entre  $33 \times 10^3$  cels. $L^{-1}$  (Est. 53) y  $181 \times 10^3$  cels. $L^{-1}$  (Est. 89) frente a Constante y Punta Tric Trac respectivamente, para obtener un promedio general de  $83 \times 10^3$  Cels. $L^{-1}$  (Fig. 9.12). Este grupo taxonómico forma dos núcleos de regular concentración, localizados al norte, frente a Bocana San Pedro (Est. 29) e interior de la bahía (Est. 89).

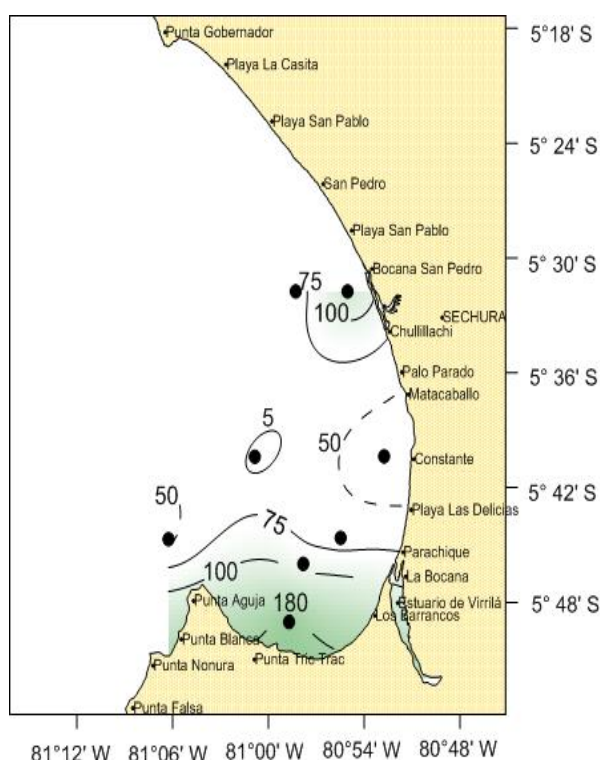


Figura 9.12. Distribución de la densidad en superficie del nanofitoplancton ( $\text{Cels} \times 10^3 \cdot \text{L}^{-1}$ ).  
Estudio Bio-Oceanográfico para determinación de Capacidad de Carga en la Bahía de  
Sechura. Julio 2012.

### Análisis comunitario del fitoplancton de superficie.

Los índices de diversidad ( $H'$ ) y equidad ( $J'$ ), fueron en general bajos con valores menores a  $0,3 \text{ bits} \cdot \text{Cels}^{-1}$  y  $0,07$ , respectivamente, denotando la dominancia en toda la bahía de unas pocas especies como *Detonula pumila* y Flagelados spp., especies que alcanzaron densidades de  $5\,005 \times 10^3$  y  $180 \times 10^3 \text{ Cels} \cdot \text{L}^{-1}$ , respectivamente en la Est. 89.

A su vez se registró el valor más bajo ( $0,9267$ ) de la riqueza de especies ( $d$ ) en la Est. 76, localizada fuera de la bahía con 14 spp., así mismo valores mayores a  $1,00$  asociadas al resto de las estaciones, variando de 16 a 29 spp., esta última con un valor de  $1,969 \text{ spp.}$  (Tabla 9.5).

Tabla 9.5. Estaciones, número de especies, concentración celular (Cels.L<sup>-1</sup>), índice de riqueza de spp. (d), equidad (J') y diversidad (H') en superficie. Estudio Bio-Ocenográfico para determinación de Capacidad de Carga en la Bahía de Sechura IMARPE-PRODUCE. Julio 2012.

Estaciones	N° spp	N° cel.L <sup>-1</sup>	Riqueza spp (d)	Equidad (J')	Diversidad H'(log2)
89	24	5193880	1.487	5.26E-02	0.2413
76	14	1236920	0.9267	7.98E-02	0.304
58	18	4024340	1.118	3.45E-02	0.1438
53	19	2035400	1.239	3.51E-02	0.1491
29	17	2607180	1.083	7.72E-02	0.3155
31	17	3083300	1.071	3.97E-02	0.1622
C1	29	1501880	1.969	6.42E-02	0.3118
C2	16	2062500	1.032	7.71E-02	0.3083

El análisis comunitario de Bray Curtis en modo Q permitió distinguir con el 50% de similitud dos grupos (Fig. 9.5). El Grupo 1, conformado por las estaciones localizadas frente a Constante y Punta Aguja (Ests. 53 y 76), encontrándose abundancias que en promedio alcanzaron un valor de  $1\,636 \times 10^3$  cels.L<sup>-1</sup> e índices bajos en relación a la riqueza de especies, con valores entre 0.93 y 1.24, lo que correspondió a 14 y 19 spp., respectivamente. El Grupo 2 reunió al mayor número de estaciones (31, 29, 89, 58, C1 y C2), las cuales presentaron concentraciones celulares altas, que en promedio alcanzaron un valor de  $3\,078 \times 10^3$  cels.L<sup>-1</sup>, así mismo la riqueza de especies estuvo entre 16 y 29 spp. con un índice de riqueza (d) de 1,969.

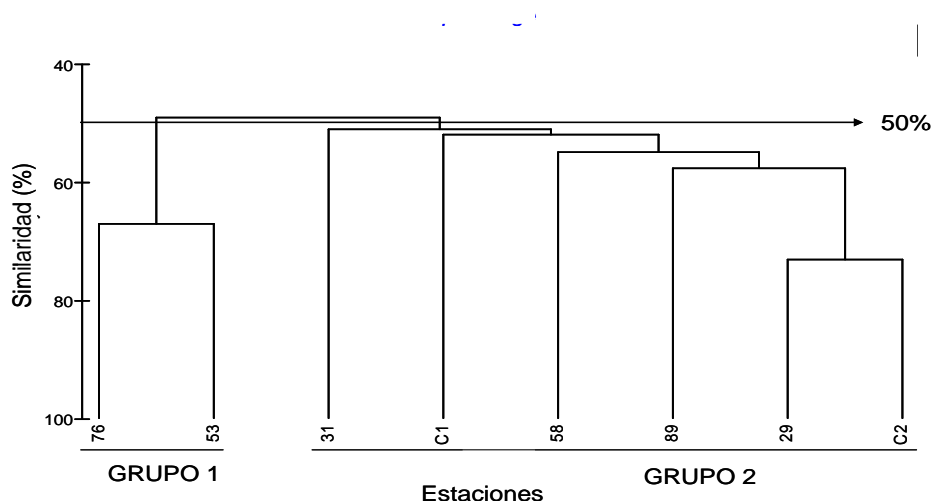


Figura 9.13. Dendrograma de similitud entre estaciones del fitoplancton en superficie. Estudio Bio-Oceanográfico para determinación de Capacidad de Carga en la Bahía de Sechura. Julio 2012.

La diatomea *Detonula pumila* tuvo una predominancia del 100% en las estaciones, seguido del género *Chaetoceros* spp. especie que dominó en el 50%.

### Composición, abundancia y distribución de la comunidad del fitoplancton en fondo

En fondo, se registraron 65 especies de fitoplancton, correspondiendo a 38 diatomeas (58%), 22 dinoflagelados (34%), 2 cocolitofóridos (3%), 2 fitoflagelados (3%) y 1 silicoflagelados (2%) (Fig. 9.14), obteniendo un valor medio de  $562 \times 10^3$  cels.L<sup>-1</sup> (Fig. 9.15 Tabla 9.4).

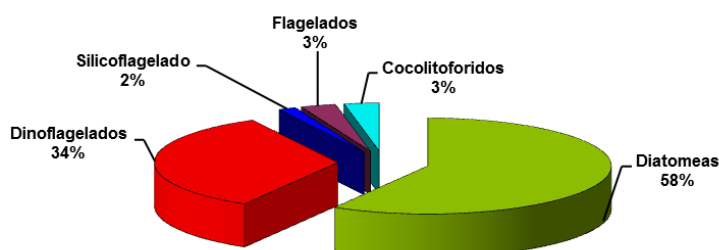


Figura 9.14. Distribución porcentual del fitoplancton en fondo. Estudio Bio-Oceanográfico para determinación de Capacidad de Carga en la Bahía de Sechura. Julio 2012.

La distribución de las densidades totales del fitoplancton (Fig. 9.15) y del microfitoplancton en el fondo (Fig. 9.16a) fueron muy similares, sin embargo los valores disminuyeron considerablemente con respecto al nivel superficial, fluctuando entre  $1 \times 10^3$  (Est. 76) y  $1\,173 \times 10^3$  Cels.L<sup>-1</sup> (Est. 53), este último localizado entre Constante y el estuario de Virrilá.

En cuanto a la composición especiológica, *D. pumila* mantiene altos aportes celulares frente a Constante (Est. 53) con  $1\,169 \times 10^3$  cels.L<sup>-1</sup>, seguido de *Thalassionema nitzschoides* y especies del grupo pennata (Fig. 9.16a).

Entre los dinoflagelados las densidades celulares fueron menores a  $1,5 \times 10^3$  cels.L<sup>-1</sup> destacando *K. veneficum* y *G. lohmanni* como las más abundantes en las Est. 53 y 29 (Anexos Tabla 9.4).

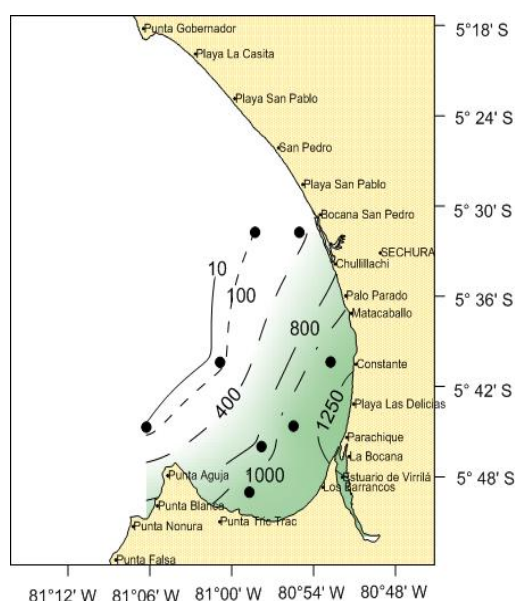


Figura 9.15. Distribución de la densidad del fitoplancton total en fondo ( $\text{Cels} \times 10^3 \cdot \text{L}^{-1}$ ). Estudio Bio-Oceanográfico para determinación de Capacidad de Carga en la Bahía de Sechura. Julio 2012.

El nanofitoplancton en fondo registró densidades que variaron entre  $7 \times 10^3$  (Est. 76) y  $138 \times 10^3$   $\text{cels} \cdot \text{L}^{-1}$  (Est. 89), con el predominio de los fitoflagelados, en el resto de la bahía sus densidades fueron disminuyendo hacia el norte (Fig. 9.16b).

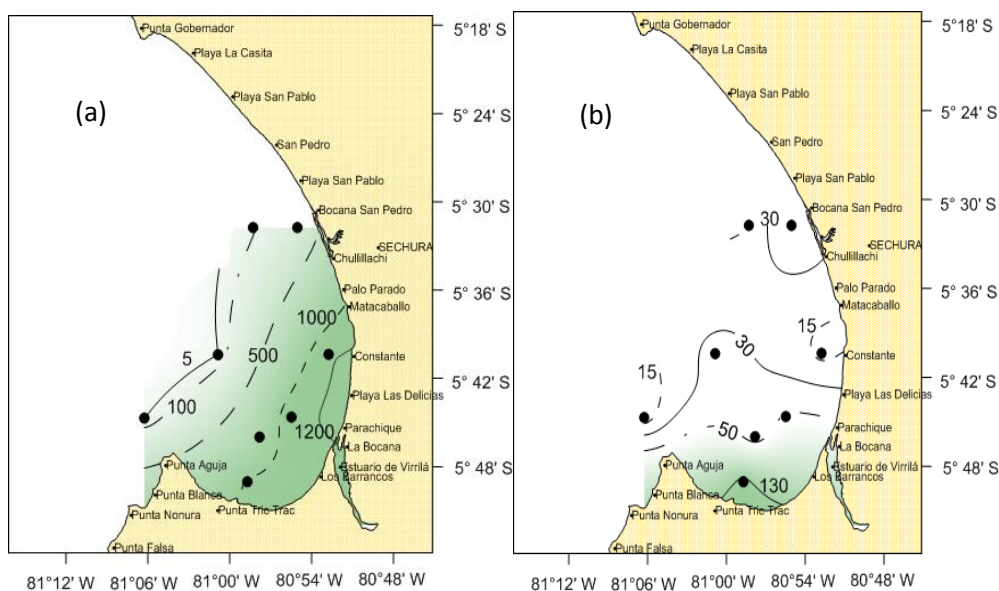


Figura 9.16. Distribución de la densidad del microfitoplancton (a) y nanofitoplancton (b) en fondo ( $\text{Cels} \times 10^3 \cdot \text{L}^{-1}$ ). Estudio Bio-Oceanográfico para determinación de Capacidad de Carga en la Bahía de Sechura. Julio 2012.



### Análisis comunitario del fitoplancton de fondo

Al igual que en superficie se registró índices de diversidad ( $H'$ ) y equidad ( $J'$ ), con valores bajos, menores a 0,8 bits.Cels<sup>-1</sup> y 0,27 respectivamente. A su vez el índice de la riqueza de especies ( $d$ ) presentó valores menores a 0.6 asociado a estaciones con menos de 10 spp. (Est. 76, 58 y C2), mientras que el índice de riqueza ( $D$ ) más de alto de 2.76 estuvo relacionado a la estación 29 con 36 spp, registrada al norte frente a la bocana San Pedro con una concentración celular de  $321 \times 10^3$  Cels.L<sup>-1</sup> (Tabla 9.6).

Tabla 9.6. Estaciones, número de especies, concentración celular (Cels.L<sup>-1</sup>), índice de riqueza de spp. ( $d$ ), equidad ( $J'$ ) y diversidad ( $H'$ ) de fondo. Julio 2012.

Estaciones	N° spp	N° cel.L <sup>-1</sup>	Riqueza spp ( $d$ )	Equidad ( $J'$ )	Diversidad $H'(\log 2)$
89	22	1157220	1.504	0.1333	0.5944
76	7	8220	0.6656	0.2731	0.7666
58	7	41520	0.5642	0.2051	0.5759
53	19	1184880	1.287	2.98E-02	0.1265
29	36	321640	2.76	0.1715	0.8865
31	15	102600	1.213	0.1973	0.7707
C1	30	1192540	2.073	6.66E-02	0.3268
C2	10	842640	0.6596	8.24E-02	0.2736

El análisis comunitario de Bray Curtis (Fig. 9.17) determinó la formación de dos grupos, con el 40% de similitud, al igual que en superficie. El Grupo 1 constituido por las Ests. 76, 31, 58 y C2 localizadas en el borde externo de la Bahía, en donde se observó bajas densidades celulares, alcanzando en promedio un valor de  $248 \times 10^3$  cels.L<sup>-1</sup> asociados a índices de riqueza de especies entre 0,5 y 1,2 (7 y 15 spp, respectivamente). El Grupo 2 conformado por las Ests. 53, 29, 89 y C1 localizados muy cerca de la línea de costa y al interior de la Bahía registraron los valores más altos de concentración celular, dando un valor promedio de  $883 \times 10^3$  cels.L<sup>-1</sup> y riqueza de especies entre 1,28 y 2,76 asociados a 19 y 36 spp, respectivamente.



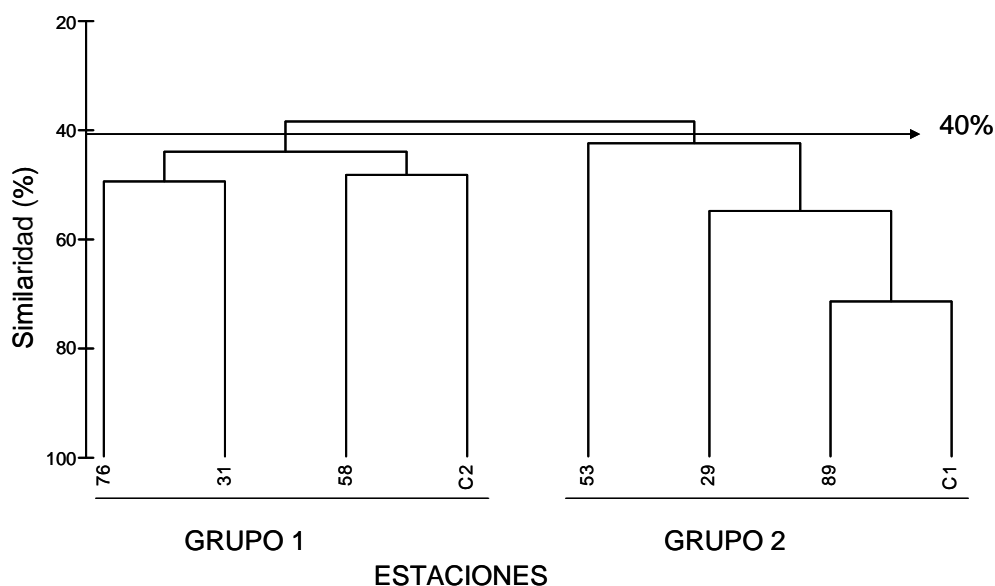


Figura 9.17. Dendrograma entre estaciones del fitoplancton en fondo. Estudio Bio-Oceanográfico para la determinación de Capacidad de Carga en la Bahía de Sechura. Julio 2012.

## 9.4 DISCUSION

CLOERN (1982), sustenta que la alimentación de los moluscos bivalvos está ligada a una serie de procesos pelágicos y bentónicos como consecuencia de una eficiente filtración de las partículas en la columna de agua. Esta actividad alimenticia, combinada a su vez con una abundancia natural o intensidad del cultivo del bivalvo, hace que sean extremadamente importantes en la regulación de los procesos en aguas costeras poco profundas.

En el verano de 2012, el fitoplancton, alimento disponible en la bahía de Sechura, registró las mayores abundancias celulares, representadas por el grupo de las diatomeas, con valores superiores a  $1\,000 \times 10^3$  Cels.L<sup>-1</sup>, alcanzando un máximo de  $5\,000 \times 10^3$  Cels.L<sup>-1</sup>, frente a Constante (superficie) y Pta. Tric Trac (fondo), destacando *Thalassiosira cf. minima*, *Leptocylindrus danicus* y *Chaetoceros spp.* En invierno, si bien se alcanzó una densidad celular promedio de  $1\,662 \times 10^3$  Cels.L<sup>-1</sup>, con dos núcleos importantes en superficie, frente a Punta Tric Trac y oeste de la Bahía, con la predominancia de la diatomea *Detonula pumila*, las concentraciones promedio de

fitoplancton fueron bajos con respecto al verano del 2012 ( $2\,283 \times 10^3$  Cels. $L^{-1}$ ) Fig. 9.18.

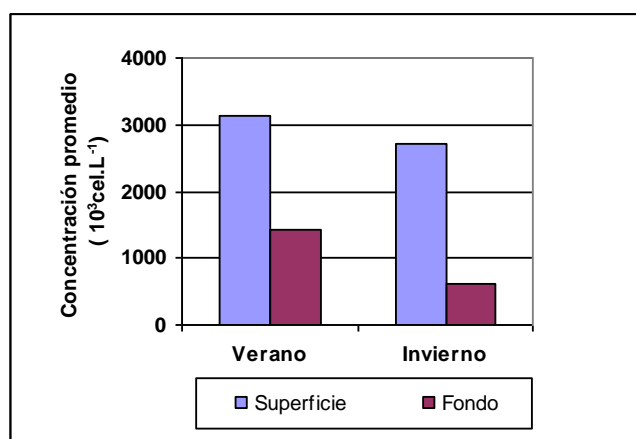


Figura 9. 18 Concentraciones promedio de fitoplancton (cels  $10^3 \cdot L^{-1}$ ) a nivel superficial y fondo, para el verano e invierno 2012.

BROWN Y HUTCHINGS (1985), GUILLEN et al., (1971); OCHOA Y GÓMEZ, (1988); SÁNCHEZ (2000), determinaron que el fitoplancton soporta cambios estacionales asociados a factores como la luz reducida, la mezcla y turbulencia vertical y una baja producción biológica en el invierno, mientras que en la primavera y verano con una capa de mezcla superficial, el incremento de los nutrientes y las mejores condiciones de luz, permiten mayores concentraciones celulares y por consiguiente alta producción.

Así mismo se ha registrado en general que los componentes del fitoplancton total para el verano presentaron una alta riqueza específica (153 especies), tanto a nivel de superficie como en fondo, los índices de diversidad y equidad con máximos de 3,6 bits.cels<sup>-1</sup> y 0,65, respectivamente, en contraste con lo registrado en el invierno, con una baja riqueza de especies (87 spp.) e índices menores a 0,8 bits.cels<sup>-1</sup> y 0,0082. MARGALEF (1969); BLASCO (1971); ROJAS DE MENDIOLA Y ESTRADA (1976), expresaron que índices con bajos valores representan a poblaciones neríticas donde hay pocas especies en grandes densidades (Tabla 9.7). Así mismo MARGALEF (1977), señaló que la disminución de la diversidad indicaría un decremento de la actividad metabólica, de modo que las variaciones de la diversidad están asociadas a las características productivas de la comunidad; tal como ocurrió en el verano con el predominio de

*Thalassiosira cf. minima* y *Leptocylindrus danicus* y en el invierno con *Detonula pumilla*, principalmente.

Tabla 9. 4. Características estacionales de la comunidad fitoplanctónica en verano e invierno del 2012  
Estudio Bio-Oceanográfico para determinación de Capacidad de Carga en Bahía de Sechura  
IMARPE/PRODUCE 1207.

	Número spp.	Riqueza spp	Densidad Promedio (cel.10 <sup>3</sup> . L <sup>-1</sup> )	Diversidad (H <sup>-1</sup> )	TSM (°C)
<b>VERANO</b>	153	2.06	2283	0.74 - 3.6	23.4
<b>INVIERNO</b>	87	1.3	1662	0.12 - 0.88	18.9

En el verano de 2007 (SÁNCHEZ Y DELGADO, 2007), el fitoplancton total alcanzó, en comparación con el verano del 2012, una baja riqueza de especies (81 especies) así como una disminución de las abundancias celulares, apreciándose en superficie y en fondo concentraciones importantes, superiores a las  $1\,000 \times 10^3$  y  $2\,500 \times 10^3$  Cels.L<sup>-1</sup>, teniendo en ambos núcleos a las diatomeas del género *Chaetoceros spp.* como las más abundantes. Mientras que para el invierno de 1986 en la zona costera del Callao, investigadores como OCHOA Y GÓMEZ (1988), encontraron densidades menores a  $200 \times 10^3$  Cels.L<sup>-1</sup>, valores muy por debajo de las densidades encontradas en el invierno de 2012 ( $1\,662 \times 10^3$  cels.L<sup>-1</sup>). Con estos resultados, es indudable que el incremento de las abundancias del fitoplancton en el verano 2012 y concentraciones altas encontradas en el invierno del mismo año, significaría que la bahía de Sechura es una zona altamente productiva durante gran parte del año, regulada principalmente por el ciclo estacional de las condiciones hidrográficas en la columna de agua, y que el fitoplancton como alimento disponible para la concha de abanico no sería un factor limitante. Sin embargo, URIBE Y BLANCO (2001) asumen que solo el 8% del fitoplancton disponible, estaría siendo realmente utilizado por los organismos filtradores (*Argopecten purpuratus*), afirmándose que estos organismos no son capaces de seleccionar el alimento al filtrar, y que estas altas concentraciones de fitoplancton no utilizadas podría ser negativas, debido a la alta tasa de biodeposición producida por los moluscos y que se van acumulando en el área de cultivo (WINTER, 1978).

Por último, las floraciones algales en el mar peruano son comunes y generalmente se generan en verano, se prolongan hasta inicios del otoño y reaparecen en primavera. Las manchas o decoloraciones son la tercera etapa de la dinámica de las floraciones

algales o mareas rojas (STEINDINGER y VARGO, 1988), esta es la única capa visible del fenómeno, y representa la máxima concentración de las microalgas.

En otras ocasiones las microalgas no proliferan superficialmente y se manifiestan a media columna de agua (BRAVO-SIERRA, 2004), tal como sucedió en esta oportunidad cuando la mayor concentración de *Ceratium fusus* v. *fusus* fue registrada a 6 metros de profundidad, posiblemente debido a la hora de muestreo, la presencia de nutrientes acumulados y/o “atrapados” en el fondo.

## 9.5 REFERENCIAS

ALAMO V, VALDIVIESO V. 1987. Catálogo de los Moluscos Comerciales del Perú. Bol. Ext. IMARPE, callao-Perú. 205 pp.

BLASCO D. 1971. Composición y distribución del fitoplancton en la región del afloramiento de las costas peruanas, Inv. Pesq. 35(1): 61-112.

BRAVO-SIERRA E. 2004. Fitoflagelados potencialmente tóxicos y nocivos de costas del Pacífico mexicano. Rev. Biol. Trop. 52 (Supl. 1): 5-16.

BROWN, P.C. Y HUTCHINGS, I. 1985. Distribución y dinámica del fitoplancton en la región meridional de la corriente de Benguela. Simp. Int. O. Afl. Inst. Pesq. 1: 319-344.

CUPP E. 1943. Marine plankton diatoms of the west coast of North America. Bull. Scripps it. Oceanogr. 5: 1-237.

DELGADO E. SÁNCHEZ S. 2012. La comunidad de fitoplancton durante el Estudio Bio-Oceanográfico para la determinación de Capacidad de Carga en la Bahía de Sechura / Verano del 2012. Inf. Interno IMARPE: 12 pp.

BROWN PC, HUTCHINGS I. 1985. Distribución y dinámica del fitoplancton en la región meridional de la corriente de Benguela. Simp. Int. O. Afl. Inst. Pesq. 1: 319-344.

GUILLEN O, CALIENES R. 1981. Productividad y afloramiento frente a las aguas costeras peruanas. Bol. Vol. Extraordinario ICANE Callao 1981:130-143pp.

HASLE G, SYVERTSEN E. 1996. Marine diatoms. In: Tomas C. (ed.). Identifying. Marine Diatoms and Dinoflagellates. Academic Press, Inc. San Diego. 1-383pp.

HEIMDAL B. 1993. Modern Coccolithophorids. In Tomas C. (ed.). Marine Phytoplankton a guide to naked flagellates and coccolithophorids, Cap. 3. Academic Press, Inc. San Diego. 147-235 pp.

HENDEY I. 1964. An introductory account of the smaller algae of British Coastal waters. Part. V. Bacillariophyceae (Diatoms). Her Majesty's Stationery Office, London: 317 pp.

HUSTEDT F. 1930. Die Kieselalgen Deutschlands, Osterreichs und der Schweiz mit Beucksichtigung der ubrigen Lander Europas sowie der angerzenden Meerresgebiete. En: L. Rabenhorst (ed) Kryptogamenflora von Deutschland, Osterreich und der Schweiz. 1 Teil. Akat. Verlagsges. Leipzig, Reprint Johnson Rep. Goop, New York 1971: 920 pp.

MARGALEF R. 1969. Diversidad de fitoplancton de red en dos áreas del Atlántico. Inv. Pesq. 33(1): 275-286.

MARGALEF R. 1977. Our biosfera. En excellence ecology. N° 100. Kinne. Ecology Institute-Germany.

OCHOA N, GÓMEZ O. 1988. Variación espacio temporal del fitoplancton frente al Callao, Perú, en 1986. Bol. Vol. Extraordinario: Recursos y Dinámica del Ecosistema de Afloramiento Peruano. Ed. Salzwedel H. y Landa, A. Tomo I : 51-57pp.

SÁNCHEZ S. 2000. Variación Estacional e Interanual de la biomasa fitoplanctónica y concentraciones de clorofila "a", frente a la costa peruana, durante 1976-2000. Bol. Vol 19/N° 1y 2. IMARPE: 22-29 pp.

SÁNCHEZ S, DELGADO E. 2007. Características del fitoplancton en Sechura En: IMARPE. 2007. Estudio de Línea de Base del Ámbito Marino de la Bahía de Sechura (14-28 enero 2007). 116 pp.

SCHILLER J. 1971. Dinoflagellatae (Peridinea) in monographischer Behandlung.1 Teil. En: L. Rabenhorst (ed) Kriptogamenflora von Deutschland, Osterreich und der

Schweiz., Vol. X Flagellatae, Section III3, Part. I. Reprint by Johnson Repr. Corp. New York, London: 617 pp.

SOURNIA A. 1967. Le genre *Ceratium* (Peridinien Planctonique) dans le Canal de Mozambique. Contribution a une revision mondiale. Vie et Milieu. 18 (2A-A): 375-580 pp.

SUNDSTRÖM B. 1986. The marine diatom genus *Rhizosolenia*. A new approach to the taxonomy. Lund, Sweden:196 pp.

THRÖNDSSEN J. 1978. Preservation and storage. En: A. Sournia (Ed.) Phytoplankton manual. UNESCO, París: 69 - 74.

URIBE E, BLANCO JL. 2001. Capacidad de los sistemas acuáticos para el sostenimiento del cultivo de pectínidos: el caso de *Argopecten purpuratus* en la Bahía Tongoy, Chile. En: A. N. Maeda-Martínez (ed.). Los Moluscos Pectínidos de Iberoamérica: Ciencia y Acuicultura.

UTERMÖHL H. 1958. Zur Vervollkomnung der Quantitativen Phytoplankton methodik Mitt. Inter. Ver. Limnol. 9: 1-38.

WINTER JE. 1978. A review on the knowledge of suspension feeding in lamellibranchiate bivalves, with special reference to artificial aquaculture systems. *Aquaculture*. 13:1-33.

WOLFF M., TAYLOR M., MENDO J. & YAMASHIRO C. 2007. A catch forecast model for the Peruvian scallop (*Argopecten purpuratus*) based on estimators of spawning and settlement rate, Ecol. Model. 209(2-4): 333-341.

## **X. ANÁLISIS DE LA COMUNIDAD ZOOPLANCTÓNICA E ICTIOPLANCTON**

*Patricia Ayón, Katia Aronés y Carmela Nakazaki*

Área de Evaluación de Producción Secundaria, DGIOCC, IMARPE

### **10.1 INTRODUCCIÓN**

Las bahías por su conformación y las condiciones ambientales que en ellas se presentan, son un lugar que alberga fuente de alimento y refugio que facilitan la residencia de primeros estadios de vida de una gran variedad de especies marinas, permitiendo que se forme una comunidad integrada por varias especies, las mismas que persistirán mejor que una de pocas (HUTCHINSON, 1959). Se presentan los resultados sobre la composición, distribución y abundancia de los principales componentes del zooplancton e ictioplancton en la Bahía de Sechura que contribuirá en los estudios sobre la capacidad de carga en dicha bahía.

### **10.2 MATERIAL Y MÉTODOS**

Para la Fase I (Verano) el muestreo se realizó entre el 22 de febrero y 04 de marzo, para la Fase II (Invierno) entre el 11 y 21 de julio de 2012. Se efectuó 19 lances en la Fase I y 20 lances en la Fase II (Fig.10.1), en ambos casos se utilizó una red Baby Bongo de 0,22cm de diámetro de boca y 2m de longitud, con mallas de 150 y 300 $\mu$ , operada en arrastres oblicuos a profundidades variables de acuerdo al fondo. Para determinar el volumen de agua filtrada, se colocó en la boca de la red de 300 $\mu$  un medidor de flujo marca Hydrobios. Los resultados que se presentan provienen del análisis de las muestras colectadas con la red de 150 $\mu$ .

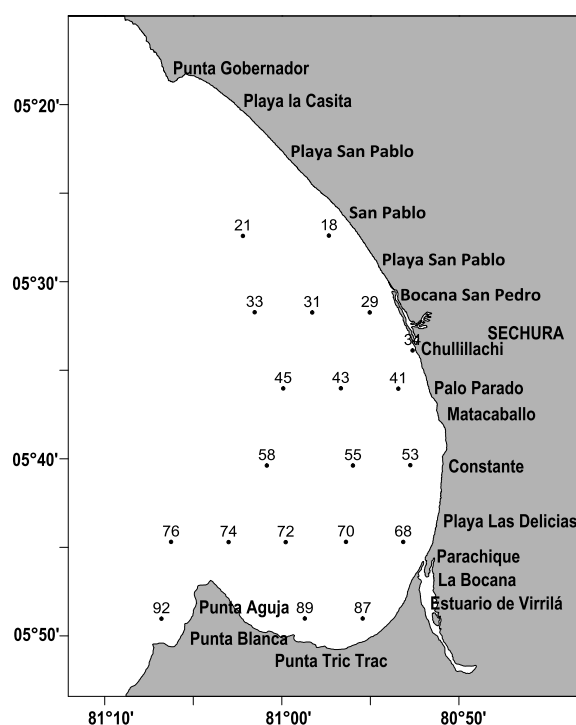


Figura 10.1 Mapa de estaciones para toma de muestras de zooplancton en la bahía de Sechura.

Los biovolúmenes de zooplancton fueron obtenidos usando el método por desplazamiento (KRAMER et al., 1972). Se realizó un análisis cualitativo y cuantitativo de las muestras, observando la composición de especies de los diferentes grupos del zooplancton e ictioplancton. Los conteos de las especies dependieron de los niveles de abundancia que presentaron, por ello algunos fueron contados en el total de la muestra y otros solamente en una fracción. Los resultados se expresan en N° indiv.100 m<sup>-3</sup>. Para la determinación de las especies del zooplancton se consultó los trabajos de BOSCHI (1981), BOUILLON (1999), BOWMAN & GRUNER (1973), BRADFORD-GRIEVE et al. (1999), GURNEY (1942), ONBÉ (1999), POHLE et al. (1999) Y PUGH (1999), entre otros y para el caso del ictioplancton principalmente los trabajos de EINARSSON Y ROJAS DE MENDIOLA (1963), SANDOVAL DE CASTILLO (1979) y WATSON Y SANDKNOP (1996 a y b).

El procesamiento de la información fue realizado en Excel, R y los gráficos de distribución y abundancia en Surfer versión 8, empleando el método de interpolación kriging. Para el análisis comunitario se utilizó el programa Primer versión 6. Para ver si los datos tenían una distribución normal se aplicó el qqplot (R), y para el análisis de



correlación entre la abundancia y los biovolúmenes de zooplancton se utilizó el coeficiente de Pearson.

### 10.3 RESULTADOS

#### FASE I – VERANO

##### Biovolúmenes

Los biovolúmenes de zooplancton fluctuaron entre 4 y 1 547 mL.100m<sup>-3</sup>, observándose un núcleo importante entre las bocanas de San Pedro y el Estuario de Virrilá. Los biovolúmenes mostraron una disminución conforme se alejaban de la bahía (Fig. 10.2 A)

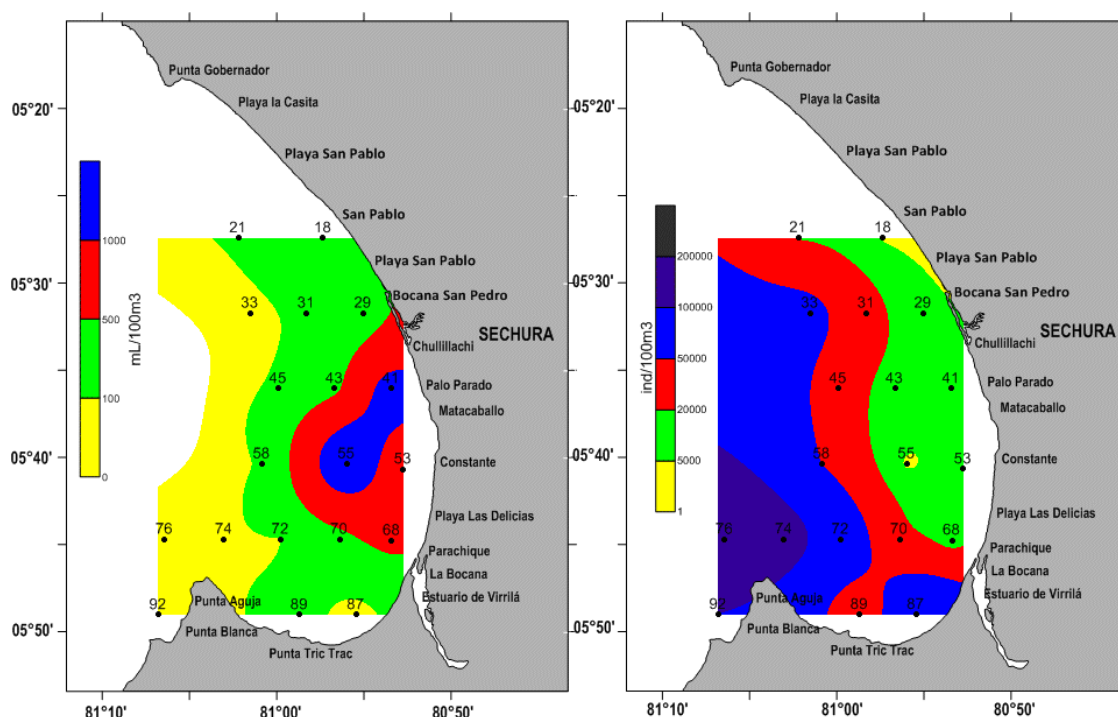


Figura 10.2. A) Distribución de biovolúmenes de zooplancton, B) Distribución y abundancia del zooplancton total. Bahía de Sechura, Febrero-Marzo 2012

##### Composición y abundancia del zooplancton

El zooplancton se caracterizó por presentar una amplia variedad de grupos, siendo los más frecuentes los Peces, Copepoda, Cirripedia, Decapoda, Cladocera,

Appendicularia, y Polychaeta con el 100%, seguidos por Euphausiacea, Chaetognatha y Pteropoda con una frecuencia del 92%. (Tabla 10.1). Por el contrario los grupos con menor frecuencia fueron los Brachiopoda, Ctenophora y Rotatoria presentes en una sola estación (Fig. 10.3).

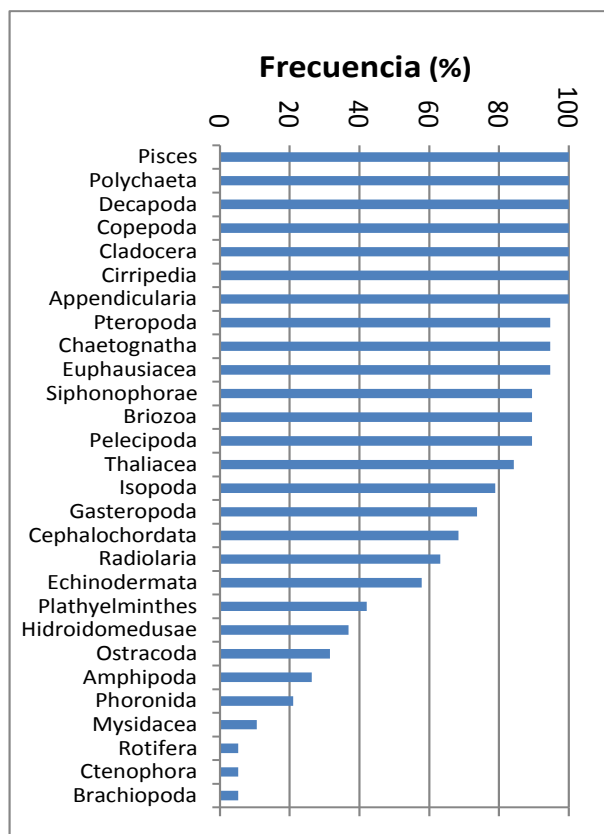


Figura 10.3. Frecuencia porcentual de los grupos de zooplancton. Bahía de Sechura. Febrero-Marzo 2012

ESTUDIO BIO-OCEANOGRÁFICO PARA DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA EN LA  
BAHÍA DE SECHURA – INFORME FINAL

Tabla 10.1 Composición (especies), abundancia (N° ind.100m<sup>-3</sup>) y frecuencia (%) del zooplankton colectado con la red Baby Bongo 150 micras. Bahía de Sechura, Febrero-Marzo 2012.

Grupo	Familia/genero/especie	Estadio	Abund. total	Abund. relativa	Abund. Mínima	Abund. Maxima	N° est. (+)	Frec (%)
Radiolaria	Radiolaria	adulto	27238	0.05	17	6526	12	63.158
Hidroidomedusae	<i>Solmundella bitentaculata</i>	adulto	664	0.00	148	516	2	10.526
	<i>Liriope tetrphylla</i>	adulto	408	0.00	408	408	1	5.2632
	No determinado	éfira	5019	0.01	8	4642	5	26.316
Siphonophorae	<i>Muggiaea atlantica</i>	nectoforo	22419	0.05	61	5438	17	89.474
Ctenophora	<i>Hormiphora plumosa</i>	adulto	48	0.00	48	48	1	5.2632
Platyhelminthes	<i>Planaria</i> sp.	larva	3702	0.01	17	2063	8	42.105
Rotifera	<i>Brachionus calyciflorus</i>	adulto	70641	0.14	70641	70641	1	5.2632
Polychaetha	Magelonidae	larva	244	0.00	244	244	1	5.2632
	Nereidae	adulto	3262	0.01	39	2862	3	15.789
	No determinado	larva	1577525	3.17	174	1032148	19	100
Gastropoda	No determinado	larva	107496	0.22	66	58763	14	73.684
Pteropoda	<i>Atlanta</i> sp.	larva	67	0.00	8	50	3	15.789
	<i>Cresseis virgula</i>	larva	564	0.00	17	272	5	26.316
	<i>Desmopterus papilio</i>	larva	49	0.00	18	30	2	10.526
	<i>Limacina trochiformis</i>	larva	8592	0.02	44	2801	7	36.842
	No determinado	larva	96227	0.19	182	45392	13	68.421
Pelecypoda	No determinado	larva	124046	0.25	117	29909	17	89.474
Cumacea	No determinado	adulto	245	0.00	245	245	1	5.2632
Cladocera	<i>Pleopsis polyphemoides</i>	adulto	10123447	20.35	370	3725786	19	100
	<i>Penilia avirostris</i>	adulto	812815	1.63	166	384530	17	89.474
	<i>Pseudoevadne tergestina</i>	adulto	7518913	15.11	116	1980728	18	94.737
Ostracoda	<i>Euconchoecia</i> sp.	adulto	545	0.00	67	195	5	26.316
	No determinado	inmaduro	119	0.00	28	91	2	10.526
Copepoda	<i>Candacia curta</i>	adulto	30	0.00	30	30	1	5.2632
	<i>Candacia</i> sp.	copepodito	65	0.00	65	65	1	5.2632
	<i>Acartia danae</i>	adulto	2402	0.00	25	537	11	57.895
	<i>Acartia negligens</i>	adulto	1936	0.00	176	1306	4	21.053
	<i>Acartia tonsa</i>	copepodito	4775431	9.60	2728	1964222	19	100
	<i>Acartia tonsa</i>	adulto	2196414	4.42	2652	491055	19	100
	<i>Calanus chilensis</i>	copepodito	446082	0.90	206	247975	14	73.684
	<i>Calanus chilensis</i>	adulto	46336	0.09	19	20528	12	63.158
	<i>Calanus darwinii</i>	adulto	8	0.00	8	8	1	5.2632
	<i>Calanus</i> sp.	copepodito	6904	0.01	6904	6904	1	5.2632
	<i>Eucalanus inermis</i>	adulto	8	0.00	8	8	1	5.2632
	<i>Nannocalanus minor</i>	copepodito	35	0.00	35	35	1	5.2632
	<i>Nannocalanus minor</i>	adulto	3828	0.01	8	1547	10	52.632
	<i>Nannocalanus</i> sp.	copepodito	390	0.00	390	390	1	5.2632
	<i>Centropages brachiatus</i>	copepodito	562126	1.13	326	367260	18	94.737
	<i>Centropages brachiatus</i>	adulto	313485	0.63	99	111416	19	100
	<i>Centropages furcatus</i>	copepodito	358	0.00	358	358	1	5.2632
	<i>Centropages furcatus</i>	adulto	16100	0.03	25	6706	10	52.632
	<i>Hemicyclops</i> sp.	adulto	421326	0.85	156	128067	18	94.737
	<i>Clausocalanus arcuicornis</i>	adulto	981	0.00	981	981	1	5.2632
	<i>Clausocalanus furcatus</i>	adulto	117	0.00	117	117	1	5.2632
	<i>Clausocalanus jobei</i>	adulto	11554	0.02	55	3514	11	57.895
	<i>Clytemnestra rostrata</i>	adulto	997	0.00	17	408	7	36.842
	<i>Clytemnestra rostrata</i>	nauplio	700	0.00	700	700	1	5.2632
	<i>Corycaeus catus</i>	adulto	1495	0.00	8	974	9	47.368
	<i>Corycaeus crassiusculus</i>	adulto	89	0.00	8	81	2	10.526
	<i>Corycaeus dubius-amazonicus</i>	adulto	61775	0.12	131	15474	17	89.474

ESTUDIO BIO-OCEANOGRÁFICO PARA DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA EN LA  
BAHÍA DE SECHURA – INFORME FINAL

Continuación de la tabla 10.1

Grupo	Familia/genero/especie	Estadio	Abund. total	Abund. relativa	Abund. Minima	Abund. Maxina	N° est. (+)	Frec (%)
	<i>Corycaeus</i> sp.	adulto	9080	0.02	33	4557	12	63.158
	<i>Corycaeus speciosus</i>	adulto	988	0.00	17	406	6	31.579
	<i>Corycaeus speciosus</i>	copepodito	73353	0.15	33	23727	17	89.474
	<i>Paraeucalanus attenuatus</i>	adulto	70	0.00	18	52	2	10.526
	<i>Paraeucalanus attenuatus</i>	copepodito	85	0.00	8	68	3	15.789
	<i>Subeucalanus mucronatus</i>	adulto	21063	0.04	58	17538	11	57.895
	<i>Subeucalanus mucronatus</i>	copepodito	149623	0.30	17	76341	19	100
	<i>Subeucalanus subcrassus</i>	adulto	8	0.00	8	8	1	5.2632
	<i>Euchaeta longicornis</i>	adulto	8	0.00	8	8	1	5.2632
	<i>Euchaeta</i> sp.	copepodito	890	0.00	33	340	6	31.579
	<i>Euterpina acutifrons</i>	adulto	1183523	2.38	265	594218	19	100
	<i>Harpaticoide</i>	copepodito	28	0.00	28	28	1	5.2632
	<i>Harpaticoide</i>	adulto	6850	0.01	25	2063	9	47.368
	<i>Mecynocera clausi</i>	adulto	1472	0.00	34	1032	6	31.579
	<i>Microsetella rosea</i>	adulto	153531	0.31	50	56121	19	100
	<i>Oithona nana</i>	adulto	194462	0.39	87	75547	18	94.737
	<i>Oithona plumifera</i>	adulto	99168	0.20	406	26822	17	89.474
	<i>Oithona</i> sp.	copepodito	2241761	4.51	116	592139	19	100
	<i>Oncaea conifera</i>	adulto	2894	0.01	58	995	6	31.579
	<i>Oncaea venusta</i>	adulto	130879	0.26	304	45068	18	94.737
	<i>Oncaea venusta</i>	copepodito	597241	1.20	192	200431	14	73.684
	<i>Acrocalanus</i> sp.	adulto	1757	0.00	41	1032	6	31.579
	<i>Calocalanus pavo</i>	adulto	1431	0.00	37	552	6	31.579
	<i>Calocalanus pavo</i>	copepodito	256	0.00	101	156	2	10.526
	<i>Ischnocalanus plumulosus</i>	adulto	653	0.00	16	544	5	26.316
	<i>Paracalanus parvus</i>	adulto	3977663	8.00	1949	1320485	19	100
	<i>Paracalanus parvus</i>	copepodito	4901538	9.85	2851	2673982	19	100
	<i>Paracalanus</i> sp.	adulto	702	0.00	702	702	1	5.2632
	<i>Labidocera acuta</i>	copepodito	73	0.00	8	65	2	10.526
	<i>Labidocera acuta</i>	adulto	33	0.00	33	33	1	5.2632
	<i>Labidocera</i> sp.	copepodito	22	0.00	22	22	1	5.2632
	<i>Copilia mirabilis</i>	copepodito	69	0.00	69	69	1	5.2632
	<i>Copilia mirabilis</i>	adulto	111	0.00	11	101	2	10.526
	<i>Copilia</i> sp.	copepodito	61	0.00	61	61	1	5.2632
	<i>Sapphirina</i> sp.	copepodito	354	0.00	28	203	4	21.053
	<i>Sapphirina</i> sp.	adulto	17	0.00	17	17	1	5.2632
	<i>Scolecithricidae</i>	copepodito	296	0.00	69	136	3	15.789
	<i>Scolecithricidae</i>	adulto	610	0.00	134	476	2	10.526
	<i>Scolecithrix danae</i>	adulto	134	0.00	134	134	1	5.2632
	<i>Temora discaudata</i>	copepodito	13436	0.03	8	7377	13	68.421
	<i>Temora discaudata</i>	adulto	1891	0.00	11	671	8	42.105
	<i>Candacia curta</i>	adulto	222	0.00	18	204	2	10.526
	<i>Candacia</i> sp.	copepodito	11539	0.02	33	5674	8	42.105
	<i>Candacia</i> sp.	adulto	123	0.00	35	88	2	10.526
	<i>Rhincalanus nasutus</i>	copepodito	408	0.00	408	408	1	5.2632
	<i>Lucicutia flavicornis</i>	adulto	84	0.00	84	84	1	5.2632
	<i>Pleuromamma borealis</i>	adulto	8	0.00	8	8	1	5.2632
	No determinado	nauplio	474420	0.95	116	292983	17	89.474
Isopoda	No determinado	adulto	4758	0.01	17	1058	15	78.947
Mysidacea	No determinado	adulto	76	0.00	8	68	2	10.526

ESTUDIO BIO-OCEANOGRÁFICO PARA DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA EN LA  
BAHÍA DE SECHURA – INFORME FINAL

Continuación de la tabla 10.1

Grupo	Familia/genero/especie	Estadio	Abund. total	Abund. relativa	Abund. Minima	Abund. Maxima	N° est. (+)	Frec (%)
Amphipoda	<i>Lestrigonus bengalensis</i>	maduro	27	0.00	11	17	2	10.526
	<i>Lestrigonus</i> sp.	inmaduro	68	0.00	68	68	1	5.2632
	<i>Pseudolycaea</i> sp.	maduro	960	0.00	960	960	1	5.2632
Cirripedia	No determinado	nauplio	12864	0.03	58	3196	14	73.684
	No determinado	larva	16497	0.03	17	6553	19	100
Euphausiacea	No determinado	metanauplio	319092	0.64	83	173314	15	78.947
		furcilia	25622	0.05	28	15264	13	68.421
	<i>Nyctiphanes simplex</i>	juvenil	8	0.00	8	8	1	5.2632
Decapoda	No determinado	caliopsis	80463	0.16	61	36107	16	84.211
	Bellidae	zoea	316	0.00	33	148	3	15.789
	<i>Callinassa</i> sp.		69795	0.14	33	15589	15	78.947
	Caridea	poslarva	1751	0.00	19	1495	7	36.842
	Galatheididae	zoea	6069	0.01	58	5386	5	26.316
	<i>Emerita analoga</i>	zoea	5218	0.01	39	5179	2	10.526
	Paguridae	zoea	2567	0.01	22	1767	5	26.316
	Pinnotheridae	zoea	1361578	2.74	8	685919	19	100
	Porcellanidae	zoea	666	0.00	11	258	8	42.105
	Sergestidae	poslarva	48	0.00	48	48	1	5.2632
	No determinado	megalopa	2910	0.01	8	1056	10	52.632
	No determinado	zoea	154635	0.31	41	81268	17	89.474
	<i>Krohnitta subtilis</i>	maduro	8	0.00	8	8	1	5.2632
	<i>Sagitta enflata</i>	maduro	6787	0.01	50	1795	11	57.895
	<i>Sagitta pacifica</i>	maduro	2902	0.01	8	731	12	63.158
Chaetognatha	<i>Sagitta peruviana</i>	maduro	1526	0.00	8	670	6	31.579
	<i>Sagitta</i> sp.	inmaduro	6507	0.01	25	1805	15	78.947
	<i>Oikopleura</i> sp.	adulto	3967582	7.98	1674	1155425	19	100
	<i>Fritillaria</i> sp.	adulto	394	0.00	122	272	2	10.526
	<i>Doliolum</i> sp.	adulto	16868	0.03	33	4384	16	84.211
Thaliacea	No determinado	actinotroca	259	0.00	17	129	4	21.053
Phoronida	No determinado	larva	18	0.00	18	18	1	5.2632
Brachiopoda	Briozooario	larva	34474	0.07	162	8769	17	89.474
Bryozoa	Ophiuroidea	larva	362	0.00	156	206	2	10.526
Echinodermata	No determinado	larva	6629	0.01	18	5396	11	57.895
Cephalochordata	<i>Branchiostoma elongatum</i>	adulto	4515	0.01	8	1403	13	68.421

Las abundancias totales del zooplancton por estación de muestreo estuvieron en un rango comprendido entre 33 716 y 13 253 080 ind.100m<sup>-3</sup>, siendo *Paracalanus parvus*, *Acartia tonsa*, *Pleopis polyphemoides*, *Pseudoevadne tergestina* y *Oikopleura* sp. las especies que aportaron significativamente en los niveles de abundancia (Figs. 10.2 y 10.4, Tabla 10.2).

Espacialmente se observó que las mayores densidades de zooplancton estuvieron cerca a Punta Aguja (Figura 10.2), en donde los grupos que predominaron fueron los copépodos, seguidos por cladóceros y apendicularias. Las especies de copépodos en esta zona fueron de pequeño tamaño, así como un mayor porcentaje de individuos en estadios de desarrollo temprano, aportando muy poco en términos de biovolúmenes.

Se determinó la presencia de dos especies de rotíferos en la bahía, *Brachionus calyciflorus* y *Keratella pacifica*, ubicados en la estación 68 próxima a la desembocadura del estuario de Virrilá, coincidente con la zona de menor concentración de sal de toda la bahía, con condiciones incluso de aguas salobres. Su presencia sería el primer registro para el mar peruano así como para la bahía de Sechura.

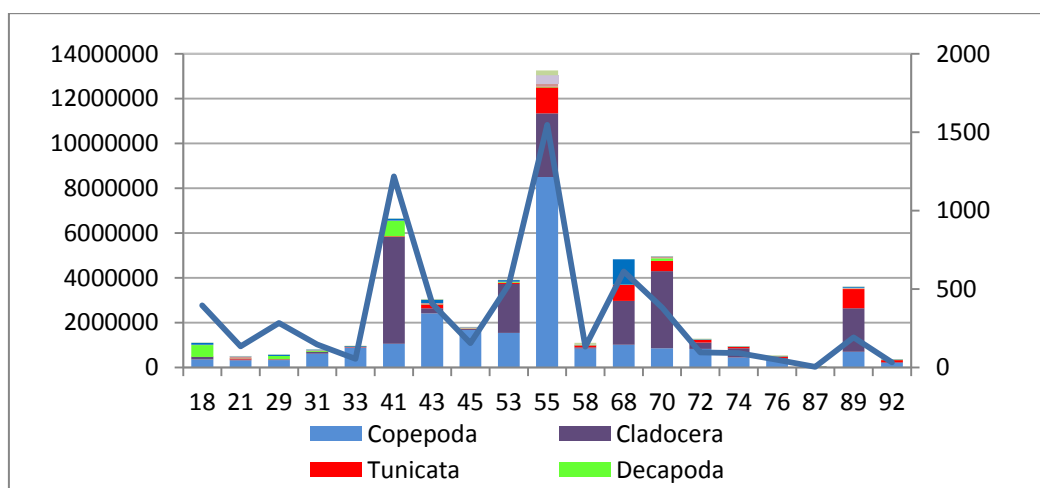


Figura 10.4 Composición y porcentaje de abundancia de los grupos de zooplancton y biovolúmenes de zooplancton. Bahía de Sechura, Febrero-Marzo 2012.

### Composición y abundancia del ictioplancton

Se encontraron larvas de las especies *Engraulis ringens*, *Odontesthes regia regia*, *Hypsoblennius* sp., *Merluccius gayi*, *Anchoa nasus*, y de las familias Scombridae y Sciaenidae (Tabla 10.2). La especie más importante por sus niveles de densidad y frecuencia fueron los huevos y larvas de anchoveta. Los huevos tuvieron una frecuencia del 88% con densidades entre 0,11 y 3 008 huevos.100m<sup>-3</sup>, en tanto que las larvas se presentaron en mayor frecuencia, con 95%, pero con densidades menores que la de los huevos, cuyos valores estuvieron en un rango de 0,65 a 101 larvas.100m<sup>-3</sup>. En general la distribución de estos dos estadios fue similar (Figura 10.5). Las mayores densidades de los huevos se mostraron siempre en las estaciones lejanas a la costa, mientras que en las estaciones próximas a costa se observó densidades muy bajas. Las larvas mostraron un patrón similar al de los huevos, localizadas un poco más alejadas de la línea de costa. La presencia tanto de huevos como larvas en la zona más costera estaría relacionada con los procesos de

advección y deriva, concordante a las condiciones oceanográficas observadas durante la prospección.

Tabla 10.2 Composición (especies), abundancia (N° ind.100m<sup>-3</sup>) y frecuencia (%) del ictioplancton colectado con la red Baby bongo 150 micras. Bahía de Sechura, Febrero-Marzo 2012.

TAXA	ESPECIE	Estadío	Abund. total	Abund. mínima	Abund. máxima	N° est. positivas	Frec. (%)
Atherinidae	<i>Odontesthes regia regia</i>	larva	41	41	41	1	5
Blenniidae	<i>Hypsoblennius</i> sp.	larva	22	22	22	1	5
Engraulidae	<i>Anchoa nasus</i>	huevo	2197	2197	2197	1	5
	<i>Engraulis ringens</i>	huevo	262938	30	76698	16	84
		larva	51028	33	29917	18	95
	No determinado	huevo	81187	123	30667	12	63
		larva	38357	33	12057	10	53
Merluccidae	<i>Merluccius gayi</i>	larva	326	68	258	2	11
Sciaenidae	No determinado	larva	19172	33	4303	16	84
Scombridae	No determinado	larva	68	68	68	1	5
No determinado	No determinado	huevo	110371	28	38544	19	100
		larva	19758	8	9285	11	58

Otras especies comerciales como las de la familia Sciaenidae (larvas) tuvieron frecuencias de 84% y abundancias entre 0,90 y 48 larvas.100m<sup>-3</sup>; larvas de *Merluccius gayi*, otra especie comercial estuvo presente en estadio larval con una frecuencia baja de sólo 11%.

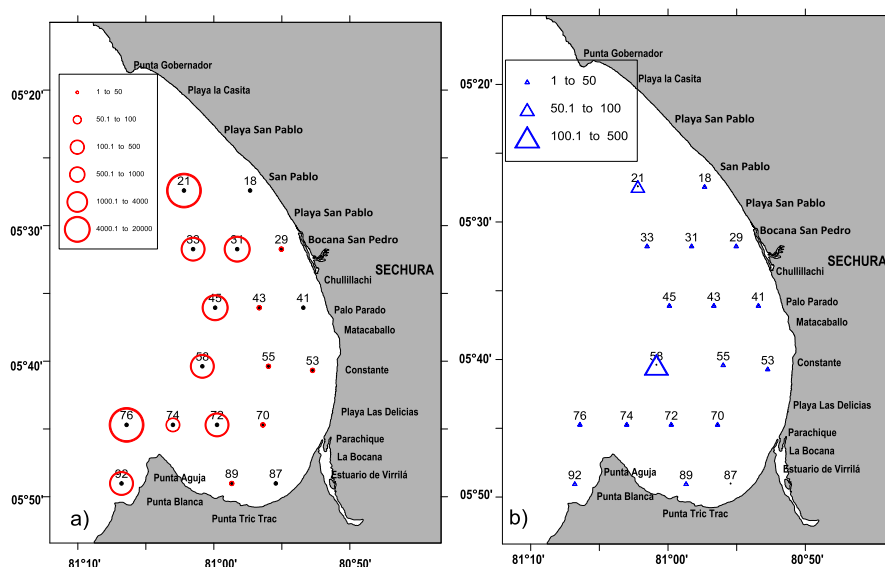


Figura 10.5 Distribución y abundancia de huevos y larvas de anchoveta en la Bahía de Sechura Febrero-Marzo, 2012

### Análisis comunitario

El índice de Shannon mostró valores entre 2,024 y 3,452 bits.ind<sup>-1</sup>, la equidad (J') entre 0,369 y 0,573; la riqueza de especies entre 1,856 y 5,013. En términos generales el hallazgo de bajos valores de equidad refleja claramente el predominio de pocas especies sobre el total, a pesar de tener valores altos de riqueza de especies. Sin embargo el predominio de pocas especies sobre las demás han contribuido para que el índice de Shannon sea bajo (Tabla 10.3).

En el análisis de similaridad entre las estaciones de muestreo (fig. 10.6) se pudo definir con el dendograma tres grupos a un nivel de 50% de similaridad, el primer grupo conformado por una estación costera entre Punta TricTrac y Estuario de Virrilá, el segundo grupo formado por las estaciones ubicadas entre Chullillachi y Punta Tric Trac hasta una distancia de 4 millas de la costa y el tercer grupo las estaciones hacia fuera y norte de la bahía de Sechura (Fig. 10.6).



Tabla 10.3 Índices comunitarios del zooplancton. Bahía de Sechura, Febrero-Marzo 2012

Estacion	Nº esp S	Abundancia N	Riqueza d	Equidad J	Diversidad H'(loge)
18	54	1101221	3.810	0.432	2.487
21	66	427316	5.013	0.571	3.452
29	52	519425	3.875	0.542	3.088
31	58	766231	4.207	0.564	3.305
33	46	957113	3.268	0.496	2.739
41	51	6648613	3.183	0.391	2.218
43	68	3013696	4.491	0.553	3.365
45	55	1780835	3.752	0.451	2.605
53	41	3894029	2.636	0.455	2.438
55	49	13100141	2.929	0.557	3.128
58	62	1092535	4.387	0.563	3.349
68	36	4813116	2.275	0.557	2.879
70	42	4808874	2.665	0.419	2.258
72	47	1257850	3.275	0.573	3.185
74	51	930385	3.638	0.456	2.589
76	67	538348	5.001	0.566	3.431
87	25	33459	2.304	0.562	2.612
89	29	3558225	1.856	0.503	2.441
92	45	347631	3.449	0.369	2.024

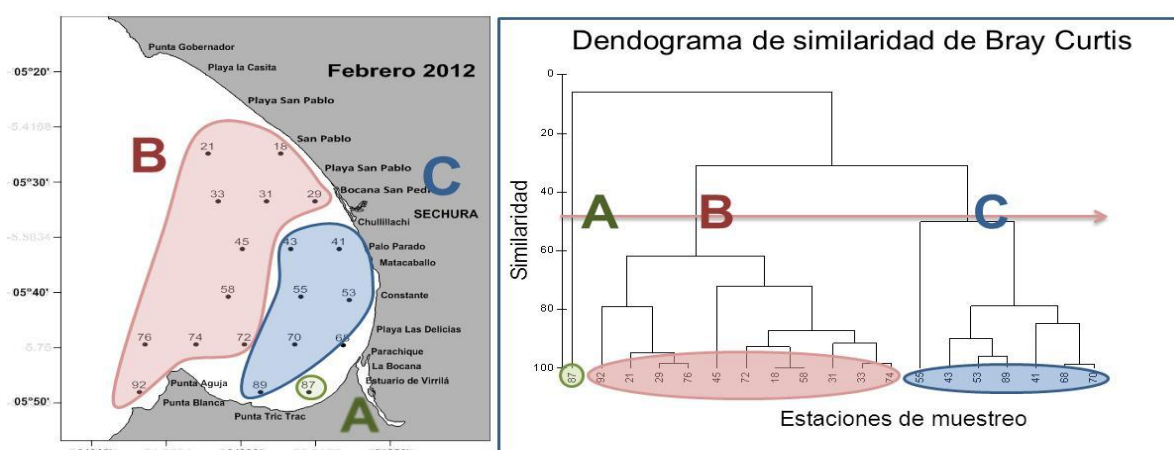


Figura 10.6 Panel izquierdo: Mapa de distribución de los grupos de estaciones con similaridad al 60%; Panel derecho: Dendrograma de similaridad entre estaciones de muestreo. Bahía de Sechura, Febrero-Marzo 2012

## FASE II - INVIERNO

### Biovolúmenes

Los biovolúmenes fluctuaron entre 28,91 y 487,16 mL.100m<sup>-3</sup>. El máximo valor fue hallado frente a San Pedro en la estación 34, mientras que los menores se hallaron en la zona sur de la bahía. Estos volúmenes fueron menores a los registrados en verano.

Las abundancias del zooplancton oscilaron entre 445 526 y 8 950 936 ind.100m<sup>-3</sup>, coincidiendo con los valores máximos y mínimos de los biovolúmenes. Las mayores densidades se presentaron cerca de la costa, disminuyendo hacia mar adentro (Fig. 10.7).

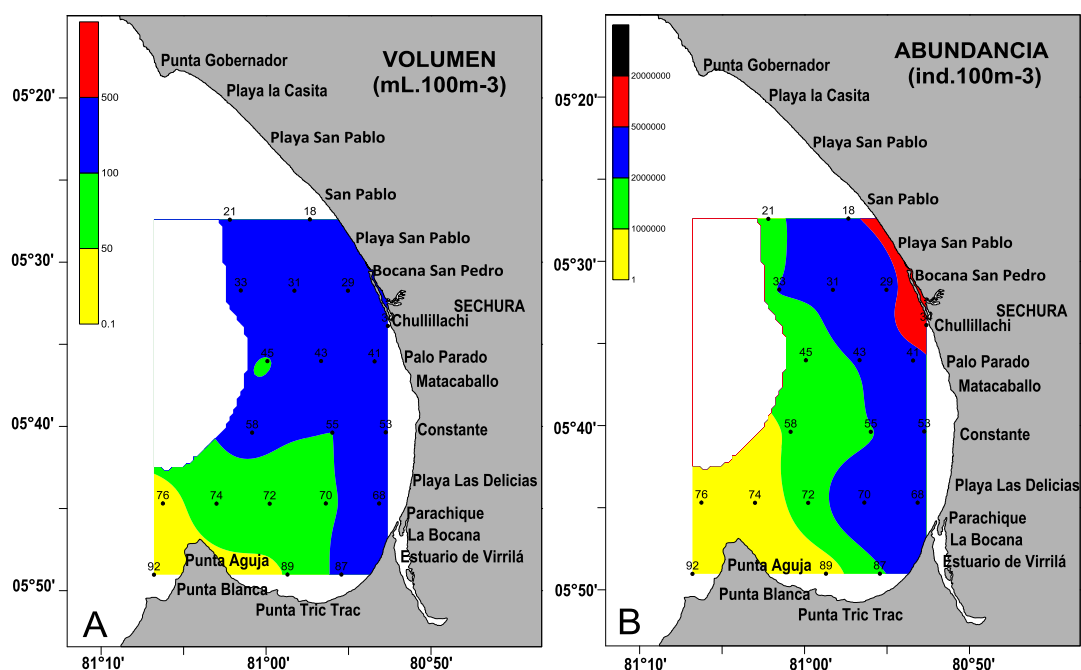


Figura 10.7 A) Distribución de biovolúmenes de zooplancton; B) Distribución y abundancia del zooplancton total. Bahía de Sechura, Julio 2012.

### Composición y abundancia del zooplancton

El zooplancton estuvo compuesto por 31 grupos, entre los cuales podemos mencionar a los Copepoda, Cladocera, Decapoda, Appendicularia, Polychaeta, Gastropoda, Pelecipoda entre otros (Tabla 10.4). De ellos los más frecuentes fueron Copepoda e

Ictioplancton (100%), seguidos por Cirripedia, Decapoda, Euphausiacea, Isopoda, Polychaeta, Pelecipoda y Appendicularia (95%). Los grupos menos frecuentes fueron los Foraminifera, Phoronida y Radiolaria presentes en una sola estación (Fig. 10.8).

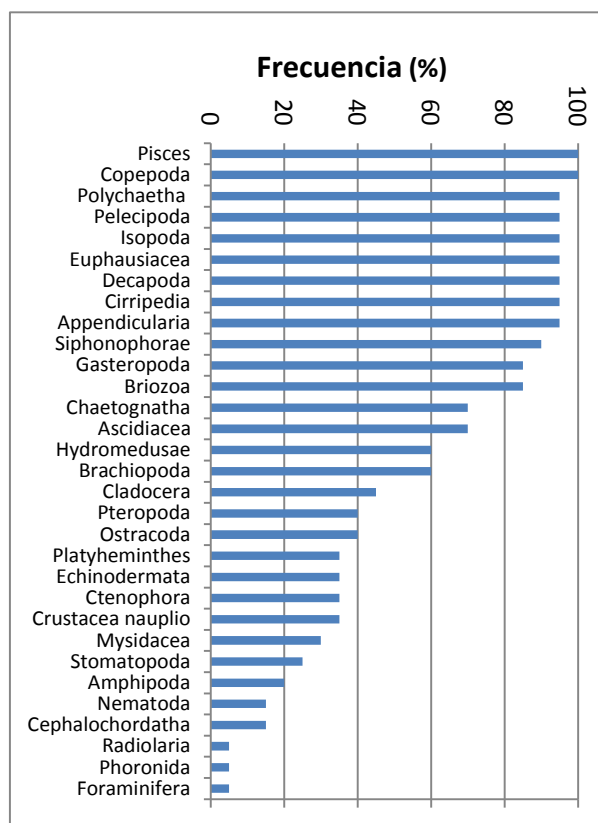


Figura 10.8 Frecuencia porcentual de los grupos de zooplancton. Bahía Sechura Julio 2012.

En relación con los niveles de abundancia, se determinó que el más abundante fue el grupo Copepoda, sin embargo en algunas estaciones se observaron otros grupos que alcanzaron abundancias altas como los Decapoda en estados iniciales de desarrollo, los Tunicata (tap pole) y Cladocera (Fig. 10.9). Las densidades del zooplancton estuvieron entre 445 526 y 8 950 936 ind/100m<sup>-3</sup>, con el aporte más importante de las especies *Euterpina acutifrons* (18%), *Paracalanus parvus* (12%), *Oithona* sp. (11%), *Oikopleura* sp. (17%) y *Pinnixia* sp. (8%) (Tabla 10.4).

ESTUDIO BIO-OCEANOGRÁFICO PARA DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA EN LA  
BAHÍA DE SECHURA – INFORME FINAL

Tabla 10.4 Composición (especies), abundancia (N° ind.100m<sup>-3</sup>) y frecuencia (%) del zooplancton colectado con la red Baby Bongo 150 micras. Bahía de Sechura, Julio 2012.

GRUPO	Familia / Género / Especie	Estadio	Abundancia total	Abund. relativa	Abund. mínima	Abund. máxima	N° est. (+)	Frec. (%)
Foraminifera	<i>Bolivina</i> sp.?		309	0,00	309	309	1	5
Radiolaria	No determinado	adulto	116	0,00	116	116	1	5
Hydromedusae	<i>Liriope tetraphylla</i>		54	0,00	54	54	1	5
	<i>Obelia</i> sp.		948	0,00	82	866	2	10
	<i>Solmundella bitentaculata</i>		1364	0,00	33	966	5	25
	No determinado		2338	0,00	19	1199	8	40
Siphonophorae	<i>Muggiaea atlantica</i>	nectoforo	20964	0,04	77	4287	18	90
	<i>Muggiaea atlantica</i>	bractea	772	0,00	116	656	2	10
	<i>Muggiaea atlantica</i>		36	0,00	36	36	1	5
	<i>Muggiaea atlantica</i>		325	0,00	325	325	1	5
Ctenophora	<i>Beroe</i> sp.	larva	19	0,00	19	19	1	5
	<i>Hormiphora plumosa</i>	larva	3644	0,01	33	2698	6	30
Platyhelminthes	<i>Planaria</i> sp.	adulto	1508	0,00	26	533	7	35
Nematoda	No determinado	adulto	671	0,00	70	433	3	15
Polychaeta	Magelonidae	adulto	390	0,00	390	390	1	5
	Nereidae	larva	26578	0,05	39	11502	8	40
	Nereidae	adulto	1391	0,00	1391	1391	1	5
	Phyllodocidae	larva	650	0,00	650	650	1	5
	Polynoidae	larva	1891	0,00	36	974	5	25
	Spionidae	larva	980565	1,96	154	633955	12	60
	No determinado	larva	25131	0,05	19	15505	9	45
	No determinado	larva	114141	0,23	13	49365	17	85
Gastropoda	<i>Agadina</i> sp.	larva	271	0,00	271	271	1	5
Pteropoda	<i>Limacina inflata</i>	larva	195	0,00	195	195	1	5
	<i>Limacina trochiformis</i>	larva	1648	0,00	19	974	7	35
	No determinado	larva	883938	1,77	1213	327807	19	95
Crustacea	No determinado	nauplio	150627	0,30	1148	56660	7	35
Cladocera	<i>Pleopis polyphemoides</i>	adulto	1216845	2,43	13	1190575	7	35
	<i>Pseudoevadne tergestina</i>	adulto	818	0,00	296	523	2	10
Ostracoda	<i>Conchoecetta giesbrechti</i>	adulto	152	0	39	39	5	25
	<i>Euconchoecia aculeata</i>	adulto	6496	0,01	78	3258	5	25
	<i>Orthoconchoecia agassizi</i>	adulto	39	0,00	39	39	1	5
	No determinado	inmaduro	19	0,00	19	19	1	5
Copepoda	<i>Acartia danae</i>	copepodito	77	0,00	77	77	1	5
	<i>Acartia danae</i>	adulto	1149	0,00	19	767	5	25
	<i>Acartia tonsa</i>	copepodito	2234780	4,46	309	2050828	15	75
	<i>Acartia tonsa</i>	adulto	188929	0,38	251	38342	20	100
	<i>Acrocalanus</i> sp.	adulto	502	0,00	502	502	1	5
	<i>Aetideus bradyi</i>	adulto	153	0,00	33	81	3	15
	<i>Calanus chilensis</i>	copepodito	44033	0,09	35	16034	12	60
	<i>Calanus chilensis</i>	adulto	170584	0,34	38	43700	18	90
	<i>Calocalanus pavo</i>	copepodito	509	0,00	69	325	3	15
	<i>Calocalanus pavo</i>	adulto	107	0,00	33	38	3	15
	<i>Calocalanus</i> sp.	copepodito	1990	0,00	27	1510	4	20
	<i>Calocalanus</i> sp.	adulto	2496	0,00	19	1510	7	35
	<i>Centropages brachiatus</i>	copepodito	5568	0,01	13	2888	9	45
	<i>Centropages brachiatus</i>	adulto	16586	0,03	89	4926	17	85
	<i>Clausocalanus jobei</i>	adulto	28087	0,06	72	9851	9	45
	<i>Clausocalanus</i> sp.	adulto	39	0,00	36	39	2	10
	<i>Eucalanus inermis</i>	adulto	767	0,00	767	767	1	5
	<i>Euchaeta</i> sp.	copepodito	1264	0,00	58	600	7	35
	<i>Euchaeta</i> sp.	adulto	69	0,00	33	36	2	10
	<i>Euchirella bella</i>	copepodito	114	0,00	36	39	3	15
	<i>Haloptilus</i> spp.	copepodito	426	0,00	36	390	2	10
	<i>Haloptilus</i> spp.	adulto	353	0,00	19	116	6	30
	<i>Ischnocalanus plumulosus</i>	copepodito	499	0,00	26	300	4	20
	<i>Ischnocalanus plumulosus</i>	adulto	333	0,00	51	174	3	15
	<i>Lucicutia flavicornis</i>	adulto	4111	0,01	58	1748	7	35
	<i>Lucicutia gaussae</i>	copepodito	34	0,00	34	34	1	5
	<i>Lucicutia gaussae</i>	adulto	2318	0,00	13	697	9	45
	<i>Lucicutia</i> sp.	copepodito	603	0,00	66	235	4	20
	<i>Mecynocera clausi</i>	copepodito	586	0,00	33	407	5	25
	<i>Mecynocera clausi</i>	adulto	4340	0,01	13	1510	12	60

ESTUDIO BIO-OCEANOGRÁFICO PARA DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA EN LA  
BAHÍA DE SECHURA – INFORME FINAL

Continuación de Tabla 10.4

GRUPO	Familia / Género / Especie	Estadio	Abundancia total	Abund. relativa	Abund. mínima	Abund. máxima	Nº est. (+)	Frec. (%)
	<i>Mesocalanus tenuicornis</i>	copepodito	230	0,00	36	117	3	15
	<i>Mesocalanus tenuicornis</i>	adulto	1935	0,00	26	767	7	35
	<i>Nannocalanus minor</i>	adulto	58	0,00	19	39	2	10
	<i>Paracalanus aculeatus</i>	adulto	290	0,00	290	290	1	5
	<i>Paracalanus parvus</i>	copepodito	4153038	8,29	12125	713979	17	85
	<i>Paracalanus parvus</i>	adulto	1838721	3,67	1191	339938	19	95
	<i>Paraeuchaeta sp.</i>	adulto	27	0,00	27	27	1	5
	<i>Pleuromamma gracilis</i>	copepodito	94	0,00	36	58	2	10
	<i>Pleuromamma sp.</i>	copepodito	971	0,00	137	834	2	10
	<i>Rhincalanus nasutus</i>	adulto	19	0,00	19	19	1	5
	<i>Scolecithrix bradyi</i>	adulto	1649	0,00	300	525	4	20
	<i>Scolecithrix danae</i>	adulto	92	0,00	34	58	2	10
	<i>Scolecithrix sp.</i>	copepodito	8398	0,02	108	1349	12	60
	<i>Scolecithrix sp.</i>	adulto	1061	0,00	195	582	3	15
	<i>Subeucalanus mucronatus</i>	copepodito	324	0,00	39	174	4	20
	<i>Subeucalanus mucronatus</i>	adulto	1977	0,00	58	430	10	50
	Calanoida	nauplio	759455	1,52	523	379334	8	40
	Calanoida	copepodito	494492	0,99	150845	343646	2	10
	Calanoida	adulto	232	0,00	232	232	1	5
	<i>Oithona nana</i>	copepodito	4132	0,01	300	3443	3	15
	<i>Oithona nana</i>	adulto	1123712	2,24	77	487297	6	30
	<i>Oithona plumifera</i>	copepodito	719	0,00	719	719	1	5
	<i>Oithona plumifera</i>	adulto	96079	0,19	96	90879	11	55
	<i>Oithona sp.</i>	copepodito	5334910	10,65	974	838691	20	100
	<i>Oithona sp.</i>	adulto	3736	0,01	888	1574	3	15
	Cyclopoida	copepodito	2510	0,01	308	2202	2	10
	Cyclopoida	adulto	746	0,00	746	746	1	5
	<i>Clytemnestra rostrata</i>	copepodito	1816336	3,63	533	584590	13	65
	<i>Clytemnestra rostrata</i>	adulto	75	0,00	36	39	2	10
	<i>Euterpina acutifrons</i>	copepodito	2313417	4,62	2313417	2313417	1	5
	<i>Euterpina acutifrons</i>	adulto	6813224	13,61	3085	2062210	20	100
	<i>Microsetella rosea</i>	copepodito	1574	0,00	1574	1574	1	5
	<i>Microsetella rosea</i>	adulto	2921	0,01	13	579	12	60
	<i>Oculosetella sp.</i>	adulto	54	0,00	54	54	1	5
	Harpaticoida	copepodito	60264	0,12	289	51531	6	30
	Harpaticoida	adulto	22184	0,04	19	13316	11	55
	<i>Copilia mirabilis</i>	adulto	116	0,00	116	116	1	5
	<i>Corycaeus crassiusculus</i>	adulto	3249	0,01	33	1533	6	30
	<i>Corycaeus dubius</i>	adulto	38142	0,08	0	14290	20	100
	<i>Corycaeus longistylis</i>	adulto	162	0,00	13	116	3	15
	<i>Corycaeus speciosus</i>	adulto	348	0,00	348	348	1	5
	<i>Corycaeus spp.</i>	copepodito	195	0,00	195	195	1	5
	<i>Corycaeus spp.</i>	adulto	1621	0,00	19	548	7	35
	<i>Hemycyclops sp.</i>	copepodito	1332846	2,66	0	1125877	17	85
	<i>Hemycyclops sp.</i>	adulto	438736	0,88	325	199060	11	55
	<i>Monothula sp.</i>	adulto	4348	0,01	217	1918	5	25
	<i>Oncaea conifera</i>	copepodito	504	0,00	58	251	3	15
	<i>Oncaea conifera</i>	adulto	7470	0,01	36	6820	8	40
	<i>Oncaea spp.</i>	copepodito	63442	0,13	361	29446	14	70
	<i>Oncaea spp.</i>	adulto	131701	0,26	166	43218	8	40
	<i>Oncaea venusta</i>	copepodito	1673	0,00	77	779	4	20
	<i>Oncaea venusta</i>	adulto	14097	0,03	19	3443	15	75
	<i>Saphirinna opalina</i>	adulto	94	0,00	36	58	2	10
	<i>Vetтория sp.</i>	adulto	415	0,00	19	215	7	35
	Poecilostomatoida	copepodito	2698	0,01	2698	2698	1	5
	Parasito	copepodito	433	0,00	433	433	1	5
	No determinados	nauplio	365887	0,73	5228	243969	5	25
	No determinados	copepodito	427461	0,85	427461	427461	1	5
Isopoda	No determinados	nauplio	563	0,00	71	492	2	10
	No determinados	larva	26172	0,05	0	13965	19	95
Mysidacea	<i>Gibberythrops sp.</i>	adulto	775	0,00	27	523	6	30
Amphipoda	Caprellida	adulto	174	0,00	174	174	1	5
	Hyperia sp.	adulto	26	0,00	26	26	1	5
	Oxycephalidae	adulto	386	0,00	386	386	1	5
Amphipoda	<i>Vibilia sp.</i>	adulto	114	0,00	39	75	2	10
	No determinado	inmaduro	39	0,00	39	39	1	5

ESTUDIO BIO-OCEANOGRÁFICO PARA DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA EN LA  
BAHÍA DE SECHURA – INFORME FINAL

Continuación Tabla 10.4

GRUPO	Familia / Género / Especie	Estadio	Abundancia total	Abund. relativa	Abund. mínima	Abund. máxima	Nº est. (+)	Frec. (%)
Cirripedia	No determinado	cipris	188039	0,38	514	64330	19	95
	No determinado	nauplio	968360	1,93	135	431697	12	60
Euphausiacea	No determinado	nauplio	100417	0,20	69	100348	2	10
	No determinado	metanauplio	93019	0,19	325	59034	6	30
	No determinado	calyptopis	180177	0,36	82	83608	14	70
	No determinado	furcilia	83623	0,17	115	48499	15	75
	No determinado	juvenil	327	0,00	150	178	2	10
	<i>Nyctiphanes simplex</i>	furcilia	39	0,00	39	39	1	5
	<i>Nyctiphanes simplex</i>	juvenil	2923	0,01	2923	2923	1	5
	<i>Nyctiphanes simplex</i>	adulto	210	0,00	39	171	2	10
	<i>Stylocheiron</i> sp.	furcilia	116	0,00	116	116	1	5
	<i>Stylocheiron</i> sp.	juvenil	36	0,00	36	36	1	5
Decapoda	Brachyura	zoea	15673	0	39	14997	4	20
	Brachyura	megalo	1246	0,00	69	450	5	25
	Brachyura	mysis	959	0,00	959	959	1	5
	<i>Callinassa</i> sp.	mysis	32840	0,07	82	32758	2	10
	<i>Callinassa</i> sp.	zoea	148778	0,30	96	68419	11	55
	Caridea	juvenil	18934	0,04	193	9001	6	30
	Caridea	mysis	24763	0,05	36	20236	6	30
	Caridea	zoea	21927	0,04	77	19347	4	20
	Galatheid	juvenil	33	0,00	33	33	1	5
	Galatheid	zoea	390	0,00	116	274	2	10
	<i>Pleuoncodes monodon</i>	zoea	2003	0,00	2003	2003	1	5
	<i>Emerita analoga</i>	zoea	5581	0,01	410	5171	2	10
	Majidae	zoea	9862	0,02	244	3627	7	35
	Majidae	megalo	445	0,00	39	407	2	10
	Nephropidae	zoea	9632	0,02	19	9094	4	20
	Paguridae	zoea	370	0,00	39	195	3	15
	Paguridae	glaucothoe	255	0,00	39	217	2	10
	<i>Pennaeus</i> sp.	nauplio	12550	0,03	270	8094	4	20
	<i>Pennaeus</i> sp.	Protozoea	2024	0,00	2024	2024	1	5
	<i>Pennaeus</i> sp.	mysis	82	0,00	82	82	1	5
	Pinnotheridae	zoea	1648344	3,29	212	766462	19	95
	<i>Pinnixa</i> sp.	zoea	3872625	7,73	51	3824516	18	90
	Porcellanidae	zoea	3178	0,01	13	812	9	45
	Sergestidae	mysis	77	0,00	77	77	1	5
	Solenocera sp.	mysis	82	0,00	82	82	1	5
	Xanthidae	zoea	4643	0,01	13	3464	9	45
	Xanthidae	megalo	78	0,00	13	66	2	10
	No determinado	nauplio	377	0,00	377	377	1	5
	No determinado	zoea	121	0,00	39	82	2	10
Stomatopoda	Gonodactylidae	pseudozoea	300	0,00	300	300	1	5
	Squillidae	pseudozoea	214	0,00	19	195	2	10
	No determinado	pseudozoea	234	0,00	66	169	2	10
Chaetognatha	<i>Khronita subtilis</i>	madura	896	0,00	35	861	2	10
	<i>Khronita</i> sp.	inmaduro	342	0,00	39	195	3	15
	<i>Sagitta enflata</i>	madura	652	0,00	19	232	4	20
	<i>Sagitta pacifica</i>	madura	907	0,00	33	348	5	25
	<i>Sagitta peruviana</i>	inmaduro	308	0,00	308	308	1	5
	<i>Sagitta peruviana</i>	madura	8458	0,02	39	6874	10	50
Tunicata	<i>Sagitta</i> sp.	inmaduro	712	0,00	35	525	4	20
	<i>Oikopleura dioica</i>	Tadpole	2828474	5,65	1274	2212448	6	30
	<i>Oikopleura dioica</i>	adulto	5743594	11,47	38448	1721392	19	95
	<i>Fritilaria</i> sp.	adulto	1136	0,00	1136	1136	1	5
Phoronida	Ascidacea	Tadpole	106467	0,21	33	40898	14	70
	No determinado	actinotroca	779	0,00	779	779	1	5
Brachiopoda	<i>Discinisca lamellosa</i>	larva	14452	0,03	38	3448	12	60
Bryozoa	<i>Membranipora</i> sp.	larva	18281	0,04	104	6820	17	85
Echinodermata	Asteroidea	larva	33	0,00	33	33	1	5
	Ophiuroidea	larva	38	0,00	38	38	1	5
	No determinado	larva	2283	0,00	58	1559	5	25
Cephalochordata	<i>Brachistoma elongatum</i>	inmaduro	7164	0,01	290	4092	3	15

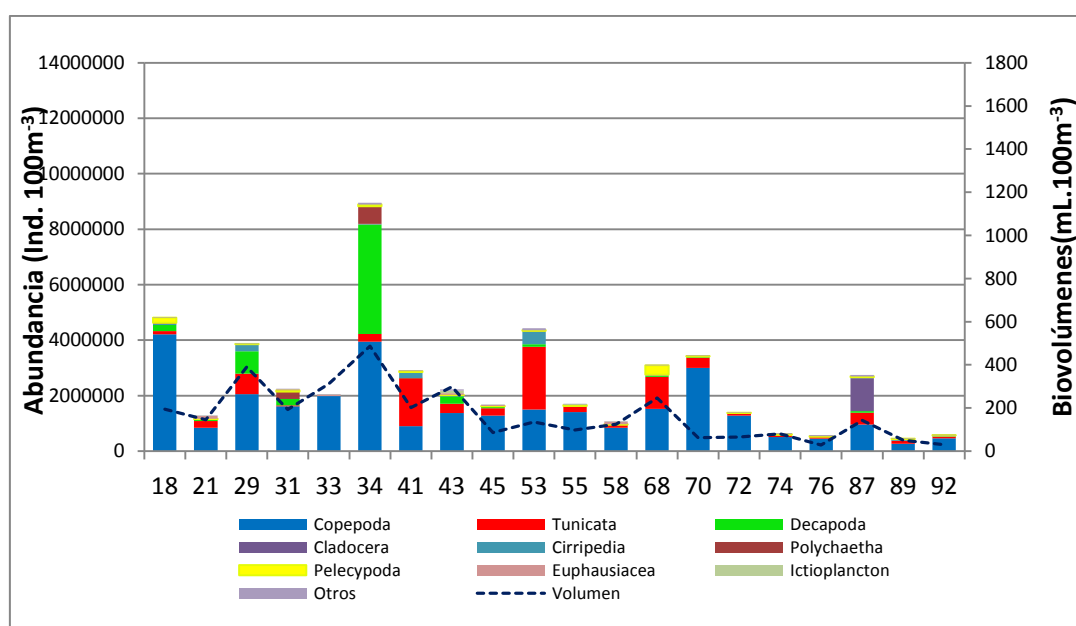


Figura 10.9. Composición y porcentaje de abundancia de los grupos de zooplancton y biovolúmenes de zooplancton. Bahía de Sechura Julio 2012.

Por otro lado, se observó una relación entre la abundancia del zooplancton y los biovolúmenes de este, excepto en algunas estaciones, posiblemente debido a que los componentes del zooplancton mostraron altas abundancias de estadios tempranos de desarrollo de diversos grupos, los que no aportan significativamente en los biovolúmenes.

### Composición y abundancia del ictioplancton

Se reconoció huevos y larvas de *Engraulis ringens* y una especie no determinada de Engraulidae y sólo huevos de *Anchoa nasus*. Así mismo se encontró larvas de *Ophioblennius* sp., *Merluccius gayi* y de las familias Bothidae, Labridae, Labrisomidae y Sciaenidae (Tabla 10.5).

A diferencia del muestreo anterior efectuado en verano la especie dominante del ictioplancton fue una especie aún no determinada de Engraulidae la cual fue importante por sus niveles de densidad y frecuencia. Los huevos tuvieron una frecuencia del 70% con densidades entre 13 y 50 231 huevos.100m<sup>-3</sup>, en tanto que las larvas estuvieron presentes en el 60%, con densidades menores que la de los huevos y valores que fluctuaron entre 13 y 3 897 larvas.100m<sup>-3</sup> (Fig. 10.10).

Tabla 10.5 Composición (especies), abundancia (N° ind.100m<sup>-3</sup>) y frecuencia (%) del ictioplancton colectado con la red Baby bongo 150 micras. Bahía de Sechura, Julio 2012.

TAXA	ESPECIE	Estadío	Abundancia total	Abund. mínima	Abund. máxima	N° est. positivas	Frecuencia (%)
Atherinidae	<i>Nectarges</i> sp.	larva	108	108	108	1	5
Blenniidae	<i>Ophioblennius</i> sp.	larva	189	27	162	2	10
Bothidae	No determinado	larva	82	82	82	1	5
Engraulidae	<i>Anchoa nasus</i>	huevo	108	108	108	1	5
	No determinado	huevo	79568	13	50231	14	70
		larva	11136	13	3897	12	60
	<i>Engraulis ringens</i>	huevo	15688	26	8299	11	55
		larva	11672	19	3093	11	55
Labridae	<i>Halichoeres</i> sp.	larva	1111	54	541	5	25
	No determinado	larva	199	36	164	2	10
Labrisomidae	No determinado	larvas	36	36	36	1	5
Merluccidae	<i>Merluccius gayi peruanus</i>	larva	169	39	82	3	15
Myctophidae	<i>Diogenichthys laternatus</i>	larva	116	116	116	1	5
Phosichthyidae	<i>Vinciguerria lucetia</i>	huevo	162	162	162	1	5
Sciaenidae	No determinado	larva	479	155	325	2	10
	No determinado	huevo	71388	144	38107	20	100
		larvas	4142	33	1452	12	60

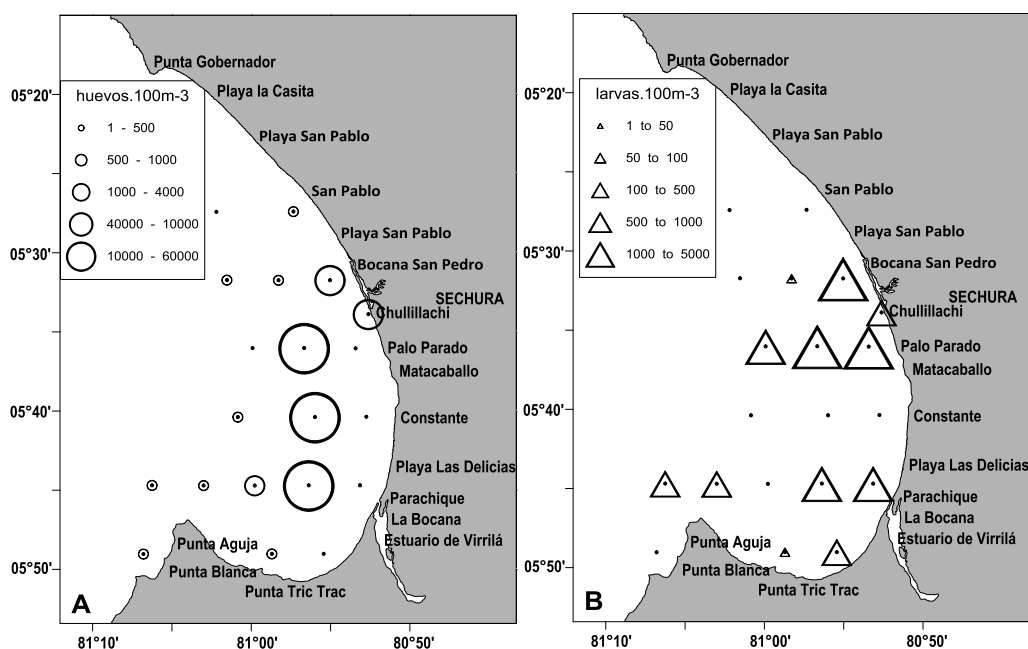


Figura 10.10. Distribución y abundancia de A: huevos y B: larvas de Engraulidae en la bahía de Sechura, Julio 2012.

Las mayores densidades de los huevos se mostraron siempre en las estaciones un poco alejadas de la costa, principalmente en la zona norte del área de muestreo, y por



el contrario las larvas presentaron sus mayores concentraciones en la zona sur del área de muestreo.

Los huevos y larvas de anchoveta se determinaron en el 55% de las estaciones muestreadas, con abundancias de 26 a 8 299 huevos.100m<sup>-3</sup> y 19 a 3 093 larvas.100m<sup>-3</sup>, respectivamente. (Fig. 10.11).

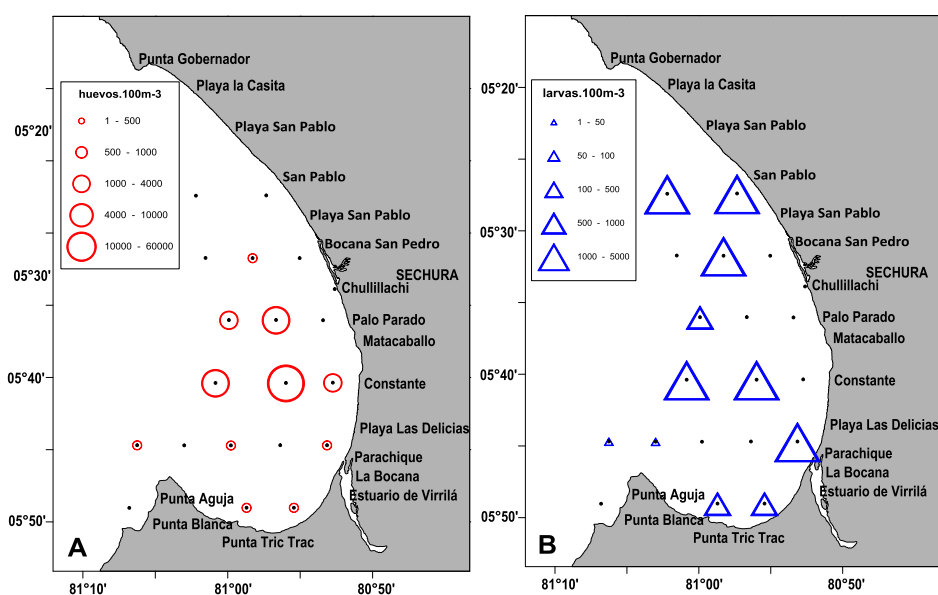


Figura 10.11 Distribución y abundancia de A: huevos y B: larvas de Anchoveta (*Engraulis ringens*). Bahía de Sechura, Julio 2012.

Entre otras especies del ictioplancton se puede citar a *Halichoeres* sp. de la familia Labridae, cuyas larvas se localizaron en el 25% de las muestras y sus abundancias fluctuaron entre 54 y 541 larvas.100m<sup>-3</sup> (Fig. 10.12) y larvas de *Merluccius gayi*, 39 y 82 larvas.100m<sup>-3</sup> con una frecuencia de 15%.

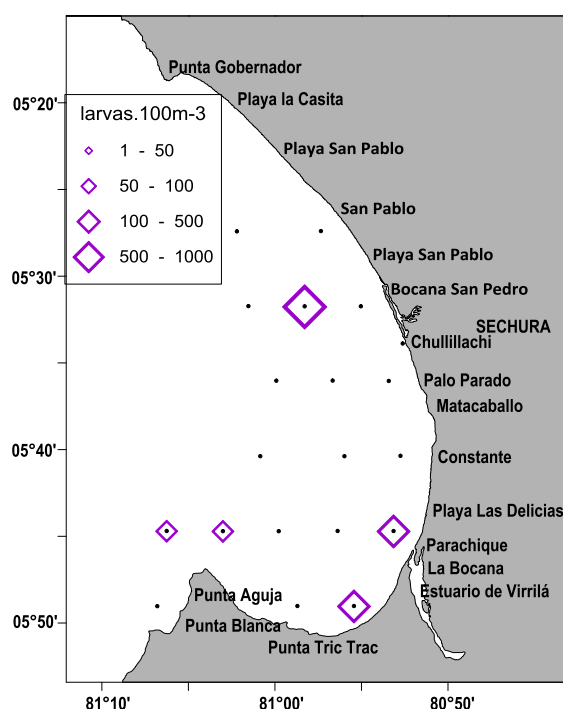


Figura 10.12 Distribución y abundancia de larvas de *Halichoeres* sp.  
Bahía de Sechura, Julio 2012

### Análisis comunitario

El índice de Shannon y Weaver, mostró valores entre 1 299 y 2 333 bits.ind<sup>-1</sup>, la equidad (J') entre 0,348 y 0,639; la riqueza de especies entre 1 583 y 5 402 (Tabla 10.6). En el área de muestreo se observa la dominancia de pocas especies, por lo que los valores de equidad son bajos.

En el análisis de similaridad entre las estaciones de muestreo (Fig. 10.13) se pudo definir con el dendograma tres grupos a un nivel de 87% de similaridad: el primero conformado por sólo una estación (34) ubicada en la zona más costera del área muestreada probablemente con un aporte de aguas continentales, registrándose en este punto abundancias altas de *Acartia tonsa*, *Hemycyclops* sp., *Euterpina acutifrons* y larvas del poliqueto de la familia Spionidae.

El segundo grupo estuvo integrado por estaciones que se localizan en la zona central de la bahía y el tercer grupo formado por las estaciones ubicadas en la zona con influencia de Punta Aguja y Punta Nunura.

Tabla 10.6. Índices comunitarios del zooplancton. Bahía de Sechura, Julio 2012

Estación	Nº especies S	Abundancia N	Riqueza d	Equidad J	Diversidad H' (loge)
18	50	4836116	3,184	0,411	1,607
21	63	1282923	4,408	0,563	2,333
29	26	3871284	1,648	0,639	2,083
31	80	2242777	5,402	0,510	2,235
33	24	2051000	1,583	0,479	1,523
34	39	8950936	2,374	0,456	1,671
41	35	2912775	2,284	0,408	1,452
43	39	2131912	2,608	0,623	2,282
45	51	1667280	3,490	0,426	1,677
53	28	4434338	1,764	0,422	1,407
55	55	1679900	3,767	0,487	1,951
58	57	1059814	4,036	0,549	2,218
68	53	3107942	3,478	0,480	1,906
70	42	3435022	2,724	0,348	1,299
72	57	1406661	3,956	0,424	1,715
74	44	641094	3,216	0,528	1,997
76	62	581442	4,596	0,412	1,700
87	50	2744720	3,305	0,431	1,686
89	45	445526	3,383	0,486	1,851
92	51	587213	3,764	0,577	2,268

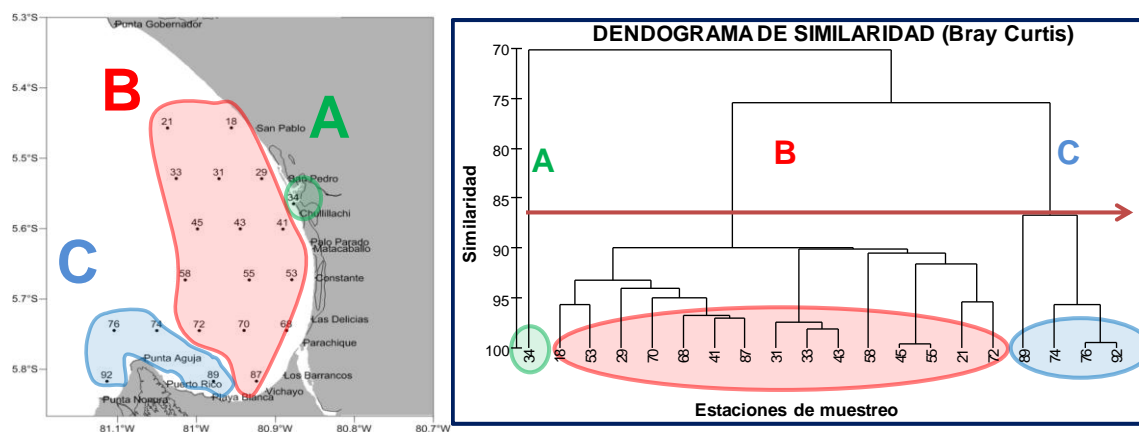


Figura 10.13 Dendrograma de similitud entre estaciones de muestreo.  
Bahía de Sechura, Julio 2012

## 10.4 DISCUSION

Los Biovolúmenes de zooplancton en general fueron más bajos durante el verano que en el invierno, sin embargo cuando se analizó el total de las muestras se encontró una relación directa entre ellos y los niveles de abundancia, con un coeficiente de Pearson de 0.83 (Figura 10.14), un valor bastante alto para una variable que depende de diferentes organismos que tienen formas y tamaños diversos, sugiriendo que no hay mucha variación entre los tamaños de los componentes del zooplancton, dependiendo básicamente de la abundancia.

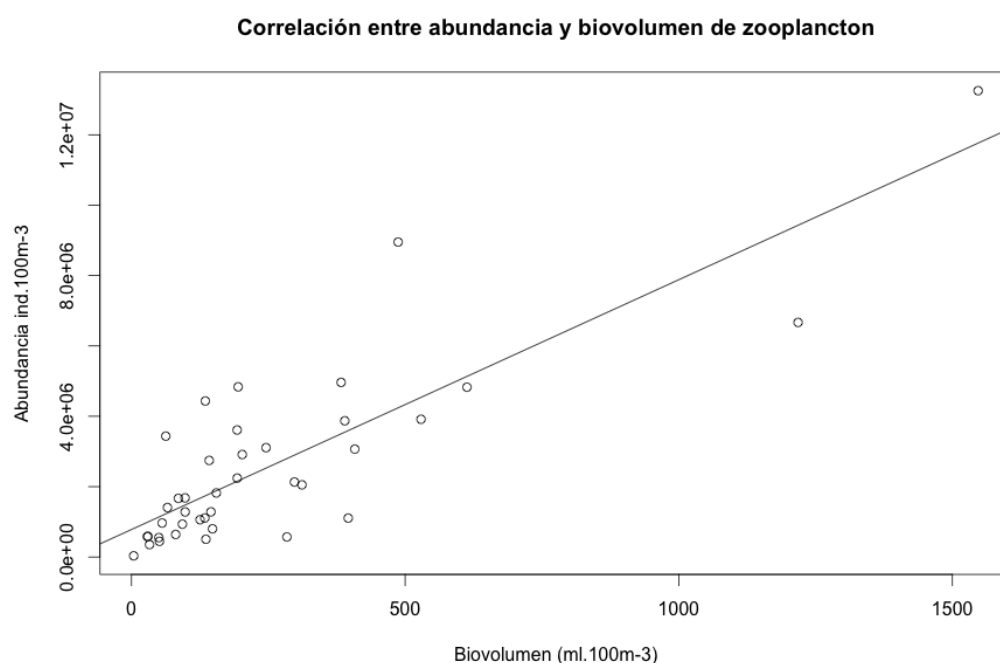


Figura 10.14 Correlación entre Abundancia y biovolúmenes de zooplancton. Coeficiente de correlación de Spearman= 0.83.

Por otro lado, a pesar de observarse un incremento en el número de especies en el periodo de invierno, la abundancia total encontrada en ambos periodos fue del mismo orden de magnitud, esto debido principalmente a que especies como *Acartia tonsa*, *Pleopis polyphemoides* y *Pseudovadne tergestina* tuvieron en el verano abundancias muy altas que fueron predominantes en algunas estaciones, mientras que en el invierno sus niveles de abundancia se redujeron considerablemente, mostrando poca variabilidad entre las estaciones de muestreo (Figura 10.15).

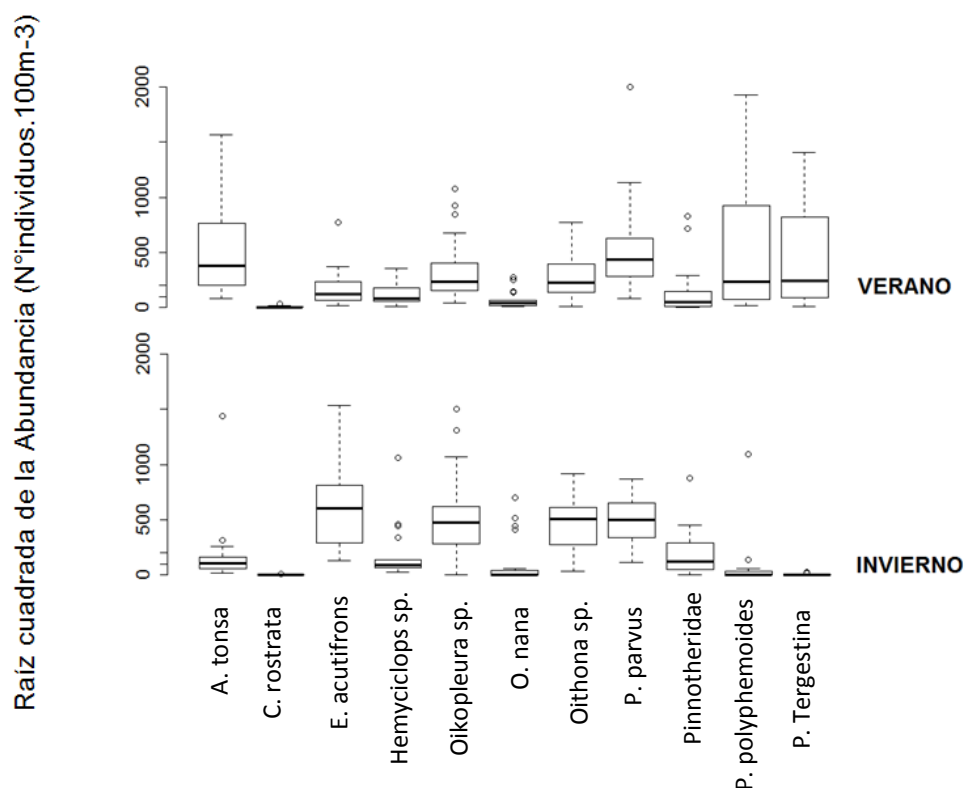


Figura 10.15 Variabilidad en la abundancia de las principales especies de zooplancton.

En el ictioplancton se observó cambios importantes entre los periodos analizados, así en el verano se calculó una menor diversidad de ictioplancton, consecuencia del predominio de huevos y larvas de anchoveta (*E. ringens*) en casi toda el área evaluada, con densidades altas. En tanto que en el invierno se observó un incremento en el número de especies, por un lado por la presencia de huevos y larvas de peces mesopelágicos (*Diogenichthys laternatus* y *Vinciguerria lucetia*) de la zona oceánica, así como larvas comunes para la zona ecuatorial como la familia Bothidae. La presencia de especies oceánicas y ecuatoriales en la bahía durante el invierno, estarían indicando el ingreso de aguas oceánicas y ecuatoriales, patrón de distribución que no es común para la estacionalidad, ya que normalmente lo que debería ser más notorio es el desove de la anchoveta, que ocurre principalmente en el periodo de invierno (SANTANDER & FLORES, 1983)

Por otro lado se observa un cambio de especies a nivel de las familias Atherinidae y Blenniidae; mientras que en el verano se encontraron larvas de *Odonthesthes regia*

*regia* e *Hypsoblennius* sp., en el invierno se presentaron larvas de *Atherinella* sp. y *Ophioblennius* sp. Este cambio estaría relacionado probablemente con los periodos reproductivos diferenciados que existen entre ellos.

Los patrones de distribución y abundancia encontrados para los huevos y larvas de anchoveta son consecuencia de cambios observados en las condiciones oceanográficas, por lo que esta componente es bastante sensible a dichos cambios.

## 10.5 REFERENCIAS

BOSCHI EE. 1981. Larvas de Crustaceadecapoda. En "Atlas del Zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino" (D. Boltovskoy, Ed.), Public. Esp. Inst. Nac. Inv. Desarrollo Pesq., Mar del Plata, pp. 699-757.

BOLTOVSKOY D. 1981. Fraccionamiento y separación. Atlas del Zooplancton del Atlántico Sudoccidental y Métodos de Trabajo con el Zooplancton Marino, pp. 147 - 148. Publicación especial del INIDEP, Mar del Plata, Argentina.

BOUILLON J. 1999. Hydromedusae. In "South Atlantic Zooplankton" (D. Boltovskoy, Ed.) Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands. 1:385-465.

BOWMAN TE, GRUNER HE. 1973. The families and genera of Hyperiididae (Crustacea: Amphipoda). Smithsonian Contrib. Zool., 146:1-64.

BRADFORD-GRIEVE J, MARKHASEVA E, ROCHA C, ABIAHY B. 1999. Copepods. In "South Atlantic Zooplankton" (D. Boltovskoy, Ed.) Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands. 2:869-1098.

EINARSSON H, ROJAS DE MENDIOLA B. 1963. Descripción de huevos y larvas de anchoveta peruana (*Engraulis ringens* J.). Bol. Inst. Invest. Recurs. Mar., Callao, 1 (1): 1-23.

GURNEY R. 1942. The larvae of decapod Crustacea. Ray. Soc. Publ., London, pp. 1-306.

KRAMER D, KALIN MJ, STEVENS EG, THRAILKILL JR, ZWEIFEL JR. 1972. Collecting and processing data on fish eggs and larvae in the California Current region. NOAA Technical Report NMFS Circ-370: 1-38.

ONBE T. 1999. Ctenopoda and Onychopoda (Cladocera). In "South Atlantic Zooplankton" (D. Boltovskoy, ed.) Backhuys Publishers, Leinden, The Netherlands. 1: 797-813.

POHLE G, MANTELATTO F, NEGREIROS-FRANSOZO M, FRANSOZO A. 1999. Larval Decapoda. In "South Atlantic Zooplankton" (D. Boltovskoy, Ed.) Backhuys Publishers, Leinden, The Netherlands. 2: 1281-1351.

PUGH PR. 1999. Siphonophorae. In "South Atlantic Zooplankton" (D. Boltovskoy, Ed.) Backhuys Publishers, Leinden, The Netherlands. 1: 467-511.

SANDOVAL DE CASTILLO O. 1979. Distribución y variación estacional de larvas de peces en la costa peruana. Inf. Inst. Mar Perú. N° 63. 32 p.

SANTANDER H, FLORES R. 1983. Los desoves y distribución larval de cuatro especies pelágicas y sus relaciones con las variaciones del ambiente marino frente al Perú. En: Proceedings of the Experts Consultation to Examine Changes in Abundance and Species Composition of Neritic Fish Resources, San José, Costa Rica, 18-29 Abril 1983. ed. G.D. Sharp y J. Csirke. FAO Fish. Rep. 291: 835-867.

WATSON W, SANDKNOP EM. 1996 b. Engraulidae. In: Calcofi Atlas N°3 (Moser, Ed.): 173-183.

## **XI. COMPOSICIÓN Y ABUNDANCIA DE LARVAS PLANCTÓNICAS DE GRUPOS MAYORES**

*Roberto Quesquén*

Área de Evaluación de Producción Secundaria, DGIOCC, IMARPE

### **11.1 INTRODUCCION**

Durante la estación de verano e invierno del presente año se efectuó la colecta de muestras de zooplancton con la finalidad de conocer la concentración de larvas de bivalvos filtradores en la columna de agua, para la zona marina costera de la Bahía de Sechura, Región Piura.

El presente trabajo principalmente da a conocer los resultados de la concentración de larvas de pelecípodos así como distribución y abundancia de indicadores biológicos del zooplancton en el ambiente marino costero de la mencionada bahía.

### **11.2 MATERIAL Y MÉTODOS**

El monitoreo se realizó en la Bahía de Sechura, del 22 de febrero al 04 de marzo del 2012 (Fase I-Verano), y del 11 al 21 de Julio del 2012 (Fase II-Invierno), estuvo comprendido entre los grados 05°27',42"S y 05°49',02"S.

Durante ambas prospecciones oceanográficas se colectó un total de 19 muestras, en las estaciones que se observan en la Figura 11.1, utilizando una red estándar, abertura de malla 100  $\mu$ , operada en arrastres verticales desde profundidades que oscilaron entre 4 y 9 m hasta la superficie. La fijación y preservación de las muestras se hicieron con una solución de formaldehído al 2%.



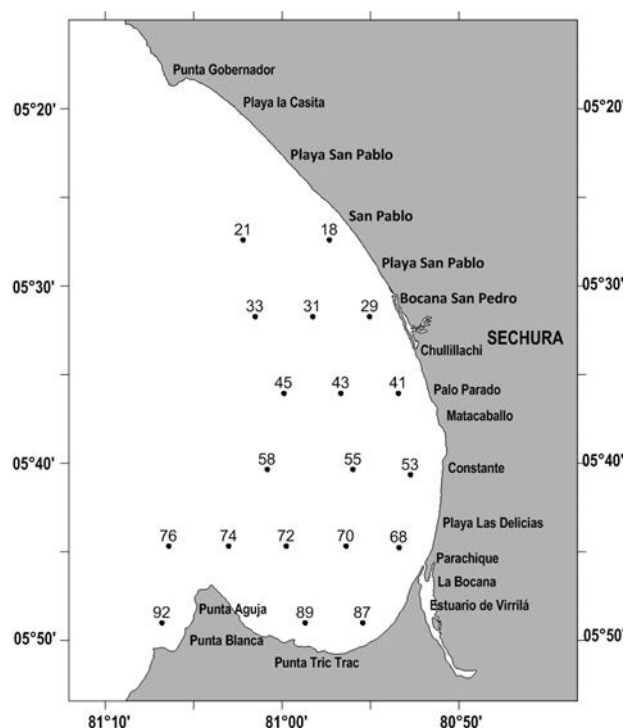


Figura 11.1. Carta de posiciones para toma de muestras de larvas planctónicas en la bahía de Sechura.

El análisis de las muestras se realizó en el Centro de Investigaciones Acuícolas "Alexander von Humboldt", Instituto del Mar del Perú, en donde se realizó la determinación y cuantificación de los estadios tempranos de pelecípodos e indicadores biológicos del zooplancton. Utilizando para ello un microscopio estereoscópico y un microscopio compuesto, ambos de marca Nikon. Las muestras se filtraron con una malla de 100  $\mu$  y enjuagadas con agua destilada.

La determinación se procuró hacer hasta el nivel de especie, en los casos que no se pudo, se llegó hasta el nivel jerárquico inferior posible. El conteo se hizo en el total de la muestra, excepto cuando los individuos eran numerosos, casos en los que se analizó una fracción de la muestra de acuerdo a BOLTOVSKOY (1981). Para la determinación de las larvas de pelecípodos se empleó principalmente los trabajos de AVENDAÑO et al. (2001), GALLARDO et al. (1993), ROMERO (2004), ROMERO & VALDEBENITO (2002), ROMORINO & BERNARDITA (1983) y WEHRTMANN & BÁEZ (1997).

Los resultados de abundancia se presentan en número de Ind.m<sup>-3</sup>. Para el procesamiento de la información se utilizó hoja de cálculo Excel para Windows XP, mientras, los mapas de distribución y abundancia se elaboraron utilizando el programa SURFER v. 9.

### 11.3 RESULTADOS

#### Indicadores biológicos del zooplancton

Durante el verano prevalecieron en toda el área de muestreo organismos zooplanctónicos indicadores de Aguas Costeras Frías (ACF), como el copépodo *Centropages brachiatus*, el cual presentó abundancias que oscilaron entre 4 y 1,160 ind/m<sup>3</sup>; mientras que los copépodos *Acartia danae*, *Calocalanus pavo* y *Mecynocera clausi*, indicadores de Aguas Subtropicales Superficiales (ASS), se localizaron entre Playa San Pablo y Parachique hasta una distancia máxima de 2 mn de la costa, con abundancias entre 2 y 38 ind/m<sup>3</sup>. Indicadores de Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) como el copépodo *Centropages furcatus* registraron una similar distribución que los indicadores de ASS, con concentraciones bajas entre 2 y 6 ind/m<sup>3</sup>; mientras que en el invierno se identificó al copépodo *Centropages brachiatus*, especie asociada a masas de ACF, con abundancias que oscilaron entre 2 y 36 ind/m<sup>3</sup>, distribuidas principalmente en la zona costera, asimismo se observó la presencia de especies asociadas a ASS, como los copépodos *Calocalanus pavo* y *Mecynocera clausi* con concentraciones bajas que fluctuaron entre 2 y 5 ind/m<sup>3</sup>, distribuidas de San Pedro a Vichayo, desde las estaciones más costera hasta las más distantes (Figura 11.2).

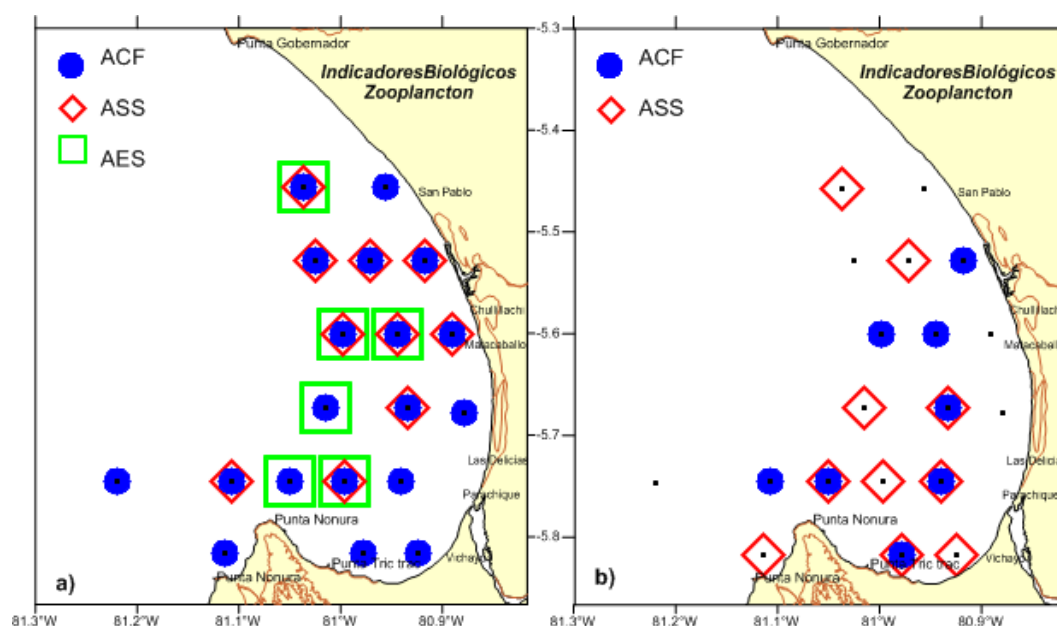


Figura 11.2. Indicadores biológicos de zooplancton (red estándar vertical), a) Fase I (Verano) y b) Fase II (Invierno), Bahía de Sechura, 2012.

### Composición y abundancia de larvas por grupos taxonómicos

En los muestreos de verano e invierno se identificaron organismos del zooplancton pertenecientes a la clase/orden, Copepoda, Decapoda, Gasterópoda y Pelecípoda. La abundancia en el verano fue variable con valores mínimos de 2 y máximos de 5,612 ind/m<sup>3</sup> por estación. El grupo que presentó una mayor abundancia fue el grupo Decapoda (53,19%), seguido por los Copepoda (34,25%), Pelecypoda (6,64%) y Gasterópoda (5,93%) (Tabla 11.1), mientras que en el invierno las abundancias totales de los grupos determinados por estación registraron valores comprendidos entre 7 y 4,292 ind/m<sup>3</sup>, el grupo que registró una mayor abundancia fue el grupo de los pelecípodos (52,0%), seguido por los decápodos (41,2%), gasterópodos (6,3%) y copépodos (0,44%) (Tabla 11.2).

ESTUDIO BIO-OCEANOGRÁFICO PARA DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA EN LA  
BAHÍA DE SECHURA – INFORME FINAL

Tabla 11.1. Composición, abundancia (ind/m<sup>3</sup>) y frecuencia (%) de grupos taxonómicos.  
Bahía de Sechura, Verano del 2012.

Clase/Orden	Orden/Familia	Especie	Estadio	Nº Estac.	Abund. Min.	Abund. Max.	Abund. Total	Abund. Prom.	Estac. (+)	Estac. (%)	Abundancia (%)
Copepoda	Calanoida	<i>Acartia danae</i>	adulto	19	2	38	67	8	8	42,1	0,46
Copepoda	Calanoida	<i>Calocalanus pavo</i>	adulto	19	2	7	16	3	6	31,6	0,11
Copepoda	Calanoida	<i>Centropages brachiatus</i>	adulto	19	4	1160	4859	256	19	100,0	33,52
Copepoda	Calanoida	<i>Centropages furcatus</i>	adulto	19	2	6	21	4	6	31,6	0,15
Copepoda	Calanoida	<i>Mecynocera clausi</i>	adulto	19	2	2	2	2	1	5,3	0,01
<b>Total Copepoda</b>					<b>4</b>	<b>1162</b>	<b>4967</b>	<b>261</b>			<b>34,25</b>
Decapoda	Brachyura	No determinado	megalopa	19	2	5	13	4	3	15,8	0,09
Decapoda	Hippidae	<i>Emerita analoga</i>	zoea	19	6	6	6	6	1	5,3	0,04
Decapoda	Pinnotheridae	No determinado	zoea	19	2	5157	7674	480	16	84,2	52,95
Decapoda	Porcellanidae	No determinado	zoea	19	2	2	7	2	4	21,1	0,05
Decapoda	Xanthidae	No determinado	zoea	19	2	5	9	3	3	15,8	0,06
<b>Total Decapoda</b>					<b>2</b>	<b>5159</b>	<b>7709</b>	<b>453</b>			<b>53,19</b>
Gasteropoda	Muricidae	No determinado	larva	19	5	21	67	11	6	31,6	0,46
Gasteropoda	Mesogastropoda	No determinado	larva	19	7	245	261	87	3	15,8	1,80
Gasteropoda	Naticidae	No determinado	larva	19	4	4	4	4	1	5,3	0,03
Gasteropoda	No determinado	No determinado	larva	19	2	40	124	10	13	68,4	0,86
Gasteropoda	Thecosomata	<i>Creseis virgula</i>	embrionaria	19	2	9	17	6	3	15,8	0,12
Gasteropoda	Thecosomata	<i>Hyalocylis striata</i>	adulto	19	2	2	2	2	1	5,3	0,02
Gasteropoda	Thecosomata	<i>Limacina inflata</i>	embrionaria	19	2	13	22	4	5	26,3	0,15
Gasteropoda	Thecosomata	<i>Limacina trochiformis</i>	adulto	19	2	5	7	4	2	10,5	0,05
Gasteropoda	Thecosomata	<i>Limacina trochiformis</i>	embrionaria	19	2	120	354	25	14	73,7	2,44
<b>Total Gasteropoda</b>					<b>2</b>	<b>285</b>	<b>858</b>	<b>48</b>			<b>5,93</b>
Pelecipoda	Mytilidae	No determinado	larva	19	2	11	28	6	5	26,3	0,20
Pelecipoda	Pectinidae	<i>Argopecten purpuratus</i>	recta	19	2	81	368	25	15	78,9	2,54
Pelecipoda	Pectinidae	<i>Argopecten purpuratus</i>	umbonada	19	2	195	554	35	16	84,2	3,82
Pelecipoda	Pinnidae	<i>Atrina sp.</i>	larva	19	2	2	2	2	1	5,3	0,02
Pelecipoda	Semelidae	No determinado	larva	19	2	9	11	5	2	10,5	0,07
<b>Total pelecipoda</b>					<b>2</b>	<b>242</b>	<b>960</b>	<b>56</b>			<b>6,64</b>
<b>Total</b>					<b>2</b>	<b>5612</b>	<b>14494</b>	<b>763</b>			<b>100,0</b>

Tabla 11.2. Composición, abundancia (ind/m<sup>3</sup>) y frecuencia (%) de grupos taxonómicos. Bahía de Sechura, Invierno del 2012

Clase/Orden	Orden/Familia	Especie	Estadio	Nº Est.	Abund. Min.	Abund. Max.	Abund. Total	Prom.	Est. (+)	Est. (%)	Abundancia (%)
Copepoda	Calanoida	<i>Calocalanus pavo</i>	adulto	19	2	4	9	3	3	15,8	0,04
Copepoda	Calanoida	<i>Centropages brachiatus</i>	adulto	19	2	36	61	8	8	42,1	0,30
Copepoda	Calanoida	<i>Mecynocera clausi</i>	adulto	19	2	5	19	3	7	36,8	0,09
<b>Total Copepoda</b>					<b>6</b>	<b>45</b>	<b>89</b>	<b>13</b>			<b>0,44</b>
Decapoda	Brachyura	No determinado	zoea	19	2	69	100	10	10	52,6	0,49
Decapoda	Hippidae	<i>Emerita analoga</i>	zoea	19	20	20	20	20	1	5,3	0,10
Decapoda	Pinnotheridae	<i>Pinixa sp.</i>	zoea	19	2	22	53	9	6	31,6	0,26
Decapoda	Pinnotheridae	No determinado	zoea	19	2	3806	7739	430	18	94,7	38,29
Decapoda	Porcellanidae	No determinado	zoea	19	7	7	7	7	1	5,3	0,03
Decapoda	Caridea	No determinado	zoea	19	2	4	9	3	3	15,8	0,04
Decapoda	Callinassidae	<i>Callianassa sp.</i>	postlarva	19	4	93	380	32	12	63,2	1,88
Decapoda	Squillidae	No determinado	pseudozoea	19	2	2	4	2	2	10,5	0,02
Decapoda	Grapsidae	No determinado	megalopa	19	2	4	10	3	3	15,8	0,05
Decapoda	Galatheididae	No determinado	zoea	19	5	5	5	5	1	5,3	0,02
Decapoda	Paguridae	No determinado	zoea	19	2	2	2	2	1	5,3	0,01
<b>Total Decapoda</b>					<b>50</b>	<b>4034</b>	<b>8329</b>	<b>523</b>			<b>41,21</b>
Gasteropoda	Muricidae	No determinado	larva	19	2	2	2	2	1	5,3	0,01
Gasteropoda	Thecosomata	<i>Limacina inflata</i>	embrionaria	19	2	122	428	39	11	57,9	2,12
Gasteropoda	Thecosomata	<i>Limacina trochiformis</i>	embrionaria	19	4	82	120	24	5	26,3	0,59
Gasteropoda	Thecosomata	<i>Agadina sp.</i>	embrionaria	19	2	4	6	3	2	10,5	0,03
Gasteropoda	No determinado	No determinado	larva	19	2	178	724	52	14	73,7	3,58
<b>Total Gasteropoda</b>					<b>12</b>	<b>388</b>	<b>1280</b>	<b>120</b>			<b>6,33</b>
Pelecipoda	Mytilidae	No determinado	recta	19	3	11	30	8	4	21,1	0,15
Pelecipoda	Pectinidae	<i>Argopecten purpuratus</i>	recta	19	2	2043	3583	256	14	73,7	17,73
Pelecipoda	Pectinidae	<i>Argopecten purpuratus</i>	umbonada	19	5	2169	6894	406	17	89,5	34,11
Pelecipoda	Pinnidae	<i>Atrina sp.</i>	umbonada	19	4	4	4	4	1	5,3	0,02
<b>Total Pelecipoda</b>					<b>5</b>	<b>2178</b>	<b>10511</b>	<b>583,9</b>	<b>18</b>	<b>94,74</b>	<b>52,01</b>
<b>Total</b>					<b>7</b>	<b>4292</b>	<b>20209</b>	<b>1064</b>	<b>19</b>	<b>100</b>	<b>100,00</b>

## Composición, frecuencia y abundancia de larvas de pelecípodos

En el verano se identificaron larvas de pelecípodos de cuatro familias: Mytilidae (26,3%), Pectinidae (*Argopecten purpuratus*, larvas veligera 78,9% y umbonada 84,2%), Pinnidae (*Atrina* sp. 5,3%) y Semelidae (10,5%), mientras que durante el invierno se identificaron larvas de pelecípodos pertenecientes a tres familias: Pectinidae (*Argopecten purpuratus*, larvas veligera 73,7% y umbonada 89,5%), Mytilidae (21,1%) y Pinnidae (*Atrina* sp. 5,6%), registrando las mayores concentraciones las larvas de *Argopecten purpuratus*, con abundancias que fluctuaron entre 2 y 195 larvas/m<sup>3</sup> en verano y entre 2 y 2,169 larvas/m<sup>3</sup> en invierno (Tabla 11.1 y 11.2, Figs. 11.3 y 11.4).

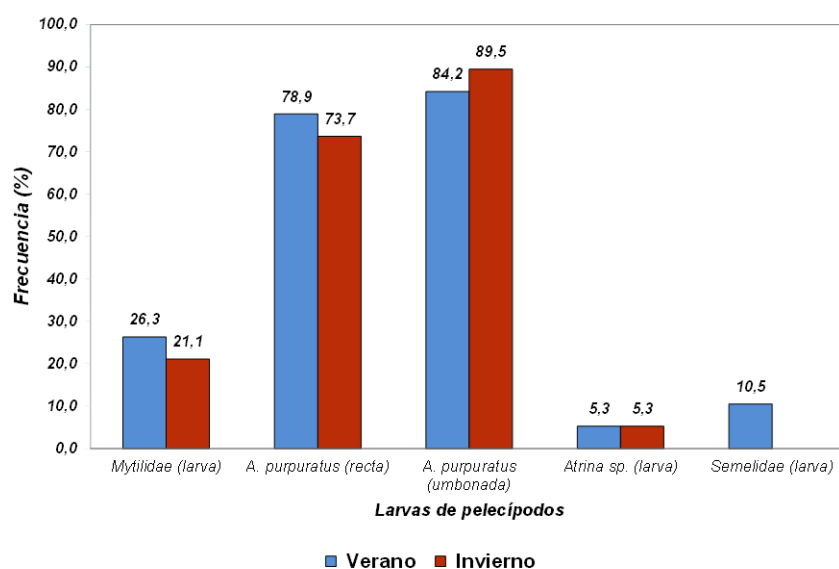


Figura 11.3. Frecuencia (%) de larvas de pelecípodos, Bahía de Sechura, Verano e Invierno del 2012,

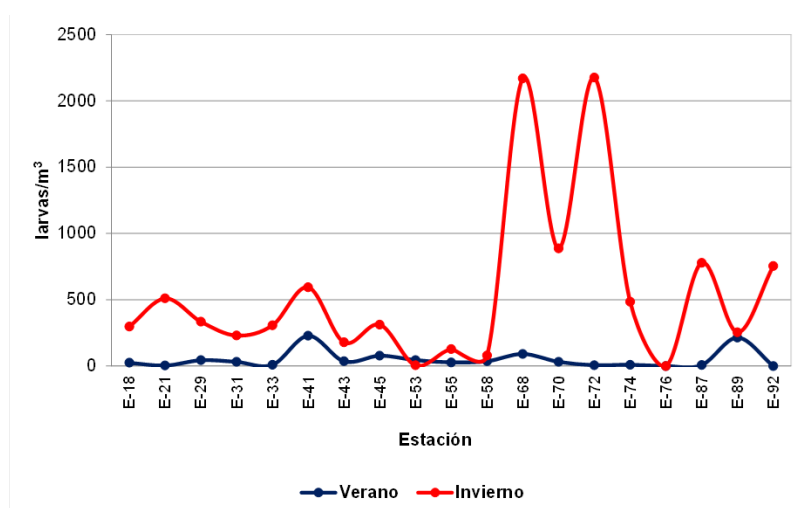


Figura 11.4. Concentración de larvas de *Argopecten purpuratus*, Bahía de Sechura, Verano e Invierno del 2012

### Distribución y abundancia de larvas de *Argopecten purpuratus*

En el verano las larvas de *Argopecten purpuratus* presentaron valores totales de 4 a 228 larvas/m<sup>3</sup>, para ambos estadios (veliger y umbonada), registrándose las mayores concentraciones frente a Chullillachi (228 larvas/m<sup>3</sup>) y Punta Tric Trac (214 larvas/m<sup>3</sup>); mientras que en invierno, densidades totales que variaron entre 5 y 2,175 larvas/m<sup>3</sup> (para ambos estadios) (Tabla 11.3), ubicándose la mayor concentración frente a la playa Las Delicias (2,175 larvas/m<sup>3</sup>). Larvas de *A. purpuratus* en ambos periodos se encontraron distribuidas en toda el área (Fig. 11.5).

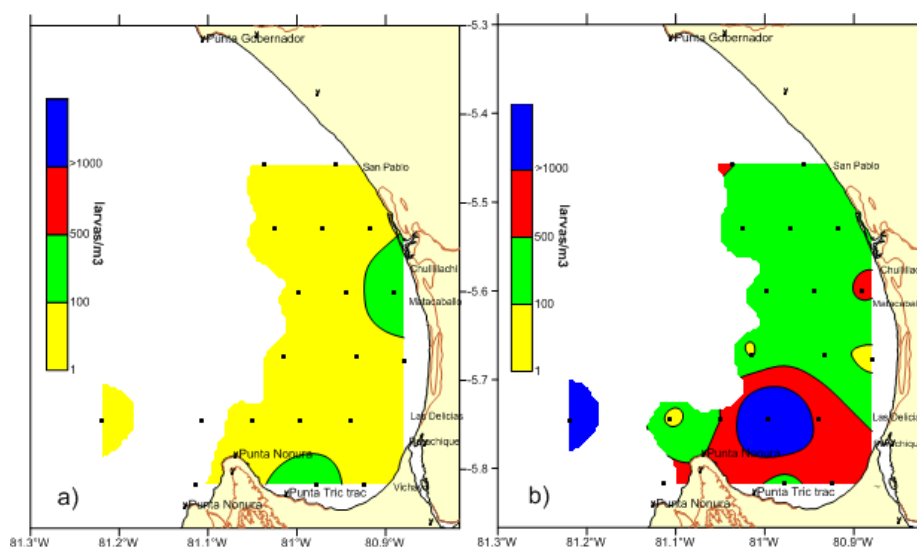


Figura 11.5. Distribución y abundancia de larvas de *Argopecten purpuratus* (red estándar vertical), a) Verano y b) Invierno, Bahía de Sechura 2012.

Tabla 11.3. Abundancia de larvas de *A.purpuratus* por estaciones de muestreo en Verano e Invierno. Bahía de Sechura, 2012.

Estación	FASE I (Verano)			FASE II (Invierno)		
	L. veliger	L. umbonada	Total	L. veliger	L. umbonada	Total
E-18	2	22	24	0	298	298
E-21	0	4	4	16	494	510
E-29	9	34	44	4	330	334
E-31	22	9	31	79	151	230
E-33	7	2	9	2	305	307
E-41	34	195	228	25	569	594
E-43	29	7	36	58	120	178
E-45	73	4	78	196	116	312
E-53	14	31	45	0	5	5
E-55	24	4	27	42	85	127
E-58	25	11	36	80	0	80
E-68	19	72	91	0	2169	2169
E-70	14	17	31	0	887	887
E-72	6	0	6	2043	132	2175
E-74	8	2	10	396	89	485
E-76	0	0		0	0	
E-87	0	7	7	78	700	778
E-89	81	133	214	36	218	254
E-92	0	0		528	226	754

### Identificación de moluscos gasterópodos y decápodos

En el verano los gasterópodos en sus formas larval, embrionaria y adulta representaron el 5,93% del total de organismos. Se observaron larvas del orden Mesogastropoda (1,80%), de la familia Muricidae (0,46%), Naticidae (0,03%) y larvas de gasterópodos No determinados (0,86%). Así mismo se determinaron conchillas embrionarias y adultos de moluscos holoplanctónicos (*Limacina trochiformis*, *Limacina inflata* y *Hyalocylis striata*) siendo las especies más importantes *Limacina trochiformis* (adulto + embrionaria, 2,49%) y *Limacina inflata* (0,15%). Durante el invierno se determinaron gasterópodos en sus formas larval y embrionaria pertenecientes a las familias: Limacinidae (*Limacina inflata* 2,12%, *Limacina trochiformis* 0,59% y *Agadina* sp. 0,03%) y Muricidae (0,01%), así como larvas de gasterópodos no determinados (3,58%). En la figura 11.6 se muestran las frecuencias por estación (%) del grupo gasterópoda para ambos periodos.

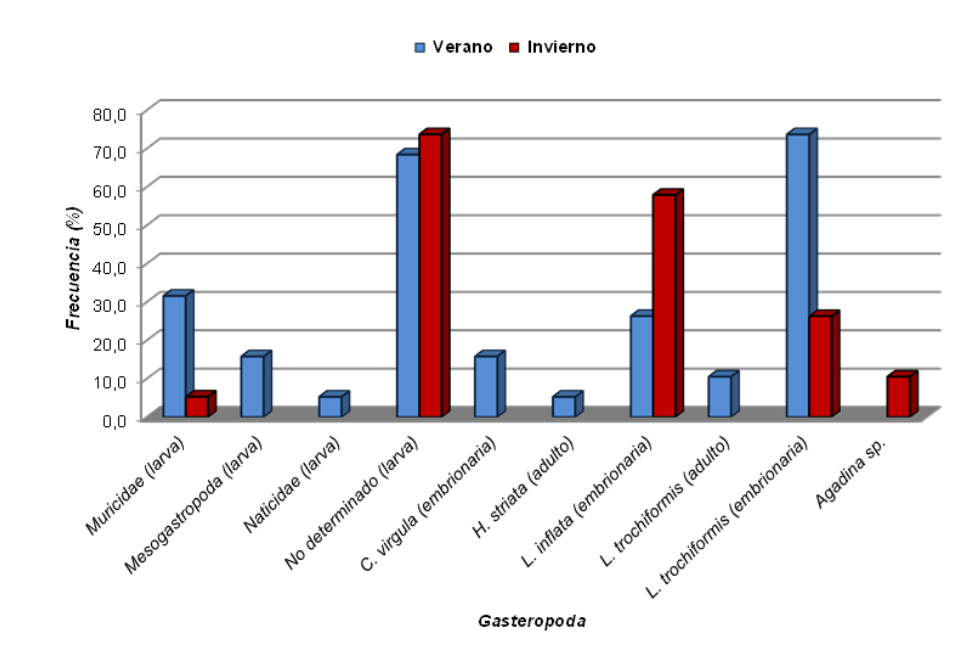


Figura 11.6. Frecuencias (%) de grupos en Verano e Invierno. Bahía de Sechura 2012

En verano las abundancias de este grupo fluctuaron entre 2 y 245 ind/m<sup>3</sup>, siendo las larvas del orden Mesogastropoda las que registraron las mayores abundancias, ubicando el mayor valor en la Estación 18, seguidas de las especies *Limacina trochiformis* (120 ind/m<sup>3</sup>) y larvas no determinadas (40 ind/m<sup>3</sup>), mientras que en el invierno las abundancias fluctuaron entre 2 y 178 ind/m<sup>3</sup>, siendo las larvas no determinadas la que registraron las mayores abundancias, ubicando el mayor valor en la estación 70 y el menor valor en las estaciones 29 y 68, seguidas de las especies *Limacina inflata* (122 ind/m<sup>3</sup>) y *Limacina trochiformis* (82 ind/m<sup>3</sup>). Cabe señalar que la presencia de estos moluscos holoplanctónicos principalmente de *L. trochiformis* (verano) y *L. inflata* (invierno) estaría asociada principalmente a la presencia de masas de Aguas Subtropicales Superficiales.



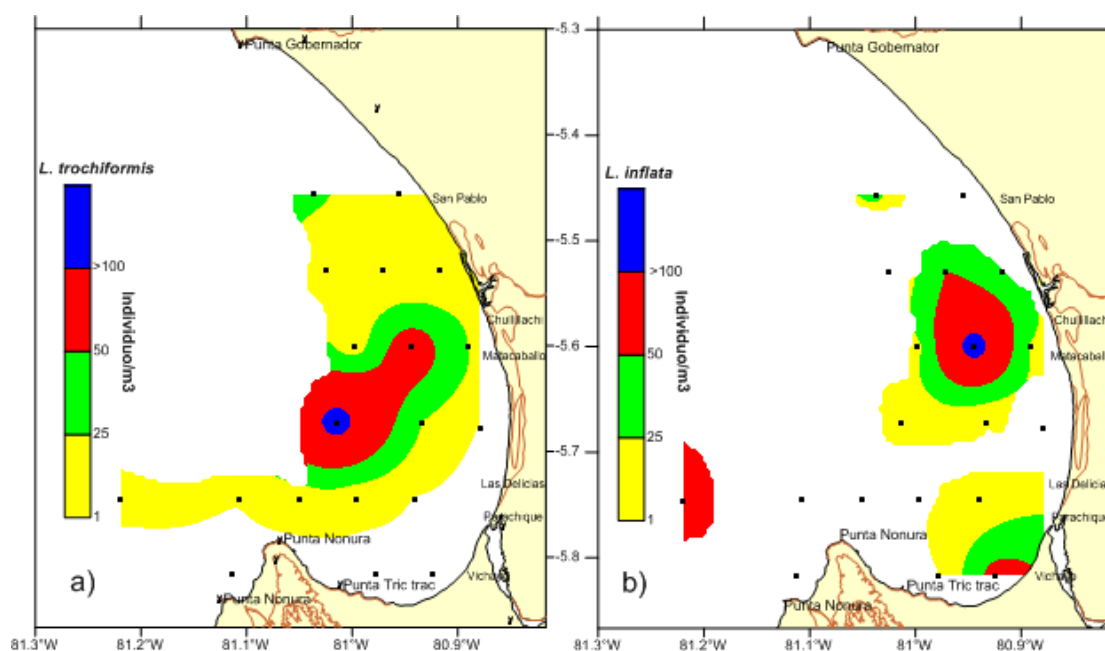


Figura 11.7. Distribución y abundancia de a) *L. trochiformis* (Verano) y b) *L. inflata* (Invierno) (red vertical). Bahía de Sechura 2012.

Dentro del grupo de los decápodos, durante el muestreo en verano se determinó un orden y cuatro familias en estadios de megalopa y zoeas: megalopa de Brachyura (0,09%), zoeas de las familias Hippidae (*E. análoga*, 0,04%), Pinnotheridae (52,95%), Porcellanidae (0,05%) y Xanthidae (0,06%), mientras que en el invierno se determinaron estadios de zoeas, megalopas, postlarvas y pseudozoeas pertenecientes a un orden, un infra orden, seis familias y tres especies; entre ellos por sus frecuencias tenemos: zoeas de la familia Pinnotheridae (94,7%), postlarvas de la especie *Callinassa* sp. (63,2%), zoeas de Brachyura (52,6%), zoeas de *Pinnixa* sp. (31,6%), zoeas de Caridea y megalopa de Grapsidae (15,8%), pseudozoea de Squillidae (10,5%) y zoeas de la familia Porcellanidae, Hippidae (*Emerita analoga*) Galatheididae y Paguridae con el 5,3% (Figura 11.8). Las zoeas de la familia Pinnotheridae en el verano y invierno fueron las que registraron la mayor frecuencia dentro de este grupo, presentando valores entre 2 y 5,157 ind/m<sup>3</sup>, con las mayores abundancia frente a la Playa San Pedro y Chullillachi, mientras que en el invierno registraron concentraciones entre 2 y 3,806 ind/100m<sup>3</sup>, observándose las mayores concentraciones frente a Chullillachi y Matacaballo. (Figura 11.9).

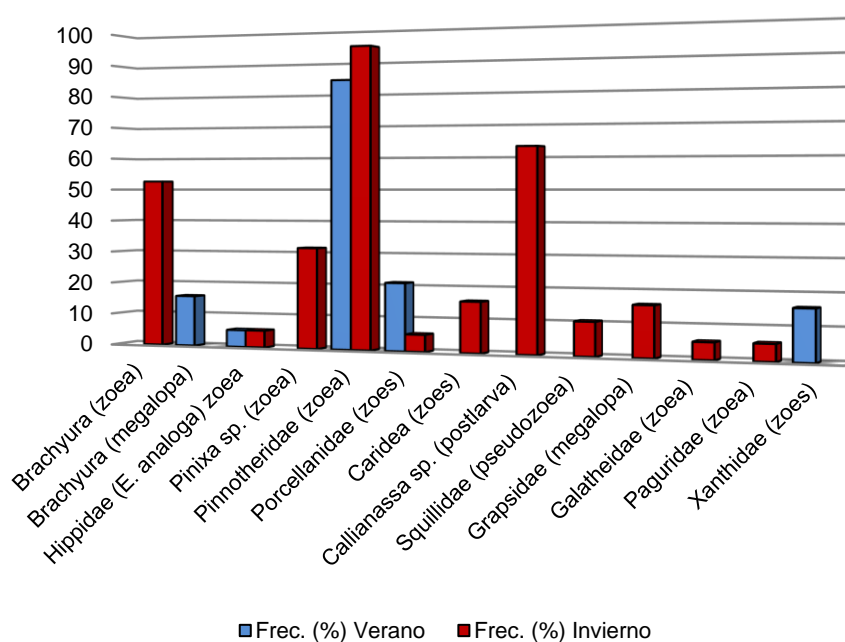


Figura 11.8. Frecuencia (%) de Decápodos. Bahía de Sechura. Verano e Invierno del 2012.

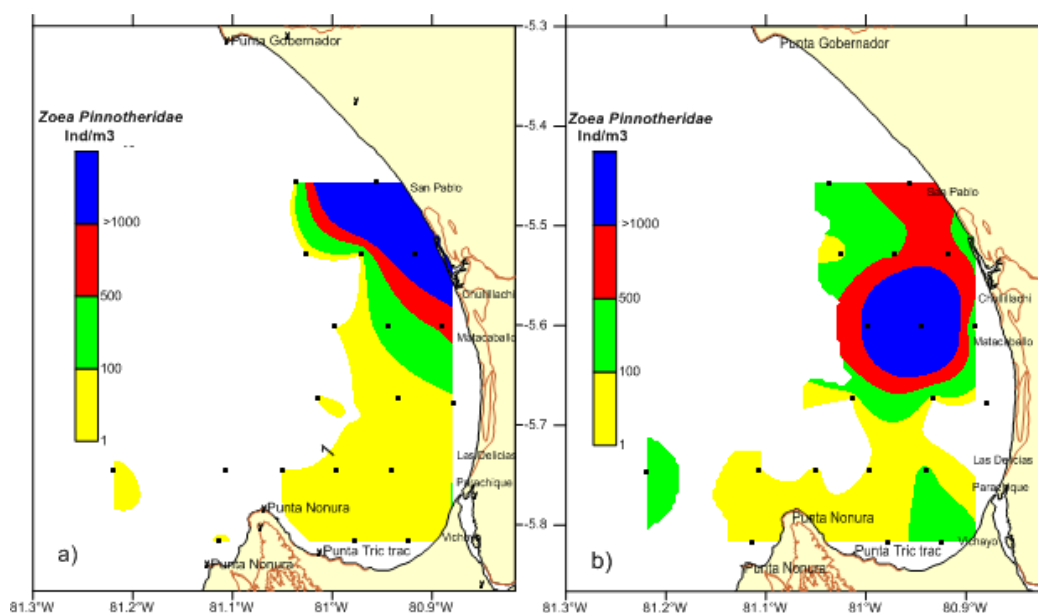


Figura 11.9. Distribución y abundancia de zoeas de la familia Pinnotheridae a) Verano y b) Invierno. Bahía de Sechura 2012.

## 11.4 DISCUSIÓN

Comparando la distribución de los indicadores biológicos del zooplancton en el área evaluada, estos en ambos periodos guardaron relación con la distribución de las masas de aguas reportadas durante las Fases I y II, en donde se observa condiciones cálidas en verano y por consiguiente la presencia de indicadores de zooplancton de masas de ACF, ASS y AES, así como tendencias a la normalización de las condiciones ambientales en invierno, este ultimo asociado a la presencia de indicadores de zooplancton de masas de ACF y ASS.

Con relación a las larvas de *Argopecten purpuratus* en el muestreo de verano se nota abundancias bajas entre 2 y 228 larvas/m<sup>3</sup>, lo que difiere con lo encontrado en invierno, cuando se observó una mayor abundancia de larvas de esta especie, con valores entre 5 y 2,175 larvas/m<sup>3</sup>, esto ultimo podría estar relacionado principalmente con las condiciones ambientales (MENDO *et al*, 2008).

## 11.5 REFERENCIAS

AVENDAÑO M, LE PENNEC M, CANTILLANEZ M. 2001. Anormalidades en larvas de *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819) (Mollusca: Petinidae) uno de los problemas en la producción artificial de semilla. Estudios Oceanológicos. 20: 33 – 42.

BOLTOVSKOY D. 1981. Estimación de la cantidad de agua filtrada. Atlas del Zooplancton del Atlántico Sudoccidental y Métodos de Trabajo con el Zooplancton Marino, pp. 87 - 93. Publicación especial del INIDEP, Mar del Plata, Argentina.

BOLTOVSKOY D. 1981. Fraccionamiento y separación. Atlas del Zooplancton del Atlántico Sudoccidental y Métodos de Trabajo con el Zooplancton Marino, pp. 147 - 148. Publicación especial del INIDEP, Mar del Plata, Argentina.

GALLARDO V, CAÑETE I, ENRÍQUEZ-BRIONEZ S, ROA R, ACUÑA A, BALTAZAR A. 1993. Biología del langostino colorado *Pleuroncodes monodon* H. Milne Edwards, 1837 y especies afines (Crustacea, Decapoda, Anomura, Galatheididae): sinopsis. In: Faranda, F., Parra, O. (Eds.), Elementos Básicos Para la Gestión de Los Recursos Vivos Marinos Costeros de la Región del Biobío. Monografías Científicas, vol. 2. Programa EULA, Universidad de Concepción, pp. 67–113.

ROMERO S, GALLARDO C, BELLOLIO G. 2004. Egg laying and embryonic-larval development in the snail *Thais* (tramonita) *chocolata* (Duclos, 1832) with observations on its evolutionary relationships within the Muricidae. Marine Biology (2004) 145: 681 – 692.

ROMERO S, VALDEBENITO L. 2002. Larvas veliger dew gasteropodos Prosobranchia provenientes de Punta de Lobos, Cuarta Región, Chile. Revista de Historia Natural 75: 491 -514.

ROMORINO L, BERNARDITA M. 1983. Larvas de postlarvas de Mytilidae de Chile (Molluca: Bivalvia). Rev. Biol. Mar., Valparaíso, 19 (2): 143 – 192, diciembre 1983.

WEHRTMANN IS, BÁEZ P. 1997. Larvas y estadíos tempranos de desarrollo de crustáceos decápodos de Chile: descripciones publicadas. Invest. Mar. Valparaíso, 25: 263-276.

## **XII. CRECIMIENTO DE LA CONCHA DE ABANICO *Argopecten purpuratus* EN AREAS DE REPOBLAMIENTO DE LA BAHIA DE SECHURA**

*Rosario Cisneros*

Area Funcional de Investigaciones en Acuicultura, DGIA, IMARPE

### **12.1 INTRODUCCIÓN**

El cultivo de bivalvos es una actividad económica rentable, realizada en todo el mundo, es también una herramienta de uso para reducir el esfuerzo pesquero de la pesca la pesca artesanal. La capacidad de predecir el crecimiento de moluscos es de gran utilidad, haciendo posible controlar la densidad, mortalidad y talla de los organismos cultivados, ofreciendo la posibilidad de una actividad comercial que es económicamente estable en el tiempo (SARA & MAZZOLA, 2004).

Los cultivos de bivalvos pueden provocar un impacto significativo en los nutrientes y también en el ciclo de energía en los ecosistemas marinos someros (URIBE & BLANCO, 2001)

Se pueden obtener resultados valiosos cuando se evalúa la capacidad de las áreas marinas para sostener la producción de bivalvos o más bien de los análisis de la capacidad de carga de los sistemas locales (INCZE et. al., 1981). En la literatura corriente, estudios sobre la potencialidad de los ecosistemas marinos para soportar la producción secundaria de bivalvos, incluyen análisis de tasa de crecimiento de moluscos bivalvos sobre el ciclo anual (SARA & MAZZOLA, 2004).

Carver & Mallet (1990) definieron la capacidad de carga para el cultivo de mitilidos en zonas costeras, como el valor de la densidad a la cual los valores de producción son maximizados sin que se afecte negativamente la tasa de crecimiento.

En la mayoría de los casos puede ser demostrado que el crecimiento de una densa población de bivalvos no es una simple función de la concentración de seston del ambiente o de la velocidad del flujo de agua, sino mas bien una función de los efectos combinados de los dos factores.

Así mismo el crecimiento es un proceso fisiológico que está asociado a la influencia de factores ambientales en los organismos acuáticos y difiere según la configuración climática de la región y los procesos que involucran la generación de variabilidad ambiental. En las costas subtropicales como las costas de Perú la disponibilidad del alimento ha mostrado correlatividad con las tasas de crecimiento de *Argopecten purpuratus* (MAEDA-MARTÍNEZ, 2001).

El presente trabajo se realizó con el objetivo de determinar la tasa de crecimiento de la concha de abanico *A. purpuratus*, mediante el método de marcaje y recaptura, en las áreas de repoblamiento de la bahía de Sechura, como una herramienta a ser utilizada en el modelo de determinación de la capacidad de carga de este recurso en la mencionada bahía.

## 12.2 MATERIAL Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en la Bahía de Sechura, Piura, en el área de repoblamiento de la Asociación de Pescadores Artesanales Beatita de Humay, frente a Parachique y en la zona de Vichayo, ubicados en las coordenadas 05°44'40" S; 80°55'28.3" O y 05°46'2.9" S; 80°57'52.2" O, respectivamente (Fig.12.1), iniciándose los experimentos en el mes de febrero del 2012.

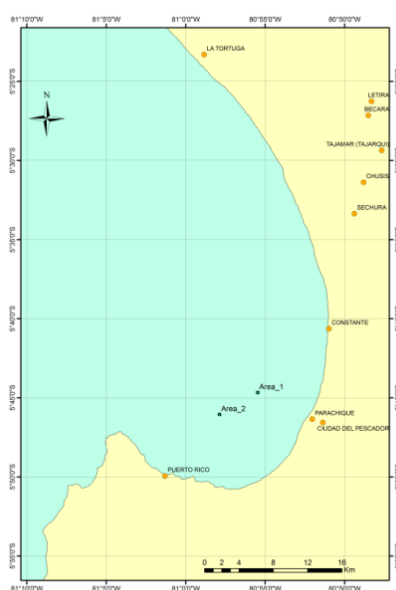


Figura 12.1. Área de trabajo para el estudio de crecimiento de la concha de abanico *Argopecten purpuratus* en la Bahía de Sechura.

Para determinar las tasas de crecimiento en las 2 zonas trabajadas, se realizaron experimentos de marcaje-recaptura.

La captura de ejemplares silvestres de concha de abanico se realizó mediante buceo semiautónomo, los cuales fueron marcados sobre una de las valvas, con placas de plástico numeradas, utilizando pegamento epóxico (Fig. 12.2).



Figura 12.2. Ejemplares de concha de abanico marcados con placas numeradas



Figura 12.3. Biometría y registro de ejemplares de concha de abanico marcados

En la zona de Parachique se sembraron ejemplares con talla promedio de 28,42 mm en febrero y 40,76 mm en abril, los cuales fueron colocados mediante buceo semiautónomo en 3 corrales de 6 m<sup>2</sup>, estabulándose a densidades de 100, 200 y 300 ejemplares/corral).

En la zona de Vichayo se marcaron entre 300 y 600 ejemplares en cada periodo de trabajo (febrero a julio), con tallas promedio de 34,90 a 54,06 mm, los cuales fueron liberados al medio, ya que en esta zona no se trabaja con corrales de fondo.

La recaptura y biometría de los ejemplares se realizó cada 40 días. La medición de la altura valvar se realizó con un calibrador vernier digital, registrándose los datos y fecha en una bitácora (Fig. 12.3).

Además se registraron algunos parámetros físicos, químicos y biológicos en las áreas de trabajo.

### **Estimación de tasas de crecimiento**

La estimación de las tasas de crecimiento se realizó en  $\text{mm.mes}^{-1}$ . Para esto se aplicó la metodología descrita por Sparre y Venema (1997):

$$Tasa\_crecimiento = \frac{L_{t+\Delta t} - L_t}{\Delta t}$$

Donde:

$L_t, L_{t+\Delta t}$  Son la altura valvar al momento de marcado y recaptura respectivamente

$\Delta t$  es el intervalo de tiempo entre el marcaje y recaptura en meses

Para determinar diferencias estadísticas entre las densidades utilizadas en Parachique, así como entre las tasas de crecimiento obtenidas en las 2 áreas de trabajo, se aplicó un Análisis de Varianza de una Vía (ANOVA). Todos los análisis se realizaron en hoja de cálculo Excel para Windows XP y el programa SPSS versión 19.0.

### **Estimación de parámetros de crecimiento**

Se utilizaron 2328 datos de marcaje – recaptura, procedentes de los experimentos de crecimiento. Para determinar los parámetros de crecimiento se utilizó la ecuación reformulada de Von Bertalanffy en términos de incrementos por tamaños, después de tiempo dado a partir de un tamaño inicial (FABENS, 1965) (en HADDON, 2011). Utilizándose las siguientes ecuaciones:



$$\Delta\hat{L} = (L_{\infty} - L_t)(1 - e^{-k\Delta t}) \quad (1)$$

$$\Delta\hat{L} = L_{t+\Delta t} - L_t \quad (2)$$

Donde, para un animal con longitud inicial de longitud  $L_t$ ,  $\Delta\hat{L}$  es el cambio esperado de longitud a través del periodo de tiempo  $\Delta t$  (1).

El ajuste de los datos al modelo de von Bertalanffy se realizó utilizando diferencias cuadradas entre  $\Delta L$  observado y  $\Delta\hat{L}$  esperado para cada punto (2).

Usando máxima verosimilitud para ajustar los datos al modelo, se asume que los residuales están distribuidos normalmente. La verosimilitud negativa usada fue:

$$-veLL = -\sum L_n \left[ \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\frac{(L-\hat{L})^2}{2\sigma^2}} \right] \quad (3)$$

Donde  $\sigma^2$  es la varianza constante de los residuos entre los  $\Delta L$  observados y esperados.

El parámetro  $t_0$  (edad cuando la longitud es cero), fue estimado como cero.

Debido a que los métodos para ajustar la estimación de los parámetros de crecimiento basados en marcaje y recaptura subestiman  $L_{\infty}$ , este fue ajustado como el 95% de la longitud mayor (140 mm,) observada para la serie de tiempo del 1995 al 2009 en Sechura.

## 12.3 RESULTADOS

### Marcaje – Recaptura

En el periodo de estudio (verano-invierno) se efectuaron cinco periodos de marcaje y recaptura en los cuales se marcaron un total de 5 785 ejemplares de concha de abanico (2 827 en el área de repoblamiento de Parachique y 2 958 en el de Vichayo), con tallas entre 12,84 y 85,99 mm en Parachique, así como de 25,87 a 78,86 mm en

Vichayo. Se recapturaron 2 395 ejemplares (1 486 en Parachique y 909 en Vichayo). Las tallas de los ejemplares recapturados variaron entre 30,15 y 85,99 mm en Parachique, así como de 34,13 a 78,86 mm en Vichayo. (Tabs. 12.1 y 12.2).

Tabla 12.1. Número de ejemplares marcados y recapturados de *A. purpuratus* durante los experimentos de marcación en la zona de Parachique, Bahía de Sechura, febrero - setiembre 2012.

PARACHIQUE										
Densidad	MARCAJE					RECAPTURA				
	Fecha Marcaje d/m/a	N°	Talla (mm)			Fecha Recaptura d/m/a	N°	Talla (mm)		
			Minima	Máxima	Promedio			Minima	Máxima	Promedio
100	29/02/2012	101	12.84	37.09	28.43	11/04/2012	1(2)	34.21	34.21	34.21
	11/04/2012	101 (2)	34.21	46.34	40.76	22/05/2012	78 (13)	40.17	55.08	50.27
	22/05/2012	98 (13)	32.45	55.08	47.69	10/07/2012	105(1)	40.57	68.94	59.89
	10/07/2012	105(1)	40.57	68.94	59.89	11/09/2012	84	52.16	78.85	71.00
	11/09/2012	84	52.16	78.85	71.00					
	Total D100	489	12.84	78.85			268	34.21	78.85	
200	29/02/2012	230	20.85	43.00	28.76	11/04/2012	6 (9)	30.67	52.65	39.48
	11/04/2012	123 (9)	30.67	52.65	40.20	22/05/2012	82 (17)	42.28	56.81	50.58
	22/05/2012	159 (17)	30.41	56.81	43.25	10/07/2012	123 (9)	34.20	67.82	56.95
	10/07/2012	156 (9)	34.20	68.29	56.74	11/09/2012	127	40.00	79.51	67.18
	11/09/2012	127	40.00	79.51	67.18					
	Total D200	795	20.85	79.51			338	30.67	79.51	
300	29/02/2012	342	19.77	52.03	29.89	11/04/2012	21 (57)	30.75	42.12	36.28
	11/04/2012	317 (57)	19.44	42.12	33.29	22/05/2012	242 (90)	30.15	56.33	45.52
	22/05/2012	261 (90)	30.15	56.33	45.43	10/07/2012	319 (14)	35.97	71.34	57.88
	10/07/2012	325 (14)	35.97	71.34	57.90	11/09/2012	298	40.07	85.99	67.36
	11/09/2012	298	40.07	85.99	67.36					
	Total D300	1543	19.44	85.99			880	30.15	85.99	
Total		2827	12.84	85.99			1486	30.15	85.99	

\*Los números marcados entre paréntesis representan los ejemplares marcados y recapturados en periodos anteriores.

Tabla 12.2. Número de ejemplares marcados y recapturados de *A. purpuratus* durante los experimentos de marcación en zona de Vichayo, Bahía de Sechura, febrero - setiembre 2012.

VICHAYO									
MARCAJE					RECAPTURA				
Fecha d/m/a	N°	Talla (mm)			Fecha d/m/a	N°	Talla (mm)		
		Minima	Máxima	Promedio			Minima	Máxima	Promedio
01/03/2012	601	25.87	44.42	34.90	12/04/2012	34 (1)	34.13	50.83	45.79
12/04/2012	249 (1)	34.13	50.83	44.16	23/05/2012	32 (10)	46.25	58.76	52.60
23/05/2012	630 (10)	40.05	62.61	54.06	11/07/2012	352 (31)	49.39	70.62	60.81
11/07/2012	714 (31)	38.32	70.62	57.24	13/09/2012	449	51.32	78.86	66.27
13/09/2012	722	51.32	78.86	65.16					
Total	2958	25.87	78.86			909	34.13	78.86	

## Sobrevivencia y mortalidad

Los valores de sobrevivencia y mortalidad de concha de abanico en los corrales ubicados en la zona de Parachique, se muestran en la figura 4. En general los valores de mortalidad presentaron tendencias decrecientes del primer periodo (29/02....11/04) al segundo periodo (11/04....22/05) en los tres casos de densidad de siembra. Posteriormente los valores no presentaron grandes variaciones. Los valores más altos y bajos de mortalidad se observaron en la densidad de 100 (97,03% y 4,51% de mortalidad en el primer y tercer periodo respectivamente). Los valores de mortalidad en la densidad de 200 alcanzaron máximos de 25,00% durante el segundo y tercer periodo, valores mayores a los observados en las densidades de 100 y 300 en el mismo periodo. La sobrevivencia presentó valores de 95,49% y 94,87% en el tercer periodo, en las densidades de 100 y 300. Los menores valores de sobrevivencia se observaron en el primer periodo (febrero-abril) (2,97%) en la densidad de 100, aunque en general en ese periodo la sobrevivencia fue baja en todas las densidades.

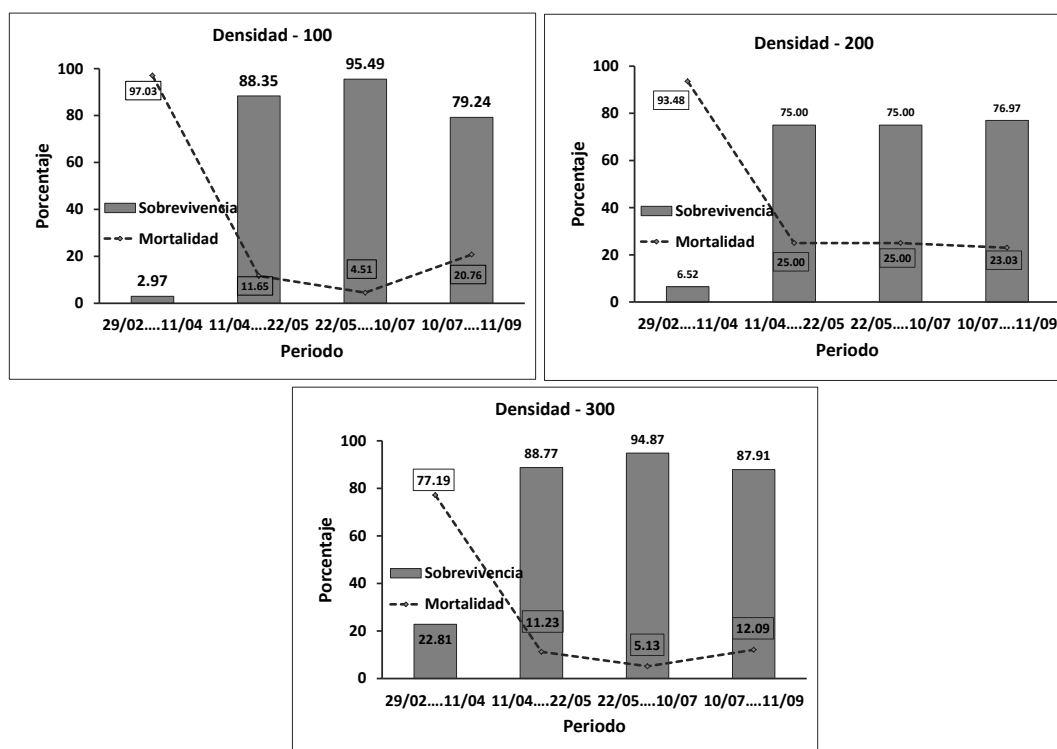


Figura 12.4. Valores de sobrevivencia y mortalidad de *A. purpuratus* durante los experimentos de marcaje y recaptura en Parachique, bahía de Sechura, febrero – setiembre 2012.

## Tasas de crecimiento

En la tabla 12.3 se presentan las tasas de crecimiento estimadas, por áreas y densidades. Estas variaron entre 0,01 y 15,40 mm.mes<sup>-1</sup> con una media de 5,72 mm.mes<sup>-1</sup>. La tasa de crecimiento fue significativamente mayor ( $p < 0,05$ ) en Parachique (6,55 mm.mes<sup>-1</sup>) con respecto a Vichayo (4,43 mm.mes<sup>-1</sup>) (Figura 12.5).

Tabla 12.3. Número de ejemplares recapturados (N), valores promedio, mínimos, máximos e intervalo de confianza de las tasas de crecimiento (mm.mes<sup>-1</sup>) de *A. purpuratus* por áreas, densidad y periodos, estimados durante los experimentos de marcaje – recaptura en la Bahía de Sechura. Febrero-Setiembre 2012.

Area	Densidad	Periodo	N	Promedio (mm/mes)	Intervalo de confianza media (95%)		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Parachique	D-100	29/02.....11/04	1	4.54			4.54	4.54
		11/04.....22/05	78	6.86	6.44	7.28	0.56	10.11
		22/05.....10/07	105	7.29	6.99	7.60	2.27	12.14
		10/07.....11/09	84	5.19	4.99	5.39	3.15	7.51
		Total D100	268	6.50	6.29	6.71	0.56	12.14
	D-200	29/02.....11/04	6	5.85	1.04	10.67	0.01	11.18
		11/04.....22/05	82	7.30	6.85	7.75	0.76	10.92
		22/05.....10/07	123	7.32	6.97	7.68	1.84	15.40
		10/07.....11/09	124	4.79	4.52	5.05	0.25	12.14
		Total D200	335	6.35	6.11	6.59	0.01	15.40
	D-300	29/02.....11/04	21	3.79	2.96	4.63	0.76	7.34
		11/04.....22/05	237	8.21	7.96	8.45	1.10	12.25
		22/05.....10/07	312	7.64	7.48	7.81	1.74	13.42
		10/07.....11/09	296	4.55	4.40	4.69	0.63	14.62
		Total D300	866	6.64	6.49	6.79	0.63	14.62
	Total Parachique		1469	6.55	6.44	6.66	0.01	15.40
Vichayo		01/03.....12/04	34	6.79	6.38	7.21	3.49	8.63
		12/04.....23/05	32	5.71	5.05	6.36	0.97	8.48
		23/05.....11/07	352	4.23	4.10	4.36	0.09	7.41
		11/09.....13/09	449	4.12	4.02	4.23	0.70	7.35
	Total Vichayo		867	4.33	4.24	4.42	0.09	8.63
	Total	2336	5.72	5.63	5.82	0.01	15.40	

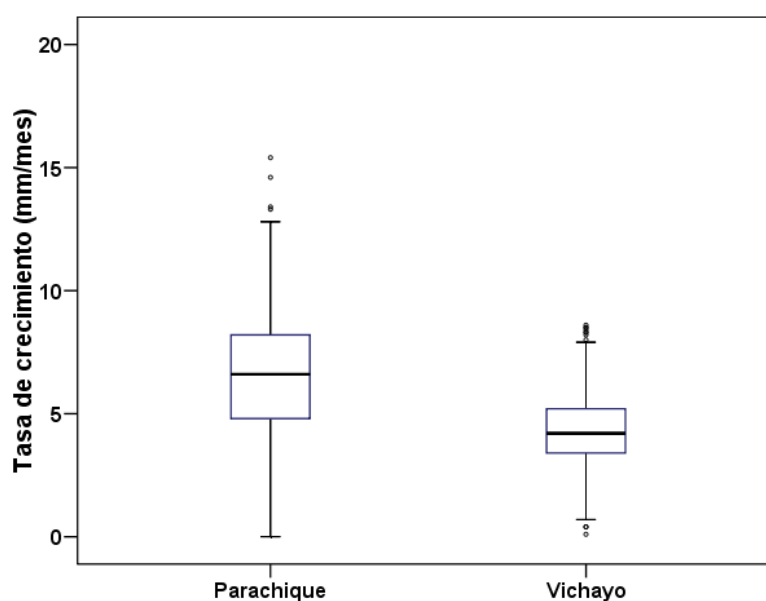


Figura 12.5. Diagrama Box-Plot\* de las tasas de crecimiento de *A. purpuratus* por áreas (Parachique y Vichayo) en la bahía de Sechura. Febrero-setiembre 2012. La línea dentro de las cajas representa la mediana de los valores observados.

En Parachique, las tasas promedio de crecimiento por densidades no presentaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ). Los valores de las tasas promedio fueron de 6,50, 6,35 y 6,64  $\text{mm.mes}^{-1}$  para las densidades de 100, 200 y 300 ejemplares respectivamente (Figura 12.6).

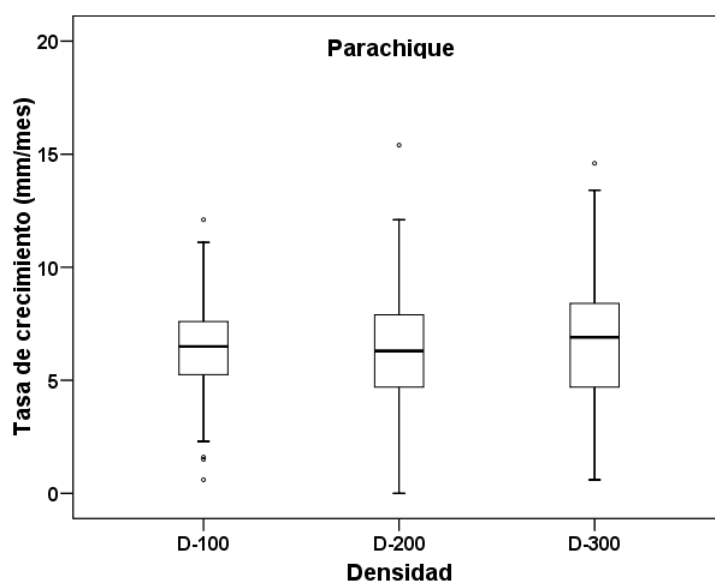


Figura 12.6. Diagrama Box-Plot\* de las tasas de crecimiento de *A. purpuratus* por densidad de siembra en Parachique, bahía de Sechura. Febrero-Setiembre 2012.

Por periodos de muestreo, las tasas promedio de crecimiento presentaron una tendencia creciente de febrero a mayo, y una tendencia decreciente de mayo a setiembre para las tres densidades (Figura 12.7).

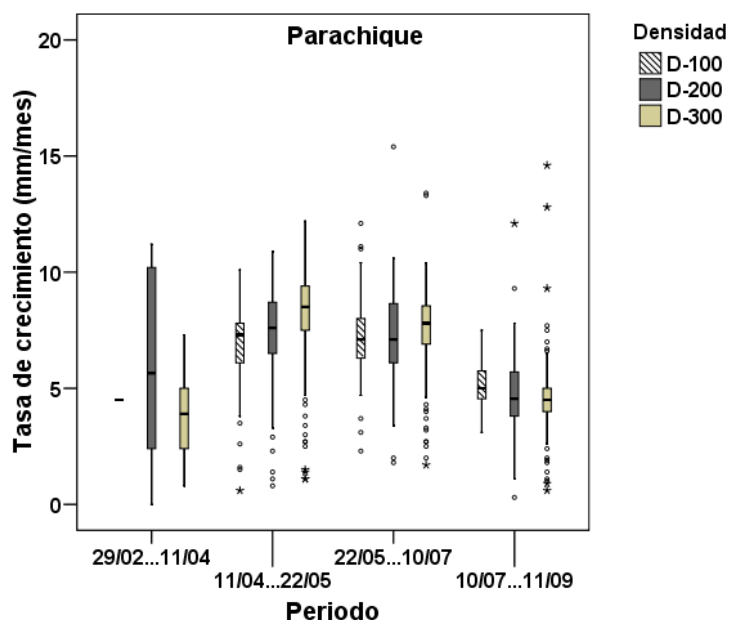


Figura 12.7. Diagrama Box-Plot\* de las tasas de crecimiento de *A. purpuratus* por densidad de siembra y periodos de muestreo en Parachique, bahía de Sechura. Febrero-Setiembre 2012. La línea dentro de las cajas representa la mediana de los valores observados.

En Vichayo, las tasas de crecimiento promedio presentaron una tendencia decreciente de 6,79, 5,71, 4,23 y 4,12 mm.mes<sup>-1</sup> de marzo a setiembre (Figura 8).

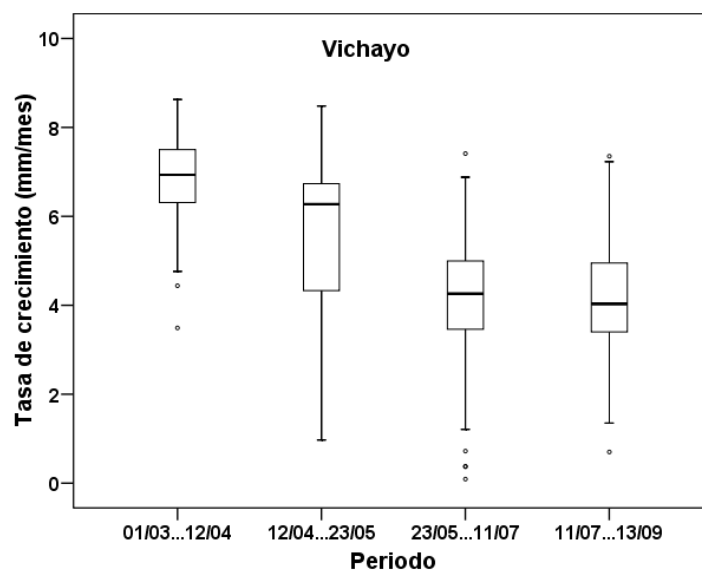


Figura 8. Diagrama Box-Plot\* de las tasas de crecimiento de *A. purpuratus* por periodos de muestreo en Vichayo, bahía de Sechura, febrero - setiembre 2012. La línea dentro de las cajas representa la mediana de los valores observados.

Por rangos de tamaños, en Parachique las tasas promedio de crecimiento presentaron una tendencia creciente del rango 25-29 al rango 40-44 mm. A partir del rango 40-44 mm en adelante (>60 mm) no presentaron tendencias y fueron mayores en Parachique que en Vichayo, variando entre 8,10 y 5,38 mm.mes<sup>-1</sup> (Tabla 12.4, Fig. 12.9).

En Vichayo las tasas promedio de crecimiento si presentaron una tendencia decreciente a medida que el tamaño de concha aumentó. Las tasas variaron entre 7,69 mm.mes<sup>-1</sup> (para el intervalo de 35-39 mm) y 3,77 mm.mes<sup>-1</sup> (para el intervalo 65-69 mm).

Tabla 12.4. Número de ejemplares recapturados (N), valores promedio, mínimos, máximos e intervalo de confianza de las tasas de crecimiento (mm.mes<sup>-1</sup>) de *A. purpuratus* por áreas y rangos de tamaños estimados durante los experimentos de marcaje – recaptura en la Bahía de Sechura. Febrero-Setiembre 2012.

Area	Rango (mm)	N	Promedio (mm/mes)	Intervalo de confianza media (95%)		Mínimo	Máximo
				Límite inferior	Límite superior		
Parachique	25-29	3	2.20	0.65	3.75	1.50	2.70
	30-34	40	4.79	3.86	5.72	0.00	11.20
	35-39	132	7.52	7.11	7.93	1.10	10.90
	40-44	260	8.10	7.85	8.35	0.30	12.20
	45-49	214	7.60	7.37	7.83	0.80	15.40
	50-54	222	7.23	7.03	7.44	2.50	14.60
	55-59	197	6.19	5.96	6.41	0.60	12.10
	60-64	238	4.64	4.48	4.80	1.10	13.30
	65-69	142	4.64	4.51	4.75	2.00	6.50
	70-74	21	5.38	4.51	6.26	3.40	12.80
<b>Total</b>		<b>1469</b>	<b>6.55</b>	<b>6.44</b>	<b>6.66</b>	<b>0.00</b>	<b>15.40</b>
Vichayo	30-34	1	3.49			3.49	3.49
	35-39	7	7.69	7.03	8.35	6.53	8.63
	40-44	27	6.64	6.16	7.12	3.56	8.44
	45-49	37	5.23	4.64	5.82	0.97	7.41
	50-54	111	4.81	4.54	5.07	0.38	8.48
	55-59	302	4.23	4.10	4.36	0.09	7.35
	60-64	264	4.03	3.89	4.17	0.7	6.65
	65-69	105	3.77	3.61	3.93	1.43	6.16
	70-74	13	4.08	3.57	4.60	2.47	5.19
<b>Total</b>		<b>867</b>	<b>4.33</b>	<b>4.24</b>	<b>4.42</b>	<b>0.09</b>	<b>8.63</b>

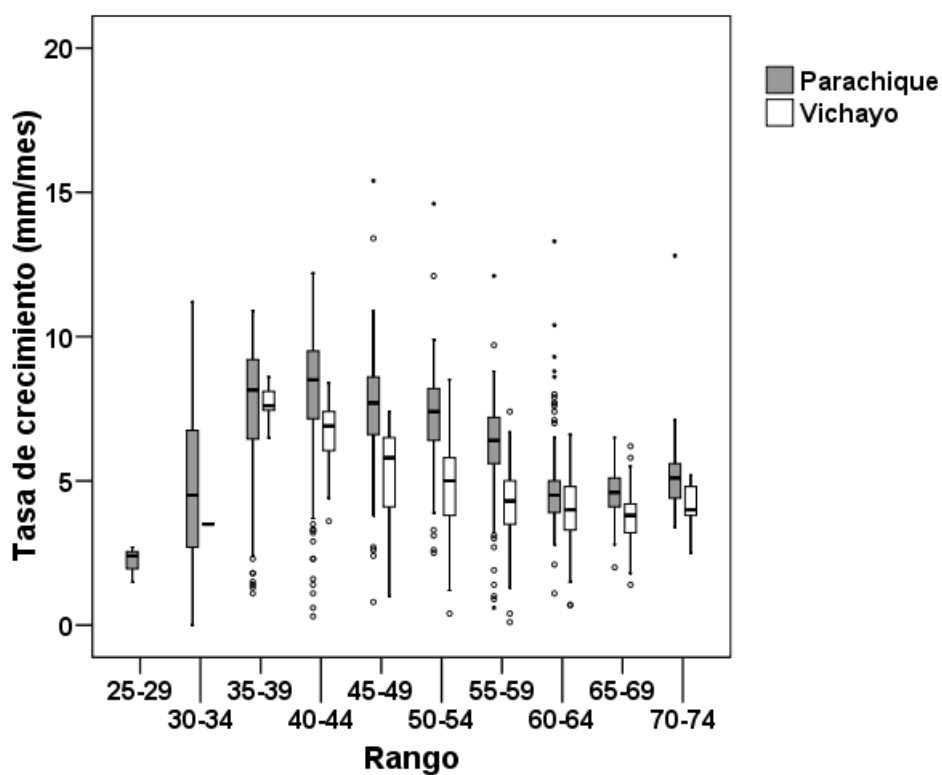


Figura 12.9. Diagrama Box-Plot de las tasas de crecimiento de concha de abanico por áreas y rangos de tamaños en la bahía de Sechura, febrero - julio 2012. La línea dentro de las cajas representa la mediana de los valores observados

Las tasas de crecimiento promedio por rango de tamaños y densidad se muestran en la tabla 12.5 y figura 12.10. Por rango de tamaños presentaron una tendencia creciente en todas las densidades de siembra del intervalo 30-34 a 40-44. A partir del rango 40-44 las tasas disminuyeron gradualmente hasta el intervalo 60-64 mm.



ESTUDIO BIO-OCEANOGRÁFICO PARA DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA EN LA  
BAHÍA DE SECHURA – INFORME FINAL

Tabla 12.5. Número de ejemplares recapturados (N), valores promedio, mínimos, máximos e intervalo de confianza de las tasas de crecimiento ( $\text{mm.mes}^{-1}$ ) de *A. purpuratus* por densidad de siembra y rangos de tamaños estimados durante los experimentos de marcaje – recaptura en la Bahía de Sechura - Parachique. Febrero-Setiembre 2012.

**Parachique**

Densidad	Rango (mm)	N	Media	Intervalo de confianza media (95%)		Mínimo	Máximo
				Límite inferior	Límite superior		
100	30-34	1	4.54			4.54	4.54
	35-39	3	4.30	-2.04	10.64	1.48	6.45
	40-44	44	7.46	6.72	8.20	0.56	11.09
	45-49	54	7.08	6.67	7.49	2.57	9.70
	50-54	34	6.85	6.43	7.26	3.09	9.38
	55-59	55	6.88	6.57	7.19	4.34	12.14
	60-64	24	5.62	4.86	6.37	3.15	10.43
	65-69	41	4.97	4.76	5.17	3.75	6.46
	70-74	12	5.32	4.80	5.85	4.20	7.05
	<b>Total D100</b>	268	6.50	6.29	6.71	0.56	12.14
200	25-29	1	2.44			2.44	2.44
	30-34	5	5.45	-0.74	11.63	0.01	11.18
	35-39	8	5.45	2.79	8.10	1.13	9.29
	40-44	73	7.88	7.34	8.43	0.25	10.77
	45-49	56	7.78	7.25	8.31	0.76	15.40
	50-54	38	6.39	5.91	6.88	3.99	12.14
	55-59	67	6.28	6.02	6.54	3.40	8.74
	60-64	50	4.33	3.96	4.70	2.11	8.62
	65-69	32	4.37	4.13	4.60	2.83	5.91
	70-74	5	4.72	3.66	5.79	3.74	5.57
	<b>Total D200</b>	335	6.35	6.11	6.60	0.01	15.40
300	25-29	2	2.10	-5.40	9.60	1.51	2.69
	30-34	34	4.70	3.79	5.62	0.76	9.64
	35-39	121	7.74	7.34	8.14	1.31	10.85
	40-44	143	8.41	8.14	8.69	3.21	12.25
	45-49	104	7.77	7.47	8.07	2.38	13.42
	50-54	150	7.53	7.28	7.78	2.46	14.62
	55-59	75	5.60	5.14	6.06	0.63	8.85
	60-64	164	4.59	4.43	4.76	1.10	13.27
	65-69	69	4.56	4.39	4.74	2.03	6.00
	70-74	4	6.44	-0.45	13.32	3.39	12.83
	<b>Total D300</b>	866	6.65	6.49	6.80	0.63	14.62

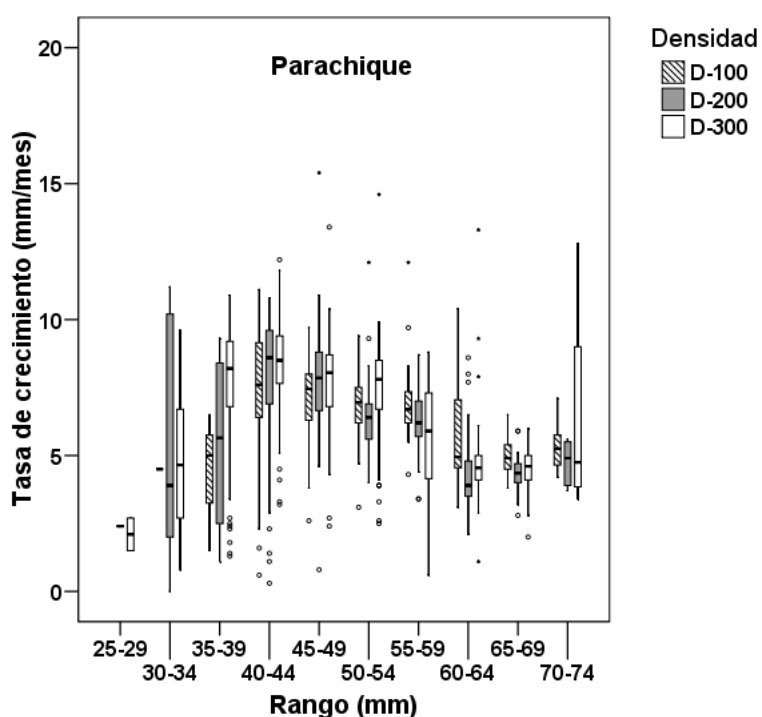


Figura 12.10. Diagrama Box-Plot\* de las tasas de crecimiento de concha de abanico por densidad de siembra y rangos de tamaños en la bahía de Sechura, febrero - setiembre 2012

### Estimación de parámetros de crecimiento

Los parámetros de crecimiento obtenidos con los 2 métodos de ajuste utilizados fueron similares, encontrándose  $K$  de  $0.8916 \text{ año}^{-1}$  y  $L_{\infty}$  de 133 mm .

De acuerdo a esto, se puede obtener que para los 6 meses de edad, un ejemplar alcanzaría los 51 mm y al año de edad una talla de 80 mm (Fig. 1, tabla 1).

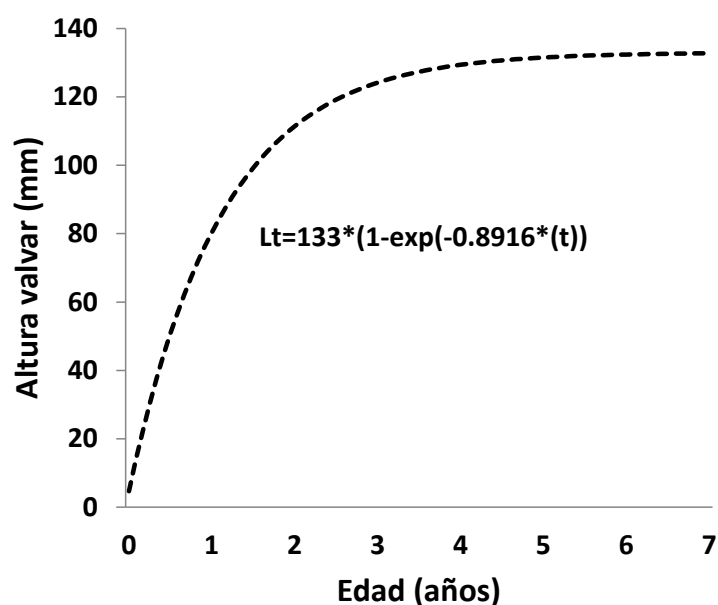


Figura 12.11. Curva de crecimiento de la concha de abanico en la bahía de Sechura, ajustada a la ecuación de von Bertalanffy con datos de marcaje – recaptura, utilizando el método de Fabens (1965).

Tabla 12.6. Edad (años) y altura valvar (mm) de concha de abanico, estimados a partir de datos de marcaje y recaptura.

Edad (años)	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
Altura valvar(mm)	5	51	80	99	111	119	124

### Parámetros físicos, químicos y biológicos

En la Fase I-Verano, la temperatura en Parachique presentó valores promedio de 24 °C en superficie y 19,5 °C a 10 m. En Vichayo el promedio fue de 23 °C en superficie y 19 °C a 10 m.

En cuanto a la salinidad, en Parachique los valores fueron de 33,6 ups en superficie y 34,7 ups a 10 m. En Vichayo 34 ups en superficie y 34,85 ups en fondo.

En la Fase II-Invierno, en Parachique la temperatura superficial tuvo un promedio de 20,5 °C y 18 °C a 10 m. En Vichayo fue de 20,5 °C en superficie y 18 °C a 10. En

relación a la salinidad esta tuvo valores normales (promedio de 35 ups) en ambas zonas, a diferencia del verano donde la salinidad fue menor, debido a las descargas de agua del continente.

Los resultados de las variables químicas durante la Fase I, en las áreas de trabajo (Tabla 12.6), mostraron valores dentro de lo normal, como se observó en relación al oxígeno a nivel de superficie (3,70 mL/L Parachique y 5,45 mL/L en Vichayo)

Tabla 12.6. Variables químicas en zonas de trabajo para determinación del crecimiento de *A. purpuratus*. Bahía de Sechura, Marzo, 2012

Estación	Prof. Total (m)	Nivel Muestra	Oxígeno (mL/L)	Fosfatos ( $\mu\text{mol/L}$ )	Silicatos ( $\mu\text{mol/L}$ )	Nitratos ( $\mu\text{mol/L}$ )	Nitritos ( $\mu\text{mol/L}$ )	Clorofila-a ( $\mu\text{g/L}$ )	pH	Alcalinidad (mg/L)	Transparencia (m)
Parachique	10.04	0	3.70	4.03	1.03	1.52	0.46	6.46	8.09	135.72	1
		8	1.96	4.36	14.36	6.50	1.50	1.03	7.79	132.15	
Vichayo	11.94	0	5.45	2.45	1.46	2.12	0.36	5.48	8.42	134.91	1
		11.94	1.57	5.36	12.59	5.70	0.98	0.59	8.22	132.53	

Respecto a la clorofila-a mantuvieron concentraciones altas en superficie (6,46  $\mu\text{g/L}$  Parachique y 5,48  $\mu\text{g/L}$  Vichayo), por otro lado, el pH siguió el mismo patrón que el oxígeno con disminución en sus valores.

En Parachique se encontró una coloración “verde amarillenta” del agua de mar, en Vichayo presentó un color verde oscuro con marrón, en ambos casos la transparencia del agua de mar llegó a 1 m de profundidad indicando alta turbidez.

En lo que respecta a los nutrientes en relación al muestreo del 22 y 23 Febrero 2012 por la componente oceanográfica, en los fosfatos superficiales se registró un incremento en Parachique (4,36  $\mu\text{mol/L}$ ), mientras que en Vichayo el valor fue de 2,45  $\mu\text{mol/L}$  que estuvo dentro del rango normal. Los bajos valores de silicatos y nitratos (< 5  $\mu\text{mol/L}$ ) en superficie se deben a un mayor consumo de estos nutrientes por especies fitoplanctónicas.

Los resultados de las variables químicas durante la Fase II (Tabla 12.7) en las áreas de trabajo han mostrado valores dentro de los rangos normales. En relación al oxígeno a nivel de superficie, los valores fueron mayores a los registrados en el verano (6,47 mL/L Parachique y 6,58 mL/L en Vichayo), siendo ligeramente elevados debido a una alta actividad fotosintética producida por una alta concentración de fitoplancton.

Tabla 12.7. Variables químicas en zonas de trabajo para determinación del crecimiento de concha de abanico. Bahía de Sechura, Julio, 2012.

Area	Prof. Total (m)	Nivel Muestra	Oxígeno (mL/L)	Fosfatos ( $\mu\text{mol/L}$ )	Silicatos ( $\mu\text{mol/L}$ )	Nitratos ( $\mu\text{mol/L}$ )	Nitritos ( $\mu\text{mol/L}$ )	Clorofila-a ( $\mu\text{g/L}$ )	pH	Alcalinidad (mg/L)	Transparencia (m)
Parachique	9.87	0	6.47	0.71	2.06	4.67	0.11	4.34	7.59	130.78	2
		8	3.55	1.22	10.75	10.53	0.23	2.27	7.81	130.38	
Vichayo	11.92	0	6.58	0.95	4.82	7.74	0.20	3.93	7.51	132.06	2
		10	4.39	1.09	11.91	7.45	0.21	1.52	7.76	132.93	

Respecto a la clorofila-a en superficie, mantuvieron concentraciones menores a las registradas en el verano (4,34  $\mu\text{g/L}$  Parachique y 3,93  $\mu\text{g/L}$  Vichayo), por otro lado, el pH fue menor en superficie.

En las 2 áreas la transparencia del agua de mar llegó a 2 m de profundidad indicando menor turbidez con respecto al verano.

En lo que respecta a los nutrientes, en los fosfatos superficiales se registró menores valores que en el verano, tanto para Parachique (0,71  $\mu\text{mol/L}$ ), como para Vichayo (0,95  $\mu\text{mol/L}$ ), valores que estuvieron dentro del rango normal, lo cual puede haber contribuido a que mejore el crecimiento de la concha de abanico en Parachique. Los valores de silicatos y nitratos en superficie fueron más altos que en el verano (nitratos > 5  $\mu\text{mol/L}$ , en Vichayo).

En cuanto a parámetros biológicos durante la Fase I (Verano), las diatomeas marinas destacaron por los mayores aportes (65% superficie y 75% fondo), con el máximo en el fondo.

El grupo de los dinoflagelados fue el segundo mejor representado en superficie donde registró el doble de abundancia que en el fondo, en tanto que los silicoflagelados, fitoflagelados y cocolitofóridos no superaron el 10 % del total de especies para ambos niveles .

En el grupo de dinoflagelados destacaron por su amplia distribución los de distribución cosmopolita como *Ceratium fusus* var. *fuscus*, *C. furca* y *Prorocentrum micans*, con un máximo de  $14 \times 10^3$  cels. $\text{L}^{-1}$  (Vichayo, superficie) dado por la primera especie.

Entre las especies consideradas potencialmente tóxicas destacaron por su frecuencia y abundancia *Pseudo-nitzschia pungens* con un máximo de  $58 \times 10^3$  cels.  $L^{-1}$  (Vichayo, superficie) y *Pseudo-nitzschia* grupo *delicatissima* con  $32 \times 10^3$  cels.  $L^{-1}$  (Parachique, superficie). Los dinoflagelados no reportaron valores celulares mayores a  $1 \times 10^3$  cels.  $L^{-1}$ .

Durante la Fase II (Invierno), en orden de importancia según las altas densidades celulares, se observaron las diatomeas, seguido de los flagelados, dinoflagelados y silicoflagelados. La TSM en superficie fue de  $17,8^\circ$ .

Las concentraciones totales del fitoplancton se localizaron principalmente en Vichayo (similar a lo encontrado en el verano), con valores entre  $842 \times 10^3$  cels. $L^{-1}$  y  $2\,062 \times 10^3$  cels. $L^{-1}$ , en el nivel de fondo y superficie, respectivamente, con un valor medio de  $1\,399 \times 10^3$  cels. $L^{-1}$ , menor que en el verano del 2012 ( $1\,449 \times 10^3$  cels. $L^{-1}$ ).

La diatomea *D. pumila* presentó distribución muy homogénea en Parachique, a diferencia de Vichayo, donde se registraron las mayores concentraciones en superficie, seguido de *Chaetoceros debilis* ( $3 \times 10^3$  cels. $L^{-1}$ ), *Lithodesmiun undulatum* ( $2 \times 10^3$  cels. $L^{-1}$ ) y *Thalassionema nitzschioides* ( $1 \times 10^3$  cels. $L^{-1}$ ), esta última en el fondo.

Los dinoflagelados disminuyeron considerablemente, obteniéndose densidades menores a  $160$  cels. $L^{-1}$ , sobresaliendo *Gymnodinium lohmani* y *Sxcripsiella trochoidea*.

## 12.4 DISCUSIÓN

La alta mortalidad registrada durante los primeros meses del experimento (Fase I-Verano), habría sido originada por el ingreso de aguas del continente (descarga del Estuario de Virrila por altas precipitaciones), altas concentraciones de partículas en suspensión, eventos de floraciones algales y anoxia. En este sentido URIBE Y BLANCO (2001), mencionan que la escasez de oxígeno muchas veces es causante de altas mortalidades de moluscos bivalvos, debido a la mezcla de aguas con una mínima de oxígeno, provocada por la alta descomposición de sedimentos.

Así mismo estos autores mencionan que aún en bahías altamente productivas el oxígeno disuelto es vital para el desarrollo de los cultivos, especialmente en bahías o lugares con poca circulación de agua, tal como se observó en la bahía de Sechura en

la Fase de Verano, ya que uno de los factores que altera el metabolismo de los organismos filtradores es la velocidad de las corrientes. Contrario al Verano, en la Fase de Invierno los valores de oxígeno disuelto fueron más altos, lo cual esta asociado a una temperatura más baja.

En relación a las tasas de crecimiento, en el presente trabajo se determinó una tasa promedio de 8,00 y 7,74 mm mes<sup>-1</sup> a la densidad de 50 ind m<sup>2</sup> (300 ejem./corral) en ejemplares con rango de talla de 45-49 y 50-54 mm, respectivamente. ECHE et al. (2010), encontraron una tasa de crecimiento máxima de 6,6 mm mes<sup>-1</sup> a la densidad de 30 ind m<sup>2</sup>, para ejemplares con 50 mm de talla promedio en un experimento con diferentes densidades de concha de abanico en corrales, en la zona de Parachique. Así mismo estos autores encontraron una relación directa entre la densidad de siembra y el crecimiento de la concha de abanico en cultivos de fondo. En el presente trabajo no se encontró diferencias entre las densidades utilizadas.

Así mismo MENDO et al. (2010) en un experimento realizado en Parachique con diferentes densidades de concha de abanico en corrales de fondo, encontraron una relación inversa entre crecimiento y mortalidad, con la densidad de siembra.

Referente a las tasas de crecimiento por rangos de talla, en Parachique las tasas promedio presentaron una tendencia creciente en los rangos de talla menores, mientras que las tasas promedio a mayores tamaños no presentaron tendencias. Sin embargo en Vichayo se observó una tendencia decreciente a medida que los rangos de talla fueron mayores. En este sentido WOLFF (1985) menciona que la tendencia creciente en las tasas de crecimiento de la concha de abanico hasta cierto tamaño y su posterior decrecimiento, ha sido observado también en otros pectínidos.

Comparando las tasas de crecimiento de concha de abanico encontradas en otras zonas de trabajo, CISNEROS Y ARGUELLES (1994) encontraron una tasa de crecimiento de 11,7 mm/mes en un trabajo realizado en la Playa El Carbón, Pucusana a diferentes densidades en cultivo suspendido, durante los años 1992-93 (periodo cálido), menor a lo encontrado en Sechura en cultivos de fondo, lo cual indica que la temperatura es determinante en el crecimiento de esta especie. Sin embargo los resultados encontrados en Parachique, pese a que se trabajó en corrales de fondo, coinciden con CISNEROS et al. (2008), quienes reportaron tasas de crecimiento de concha de abanico

de 7,4 a 8,3 mm.mes<sup>-1</sup> en un estudio realizado sobre crecimiento de concha de abanico, también en Pucusana, utilizando cultivo suspendido.

Respecto a las diferencias de crecimiento observadas en las dos áreas, el crecimiento fue menor en Vichayo ( pese a que en esta zona los valores de fitoplancton y clorofila-a fueron más altos que en Parachique), lo cual pudo estar influenciado por un mayor desove de los ejemplares en esa zona, pues el desove en pectinidos puede ser disparado por explosiones fitoplanctónicas y concentraciones altas de clorofila-a (ARELLANO, 2005), en ese sentido la gametogénesis también es determinante en el crecimiento de los bivalvos, teniendo en cuenta que la maduración reproductiva es un proceso energéticamente costoso y en consecuencia el crecimiento somático disminuye o se paraliza durante este periodo, cuando la energía está siendo canalizada a las gónadas (SATO, 1994). Por otro lado es común observar que la tasa de crecimiento en bivalvos es acelerada durante la fase juvenil, pero esta se reduce justo al inicio de la gametogénesis (LODEIROS, 1996).

El crecimiento de los organismos marinos está influenciado por factores endógenos y exógenos (BERNARD 1983; GRIFFITHS & GRIFFITHS, 1987; THOMPSON & McDONALD 1991), dentro de los factores endógenos se pueden mencionar el genético, el cual determina en gran medida el crecimiento de los organismos, debido a que está muy relacionado al control del sistema endocrino (MATHIEU & TOULLEC, 1991); en este trabajo los ejemplares marcados y sembrados en Parachique eran propios de la bahía de Sechura y los de Vichayo ejemplares trasladados de la Isla Lobos de tierra (según referencia de los trabajadores de las áreas de repoblamiento); si los ejemplares fueran de diferentes poblaciones, esto podría haber influido en el crecimiento obtenido en las diferentes áreas, lo cual habría que corroborar realizando trabajos sobre genética de estas poblaciones. Respecto a los factores exógenos se puede mencionar la influencia de las características físico-químicas del agua, tales como temperatura, salinidad y oxígeno disuelto, que son factores frecuentemente reportados como variables que también determinan la tasa de crecimiento en bivalvos (SICARD et al., 1999).



## 12.5 REFERENCIAS

- ARELLANO M. 2005. Características ecofisiológicas de la reproducción *Nodipecten subnodosus* (Sowerby, 1835) (PECTINIDAE) en la laguna Ojo de Liebre, B.C.S., México. Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias. CICIMAR, 167 pp.
- BERNARD FR. 1983. Physiology and the mariculture of some northeastern Pacific bivalve molluscs. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 63:24pp.
- CISNEROS R, BAUTISTA J, ARGUELLES J. 2008. Crecimiento comparativo de semillas de la concha de abanico *Argopecten purpuratus* (L.) en sistemas suspendidos. Ecol. Apl. Vol. 7 (1,2) : 81-87.
- CISNEROS R., ARGUELLES J. 1994. Cultivo experimental de la concha de abanico *Argopecten purpuratus* (L.) a diferentes densidades y profundidades en sistema suspendido. La Acuicultura y el Desarrollo Sostenible, Santa Fé de Bogotá, Colombia : 463-468.
- ECHE A., LEÓN W., MENDO J. 2010. Crecimiento y mortalidad de concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) sembrada en sistemas de fondo a diferentes densidades frente a Parachique, Bahía de Sechura. Seminario Bases científicas y tecnológicas para incrementar la productividad del cultivo de concha de abanico en áreas de repoblamiento en la Bahía de Sechura. Piura, 11 de noviembre del 2010 : 22-24 p
- GRIFFITHS CL, GRIFFITHS RJ. 1987. Bivalvia. En: J.H. Pandian & F.J. Vernberg (eds.). Animal energetics, Vol. 2. Academic Press. N.Y. Pp. 1-88.
- HADDON, M. 2011. Modelling and quantitative methods in fisheries. 2nd ed. Chapman & Hall Book. 449 p.
- INCZE L.S., R.A. LUTZ & E. TRUE. 1981. Modeling carrying capacities for bivalve mollusc in open, suspended–culture systems. *J. World Maricul. Soc.*12(1):143-155.
- LODEIROS C. 1996. Influence des facteurs environnementaux sur la croissance du pétoncle tropical *Eulova (Pecten) ziczac* (L. 1758) Cultivé en suspension au Golfo de Cariaco, Venezuela. Tesis Ph.D., Departamento de Biología, Universidad Laval. 110 pp.

MAEDA-MARTÍNEZ AN. 2001. Los moluscos pectínidos de Iberoamérica: Ciencia y Acuicultura. Editorial Limusa, México. 501pp.

MATHIEU M, TOULLEC JY. 1991. Hormonal control of growth in the scallop. *En*: SHUMWAY SE, SANDIFER PA (eds). An international compendium of scallop biology and culture. World Aquaculture Workshop, No. 1. World Aquaculture Society, Baton Rouge, L.A. Pp. 142-145.

MENDO J., ORREGO H, DEL SOLAR A. 2010. Estimación de la biomasa y beneficio económico de *Argopecten purpuratus* en relación a la talla de cosecha y a la densidad de siembra en la Bahía de Sechura. Seminario Bases científicas y tecnológicas para incrementar la productividad del cultivo de concha de abanico en áreas de repoblamiento en la Bahía de Sechura. Piura, 11 de noviembre del 2010 : 42-46.

SARA G., MAZZOLA A. 2004. The carrying capacity for Mediterranean bivalve suspension feeders : evidence from analysis of food availability and hydrodynamics and their integration into a local model. *Ecological Modelling*. 179, 3 : 281-296.

SICARD MT, MAEDA-MARTÍNEZ A.N, ORMART P, REYNOSO-GRANADOS T, CARCALHO L. 1999. Optimum temperature for growth in the Catarina scallop (*Argopecten ventricosus-circularis*, Sowerby II, 1842). *J. Shellfish Res.* 18:385-392.

SPARRE P. & VENEMA S. 1997. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales, Parte 1 : Manual. FAO, Documento Técnico de Pesca, 306/1, rev.2.

TARAZONA J, ESPINOZA R, SOLIS M, ARNTZ W. 2007. Crecimiento y producción somática de la concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en Bahía Independencia, Pisco (Perú) comparados entre eventos El Niño y La Niña. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. 42(3): 275-285.

THOMPSON JR, MACDONAL B. 1991. Physiological integrations and energy partitioning. Pp. 347-376. *En*: SHUMWAY SE (ed). Scallop: biology, ecology and aquaculture. Developments in Aquaculture and Fisheries Science Vol. 21, Elsevier Science Publisher, N.Y.

URIBE E, BLANCO JL. 2001. Capacidad de los sistemas acuáticos para el sostenimiento del cultivo de pectínidos: el caso de *Argopecten purpuratus* en la Bahía Tongoy, Chile. En: A. N. Maeda-Martínez (ed.). Los Moluscos Pectínidos de Iberoamérica: Ciencia y Acuicultura.

WOLFF M. 1985. Abundancia masiva y crecimiento de preadultos de la concha de abanico peruana (*Argopecten purpuratus*) en la zona de Pisco bajo condiciones de El Niño 1983. Bol. Inst. Mar Perú-Callao, Vol. Extraordinario : 222 pp.

### **XIII. TASA DE FILTRACIÓN E INGESTIÓN Y CONSUMO DE OXÍGENO DE *Argopecten purpuratus* EN CONDICIONES DE LABORATORIO**

*Alfredo Flores*

Área Funcional de Investigaciones en Acuicultura, DGIA, IMARPE

#### **13.1 INTRODUCCION**

La concha de abanico *Argopecten purpuratus* (Lamarck 1819) es una de las especies de bivalvos de mayor importancia en la costa peruana, debido a su alta productividad e importancia como producto de exportación. Sin embargo a pesar de ser un organismo de alto potencial de cultivo y manejo, algunos aspectos fisiológicos como alimentación, digestión y metabolismo son poco conocidos y más aún en sus diferentes etapas de desarrollo (adulto, juvenil y semilla), siendo estos de importancia fundamental para un cultivo y manejo exitoso. Los problemas más 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, para lo cual es fundamental el conocimiento de sus hábitos alimentarios y sus requerimientos nutricionales, así como el costo energético requerido para satisfacerlos.

La capacidad de carga puede ser definida como la biomasa o abundancia de bivalvos que debe ser mantenida dentro de un ecosistema particular, sin afectar negativamente sus producciones y sanidad ambiental (DUARTE, 2003). En este contexto la tasa de filtración (F) y tasa de ingestión (I) son parámetros críticos, pues a partir de estos es posible estimar la cantidad de alimento retenido por las branquias y potencialmente ingerido por el animal. La tasa de filtración (F) o tasa de aclaramiento es definida como el volumen de agua filtrada completamente libre de partículas por unidad de tiempo y es también a veces sinónimamente usado como la tasa de bombeo cuando todas las partículas de entrada a la cavidad del manto son completamente retenidas por las branquias (RAJESH Y KRIPA, 2001). Esta actividad de filtración en bivalvos se ve influenciada por varios factores como la concentración de fitoplancton, calidad, cantidad y talla de las partículas de alimento y talla del animal. La tasa de filtración de invertebrados bentónicos ha sido tradicionalmente medida como una tasa de remoción de material suspendido (fitoplancton o partículas inorgánicas) por algunos bivalvos, en

algunos periodos cortos de tiempo, utilizando recipientes experimentales confinados y bajo condiciones estáticas (COLE et al., 1992).

Para cuantificar el consumo de fitoplancton, es necesario calcular la Tasa de ingestión (I) definida como el número de células de algas consumidas por unidad de tiempo (RAJESH Y KRIPA, 2001), la cual es un producto de F y la concentración de partículas de fitoplancton. En conjunto estos dos componentes F e I nos permiten estudiar y establecer los requerimientos alimenticios del organismo.

El estado metabólico de los organismos refleja el nivel de demanda y gasto energético y la regulación de los procesos fisiológicos que este realiza, de tal manera que un aumento de la temperatura está asociada a una mayor tasa de ingestión, lo que hace un balance de energía negativa, caso contrario cuando la temperatura se reduce existe un decrecimiento en la tasa de ingestión y bajo consumo de energía, haciendo un balance de energía positivo (DELGADO, M & A. PÉREZ, 2006). Del mismo modo el oxígeno disuelto (OD) es un factor regulador metabólico en los organismos acuáticos, que puede limitar la capacidad metabólica y consecuentemente la producción de biomasa (ROSAS et al., 1998), y generalmente se mide, mediante la determinación del consumo de este gas en un respirómetro (HERNÁNDEZ et al., 2007).

Estos procesos varían principalmente por estadios de vida, estado reproductivo, proceso de digestión y estado de salud, así como por la variación ambiental (temperatura, disponibilidad y composición de alimento, composición y variación fisicoquímica del agua entre otros) y puede ser registrado este estado metabólico a través de los índices de consumo de oxígeno (CO) y excreción de amonio. Por lo tanto, aceptando la hipótesis del grado de influencia del estado reproductivo, digestión y variación ambiental sobre estado metabólico se establece la necesidad de aislar cada uno de estas fuentes de variación metabólica a condiciones controladas estándar de laboratorio, para luego cuantificar el efecto de estas fuentes de variación.

En este sentido, los objetivos del presente estudio fue evaluar bajo condiciones de laboratorio a 22° y 17°C de temperatura: a) la tasa de filtración e ingestión de la concha abanico, en tres estadios de desarrollo (semilla, juvenil y adulto), alimentada con diferentes concentraciones de microalgas, y b) el consumo específico de oxígeno (CEO) según estadio de desarrollo.

### 13.2 MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó en ejemplares de concha de abanico que fueron colectados en la Bahía de Sechura, en el mes de febrero (Fase I-Verano) y Julio (Fase II – Invierno), los que fueron transportados al Laboratorio de Biología Experimental del Instituto del Mar del Perú (IMARPE). En el laboratorio, los ejemplares fueron seleccionados según tamaño y estabulados en un sistema de bandejas plásticas cribadas (2 bandejas para adultos, 1 para juveniles y 1 para semillas) suspendidas en un tanque circular de 2 m<sup>3</sup>, conectado a un sistema de recirculación a 22±1°C para simular condiciones de verano y 17±1°C para simular condiciones de invierno, durante un periodo de 10 días (Fig. 13.1). En este periodo la dieta diaria suministrada estuvo constituida por 2 especies de microalgas: *Chaetoceros calcitrans* e *Isochrysis galvana*.



Figura 13.1. Sistema de acondicionamiento de ejemplares de *A. purpuratus* en el Laboratorio de Biología Experimental (IMARPE).

### Tasa de Filtración (F) e Ingestión (I)

Para la realización de los experimentos, los individuos se dividieron en 3 grupos de tallas: semillas, juveniles y adultos (Tablas 13.1 y 13.2). Cada grupo con 3 ejemplares, los cuales se midieron con un Vernier de  $\pm 0.01$  mm de precisión. El peso húmedo total se obtuvo con una balanza Sartorius TE1502S (0.01 g de precisión).

Tabla 13.1. Talla (cm) y peso (g) de ejemplares de *A. purpuratus*, para las pruebas de Tasa de Filtración (F) e Ingestión (I). Fase I- Verano.

Estadio	Ejemplar	Peso Húmedo total (gr.)	Longitud (cm.)	Altura (cm.)
Adulta	A1	70,51	7,7	7,2
	A2	73,91	7,5	7,3
	A3	78,84	7,6	7,4
Juvenil	J1	14,11	4,1	4,1
	J2	15,12	4,4	4,4
	J3	14,66	4,2	4,0
Semilla	S1	4,55	2,9	3,0
	S2	4,96	3,1	3,1
	S3	4,96	3,1	3,1

Tabla 13.2. Talla (cm) y peso (g) de ejemplares de *A. purpuratus*, para las pruebas de Tasa de Filtración (F) e Ingestión (I). Fase II- Invierno

Estadio	Ejemplar	Peso húmedo total (g)	Longitud (cm)	Altura (cm)
Adulto	A1	106,34	8,3	8
	A2	85,36	7,6	7,5
	A3	116,94	7,6	8,3
Juvenil	J1	30,27	5,7	5,4
	J2	31,51	5,9	5,5
	J3	28,72	5,4	5,4
Semilla	S1	7,61	3,1	3,1
	S2	6,88	3,0	3,0
	S3	7,32	3,1	3,1

Los grupos de individuos se mantuvieron en ayuno por 24 horas antes de cada prueba, con el fin de que vacíen su contenido estomacal. Pasado el tiempo de ayuno, fueron estabulados en las unidades experimentales, según su grupo de talla. La distribución de los ejemplares pertenecientes a cada grupo fue al azar, donde cada

individuo podía ocupar cualquier recipiente. Se dejó un control para cada prueba, de modo que cada una se realizó por triplicado.

Durante las pruebas se utilizó agua de mar filtrada, pasada por filtros de 10, 5 y 1 micras ( $\mu$ ), esterilizada con lámparas UV. Las unidades experimentales fueron recipientes de 2 L, a los cuales se colocó aireación constante. Se trabajó con 3 concentraciones microalgales de *Chaetoceros calcitrans*:  $1 \times 10^6$  (C1),  $4,5 \times 10^5$  (C2) y  $2,5 \times 10^5$  Cels.mL<sup>-1</sup> (C3). Los organismos se colocaron de manera individual en sus respectivos recipientes.

Se obtuvieron muestras cada hora, realizándose los conteos de fitoplancton en una cámara Neubauer (0,1 mm de profundidad) y un microscopio compuesto.

#### **Análisis de datos para F e I:**

La tasa de filtración se estimó con la siguiente formula CONOVER & HUNTLEY (1980):

$$F = \frac{V \times g}{N}$$

Donde:

F = tasa de filtración (ml.min<sup>-1</sup>.individuo<sup>-1</sup>),

N = Número de individuos

V = Volumen del recipiente

g = Constante de filtración (ml.min<sup>-1</sup>).

La constante de filtración puede ser calculada por:

$$g = k - \frac{\left[ \ln \left( \frac{C_2}{C_1} \right) \right]}{t_2 - t_1}$$

Donde, k= crecimiento de fitoplancton (Cels.mL<sup>-1</sup>), C1 y C2 son la concentración inicial y final (Cels.mL<sup>-1</sup>) respectivamente, t<sub>1</sub> y t<sub>2</sub> son los tiempos inicial y final (horas).

El crecimiento del fitoplancton (k) se obtuvo al aplicar la siguiente ecuación:

$$k = \frac{\left[ \ln \left( \frac{C_2}{C_1} \right) \right]}{t_2 - t_1}$$

Donde C2 es la concentración final en los compartimientos controles.



Las ecuaciones (1), (2) y (3) se aplicaron para estimar la tasa de filtración (F) para los 3 grupos y sus respectivas concentraciones.

La tasa de ingestión (I) se estimó como (CONOVER Y HUNTLEY, 1980):

$$I = F \times C_m$$

Donde:

I = Tasa de ingestión (células.min<sup>-1</sup>.individuo<sup>-1</sup>)

F definido anteriormente

C<sub>m</sub> = concentración media de fitoplancton durante el periodo experimental (células.ml<sup>-1</sup>).

De acuerdo a MCCLATCHIE Y LEWIS (1986), C<sub>m</sub>:

$$C_m = \frac{C_1[\exp((k - g)t) - 1]}{t(k - g)}$$

## Respirometría

Para realizar la respirometría se diseñó un sistema experimental que fue utilizado tanto para semillas, juveniles y adultos de conchas de abanico, utilizándose respirómetros de 1,7 L de capacidad sumergidos en un acuario de 40 L para mantener temperatura constante (22±1°C y 17±1°C). En este sistema, el recambio de agua se realizó manualmente al inicio de cada prueba.

Los ejemplares (se trabajó cada grupo por vez) fueron transferidos a los respirómetros con mínima manipulación de estos a fin de disminuir el “estrés”. La biometría realizada a los individuos incluyó peso total húmedo (PTH), longitud total (LT), altura (A), volumen total (VT) y en envoltura de papel de aluminio fueron mantenidos a 60 °C por 48 horas para obtener el peso seco total (PST) (Tablas 13.3 y 13.4).

El oxígeno disuelto se midió con un equipo de marca OXI 4, con cuatro microsensores de alta fidelidad, con lecturas de oxígeno disuelto cada 15 segundos (Tabla 12.4).

Tabla 13.3. Talla (cm) y peso (g) de ejemplares de *A. purpuratus*, para las pruebas de respirometría a 22 °C.

Estadio	Ejemplar	Peso Húmedo total (gr.)	Longitud total (cm.)	Altura (cm.)	Peso seco (gr.)
Adulto	A1	68.32	7.5	6.9	2.7878
	A2	74.27	7.1	6.9	2.3307
	A3	66.22	7.0	6.9	3.0107
Juvenil	J1	17.30	4.6	4.4	0.7298
	J2	17.23	4.7	4.5	0.7354
	J3	17.50	4.6	4.5	0.6953
Semilla	S1	3.31	2.6	2.7	0.1470
	S2	3.25	2.6	2.6	0.1375
	S3	3.38	2.5	2.6	0.1367

Tabla 13.4. Talla (cm) y peso (g) de ejemplares de *A. purpuratus*, para las pruebas de respirometría a 17 °C.

Estadio	Ejemplar	Peso Húmedo total (gr.)	Longitud total (cm.)	Altura (cm.)	Peso seco (gr.)
Adulto	A1	97,33	7,7	7,6	2.2579
	A2	118,72	8,6	8,5	3.2066
	A3	126,49	8,8	8,6	4.2236
Juvenil	J1	26,83	5,6	5,6	1.0788
	J2	30,81	5,7	5,5	1.0678
	J3	27,29	5,7	5,5	1.073
Semilla	S1	8,81	3,8	3,7	0.3582
	S2	5,67	3,1	3,2	0.2216
	S3	7,8	3,6	3,5	0.3406

### Determinación del Consumo Específico de Oxígeno (CEO)

Para la determinación del Consumo Específico de Oxígeno (CEO) en estado de reposo, con la metodología antes descrita, se procesaron 3 individuos por prueba con un control (Fig. 13.2), en un total de 3 pruebas para cada estadio de desarrollo (adulto, juvenil y semilla).

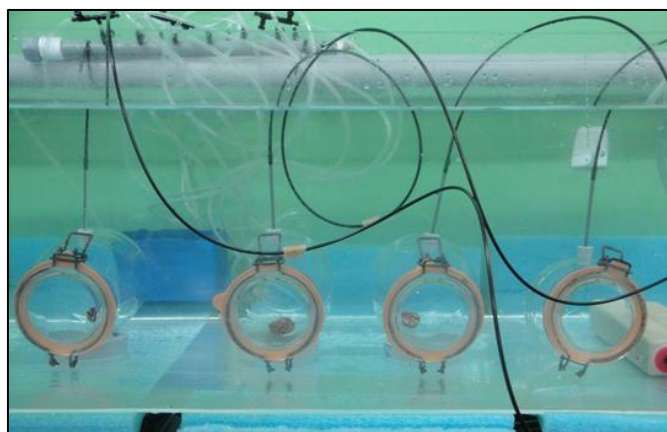


Figura 13.2. Sistema para pruebas de respirometría en *A. purpuratus*

### 13.3 RESULTADOS

#### Tasa de Filtración (F) e Ingestión (I)

La calidad del alimento es un componente crítico para la alimentación y estado fisiológico de bivalvos, es así que *C. calcitrans* posee un buen valor nutritivo comparado a otros monocultivos algales (Walne, 1970). 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 (Uribe et al., 1996).

En este sentido se observan los mayores valores promedio de Tasa de filtración (F) para los ejemplares adultos y los menores para las semillas en ambas temperaturas (Figs. 05 y 06), corroborando lo observado en otros bivalvos donde la tasa F incrementa a medida que aumenta el tamaño corporal (WINTER et al., 1984; URIBE et al., 1996).

Para el caso de verano (22º) los resultados muestran una relación inversa entre la tasa de filtración y la concentración microalgal sobre todo en los individuos adultos (Fig. 05), a diferencia de lo observado a 17ºC donde los valores de F son similares a las tres concentraciones según estadio de desarrollo (Figs. 13.3 y 13.4).

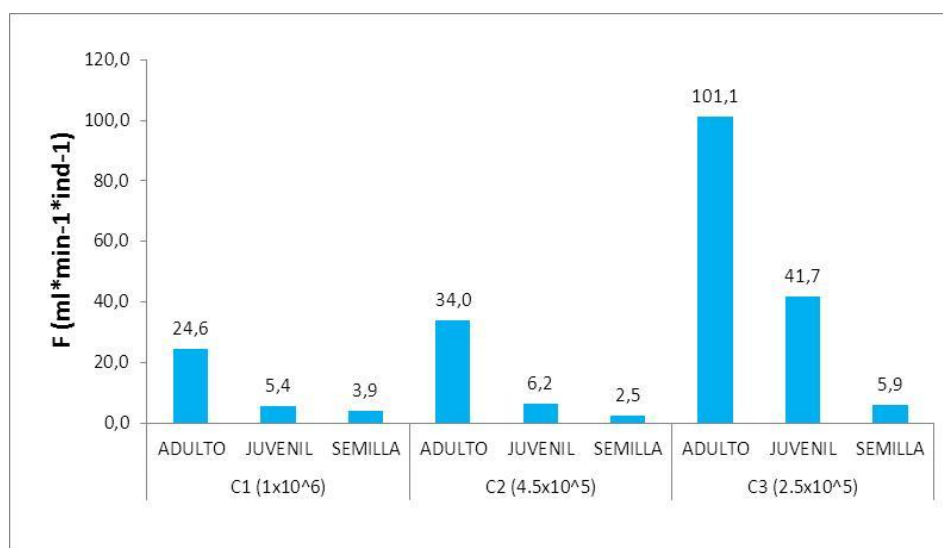


Figura 13.3. Tasa filtración (F) de *A. purpuratus* en diferentes estadios de desarrollo a 22°C



Figura 13.4. Tasa filtración (F) de *A. purpuratus* en diferentes estadios de desarrollo a 17°C

Respecto a la tasa de ingestión (I) que fue determinada a partir de valores de F y concentración media del alimento (Cm), se observa los mayores valores promedio en los individuos adultos y los menores en las semillas (Figs. 5 y 6), así mismo según muestran los resultados existe una relación directamente proporcional entre la concentración microalgal y la tasa de ingestión (I), observándose un incremento en la tasa de ingestión (I) a media que aumenta la concentración de alimento, en adultos, juveniles y semillas tanto a 17 °C (Fig. 5) como a 22 °C (Fig. 6).

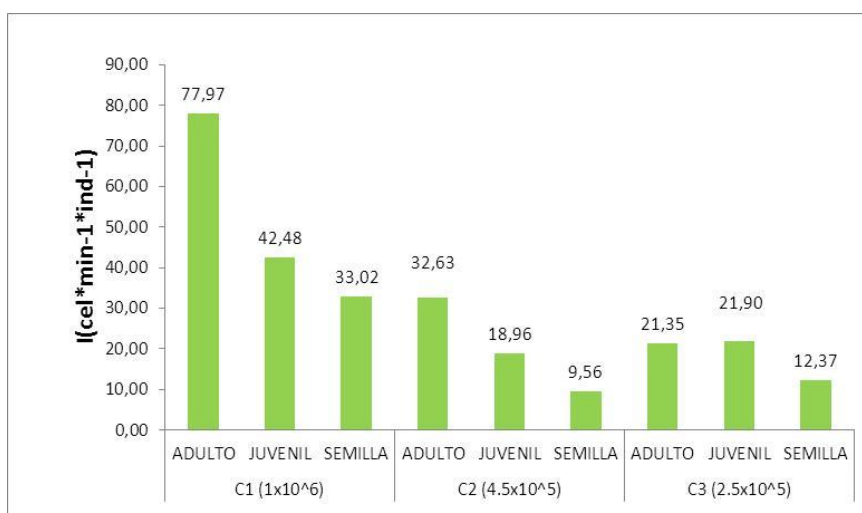


Figura 13.5. Tasa ingestión (I) de *A. purpuratus* en diferentes estadios de desarrollo a 22°C

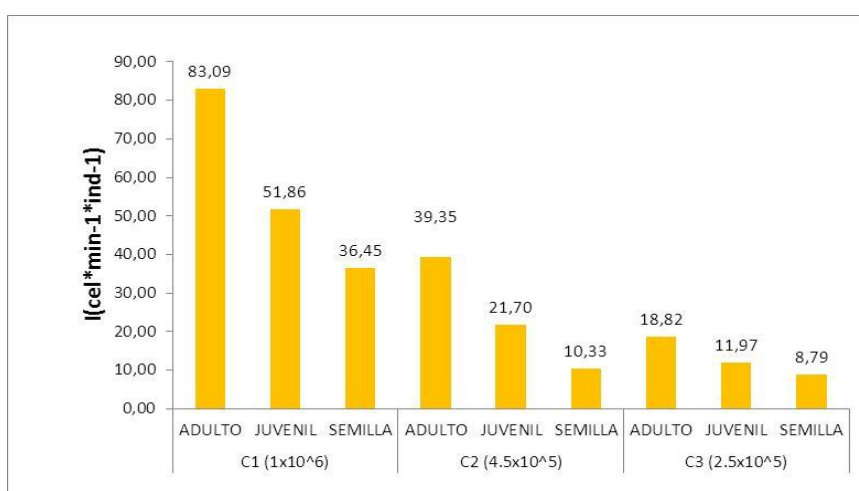


Figura 13.6. Tasa ingestión (I) de *A. purpuratus* en diferentes estadios de desarrollo a 17°C.

### Determinación del Consumo de Oxígeno Específico (COE)

Al observar la curva de regresión del consumo de oxígeno registrada en los diferentes estadios de desarrollo en concha de abanico tanto para 22 como 17°C, se comprueba que este es inversamente proporcional a la masa orgánica de los individuos. Los individuos evaluados estuvieron entre 2.5 cm hasta 7.7 cm de Longitud Total (Tablas 13.3 y 13.4).

Para la Fase de Verano se observó que el COE promedio para adultos, juveniles y semillas fue de 0.317, 1.005 y 3.082 01 mg O<sub>2</sub> l<sup>-1</sup> min<sup>-1</sup> respectivamente (Fig. 13.7).

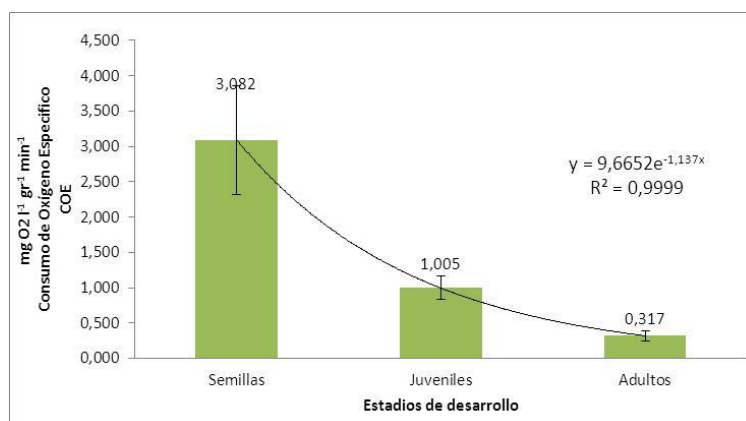


Figura 13.7. Consumo de Oxígeno Específico promedio de *A. purpuratus* en diferentes estadios a 22°C

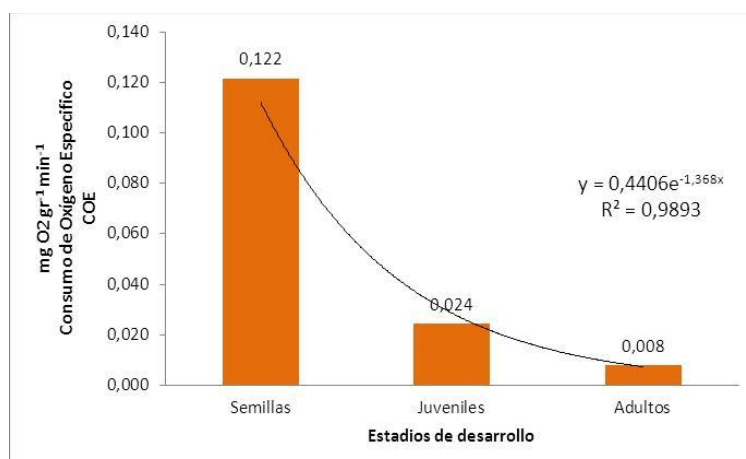


Figura 13.8. Consumo de Oxígeno Específico promedio de *A. purpuratus* en diferentes estadios a 22°C

Para la Fase de Invierno (17°C) los resultados muestran que el CEO promedio de concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en condiciones de laboratorio fue de 0,008, 0,024 y 0,122 mg O<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> min<sup>-1</sup> para adultos, juveniles y semillas respectivamente (Fig. 13.8).

### 13.4 DISCUSIÓN

En bivalvos en general la tasa de filtración decrece con el incremento de la concentración de alimento debido a que el exceso de concentración algal comienza a tener un efecto negativo en la tasa de filtración (WINTER et al., 1984), para nuestro

caso esta regla no se cumplió, debido a que los niveles de concentración de alimento trabajados  $1 \times 10^6$  (C1),  $4.5 \times 10^5$  (C2) y  $2.5 \times 10^5$  células.ml<sup>-1</sup> (C3), no tuvieron un efecto negativo en F tanto a 22°C como 17°C.

Lo observado respecto a la Tasa de Ingestión (I) corrobora la existencia de una relación directamente proporcional entre la concentración microalgal y la tasa de ingestión (I), observándose un incremento a media que aumenta la concentración de alimento tanto en adultos, juveniles y semillas (WINTER et al., 1984; URIBE et al., 1996) tanto a 22°C como 17°C.

En pectinidos BRICELJ & SHUMWAY (1991) han postulado 3 posibles mecanismos de regulación de la ingestión frente a una alta oferta de alimento: a) una conducta alimentaria discontinua, b) reduciendo la tasa de filtración, y c) incrementando la formación de pseudoheces. Esto sugiere que el mecanismo b) es preponderante en pectinidos (PALMER, 1980; CALAHAN et al., 1989) debido a que en bajas concentraciones microalgales los individuos deben filtrar mayor volumen de agua por unidad de tiempo para satisfacer sus requerimientos nutricionales, observándose en los individuos adultos (Figs. 13.5 y 13.6).

Si muy bien existe incertidumbre acerca del estado fisiológico de los individuos sometidos a experimentación. Alteraciones fisiológicas podrían haber resultado desde la aplicación de un periodo de aclimatación y de un periodo de ayuno previo a los experimentos. Este último podría activar algún mecanismo de compensación fisiológica y acelerar las tasas de filtración e ingestión, sin embargo el procedimiento aplicado en las evaluaciones de la tasa de filtración (F) e ingestión (I), es necesario para asegurar respuestas inmediatas frente a la oferta alimenticia, dada la corta duración de las experiencias, así mismo se pueden extraer conclusiones acerca de las tasas máximas en estas condiciones.

La ventaja de este diseño de corta duración (4 horas) es que permite evadir posibles ritmos de alimentación que usualmente muestran los organismos filtradores (HEAD et al., 1985), los cuales se presentan en mayores periodos de tiempo como el observado por MENDO et al. (2011), los cuales encontraron en concha de abanico que tallas de 45-55 y 75-85 mm de altura presentan un ritmo circadiano con mayor actividad de consumo a las 12:00 y 18:00 horas, respectivamente y que la tasa de filtración durante

el ciclo de un día, mostró igualmente un ritmo circadiano a 9 que a 4 m de profundidad en la columna de agua.

En cuanto al Consumo de Oxígeno Específico (COE) por *Argopecten purpuratus*, este nos evidencia que el estado fisiológico tiene una influencia directa con el nivel metabólico confirmando la existencia de una relación inversa entre el desarrollo corporal y el consumo de oxígeno por unidad de peso (PEÑUELA et al., 2007), lo cual se observó tanto para las pruebas a 22 como 17 °C.

El efecto de la temperatura en el COE para cada estadio de desarrollo es evidente, (PEÑUELA et al., 2007), un incremento de este factor acelera la mayoría de procesos fisiológicos, en nuestro caso la tasa de respiración (WALNE, 1972; GRIFFITHS & GRIFFITHS, 1987). El estado metabólico de los organismos refleja el nivel de demanda y gasto energético, así como la regulación de los procesos fisiológicos que este realiza, de tal manera que un aumento de la temperatura está asociado a una mayor tasa de ingestión, lo que hace un balance de energía negativo, caso contrario cuando la temperatura se reduce existe un decrecimiento en la tasa de ingestión y bajo consumo de energía, haciendo un balance de energía positivo (DELGADO & PÉREZ, 2006).

En consecuencia para nuestro caso, hemos encontrado incrementos de hasta 40 veces al comparar los valores de CEO obtenidos entre 17° y 22°C, debido a que, por estar los individuos (adultos, juveniles y semillas) acondicionados a una mayor temperatura (22°C) los requerimientos energéticos son muchos mas elevados (ARAYA et al., 1993). En este sentido se ha registrado para la Bahía de Sechura, valores máximos de temperatura hasta de 22°C (MENDO et al., 2011).

Experimentos en laboratorio pueden dar información complementaria de procesos tales como reproducción y crecimiento, permitiendo ajustar o validar parámetros utilizados en modelos pesqueros (PEÑAILILLO & ARAYA, 1996; GARRIDO et al., 2007), así como evaluar y predecir el impacto de cambios ambientales en organismos acuáticos de interés pesquero y acuícola, en nuestro caso para la concha de abanico *A. purpuratus*, brindando herramientas para una adecuada administración de los recursos.



### 13.5 REFERENCIAS

- ARAYA R, JORQUERA M & RIQUELME C. 1999. Asociación de bacterias al ciclo de vida de *Argopecten purpuratus*. Revista Chilena de Historia Natural. 72: 261-271.
- BRICELI VM, SHUMWAY S. 1991. Physiology: Energy acquisition and utilization. In: A. callops: Biology, Ecology and Aquaculture. S.E. Shumwa (Ed.). Elsevier. N.Y., pp. 305-346.
- CALAHAN JA, SIDDALL SE, LUCKENBACH MW. 1989. Effects of flow velocity, food concentration and particle flux on the growth rates of juvenile bay scallops, *Argopecten irradians*. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 129:45-60.
- COLE BE, THOMPSON JK, CLOERN JE. 1992. Measurement of filtration rates by infaunal bivalves in a recirculating flume. Marine Biology. 113: 219-225.
- CONOVER R, HUNTLEY M. 1980. General Rules of Grazing in pelagic ecosystems. In: Primary productivity in the sea. Falkowsky (Ed.) Plenum Press, N.Y., pp. 461-485
- DELGADO M, PÉREZ A. 2006. Influence of temperature on gonadal development of *Ruditapes philippinarum* (Adams and Reeve, 1850) with special reference to ingested food and energy balance. Aquaculture 264 (2007) 398–407.
- GARRIDO S, MARÇALO A, ZWOLINSKI J, VAN DER LINGEN CD. 2007. Laboratory investigations on the effect of prey size and concentration on the feeding behaviour of *Sardina pilchardus*. Mar Ecol Prog Ser 330: 189–199.
- GRIFFITHS, CL. & GRIFFITHS, R.F., 1987. Bivalvia. In Animal energetics (ed. T.J. Pandian and F.J. Vemberg), pp. 1-88. New York: Academic Press.
- HEAD E, HARRIS L, ABOU DC. 1985. Effects of daylength and food concentration on in situ feeding rhythms in Arctic copepods. Marine Ecology Progress Series 24: 281-282.
- MENDO J, YSLA L, ORREGO H, MIGLIO M, GIL P, DEL SOLAR A. 2011. Bases Científicas y Tecnológicas para incrementar la productividad del cultivo de concha de abanico en

áreas de repoblamiento en la Bahía de Sechura. Proyecto FINCYT – Contrato N° 01 – 2009.

PALMER RE. 1980. Behavioral and rhythmic aspects of filtration in the bay scallop, *Argopecten irradians concentricus* (Say), and the oyster, *Crassostrea virginica* (Gmelin). Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 45:273-295.

PEÑUELA Z, HERNANDEZ G, CORREDOR J, CRUZ P. 2007. Consumo de oxígeno en carachama blanca (*Piaractus brachipomus*) durante diferentes etapas de desarrollo corporal. Orinoquia. Vol 11, número 001. Villavicencio, Colombia, pp. 49 – 55

PEÑAILILLO J., ARAYA M. 1996. Momento de formación y periodicidad de los microincrementos de crecimiento en otolitos de larvas de pejerrey (*Austromenidia regia*) mantenidas en laboratorio. Invest. Mar., Valparaíso, 24: 31-38, 1996

RAJESH KV, MOHAMED KS, KRIPA V. 2001. Influence of algal cell concentration, salinity and body size on the filtration and ingestion rates of cultivable Indian bivalves. Indian Journal of Marine Science. 30: 87-92.

ROSAS C, MARTINEZ E, GAXIOLAL G, BRITO R, DIAZ-IGLESIA E, SOTO L. 1998. Effect of dissolved oxygen on the energy balance and survival of *Penaeus setiferus* juveniles. Marine Ecology Progress Series. Vol. 174: 67-75.

URIBE E, MORAGA J, ZÚÑIGA SG, GONZALO G, ÁLVAREZ V, ÁVALOS E, CHIRINO S. 2006. Establecimiento de un protocolo de seguimiento ambiental para la determinación de la capacidad de carga para el cultivo del ostión del norte. P R O Y E C T O FIP N° 2006-37.

WALNE, P. 1972. The Influence of Current Speed, Body Size and Water Temperature On the Filtration Rate of Five Species of Bivalves. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 52, pp 345-374.

YANTIAN T, NORMAN L, BLAKE J, TORRES J. 1999. Oxygen consumption and ammonia excretion of larvae and juveniles of the bay scallop, *Argopecten irradians concentricus* (SAY). Journal of Shellfish Research. 18(2): 419-423.

## IVX. MONITOREO DE MAREAS ROJAS

*Yessica Quispe*

Sede Regional de Paita, IMARPE

### 14.1 INTRODUCCIÓN

Las floraciones algales en sentido estricto o “mareas rojas” son discoloraciones del agua visibles a simple vista, debidas a proliferaciones de microorganismos planctónicos pigmentados (microalgas, ciliados, bacterias) (SAR et al., 2002).

En el Perú, las mareas rojas son eventos comunes en todo el litoral, especialmente en las estaciones de primavera y verano; las microalgas que ocasionan estas discoloraciones pueden tener efectos letales para los seres que habitan en el medio marino o para quienes las consumen, ya sea por el descenso sustancial de la cantidad de oxígeno con la producción de ácido sulfhídrico y/o cantidades de amonio ocasionando las ya conocidas muertes o varazones de organismos marinos y por la producción de biotoxinas que confieren niveles de toxinas a los moluscos, tales que pueden constituir un peligro para la salud del hombre y obligan a las autoridades competentes a prohibir su recolección y comercialización.

En la comunidad del fitoplancton de la Bahía de Sechura se presentan frecuentemente organismos productores de floraciones algales nocivas, afectando el ambiente marino y la calidad de los recursos hidrobiológicos, como lo sucedido en verano del 2007 donde la permanencia continua de casi un mes de la marea roja producida por el dinoflagelado no tóxico *Akashiwo sanguinea*, causó una alta mortandad de concha de la abanico *Argopecten purpuratus* que alcanzó el 92% en la zona de Vichayo, siendo está la más afectada.

### 14.2 MATERIAL Y MÉTODOS

En el mes de febrero del presente año, en la bahía de Sechura se reportó mortandad de concha de abanico en las zonas de Parachique, Las Delicias, Puerto Rico, Vichayo, Constante, Barrancos y Mataballo, por lo cual se realizaron monitoreos los

días 9, 16, 22 y 29 de febrero. Así mismo se realizaron monitoreos durante los meses de marzo a julio.

### **Toma de muestra de floraciones algales o marea roja**

Las muestras fueron colectadas con un balde en el centro de la mancha, la cual fue homogenizada retirándose dos submuestras en frascos ámbar, una de las muestras se almacenó sin fijador y la otra fue preservada en formalina neutralizada al 20%. Adicionalmente, se registró la temperatura superficial del mar (TSM).

En laboratorio se determinó la especie productora de la marea roja, empleando un microscopio compuesto, además se determinó la densidad celular  $\text{cél.L}^{-1}$ ) utilizando una cámara Sedgewick Rafter de 1 mL de capacidad.

### **Muestreo con red para el ensayo semicuantitativo**

Se utilizó una red de fitoplancton con abertura de malla de 10  $\mu\text{m}$  la cual fue sumergida en forma vertical hasta una profundidad aproximada de 50 m de fondo, teniendo cuidado de no formar alguna burbuja de aire. Con la red en cubierta se procedió a trasvasar el filtrado obtenido en el frasco colector. Para su preservación se agregó 10 mL de formaldehído neutralizado al 20%.

Se realizó en análisis semicuantitativo, considerando los componentes del plancton (fitoplancton y zooplancton), se anotaron todas las especies identificadas elaborando un listado de acuerdo a la siguiente escala de la abundancia relativa según metodología de IMARPE:

- 4: Muy abundante (mayor de 20  $\text{cél/c}$ )
  - 3: Abundante (entre 11 y 20  $\text{cél/c}$ )
  - 2: Escaso (entre 4 y 10  $\text{cél/c}$ )
  - 1: Presente (entre 1 y 3  $\text{cél/c}$ )
  - 0: Ausente 0
- \*Donde  $\text{cél}$ : células y  $\text{c}$ : campo

### **Muestreo con manguera (Lindahl, 1986) para el ensayo cuantitativo**

Asegurándose que las llaves estén abiertas se hizo descender una manguera, guardando la verticalidad en el mar, a una velocidad tal que el llenado de ésta sea

uniforme y sin turbulencia ( $1 \text{ m.s}^{-1}$ ). Llegado a la profundidad requerida, se cerró la llave superior y se procedió a izarla. Con la manguera en cubierta se trasvasó el contenido de cada sección en recipientes de 5 L, previamente rotulados, tal es así que a cada recipiente le correspondía una sección; así a la sección de 0 - 5 m, le corresponderá los recipientes 0 - 5 m y así sucesivamente. De cada recipiente se tomó una submuestra (80 ó 100 mL) o el compuesto de las tres secciones y se procedió a fijarla con formaldehído concentrado al 20%, tal como se ha procedido para estos monitoreos.

El análisis cuantitativo se realizó con el recuento celular de los componentes del fitoplancton en base a la metodología de UTERMÖHL (1958) y las recomendaciones de UNESCO (1978). Los resultados son expresados en  $\text{N}^\circ \text{ cél} \times 10^3/\text{L}$ .

Se emplearon cámaras con cilindros de sedimentación de 50 mL de capacidad.

Los organismos menores a  $50 \mu\text{m}$  que son muy abundantes fueron contados en un área que representa 2 mL de la muestra, con un aumento de 400x y los organismos mayores a  $50 \mu\text{m}$  y poco abundantes fueron contados en toda la cámara con un aumento de 200x.

La mayoría de individuos fueron identificados hasta el nivel de especie, los fitoflagelados (menores a  $5 \mu\text{m}$ ) fueron agrupados en su respectiva categoría taxonómica.

### 14.3 RESULTADOS

Los resultados correspondientes a la FASE I – Verano, se describen a continuación :

#### Floraciones algales

En el monitoreo del 09 de febrero no se observó coloración atípica en el agua de mar y en el análisis de muestras de fitoplancton no se observó abundancia de microalgas productoras de mareas rojas, mientras que el día 16, en la zona de Parachique, el mar presentó una coloración marrón parduzca y la abundancia de un dinoflagelado no tóxico formador de mareas rojas *Ceratium dens* (Fig. 14.1), el oxígeno disuelto en

superficie fue mayor a 10 mL/L, un hecho común cuando están presentes estas floraciones algales en el mar.

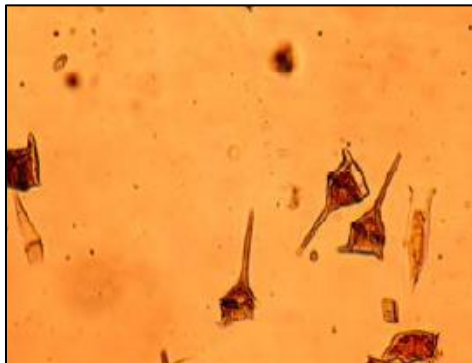


Figura 14.1. Dinoflagelado *Ceratium dens*

En los monitoreos realizados durante los días 22 y 29, la comunidad fitoplanctónica se caracterizó por la abundancia de diatomeas de afloramiento como *Chaetoceros decipiens*, *Ch. affinis*, *Ch. debilis*, *Ch. sociales*, *Detonula pumila*, etc y dinoflagelados cosmopolitas como *Ceratium furca*, *C. fusus* v. *fuscus*, *C. tripos*, *C. dens*, *P. depressum*, *P. excentricum* asociadas a las especies de ambiente oceánico *Ceratium azoricum*, *P. oceanicum*, *Pyrocystis lunula*. Además la presencia de microalgas propias de ambientes continentales, probablemente por la intromisión de aguas provenientes del estuario de Virrila.

### Monitoreo de Fitoplancton Potencialmente Tóxico

Durante los monitoreos realizados entre el 30 y 31 de marzo, así como 13 y 14 de abril, no se observó la presencia de mareas rojas en las zonas evaluadas, pero se registraron microalgas tóxicas en abundancias relativas que no representaron peligro para la salud pública. En el primer monitoreo (30 y 31 marzo) se encontraron 8 especies de dinoflagelados y 2 grupos de diatomeas del fitoplancton tóxico, siendo los más frecuentes *Dinophysis acuminata*, *D. caudata* y *Gonyaulax spinifera* (Tabla 14.1), está última obtuvo las más altas densidades celulares frente a Parachique (340 cél.L<sup>-1</sup>), seguida de la especie *D. acuminata* que registró 120 cel.L<sup>-1</sup>. La densidad total del fitoplancton tóxico varió entre 320 y 620 cél.L<sup>-1</sup> (Tabla 14.2).

Durante el 13 y 14 de abril, las especies del fitoplancton tóxico más frecuentes fueron los dinoflagelados *Dinophysis acuminata*, *D. Caudata*, *Gonyaulax spinifera* y en las diatomeas el grupo de la *Pseudo-nitzschia seriata*, todas con abundancia relativas de PRESENTE, lo cual no pone en riesgo la salud pública (Tabla 14.3).

Tabla 14.1. Análisis semicuantitativo del fitoplancton potencialmente tóxico en la Bahía de Sechura durante el 30 y 31 de marzo 2012.

Zona	Chulliyachi	Constante	Parachique	Barrancos	Vichayo	Puerto Rico
Estación	04-A-SECH	06-A-SECH	08-C-SECH	09-A-SECH	10-C-SECH	11-A-SECH
Profundidad de muestreo (m)	0 - 11	0 - 9	0 - 8	0 - 9	0 - 8	0 - 7
TSM (°C)	20,1	21,4	21,1	19,6	19,6	19,9
DIATOMEAS						
Grupo <i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i>	0	0	40	0	0	60
Grupo <i>Pseudo-nitzschia seriata</i>	0	80	60	20	320	160
Total diatomeas	0	80	100	20	320	220
DINOFLAGELADOS						
<i>Alexandrium peruvianum</i>	40	20	0	60	0	40
<i>Dinophysis acuminata</i>	20	100	120	60	40	20
<i>Dinophysis caudata</i>	40	0	0	0	0	40
<i>Dinophysis rotundata</i>	40	40	20	0	20	20
<i>Dinophysis sp.</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Gonyaulax spinifera</i>	200	160	340	180	60	120
<i>Prorocentrum crassipes</i>	180	0	40	0	40	40
Total dinoflagelados	520	320	520	300	160	280
<b>TOTAL FITOPLANCTON</b>	<b>520</b>	<b>400</b>	<b>620</b>	<b>320</b>	<b>480</b>	<b>500</b>

Nota: Todas son muestras integradas de la columna de agua (manguera)

Tabla 14.2. Análisis cuantitativo del fitoplancton potencialmente tóxico (N° cél.L<sup>-1</sup>) en la Bahía de Sechura durante el 30 y 31 de marzo 2012.

Zona	Chulliyachi	Matacaballo	Constante	Las Delicias	Parachique	Barrancos	Vichayo	Puerto Rico
Estación	04-A-SECH	05-C-SECH	06-A-SECH	07-B-SECH	08-C-SECH	09-A-SECH	10-C-SECH	11-A-SECH
Profundidad de muestreo (m)	0 - 11	0 - 27	0 - 9	0 - 9	0 - 8	0 - 9	0 - 8	0 - 7
TSM (°C)	20,1	19,4	21,4	22,3	21,1	19,6	19,6	19,9
DIATOMEAS								
Grupo <i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i>	0	0	1	1	0	0	0	1
Grupo <i>Pseudo-nitzschia seriata</i>	1	1	1	1	0	1	0	0
DINOFLAGELADOS								
<i>Alexandrium peruvianum</i>	0	0	1	0	0	1	1	1
<i>Dinophysis acuminata</i>	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Dinophysis caudata</i>	1	1	1	1	1	1	0	1
<i>Dinophysis rotundata</i>	1	0	1	1	1	1	1	1
<i>Dinophysis sp.</i>	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Dinophysis tripos</i>	0	0	0	1	0	0	1	0
<i>Gonyaulax spinifera</i>	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Prorocentrum crassipes</i>	1	1	0	1	1	0	0	1

LEYENDA.- Ausente: 0, Presente: 1(1 - 3 cel/c), Escaso: 2 (4 - 10 cel/c), Abundante: 3 (11 - 20 cel/c), Muy abundante: 4 (> 20 cel/c)  
cel/c=células/campo

Tabla 14.3. Análisis semicuantitativo del fitoplancton potencialmente tóxico en la bahía de Sechura durante el 13 y 14 de abril 2012.

Zona	Chulliyachi	Matacaballo	Constante	Las Delicias	Parachique	Barrancos	Vichayo	Puerto Rico
Estación	04-A-SECH	05-C-SECH	06-A-SECH	07-B-SECH	08-C-SECH	09-A-SECH	10-C-SECH	11-A-SECH
Profundidad de muestreo (m)	0 - 11	0 - 27	0 - 9	0 - 9	0 - 9	0 - 7	0 - 7	0 - 6
TSM (°C)	24,6	24,0	25,3	24,4	24,0	23,9	24,1	23,5
DIATOMEAS								
Grupo <i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i>	0	0	0	1	0	0	0	0
Grupo <i>Pseudo-nitzschia seriata</i>	1	0	1	1	1	1	1	1
DINOFLAGELADOS								
<i>Alexandrium peruvianum</i>	1	0	1	1	1	1	1	1
<i>Dinophysis acuminata</i>	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Dinophysis caudata</i>	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Dinophysis rotundata</i>	1	1	0	0	1	1	1	1
<i>Gonyaulax spinifera</i>	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Prorocentrum minimum</i>	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Protoperdinium crassipes</i>	1	1	1	1	1	1	1	1

LEYENDA.- Ausente: 0, Presente: 1 (1 - 3 cél/c), Escaso: 2 (4 - 10 cél/c), Abundante: 3 (11 - 20 cél/c), Muy abundante: 4 (> 20 cél/c)  
cél/c = células/campo

Durante la FASE II – INVIERNO, en los meses de mayo y junio no se presentaron floraciones algales en la Bahía de Sechura, pero si la presencia de fitoplancton potencialmente tóxico.

En mayo, las especies de fitoplancton tóxico que estuvieron PRESENTES fueron la diatomea del grupo *Pseudo-nitzschia seriata* y los dinoflagelados *Dinophysis caudata*, *D. rotundata* y *Protoperdinium crassipes* (Tablas 14.4 y 14.5). En junio se presentaron *D. caudata* y *P. crassipes* (Tablas 14.6 y 14.7).

Las máximas densidades celulares registradas, estuvieron dadas para el grupo *Pseudo-nitzschia delicatissima* con 7 800 cél.L<sup>-1</sup> frente a Chulliyachi, en el mes de mayo y el grupo *Pseudo-nitzschia seriata* con 340 cél.L<sup>-1</sup>, frente a Parachique, en el mes de junio (Tablas 14.5 y 14.7; Figura 14.3).

Tabla 14.4. Análisis semicuantitativo del fitoplancton potencialmente tóxico-arrastrado vertical con red de 10 µm en la bahía de Sechura, durante el 18 y 19 de mayo.

Zona	Chulliyachi	Matacaballo	Constante	Las Delicias	Parachique	Barrancos	Vichayo	Puerto Rico
Estación	04-A-SECH	05-C-SECH	06-A-SECH	07-B-SECH	08-C-SECH	09-A-SECH	10-C-SECH	11-A-SECH
Profundidad de muestreo (m)	0 - 11	0 - 27	0 - 9	0 - 9	0 - 9	0 - 7	0 - 7	0 - 6
TSM (°C)	20,4	19,2	19,3	19,0	19,4	18,9	18,6	18,6
DIATOMEAS								
Grupo <i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i>	1	1	1	1	1	0	1	1
Grupo <i>Pseudo-nitzschia seriata</i>	1	1	1	1	1	1	1	1
DINOFLAGELADOS								
<i>Alexandrium peruvianum</i>	0	1	0	0	1	0	0	0
<i>Dinophysis caudata</i>	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Dinophysis rotundata</i>	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Dinophysis sp.</i>	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Protoperdinium crassipes</i>	1	1	1	1	1	1	1	1

Leyenda.- Ausente: 0, Presente: 1 (1 – 3 cél/c), Escaso (4 – 10 cél/c), Abundante (11 – 20 cél/c), Muy abundante (>20 cél/c).  
cél/c = células/campo.



ESTUDIO BIO-OCEANOGRÁFICO PARA DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA EN LA  
BAHÍA DE SECHURA – INFORME FINAL

Tabla 14.5. Análisis cuantitativo del fitoplancton potencialmente tóxico (N° Cels.L<sup>-1</sup>) en la bahía de Sechura, durante el 18 y 19 de mayo.

Zona	Chulliyachi	Constante	Parachique	Barrancos	Vichayo	Puerto Rico
Estación	04-A-SECH	06-A-SECH	08-C-SECH	09-A-SECH	10-C-SECH	11-A-SECH
Profundidad de muestreo (m)	0 - 11	0 - 9	0 - 9	0 - 9	0 - 6	0 - 7
TSM (°C )	20,4	19,3	19,4	18,9	18,6	18,6
DIATOMEAS						
Grupo <i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i>	7800	1300	1080	280	300	160
Grupo <i>Pseudo-nitzschia seriata</i>	980	2400	1540	780	460	260
Total diatomeas	8780	3700	2620	1060	760	420
DINOFLAGELADOS						
<i>Alexandrium peruvianum</i>	140	60	100	0	60	0
<i>Dinophysis caudata</i>	0	40	40	40	0	20
<i>Dinophysis rotundata</i>	20	0	20	20	40	20
<i>Dinophysis sp.</i>	20	0	0	0	0	0
<i>Prorocentrum crassipes</i>	0	40	0	40	20	80
Total dinoflagelados	180	140	160	100	120	120
<b>TOTAL FITOPLANCTON</b>	<b>8960</b>	<b>3840</b>	<b>2780</b>	<b>1160</b>	<b>880</b>	<b>540</b>

Nota: Todas son muestras integradas de la columna de agua (manguera)

Tabla 14.6. Análisis semicuantitativo del fitoplancton potencialmente tóxico-arrastrado vertical con red de 10 um en la bahía de Sechura, durante el 01 y 02 de junio.

Zona	Chulliyachi	Matacaballo	Constante	Las Delicias	Parachique	Barrancos	Vichayo	Puerto Rico
Estación	04-A-SECH	05-C-SECH	06-A-SECH	07-B-SECH	08-C-SECH	09-A-SECH	10-C-SECH	11-A-SECH
Profundidad de muestreo (m)	0 - 9	0 - 26	0 - 9	0 - 9	0 - 9	0 - 9	0 - 7	0 - 7
TSM (°C )	20,6	19,8	20,5	20,1	20,0	19,5	19,0	19,5
DIATOMEAS								
Grupo <i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i>	1	0	0	1	0	0	0	1
Grupo <i>Pseudo-nitzschia seriata</i>	1	0	1	0	0	0	1	0
DINOFLAGELADOS								
<i>Alexandrium peruvianum</i>	1	1	1	1	0	1	1	0
<i>Dinophysis acuminata</i>	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Dinophysis caudata</i>	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Dinophysis rotundata</i>	0	0	1	0	0	1	1	1
<i>Gonyaulax spinifera</i>	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Prorocentrum crassipes</i>	1	1	1	1	1	0	1	1

Legenda.- Ausente: 0, Presente: 1 (1 – 3 cél/c), Escaso (4 – 10 cél/c), Abundante (11 – 20 cél/c), Muy abundante (>20 cél/c).  
cél/c = células/campo.

Tabla 14.7. Análisis cuantitativo del fitoplancton potencialmente tóxico (N° cél.L<sup>-1</sup>) en la bahía de Sechura, durante el 01 y 02 de junio.

Zona	Chulliyachi	Constante	Parachique	Barrancos	Vichayo	Puerto Rico
Estación	04-A-SECH	06-A-SECH	08-C-SECH	09-A-SECH	10-C-SECH	11-A-SECH
Profundidad de muestreo (m)	0 - 9	0 - 9	0 - 9	0 - 9	0 - 7	0 - 7
TSM (°C )	20,6	20,5	20,0	19,5	19,0	19,5
DIATOMEAS						
Grupo <i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i>	0	0	40	0	120	80
Grupo <i>Pseudo-nitzschia seriata</i>	140	140	340	80	80	0
Total diatomeas	140	140	380	80	200	80
DINOFLAGELADOS						
<i>Alexandrium peruvianum</i>	40	40	60	40	20	60
<i>Dinophysis caudata</i>	0	0	0	0	20	40
<i>Dinophysis rotundata</i>	0	20	0	60	0	0
<i>Dinophysis sp.</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Gonyaulax spinifera</i>	0	0	40	0	0	0
<i>Prorocentrum crassipes</i>	40	40	60	0	40	60
Total dinoflagelados	80	100	160	100	80	160
<b>TOTAL FITOPLANCTON</b>	<b>220</b>	<b>240</b>	<b>540</b>	<b>180</b>	<b>280</b>	<b>240</b>

Nota: Todas son muestras integradas de la columna de agua (manguera)

El mes de julio tampoco se presentaron floraciones algales en la bahía, pero como parte de la comunidad fitoplanctónica estuvieron presentes las microalgas potencialmente tóxicas *Dinophysis caudata* y *Protoperidinium crassipes*, que fueron frecuentes en todas las estaciones evaluadas (Tabla 14.8). Las concentraciones celulares disminuyeron notoriamente con respecto al mes de junio, encontrándose que la diatomea del grupo *Pseudo-nitzschia seriata* presentó la densidad más alta con 80 cél.L<sup>-1</sup> frente a Parachique (Tabla 14.9 y Figura 14.2).

Tabla 14.8. Análisis semicuantitativo del fitoplancton potencialmente tóxico-arrastrado vertical con red de 10 µm en la bahía de Sechura, durante el 13 y 14 de julio.

Zona	Chulliyachi	Matacaballo	Constante	Las Delicias	Parachique	Barrancos	Vichayo	Puerto Rico
Estación	04-A-SECH	05-C-SECH	06-A-SECH	07-B-SECH	08-C-SECH	09-A-SECH	10-C-SECH	11-A-SECH
Profundidad de muestreo (m)	0 - 9	0 - 26	0 - 9	0 - 9	0 - 9	0 - 9	0 - 7	0 - 7
TSM (°C)	20,4	19,0	19,8	18,9	19,0	19,1	18,6	18,9
DIATOMEAS								
Grupo <i>Pseudo-nitzschia seriata</i>	1	1	1	0	0	1	0	1
DINOFLAGELADOS								
<i>Dinophysis caudata</i>	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Dinophysis rotundata</i>	1	0	0	1	1	1	1	1
<i>Dinophysis</i> sp.	1	0	1	0	0	0	0	0
<i>Gonyaulax spinifera</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Protoperidinium crassipes</i>	1	1	1	1	1	1	1	1

Leyenda.- Ausente: 0, Presente: 1 (1 – 3 cél/c), Escaso (4 – 10 cél/c), Abundante (11 – 20 cél/c), Muy abundante (>20 cél/c).  
cél/c = células/campo.

Tabla 14.9. Análisis cuantitativo del fitoplancton potencialmente tóxico (N° cél.L<sup>-1</sup>) en la bahía de Sechura, durante el 13 y 14 de julio.

Zona	Chulliyachi	Parachique	Barrancos	Vichayo	Puerto Rico
Estación	04-A-SECH	08-C-SECH	09-A-SECH	10-C-SECH	11-A-SECH
Profundidad de muestreo (m)	0 - 9	0 - 8	0 - 9	0 - 7	0 - 7
TSM (°C)	20,4	19,0	19,1	18,6	18,9
DIATOMEAS					
Grupo <i>Pseudo-nitzschia seriata</i>	0	80	0	40	60
Total diatomeas	0	80	0	40	60
DINOFLAGELADOS					
<i>Dinophysis caudata</i>	20	20	20	40	20
<i>Protoperidinium crassipes</i>	0	20	0	0	0
Total dinoflagelados	20	40	20	40	20
<b>TOTAL FITOPLANCTON</b>	<b>20</b>	<b>120</b>	<b>20</b>	<b>80</b>	<b>80</b>

Nota: Todas son muestras integradas de la columna de agua (manguera)

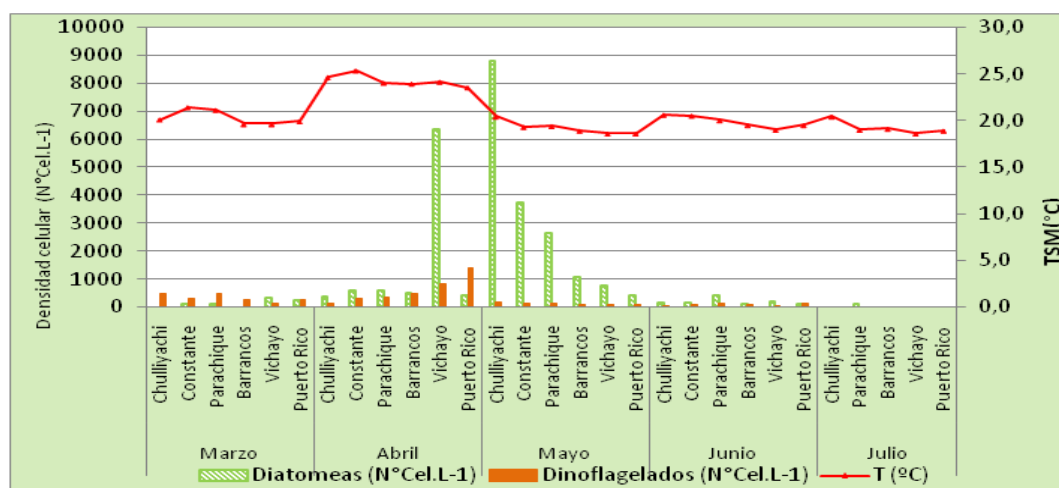


Figura 14.2. Variación de las concentraciones celulares de fitoplancton potencialmente tóxico (cél.L<sup>-1</sup>) en la Bahía de Sechura, entre marzo y julio del 2012.

#### 14.4 DISCUSION

El dinoflagelado tecado *Ceratium dens*, también produjo una floración algal inocua en el verano del 2008 en la bahía de Paita, es una especie que no causa daño, sin embargo puede ocasionar algunos efectos indirectos. Durante el día y en las primeras fases de vida de estos organismos, la actividad fotosintética es muy alta y el agua de mar se hipersatura de oxígeno (superior a los 12 ml/L), mientras que durante la noche y en la fase de decaimiento baja la concentración de oxígeno (BLANCO, 2001), como resultado de la degradación bacteriana a consecuencia de la muerte de estos organismos que incluso puede ocasionar las ya conocidas muertes o varazones de organismos marinos.

Las microalgas que producen toxinas pueden estar presentes durante todo el año en las zonas de cultivo pero en concentraciones ínfimas (< 20 cel/L) que escapan al nivel de detección de los controles rutinarios y sólo en cortos períodos de tiempo, íntimamente relacionadas con la hidrodinámica local, alcanzan concentraciones superiores a las 10<sup>3</sup> cel/L, pero a pesar de su escasez se ha observado que unos pocos cientos de células por litro son suficientes para que se detecte toxinas en los bivalvos (SAR et. al., 2002).

En la bahía de Sechura, tanto en verano como en invierno se encontró en forma frecuente especies del género *Dinophysis* pero en concentraciones celulares bajas (20 cel/L), mientras que las diatomeas del grupo *Pseudo-nitzschia delicatissima* y *Pseudo-nitzschia seriata* fueron las más abundantes, sin que ello haya significado la presencia de biotoxinas en los moluscos bivalvos.

#### 14.5 REFERENCIAS

UNESCO 1983. Chemical methods for use in environmental monitoring. Intergovernmental Oceanographic Commission. Manual and Guides 12. 53pp.

UTERMÖHL H. 1958. Zur Vervollkomnung der Quantitativen Phytoplankton methodik Mitt. Inter. Ver. Limnol. 9: 1-38.

## **XV. EVALUACIÓN POBLACIONAL DE LA CONCHA DE ABANICO**

### ***Argopecten purpuratus***

*Isaías Gonzáles, Joe Macalupú, Elky Torres, Aldo Rodríguez*

Sede Regional de Paita, IMARPE

#### **15.1 INTRODUCCIÓN**

La concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) es un invertebrado bentónico de gran importancia comercial en el Perú, cuyas capturas alcanzaron un máximo histórico de 47 mil toneladas en 1985, cuando por efecto del evento El Niño 1982-1983, sus poblaciones experimentaron un notable incremento, especialmente en la bahía Independencia, Pisco, ocasionando un “boom” que produjo gran actividad comercial y exportadora en los años posteriores a dicho evento.

Los principales bancos naturales de este recurso se encuentran en la bahía de Sechura, Isla Lobos de Tierra, bahía de Samanco, bahía Los Chimus, bahía del Callao y bahía Independencia, los que históricamente han soportado intensa presión extractiva.

El banco natural en la bahía de Sechura, el cual se viene evaluando desde 1995, se ha convertido en uno de los más importantes del país, debido a las altas biomásas registradas. En los últimos años, la presión de pesca ejercida sobre la concha de abanico produjo la disminución de las densidades y por ende de la biomasa, hasta valores menores a 1 539,8 t en julio del 2006. A partir del 2007 la biomasa se incrementó, para nuevamente disminuir en marzo del 2008 e incrementarse posteriormente de manera notable en octubre 2008.

Actualmente en la bahía de Sechura, la actividad extractiva de concha de abanico se realiza principalmente en las áreas de repoblamiento, las que se ubican en las áreas de expansión media y máxima del banco e incluso en parte de los núcleos del banco. En estas áreas se realiza el cultivo de fondo (engorde) de esta especie hasta una talla comercial ( $\geq 65$  mm), que luego son extraídas de acuerdo a las campañas comerciales de exportación. Estas áreas de repoblamiento o cultivo de fondo son sembradas con semillas (ejemplares entre 2,5 y 4 cm) extraídas de las áreas libres del banco natural

de la bahía de Sechura e Isla lobos de Tierras, actualmente se están realizando los esfuerzo tecnológicos y operativos para contar con semillas de colectores instalados en la bahía de Sechura.

Ante la necesidad de determinar el nivel poblacional de la concha de abanico como uno de los componentes principales en el estudio de la capacidad de carga de la bahía de Sechura, se programaron 2 evaluaciones, una que se realizó durante la Fase I- Verano y la otra durante la Fase II- Invierno.

En el presente informe se dan a conocer los resultados de los aspectos biológico-pesqueros y poblacionales obtenidos en las 2 evaluaciones.

## **15.2 MATERIAL Y MÉTODOS**

### **Área de estudio**

El área de estudio abarcó la bahía de Sechura (Piura), desde Chullillachi (05° 34'S) hasta Puerto Rico (05° 49'S), entre 1 y 30 m de profundidad.

Las evaluaciones se realizaron del 13 al 25 de marzo, y 10 al 21 de setiembre del 2012, a bordo de la embarcación "Milton", implementada con motor fuera de borda, compresora y accesorios de buceo para las estaciones biológicas. Se utilizó un GPS E-Trex y cartas de navegación Hidronav N° 121, ambas con coordenadas UTM zona 17S, referidas al Datum WGS 84. Para determinar la profundidad se empleó una ecosonda GARMIN GPS MAP 178C.

### **Estaciones biológicas**

La evaluación de la concha de abanico consistió en un muestreo al azar, estratificado por profundidades, en el área de distribución del recurso (área libre del banco y de repoblamiento), utilizando la metodología establecida por SAMAMÉ *et al.* (1985). La evaluación en los corrales de cultivo se realizó mediante la información actualizada proporcionada por las asociaciones encargadas de estos cultivos, mediante una ficha de información formulada por el equipo científico del IMARPE.

En la primera evaluación (Verano) cada banco fue dividido en subáreas y cada subárea en 5 estratos por profundidades: I (0 - 5 m), II (05 - 10 m), III (10 - 20 m), IV (20 - 30 m) y V (más de 30 m). En la segunda evaluación (Invierno) el banco fue dividido en 4 estratos por profundidades: I (0 - 5 m), II (05 - 10 m), III (10 - 20 m) y IV (20 - 30 m). Las estaciones biológicas se establecieron según el tamaño del área y patrón de distribución del recurso, realizándose un total de 208 estaciones en la primera evaluación y 192 estaciones en la segunda, distribuidas a lo largo de los 284 769 700 m<sup>2</sup> de área, en la Bahía de Sechura (Fig. 15.1)

En cada estación biológica se tomó la muestra con su respectiva réplica, para lo cual se realizó el lanzamiento de la unidad de muestreo al azar (cuadrado metálico de 1 m de lado con una cubierta de paño anchovetero). Un buzo colectó los ejemplares de concha de abanico y otros organismos contenidos dentro de la unidad de muestreo, empleando una bolsa “calcal” o “capacho” de paño fino (malla sintética de 1 mm de malla). En la embarcación, las muestras fueron colocadas en bolsas plásticas debidamente rotuladas para su posterior análisis en laboratorio.

Asimismo se registraron las características del substrato, corrientes marinas, visibilidad y otras características del fondo marino.

En el laboratorio se determinó la composición por especies, de la captura en cada estación de muestreo, identificando la fauna acompañante de la concha de abanico al menor taxón posible.

Cada ejemplar de concha de abanico fue librado de epibiontes, registrándose la altura valvar al milímetro y el peso total, así como peso de la gónada y del talo, en gramos.

Para determinar el grado de madurez gonadal, se empleó la escala de 5 estadios, propuesta por VALDIVIESO Y ALARCÓN (1985): I = Inmaduro, M = Madurante (inicial, medio y avanzado), D = Desovante, Dv = Desovado y R = En Recuperación.

De acuerdo al número y peso de los ejemplares de concha de abanico contenidos en la unidad de muestreo se determinaron las densidades relativas en número y peso, las que permitieron estimar la población y biomasa media por estratos, así como para el área total, de acuerdo a la metodología de BAZIGOS (1980)

Así mismo se tomaron datos de temperatura, oxígeno y salinidad, durante los muestreos, para lo cual se establecieron 20 estaciones, distribuidas en 5 transectos perpendicularmente a la línea de costa. La temperatura del mar fue tomada a nivel de superficie y fondo, empleando un termómetro de mercurio simple. Para la determinación del oxígeno disuelto, se colectaron muestras con ayuda de un balde plástico (superficie) y una botella Niskin (fondo), para luego proceder según la metodología establecida por Winkler modificado por Carpenter (1966).

Para el procesamiento de datos y presentación de resultados se utilizaron hojas de cálculo Excel y el software SURFER v10.

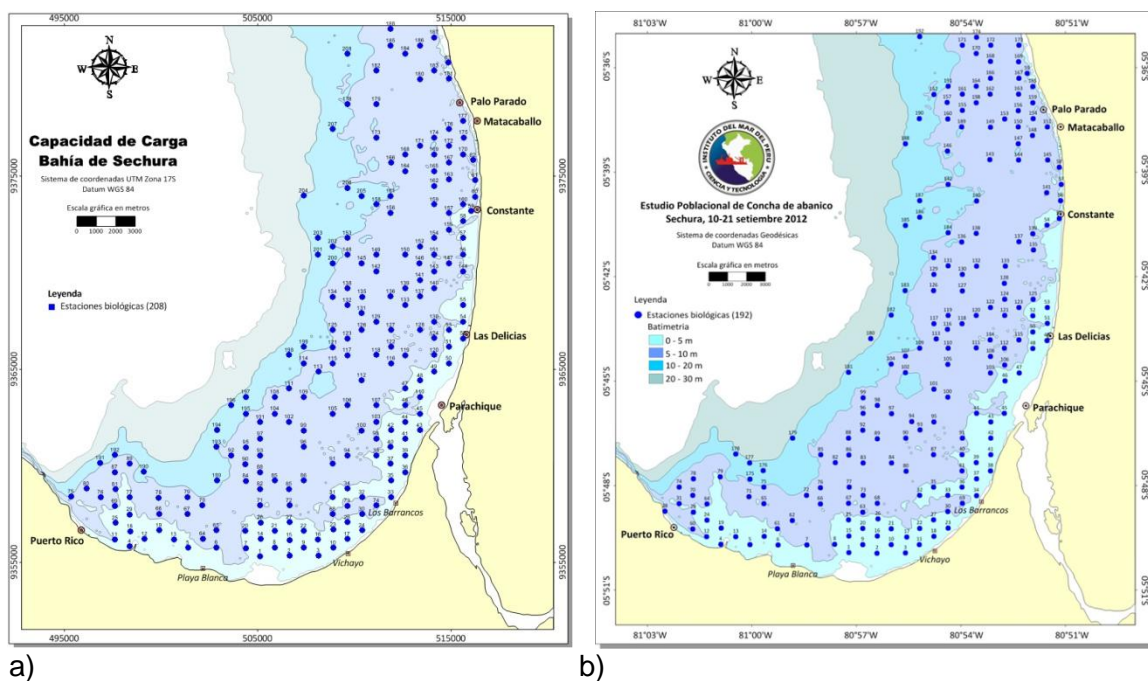


Figura 15.1. Estaciones biológicas durante la evaluación poblacional de *A. purpuratus* realizada en la bahía de Sechura, a) 13 al 25 de marzo ; b) 10 al 21 de setiembre, 2012



## 15.3 RESULTADOS

### FASE I-VERANO

Los resultados mostraron que de las 208 estaciones evaluadas (Fig. 15.1), con su respectiva replica, únicamente 35 estaciones fueron positivas para la presencia de concha de abanico (*A. purpuratus*), siendo las demás negativas para este recurso.

### Estructura por tallas

La distribución de tallas se mostró en el rango de 14 a 120 mm de altura valvar, con media de 64,9 mm, una bimodal principal en 55 y 57 mm de altura valvar y modas secundarias en 42 y 88 mm de altura valvar, con un 2,6% de individuos juveniles ( $\leq 25$  mm) y 40,0% de ejemplares de talla comercial ( $\geq 65$  mm) para el total de 724 ejemplares (Fig. 15.2, Tabla 15.1). Esta distribución de tallas totales difiere con la observada en diciembre 2010, la cual presentó una talla media de 75,6 mm, una bimodal de 82 y 84 mm y un 3,2% de ejemplares juveniles y 73,9 % de ejemplares de talla comercial.

Tabla 15.1. Tallas mínima, máxima y media de *A. purpuratus* por estratos de profundidad y total. Bahía de Sechura, Marzo 2012.

Estrato	I	II	III	IV	Total
Profundidad (m)	(0-5 m)	(6-10 m)	(11-20 m)	(21-30 m)	
N° Datos		698	26		724
Talla mínima (mm)		14	79		14
Talla media (mm)		64.0	90.1		64.9
Talla máxima (mm)		120	99		120

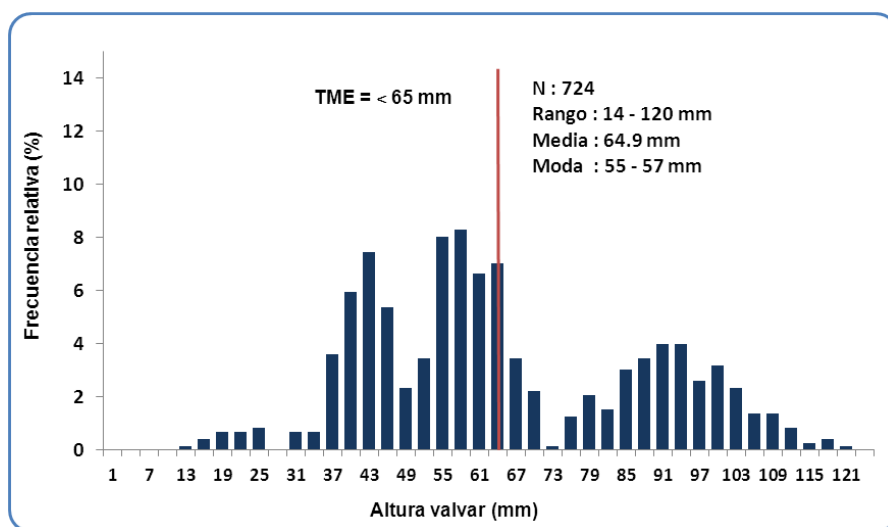


Figura 15.2. Estructura por tallas de *A. purpuratus*, por estratos de profundidad. Bahía de Sechura, Marzo 2012.

### Madurez gonadal

El análisis de los estadios de madurez gonadal indica el predominio de los ejemplares desovantes (56%); encontrándose en menor proporción los individuos madurantes (38%), inmaduro (4%), desovado (2%) y en recuperación (0,1%) (Fig. 15.3).

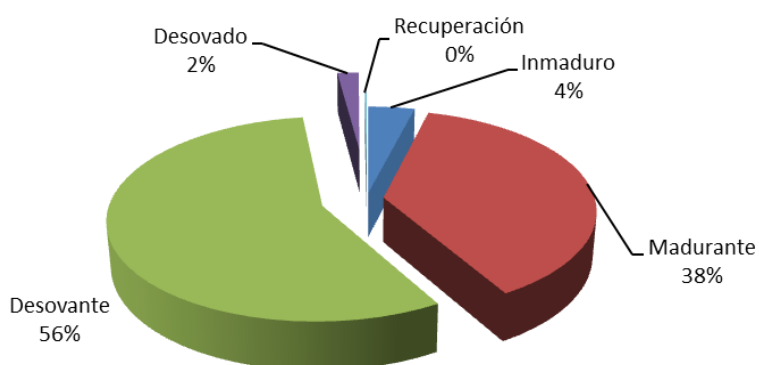


Figura 15.3. Valores porcentuales de los estadios de madurez gonadal de *A. purpuratus*. Bahía de Sechura, Marzo 2012.

## Distribución y concentración

El recurso estuvo comprendido desde Palo Parado (0514706E – 9378701N) hasta Punta Bayovar (0495130E – 9358167N), entre 5,2 y 13,8 m de profundidad (Fig. 15.4). Las densidades relativas fluctuaron entre 0 y 45 ind.m<sup>-2</sup>, sin embargo los valores predominantes de distribución estuvieron en el rango 1 – 10 ind.m<sup>-2</sup>, seguidos por el rango 11 – 20 ind.m<sup>-2</sup>, registrándose los valores más elevados entre caleta Constante y la caleta de Las Delicias, entre 3 y 4 mn de distancia a la costa y una profundidad entre 6 y 11 m

La densidad media estratificada se estimó en 0,59 ind.m<sup>-2</sup> y la biomasa media estratificada en 25,6 g.m<sup>-2</sup>. Los mayores valores de densidad y biomasa media correspondieron al estrato II (5 -10m), con 1,3 ind.m<sup>-2</sup> y 53,3 g.m<sup>-2</sup> (Tabla 15.2).

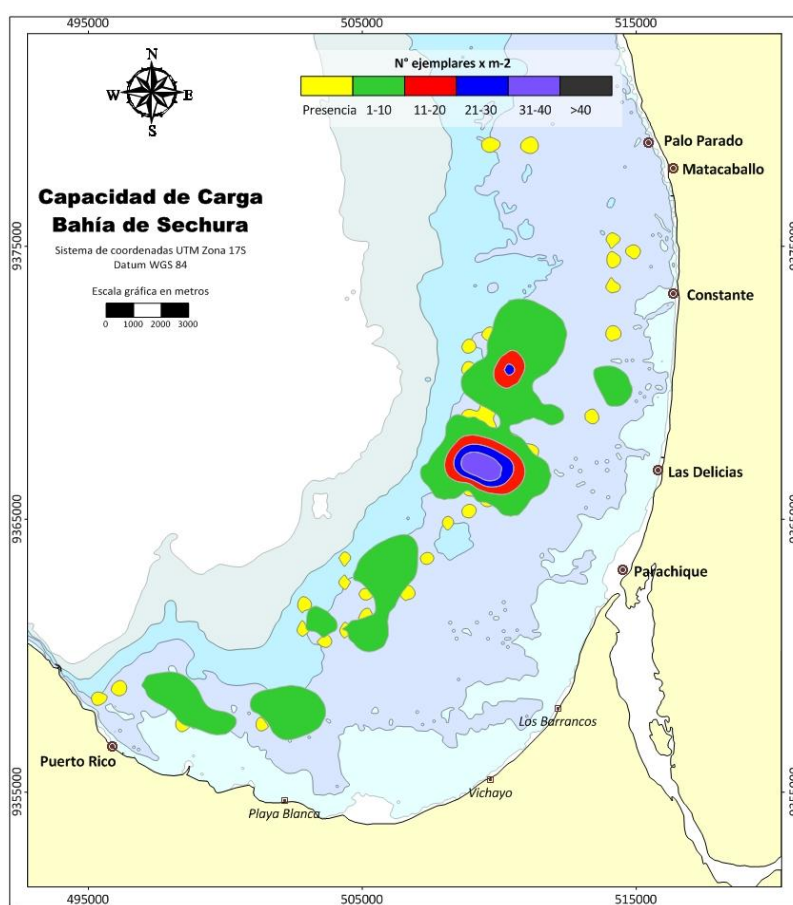


Figura 15.4. Distribución y concentración de *A. purpuratus*. Bahía de Sechura, Marzo 2012

## Densidad y biomasa media

Debido a que no se contó con información por parte de las asociaciones de maricultores sobre la biomasa y densidad de siembra en corrales, en las áreas de repoblamiento, fue necesario calcular la densidad y biomasa total del área de estudio, de manera preliminar sin considerar las condiciones particulares de la población de concha de abanico en corrales de cultivo.

La densidad y biomasa media estratificada de concha de abanico dentro del área evaluada fue de 0,6 ind.m<sup>-2</sup>, y 25,6 g.m<sup>-2</sup>, respectivamente. Los mayores valores de densidad y biomasa media correspondieron al estrato II (6 - 10m), con 1,3 ind.m<sup>-2</sup> y 53,3 g.m<sup>-2</sup> (Tabla 15.2).

Tabla 15.2. Valores de densidad y biomasa de *A. purpuratus* por estratos de profundidad. Bahía de Sechura, Marzo 2012

	Estrato				Total
	I	II	III	IV	
Profundidad (m)	0-5 m	6-10 m	11-20 m	20-30 m	
Densidad (n°/m <sup>2</sup> )	0	1,3	0,2	0	
Biomasa (g/m <sup>2</sup> )	0	53,3	13,3	0	
Densidad total (N°)	0	161043840	7466835	0	
Biomasa total (Kg)	0	6777552	514555	0	
Densidad media estratificada (n/m <sup>2</sup> )					0,59
Biomasa media estratificada (g/m <sup>2</sup> )					25,61
Densidad total (n°)					168 510.674,00 (+/-62,11%)
Biomasa total (Kg)					7 292.107,00 (+/-50,38%)

## Población y biomasa total

La biomasa total de concha de abanico fue estimada en 7 292,107 t ± (62,11%) y la población en 168,5 ± (50,38 %) millones de ejemplares para un área de 284,8 km<sup>2</sup>. Los mayores valores de biomasa y población se observó en el estrato II (6 – 10m) con 6 777,6 t y 161,04 millones de individuos (Fig. 15.5, Tabla 15.2).

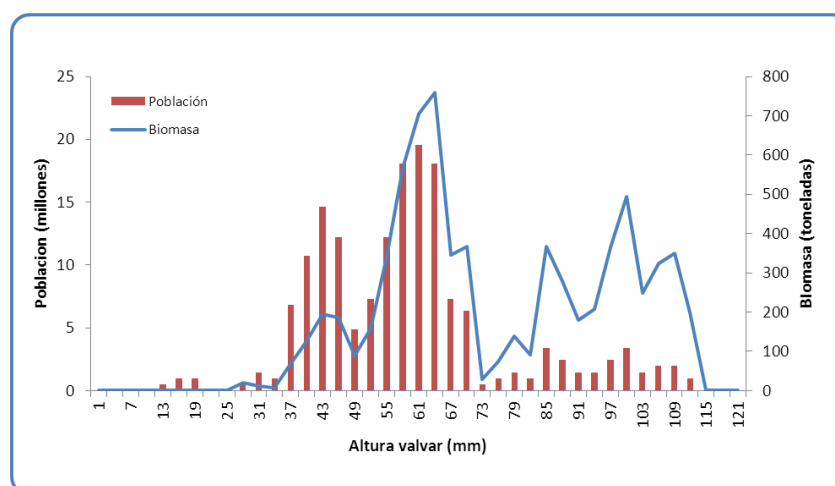


Figura 15.5. Estructura por tallas de *A. purpuratus* ponderadas a la población y biomasa. Bahía de Sechura, Marzo 2012.

### Fauna acompañante

La fauna acompañante de la concha de abanico estuvo constituida por la macrofauna bentónica, siendo identificadas 62 unidades taxonómicas agrupadas en 8 taxa (Tabla 15.3) y macroalgas, identificándose 7 especies.

A nivel de densidad comunitaria, el grupo predominante fue el de los crustáceos (55%), seguido de los moluscos (40%)

Referente al aporte en biomasa, predominaron los moluscos (80%) y los crustáceos y equinodermos (9%) (Fig. 15.6), mientras que las especies que presentaron la mayor incidencia porcentual fueron *Pinnixa sp.* (43,2%) *Inachoides microrhynchus* (3,4) y *Cycloxanthops sexdecimdentatus* (3,2%), dentro del taxa de los crustáceos, y *Bursa ventricosa* (10,8%), *Anachis sp.* (6,6%), *Solenosteira gatesi* (3,8%) y *Prunum curtum* (3,4%) dentro del grupo de los moluscos.

Otro grupo importante en la comunidad bentónica de la bahía de Sechura son las macroalgas, que estuvieron constituidas por las rodofitas, clorofitas y feofitas, de las cuales, entre las principales especies se observó a *Caulerpa flagelliformis*, *Rhodomenia sp.*, *Codium fragile*, y *Chondracanthus chamissoi*, que son especies importantes para el asentamiento de postlarvas de conchas de abanico.

Es necesario resaltar que durante el periodo de muestreo en el área correspondiente al estrato I (0-5m) en la zona entre Bayovar y Parachique, se encontró gran cantidad de *Caulerpa flagelliformis* muerta, acompañada de un fondo fangoso en estado reducido.

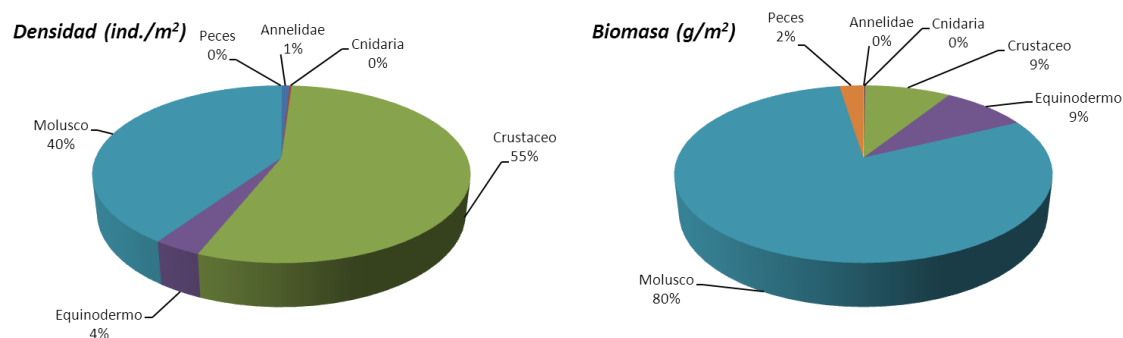


Figura 15.6. Contribución porcentual por grupo taxonómico de la fauna acompañante de *A. purpuratus* en la bahía de Sechura. Marzo 2012.

Aplicando el índice de diversidad de Shannon-Winner, observamos que las zonas más diversas corresponden a las ubicadas dentro del estrato II (6-10m), exceptuando la zona entre Palo Parado y las Delicias, en las que la alta diversidad se distribuyó más hacia la costa (Fig. 15.7).

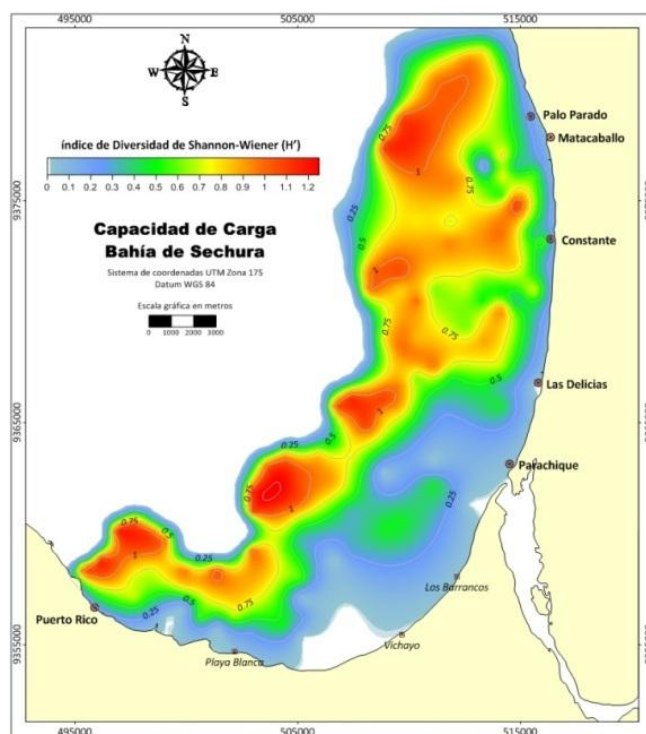


Figura 15.7. Índice de diversidad calculado por estación, durante la evaluación poblacional de *A. purpuratus*. Bahía de Sechura. Marzo 2012.

ESTUDIO BIO-OCEANOGRÁFICO PARA DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA EN LA  
BAHÍA DE SECHURA – INFORME FINAL

Tabla 15.3. Densidad y biomasa de la fauna macrobentónica acompañante de *A. purpuratus* en la bahía de Sechura, 13 - 25 marzo 2012.

Taxón	Densidad (ind.m <sup>-2</sup> )		Biomasa (g.m <sup>-2</sup> )	
	Promedio	%	Promedio	%
<b>MOLLUSCA</b>				
<i>Anachis sp.</i>	7.86	3.86	0.86	0.02
<i>Aplysia (Aplysia) juliana</i>	1.00	0.49	8.03	0.15
<i>Argopecten purpuratus</i>	6.91	3.39	345.65	6.59
<i>Bursa ventricosa</i>	4.16	2.04	74.68	1.42
<i>Cantharus sp.</i>	2.75	1.35	5.32	0.10
<i>Caracol (colectado)</i>	3.60	1.77	3.66	0.07
<i>Chiton cumingsi</i>	2.11	1.04	0.57	0.01
<i>Conus (Pyrconus) patricius</i>	1.25	0.61	296.18	5.65
<i>Crepidula sp.</i>	2.20	1.08	2.52	0.05
<i>Crucibulum sp.</i>	1.00	0.49	23.62	0.45
<i>Cymatium lignarium</i>	1.00	0.49	91.02	1.74
<i>Ficus ventricosa</i>	1.00	0.49	152.29	2.90
<i>Hexaplex brassica</i>	1.00	0.49	723.53	13.80
<i>Mitra swainsonii</i>	2.00	0.98	1.87	0.04
<i>Mitrella sp.</i>	1.60	0.79	0.31	0.01
<i>Muricanthus princeps</i>	2.00	0.98	338.49	6.46
<i>Nassarius gayi</i>	1.25	0.61	0.21	0.00
<i>Nassarius wilsoni</i>	1.00	0.49	1.06	0.02
<i>Ocenebra buxea</i>	1.43	0.70	49.77	0.95
<i>Octopus mimus</i>	1.00	0.49	44.62	0.85
<i>Oliva sp.</i>	1.00	0.49	10.54	0.20
<i>Olivella volutella</i>	1.00	0.49	0.38	0.01
<i>Polinices (Polinices) uber</i>	1.20	0.59	3.23	0.06
<i>Prunum (Prunum) curtum</i>	3.83	1.88	5.39	0.10
<i>Sinum cymba</i>	1.00	0.49	114.98	2.19
<i>Solenosteira fusiformis</i>	2.10	1.03	38.79	0.74
<i>Solenosteira gatesi</i>	2.91	1.43	55.02	1.05
<i>Tagelus (Tagelus) dombeii</i>	1.00	0.49	7.70	0.15
<i>Tegula (Agathistoma) picta</i>	2.00	0.98	3.69	0.07
<i>Tellina sp.</i>	1.00	0.49	0.16	0.00
<i>Thauidae (Colectado)</i>	1.00	0.49	97.15	1.85
<i>Transennella (Transennella) pannosa</i>	6.00	2.95	46.04	0.88
<b>CRUSTACEA</b>				
<i>Acanthonyx petiverii</i>	1.33	0.65	0.91	0.02
<i>Cancer porteri</i>	1.80	0.88	289.28	5.52
<i>Cancer setosus</i>	1.00	0.49	333.47	6.36
<i>Cycloanthops sexdecimdentatus</i>	2.12	1.04	5.65	0.11
<i>Dardanus sinistripes</i>	1.00	0.49	12.09	0.23
<i>Dromidia saraburei</i>	1.00	0.49	7.94	0.15
<i>Eurypanopeus transversus</i>	1.00	0.49	8.29	0.16
<i>Hepatus chiliensis</i>	1.33	0.65	45.19	0.86
<i>Inachoides microrhynchus</i>	2.80	1.37	1.04	0.02
<i>Microphrys platysoma</i>	1.67	0.82	0.38	0.01
<i>Pachycheles sp.</i>	3.50	1.72	4.42	0.08
<i>Petrochirus californiensis</i>	3.40	1.67	2.00	0.04
<i>Pilumnoides sp.</i>	1.21	0.60	0.48	0.01
<i>Pinnixa sp.</i>	76.64	37.65	1.87	0.04
<i>Portunus asper</i>	1.00	0.49	3.03	0.06
<i>Pseudosquillaopsis panamensis</i>	1.00	0.49	0.33	0.01
<i>Sicyona picta</i>	1.50	0.74	0.18	0.00
<b>CNIDARIA</b>				
<i>Actiniaria</i>	1.50	0.74	4.45	0.08
<i>Gorgonacea</i>		0.00	22.90	0.44
<b>ECHINODERMATA</b>				
<i>Arbacia spatuligera</i>	1.00	0.49	115.56	2.20
<i>Holothuridae</i>	1.00	0.49	30.12	0.57
<i>Mellita sp.</i>	5.33	2.62	457.95	8.73
<i>Ophiuroidea</i>	9.13	4.48	2.14	0.04
<i>Trachythone peruana</i>	3.53	1.73	131.00	2.50
<b>ANNELIDA</b>				
<i>Poliqueto sp1</i>	1.00	0.49	0.27	0.01
<i>Poliqueto sp2</i>	1.00	0.49	16.44	0.31
<i>Poliqueto sp3</i>	2.63	1.29	2.24	0.04
<i>Poliqueto sp4</i>	2.00	0.98	1.42	0.03
<b>PISCES</b>				
<i>Heterodontus sp.</i>	1.00	0.49	85.64	1.63
<i>Psammobatis asper</i>	1.00	0.49	1109.58	21.16

## FASE II - INVIERNO

De las 192 estaciones evaluadas, con su respectiva replica, dentro del área silvestre de la bahía de Sechura, 106 estaciones fueron positivas para la presencia de concha de abanico *A. purpuratus*, siendo las demás negativas para este recurso.

### Estructura de tallas

La distribución de tallas fluctuó entre 2 y 106 mm de altura valvar, con media de 36,3 mm, moda principal de 28 mm para la altura valvar y moda secundaria de 73 mm en altura valvar, con 30,05 % de individuos juveniles ( $\leq 25$  mm) y 10,7% ejemplares de talla comercial ( $\geq 65$  mm) (Fig. 15.8, Tabla 15.4). Esta distribución de tallas totales difiere con la observada en marzo 2012, la cual presentó una talla media de 64,9 mm, una moda principal de 58 mm y modas secundarias de 43 y 91 mm, con 2,6% de ejemplares juveniles y 40,1 % ejemplares de talla comercial.

Tabla 15.4. Tallas mínima, máxima y media de concha de abanico por estratos de profundidad y total, Sechura 10-21 setiembre 2012.

Estrato	I	II	III	IV	Total
Profundidad (m)	(0-5 m)	(6-10 m)	(11-20 m)	(21-30 m)	
N° Datos	607	519	22		2273
Talla mínima (mr	3	2	17		2
Talla media (mm)	26,7	41,1	57,3		36,3
Talla máxima (mr	81	106	99		106

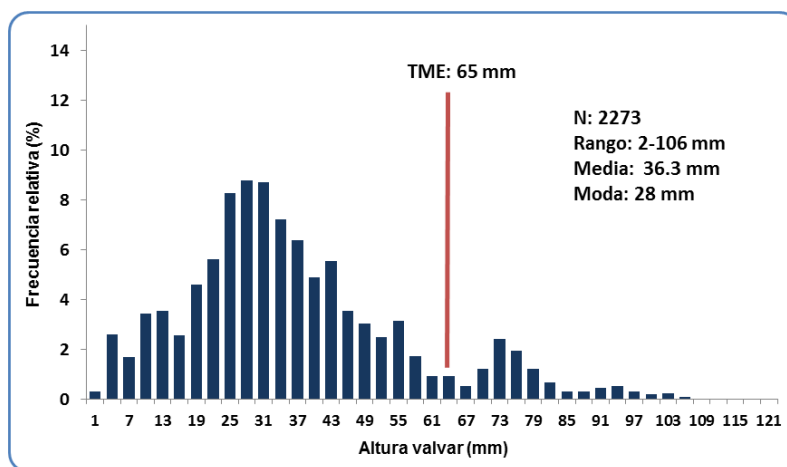


Figura 15.8. Estructura por tallas de concha de abanico.  
10-21 setiembre 2012.



### Madurez gonadal

El análisis de los estadios de madurez gonadal indican el predominio de ejemplares inmaduros (60,6%); encontrándose en menor proporción los individuos madurantes (27,5%), desovantes (11,2%), desovado (0,5%) y en recuperación (0,2%) (Fig. 15.9).

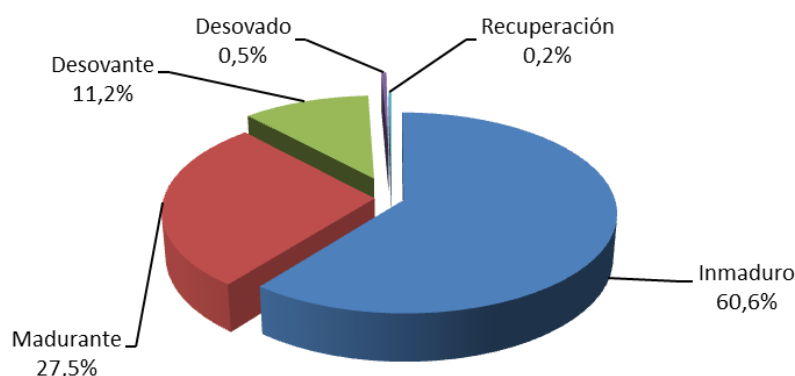


Figura 15.9. Valores porcentuales de los estadios de madurez gonadal de concha de abanico, Sechura 10-21 setiembre 2012.

### Distribución y concentración

El recurso presentó una distribución latitudinal comprendida desde Palo Parado (05°36'56"S - 80°51'43"W) hasta Punta Bayovar (05°48'16"S - 81°02'46"W), verticalmente entre 3,1 y 19,8 m de profundidad (Fig. 15.10). Las densidades de la unidad de muestreo fluctuaron entre 0 y 68 ind.m<sup>-2</sup>, sin embargo los valores predominantes estuvieron en el rango 1 – 10 ind.m<sup>-2</sup>, seguidos por el rango 11 – 20 ind.m<sup>-2</sup>, registrándose los valores más elevados entre caleta Matacaballo y frente a los Barrancos, a una profundidad entre 4 y 7 m.

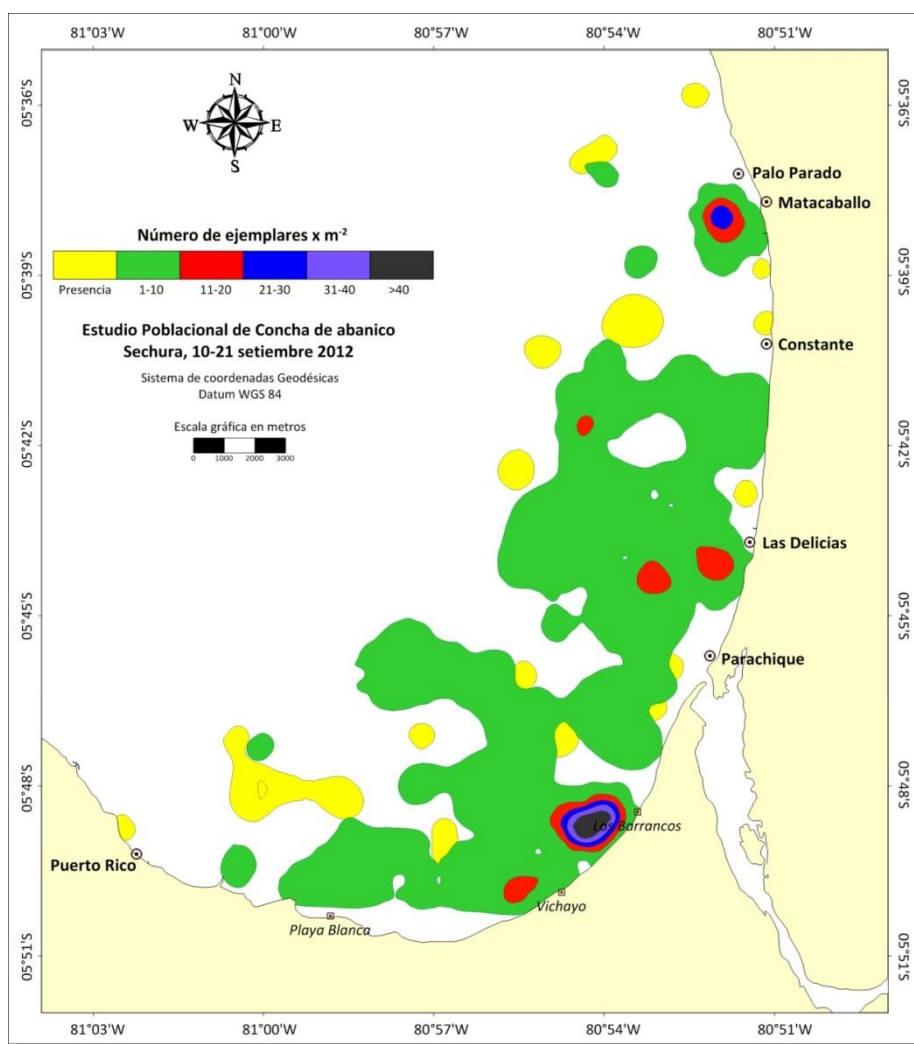


Figura 15.10. Distribución y concentración de concha de abanico, durante la evaluación poblacional realizada en la bahía de Sechura. 10-21 setiembre 2012.

### Densidad y biomasa media

La densidad y biomasa media estratificada de concha de abanico dentro del área evaluada fue de 1,86 ind.m<sup>-2</sup>, y 21,05 g.m<sup>-2</sup>, respectivamente. Los mayores valores de densidad y biomasa media correspondieron al estrato II (5 - 10m), con 1,5 ind.m<sup>-2</sup> y 30,7 g.m<sup>-2</sup> (Tabla 15.5).

Tabla 15.5. Valores de densidad y biomasa media de concha de abanico por estratos de profundidad,

	Estrato				Total
	I	II	III	IV	
Profundidad (m)	0-5 m	5-10 m	10-20 m	20-30 m	
Densidad (n°/m <sup>2</sup> )	4	1,5	0,1	0,0	
Biomasa (g/m <sup>2</sup> )	25	30,7	4,7	0,0	
Densidad total (N°)	332 004.045,00	195 454.917,00	2 588.503,00	0,00	
Biomasa total (Kg)	1 914.384,00	3 895.145,00	184.263,00	0,00	
Densidad media estratificada (n/m <sup>2</sup> )					1,86
Biomasa media estratificada (g/m <sup>2</sup> )					21,05
Densidad total (n°)					530 047.465,00 (+/-38,96%)
Biomasa total (Kg)					5 993.792,00 (+/-28,06%)

### Población y biomasa

La biomasa total de concha de abanico fue estimada en 5 993,79 t ( $\pm 28,06\%$ ) y la población en 530,047 ( $\pm 38,96\%$ ) millones de ejemplares para un área de 284,8 km<sup>2</sup>. Los mayores valores de biomasa y población se observaron en el estrato II (5 – 10m) con 3 895,15 t y 195,45 millones de individuos (Tabla 15.5).

En relación a la población, comparando con la evaluación de marzo del presente año, se observó un incremento de 314,55%, mientras que la biomasa disminuyó en un 17,80%, lo cual estuvo asociado a la presencia de semilla de *A. purpuratus* en varias estaciones de la bahía, y predominio de ejemplares juveniles, contrastando con la evaluación de marzo, dónde la densidad fue baja, debido a la mortandad producida durante el mes de febrero, pero en la cual hubo un predominio de ejemplares mayores a la talla comercial (65 mm).

El stock de juveniles fue de 262,6 millones de individuos y 286,78 t; mientras que la población y biomasa explotables fueron de 37,51 millones de individuos y 2 965,84 t (Fig. 15.11, Tabla 15.6).

Tabla 15.6. Estructura por tallas de la población de concha de abanico *Argopecten purpuratus* en número y peso durante la evaluación poblacional realizada en el área de la bahía de Sechura. 10-21 setiembre 2012

Talla media (mm)	Población (millones)	Biomasa (t)
1	3,03	0,070
4	26,62	1,493
7	19,36	1,918
10	39,94	9,719
13	36,30	16,255
16	24,81	21,992
19	41,15	58,775
22	41,75	88,055
25	42,96	134,359
28	35,70	158,659
31	35,70	203,150
34	29,65	213,359
37	19,97	184,965
40	18,15	212,222
43	19,36	288,429
46	16,34	295,146
49	15,73	334,261
52	9,68	248,801
55	9,68	291,018
58	3,63	135,740
61	2,42	102,467
64	1,21	54,682
67	3,03	161,189
70	1,82	103,103
73	9,08	569,209
76	11,50	823,147
79	3,63	291,304
82	3,03	256,958
85	0,00	0,000
88	1,21	135,554
91	0,61	92,818
94	2,42	387,870
97		
100		
103	0,61	117,107
106		
109		
112		
115		
118		
121		
Total	530,05	5993,792

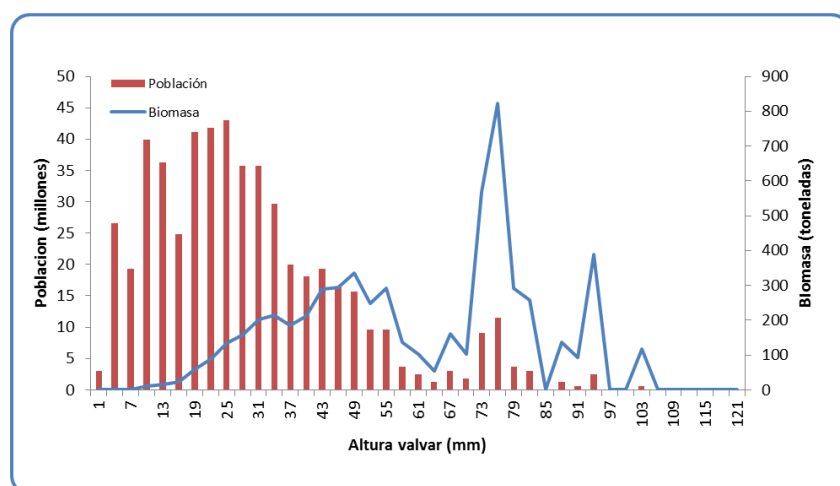


Figura 15.11. Estructura de tallas de concha de abanico ponderadas a la población y biomasa. Sechura 10-21 setiembre 2012.

### Condiciones Ambientales

La temperatura en superficie (Fig. 15.12a) mostro valores que variaron desde 16,2 a 20,7°C con un promedio de 18,3°C, los valores más altos se registraron en la zona norte de la bahía y cercanos a playa (menor profundidad), mientras que en fondo se registraron valores que variaron desde 16,0 a 20,4°C. (Fig. 15.12b).

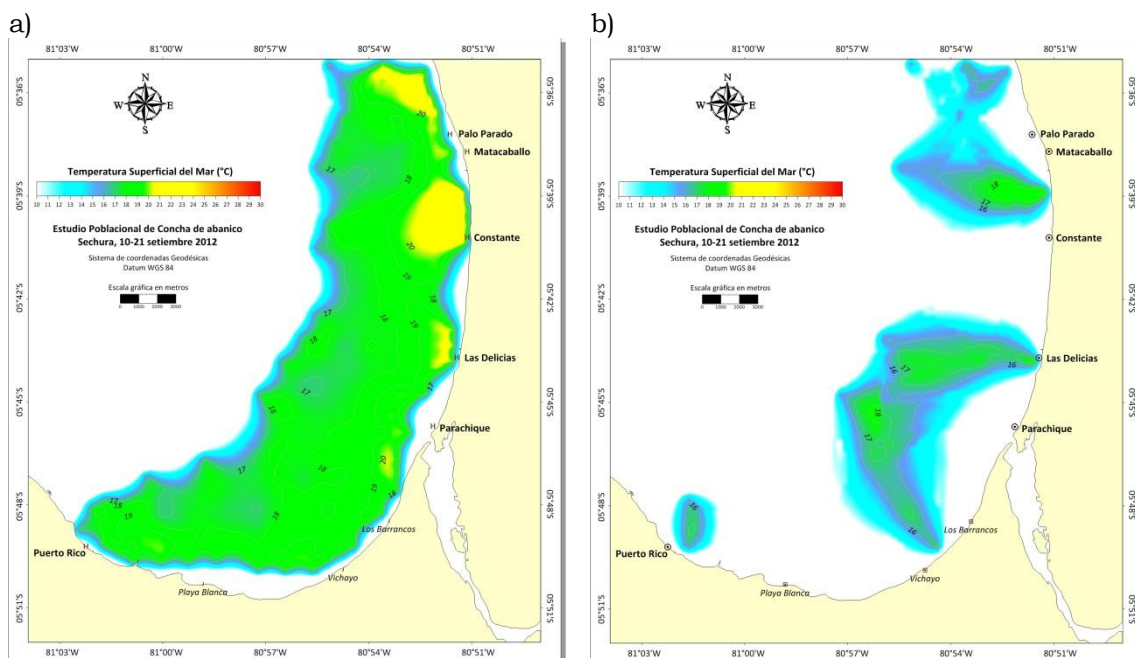


Figura 15.12. Temperatura a) superficial y b) fondo (°C), durante la evaluación poblacional realizada en el área de la bahía de Sechura. 10-21 setiembre 2012.

## 15.4 COMPONENTE PESQUERO

Referente a los desembarques anuales, durante los años 2009 y 2010 éstos fueron mayores a las biomásas estimadas, debido principalmente a que las estimaciones de biomasa se realizaron sólo en las áreas silvestres (estado natural) y la extracción procedió principalmente de las áreas ocupadas para el engorde del recurso (maricultura); sumándose a ello encontramos que durante los años 2010 y 2011, una cantidad importante del recurso provenía de la Isla Lobos de Tierra, pero fueron declaradas como provenientes de las áreas destinadas para engorde, dando como resultado una biomasa subestimada (Fig. 15.13). Durante el año 2011, los desembarques disminuyeron en relación al 2010 (37,2%), sin embargo se mantuvo casi similar al 2009. En lo que va del 2012, se han reportado 12 508,3 t desembarcados en la bahía de Sechura, siendo el mes de setiembre el que presento mayores valores (5 863,1 t)

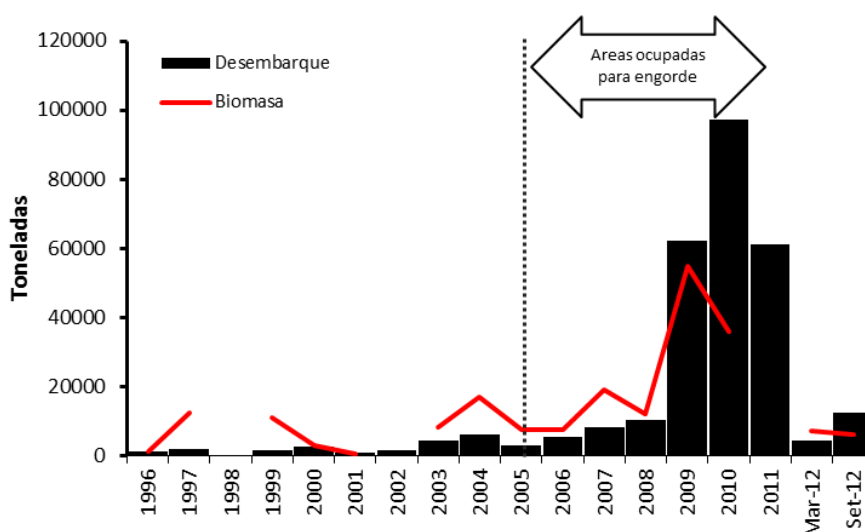


Figura 15.13 Variaciones anuales de los desembarques y estimaciones de biomasa de concha de abanico en la Bahía de Sechura durante el periodo 1996-2012.

Se observaron dos periodos de mayor esfuerzo de pesca (2005-2006 y 2009-2010). En estos años el esfuerzo acumulado anual alcanzó valores máximos de 19 570 y 22 301 viajes, para los años 2006 y 2010 respectivamente. Los menores valores de esfuerzo fueron registrados en los años 2001-2003, con 6 347 y 8 398 viajes respectivamente, y para el 2008 con 8 411 viajes (Fig. 15.14).

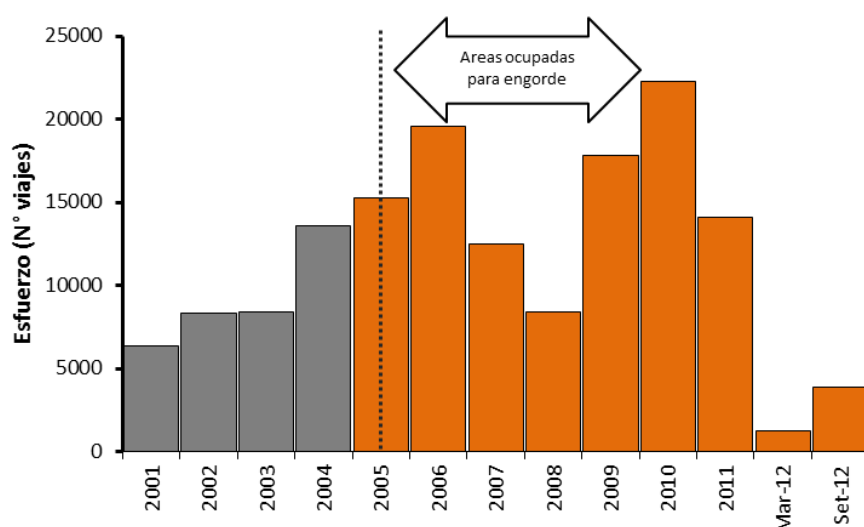


Figura 15.14. Variaciones anuales del esfuerzo de pesca de concha de abanico en la bahía de Sechura para el periodo 2001-2012. Se indican los años (2005-2012) en los cuales parte del área silvestre fue ocupada para el engorde de concha de abanico.

En los años 2001-2012, los valores de CPUE se incrementaron progresivamente de 0,12 a 4,37 t.viaje-1. Los mayores valores registrados a partir del 2005 fueron coincidentes con la presencia de áreas destinadas al engorde de concha de abanico (Fig. 15.15).

Cabe resaltar que el desarrollo de esta actividad, en sus inicios consistió en el traslado de semillas y ejemplares juveniles de concha de abanico del banco natural de la Isla Lobos de Tierra hacia las zonas de engorde en la bahía de Sechura. Este traslado no fue registrado en los desembarcaderos, siendo comercializadas cuando alcanzaron las tallas comerciales, originando una sobrestimación de los índices de abundancia (CPUE) (Fig. 15.15).

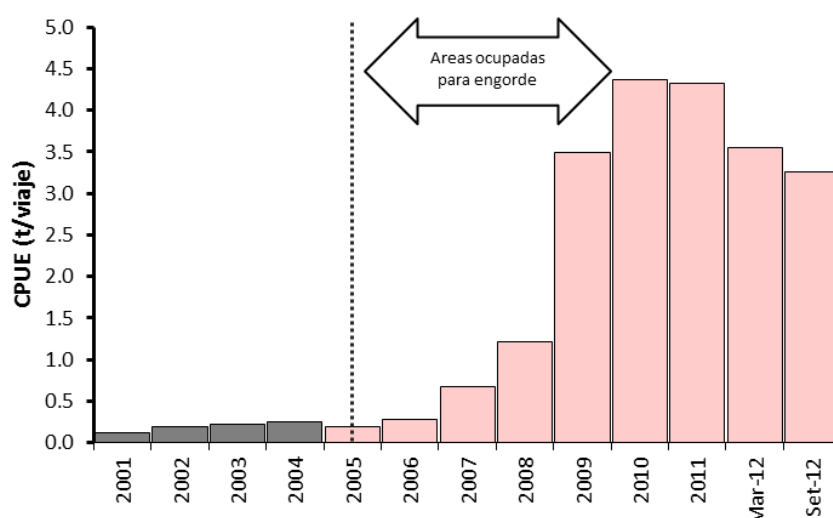


Figura 15.15. Variaciones anuales de la captura por unidad de esfuerzo de concha de abanico en la Bahía de Sechura durante el periodo 2001-2012. Se indican los años (2005-2012) en los cuales parte del área silvestre fue ocupada para el engorde de concha de abanico.

Las tallas medias (Fig. 15.16) mostraron un incremento, del 2001 (59,5 mm) al 2004 (76,1 mm), y posteriormente tendió a decrecer hasta el 2008 (61,2 mm) con una recuperación en el 2009 (71,1 mm), 2010 (77,3 mm) y 2011(77,6). Durante el presente año los valores fueron de 77,1 mm en marzo y 78,4 mm en el mes de setiembre. Al igual que los cambios en la captura, esfuerzo y CPUE, las tallas medias y porcentajes de ejemplares comerciales estuvieron relacionados con la ocurrencia de actividades de engorde en los bancos naturales de la Bahía de Sechura.

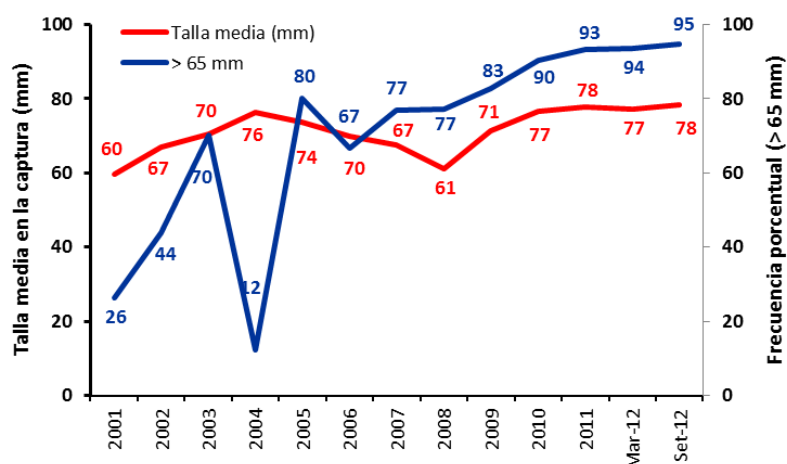


Figura 15.16. Variaciones anuales de la talla media y porcentaje de ejemplares comerciales en la pesquería de concha de abanico en la Bahía de Sechura durante el periodo 2001-2012.



A partir de 2001 la población de concha abanico ha experimentado cambios significativos, disminuyendo hasta julio 2006 (56,5 millones), sin embargo los valores más elevados se registraron en la evaluación de mayo 2009 (3348,2 millones), siendo este el valor máximo registrado históricamente en la bahía Sechura, en contraste con la biomasa calculada para esos años, mostrando también valores elevados durante la evaluación de mayo 2009 (52 566,8 t) (Fig. 15.17).

Es importante resaltar que durante el 2009, se observó la presencia de abundante semilla de concha de abanico durante la evaluación, sin embargo en la evaluación de diciembre 2010, se encontró poca semilla, predominando en la población ejemplares adultos y viejos; en el año 2011 no se realizaron evaluaciones poblacionales del recurso, es por ello que no se tiene el calculo de biomasa y población del mismo. Para el año 2012 se ha observado una fuerte disminución en la biomasa comparándola con diciembre 2010, ligada principalmente a la mortandad natural de este recurso durante el mes de febrero (GONZALES et al., 2012). Sin embargo en la evaluación de invierno se ha observado un incremento en la población, ligada a la presencia de semilla de *A. purpuratus* en la zona de Vichayo y las Delicias durante los meses de mayo y junio.

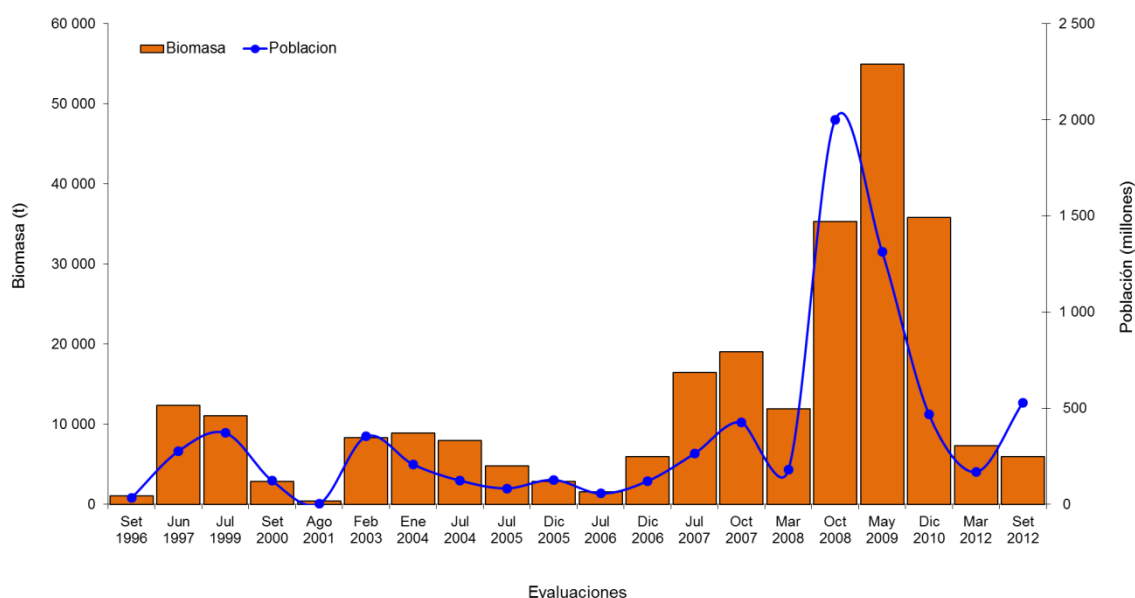


Figura 15.17. Variaciones temporales de la Biomasa y Población, estimadas durante las evaluaciones poblacionales en el banco natural de Bahía de Sechura, 1995-2012.

## 15.5 DISCUSIÓN

En la Fase I (Verano), de las 208 estaciones evaluadas, 35 estaciones fueron positivas, representando el 16,8% de las estaciones totales.

Las tallas de la concha de abanico estuvieron en el rango de 14 a 120 mm de altura valvar, con una bimodal principal en 55 y 57 mm de altura valvar. Las tallas medias fueron 64,0mm en el segundo estrato (6-10m), y 90,1 en el tercer estrato (11-20m), con una media total de 64,9mm.

El porcentaje de tallas menores a la talla mínima de extracción (65 mm de altura valvar) fue de 59,9 %. El análisis de los estadios de madurez gonadal mostró el predominio de ejemplares desovantes sobre los otros estadios.

Las densidades relativas fluctuaron entre 1 y 45 ind m<sup>2</sup>, sin embargo los valores que predominaron estuvieron en el rango 1 – 10 ind.m<sup>2</sup>, seguidos por los del rango 11 – 20 ind.m<sup>2</sup> focalizados entre Palo Parado y Caleta Las Delicias. La biomasa del recurso fue estimada en 7 292.1 t y la población en 168,5 millones de individuos.

El estado poblacional de concha de abanico en la bahía de Sechura mostró una disminución significativa de la biomasa del orden del 79,6 % respecto a la evaluación realizada en diciembre del 2010 (35 823,9 t). Los valores de biomasa durante el estudio fueron muy bajos respecto a años anteriores, debido a la fuerte mortandad que se dio en la Bahía de Sechura durante el mes de febrero del presente año, la cuál afectó principalmente a la zona comprendida entre caleta Parachique y Puerto Rico – Bayovar; registrándose durante la evaluación, una gran cantidad de restos de valvas vacías (simples y dobles) en el fondo marino, así como sedimentos reducidos en el área del estrato I de la zona antes mencionada. Esta mortandad se ve reflejada en el bajo número de estaciones positivas durante la evaluación.

La mortandad de conchas de abanico fue un proceso producido por la disminución de oxígeno en el fondo hasta niveles de anoxia, provocado por el exceso de materia orgánica en descomposición, proceso que fue agravado por la alta densidad de siembra de concha de abanico, en las áreas de repoblamiento, cuyas excretas se

acumularon en el fondo incrementándose la cantidad de materia orgánica demandante de oxígeno, y altos niveles de sulfuro de hidrógeno en el sedimento y en el agua.

Eventos similares se registraron anteriormente en la Bahía de Sechura, como el ocurrido en febrero de 2009 frente a Chulliyachi (norte de la bahía), durante el cual se produjo una mortandad de conchas de abanico a consecuencia de la alta carga de materia orgánica y bajo contenido de oxígeno disuelto asociado a la presencia de sulfuro de hidrógeno.

En la Fase II (Invierno), de las 192 estaciones evaluadas, 106 estaciones fueron positivas, representando el 55,2% de las estaciones totales.

Las tallas de la concha de abanico estuvieron en el rango de 2 a 106 mm de altura valvar, con una modal principal de 28 mm en altura valvar, 26,7 mm en el primer estrato (0-5 m), 41,1 mm en el segundo (5-10 m) y 57,3 mm en el tercero (10-20 m), con una media total de 36,3 mm.

El porcentaje de tallas menores a la talla mínima de extracción (65 mm de altura valvar) fue de 89,3 %. En general, el análisis de los estadios de madurez gonadal mostró el predominio de ejemplares inmaduros sobre los otros estadios.

Las densidades relativas de la unidad de muestreo fluctuaron entre 1 y 68 ind.m<sup>-2</sup>, sin embargo los valores que predominaron estuvieron en el rango de 1-10 ind.m<sup>-2</sup>, seguidos por el rango de 11-20 ind.m<sup>-2</sup>, focalizados frente a Matacaballo y Los Barrancos. La biomasa del recurso fue estimada en 5 993,8 t y la población en 530,05 millones de individuos.

## 15.6 REFERENCIAS

BAZIGOS, G.P. 1981. El diseño de reconocimiento de pesca con redes de arrastre. FAO. Com. Coord. Invest. Cient. (COCIC-CPPS). 24-28 noviembre 1980. Lima, CPPS. Series Seminarios y Estudios, 3: 1-17.

GONZALES, I., M. SANJINEZ, L. BELTRAN. 2008. Evaluación poblacional del recurso concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en bahía de Sechura (15 al 25 de mayo). Inf. Int. Inst. Mar Perú-Paita.

GONZALES, I., J. PAREDES, M. SEGURA & Y. QUISPE. 2012. Informe de la evaluación de las condiciones oceanográficas en la zona de mortandad de concha de abanico (Puerto Rico, Vichayo, Barrancos y La Bocana), 29 de febrero 2012.

GONZÁLES, I., J. PAREDES, M. SEGURA & J. MACALUPÚ. 2012. Informe evaluación de las condiciones oceanográficas en las zonas de cultivo de concha de abanico (Parachique, Las Delicias, Constante y Matacaballo), 22 de febrero 2012.

GONZALES, I., J. PAREDES, M. SEGURA & J. MACALUPÚ 2012. Informe mortandad de concha de abanico frente a Vichayo, Barrancos y Parachique (Sechura), 16 febrero 2012.

GONZÁLES I., J. PAREDES, M. SEGURA & J. MACALUPÚ. 2012. Informe Mortandad concha de abanico y anchoveta frente a las Delicias y Chulliyachi (Sechura), 09 Febrero 2012.

CARBAJAL W., L. BELTRÁN, J. QUISPE, J. MACALUPÚ. 2009. Informe monitoreo oceanográfico entre chullillachi y mataballo (sechura), 12 febrero 2009.

MENDO J., V. VALDIVIESO, C. YAMASHIRO, E. JURADO, O. MORON, J. RUBIO. 1987. Evaluación de la población de concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en la Bahía Independencia, Pisco, Perú, 17 de enero-4 de febrero de 1987. Inf. Inst. Mar Perú, Callao 91: 64 p.

SAMAME M., V. VALDIVIESO, C. YAMASHIRO, J. MENDEZ, J. ZEVALLOS, O. MORÓN. 1985. Evaluación de la concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en la Bahía Independencia, Pisco, en octubre – noviembre de 1985. Inf. Interno, Imarpe. 42 pp.

VALDIVIEZO V., V.H. ALARCON. 1985. Comportamiento del ciclo sexual y cambios en la abundancia relativa de la concha de abanico *Argopecten purpuratus* (L.), en el área del Callao durante el fenómeno El Niño 1982-1983. CONCYTEC 1985. Ciencia, tecnología y agresión ambiental: Fenómeno El Niño. 455-482 pp.

## **XVI. MODELOS DE SIMULACIÓN Y DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA DE LA CONCHA DE ABANICO *Argopecten purpuratus***

*Jorge Tam, Dante Espinoza, Ricardo Oliveros, Carlos Romero, Jorge Ramos*

Centro de Investigaciones en Modelado Oceanográfico y Biológico Pesquero, DGIOCC, IMARPE

### **16.1 INTRODUCCION**

Los modelos para determinar la capacidad de carga de un área han sido clasificados de acuerdo a su nivel de complejidad en cuatro categorías jerárquicas (MCKINDSEY *et al.* 2006): física, productiva, ecológica y social. La determinación de la capacidad de carga de cada categoría debe basarse en el desarrollo de las categorías precedentes.

En áreas costeras marinas, los modelos de estimación de la capacidad de carga productiva consideran principalmente la disponibilidad de alimento como factor limitante. Por otra parte, el oxígeno disponible también adquiere relevancia en la determinación de la capacidad de carga, ya que es fundamental en los procesos fisiológicos de respiración (URIBE Y BLANCO, 2001).

Si bien la capacidad de carga productiva tiene como objetivo maximizar la producción de áreas de cultivo, en el presente estudio, se desarrolló un modelo para determinar la capacidad de carga en áreas de repoblamiento de concha de abanico en la Bahía de Sechura, tomando en cuenta tanto el alimento, como el oxígeno, así como las interacciones entre el fitoplancton y el zooplancton.

### **16.2 MATERIAL Y MÉTODOS**

#### **Estimación de parámetros del modelo**

En el modelo, las variaciones del fitoplancton ( $F$ ) dependen del crecimiento poblacional del mismo y del consumo de sus depredadores, es decir el zooplancton ( $Z$ ) y la concha de abanico ( $C$ ), de la siguiente manera:

$$\frac{dF}{dt} = r * F - d_1 * Z * F - d_2 * C * F$$

Donde:

$r$ , es la tasa de crecimiento de fitoplancton ( $d^{-1}$ ).

$d_1$ , es la tasa de depredación del zooplancton ( $ton^{-1} d^{-1}$ ).

$d_2$ , es la tasa de depredación de la concha de abanico ( $ind^{-1} d^{-1}$ ).

La tasa de crecimiento del fitoplancton se hizo variar en un rango entre 0.5 y 2  $día^{-1}$  (COLLINS & WLOSINSKI, 1983), dependiendo linealmente de la variación estacional de la concentración de nitratos de la Bahía de Sechura, obtenida con el modelo PISCES (Pelagic Interaction Scheme for Carbon and Ecosystem Studies).

La condición inicial del fitoplancton en superficie fue de 34 837 t, correspondiente a una concentración promedio de 1 972 500  $cel.L^{-1}$ , encontrada en los estudios bio-oceanográficos de la Bahía de Sechura (IMARPE 2012a, 2012b).

La tasa de depredación del zooplancton ( $3.383 \times 10^{-5} t^{-1} d^{-1}$ ), correspondió a 1.0 L ( $mg$  peso seco) $^{-1} d^{-1}$ , obtenida de acuerdo a DI TORO et al. (1971).

La tasa de depredación de la concha de abanico ( $2.425 \times 10^{-11} t^{-1} d^{-1}$ ), correspondió a una tasa de filtración promedio de 99.55  $mL min^{-1} ind^{-1}$ , obtenida en ejemplares adultos ( $> 7$  cm longitud), alimentados con las microalgas *Chaetoceros calcitrans* e *Isochrysis galbana*, a una concentración de  $2.5 \times 10^5$   $cél mL^{-1}$ , en pruebas realizadas en el Laboratorio de Biología Experimental del Instituto del Mar del Perú, (IMARPE 2012a, 2012b).

Las variaciones del zooplancton (Z) dependen de la mortalidad del zooplancton, y del crecimiento poblacional del mismo, así como de la eficiencia de conversión del zooplancton, de la siguiente manera:

$$\frac{dZ}{dt} = \varepsilon * d_1 * F * Z - m * Z$$

Donde:

$d_1$ , es la tasa de depredación del zooplancton ( $ton^{-1} d^{-1}$ ).

$\epsilon$ , es la eficiencia de conversión del zooplancton (adimensional).

$m$ , es la tasa de mortalidad del zooplancton ( $d^{-1}$ ).

La condición inicial del zooplancton en superficie fue de 17 737 t, correspondiente a un biovolumen de zooplancton promedio de 300 mL ( $100\text{ m}^{-3}$ ), encontrado en los estudios bio-oceanográficos de la Bahía de Sechura (IMARPE 2012a, 2012b). La eficiencia de conversión (0.7) y la tasa de mortalidad ( $0.075\text{ d}^{-1}$ ) del zooplancton, se obtuvieron de acuerdo a DI TORO et al. (1971).

Por otro lado, las variaciones del oxígeno disuelto dependen del flujo de agua y del consumo de oxígeno por la concha de abanico, de la siguiente manera:

$$\frac{dO_2}{dt} = f * (O_{2\text{ imp}} - O_{2\text{ umb}}) - R * C$$

Donde:

$R$ , es el consumo de oxígeno por la concha de abanico ( $\text{mL L}^{-1} \text{ ind}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ).

$O_{2\text{ imp}}$ , es el oxígeno disuelto importado ( $\text{mL L}^{-1}$ ).

$O_{2\text{ umb}}$ , es el oxígeno disuelto umbral ( $\text{mL L}^{-1}$ ).

$f$ , es el flujo de agua ( $d^{-1}$ ).

El consumo de oxígeno de la concha de abanico ( $3.349 \times 10^{-12} \text{ mL L}^{-1} \text{ ind}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ), correspondió a un valor de  $0.008 \text{ mg O}_2 (\text{g peso seco})^{-1} \text{ min}^{-1}$  (CEO), obtenido para ejemplares adultos ( $> 7 \text{ cm}$  longitud), en pruebas realizadas en el Laboratorio de Biología Experimental del IMARPE, durante la Fase II del estudio (IMARPE 2012b). No se usaron los valores obtenidos en la Fase I, debido a que los ejemplares de concha de abanico presentaron condiciones de estrés fisiológico (Flores, com. pers.).

La condición inicial del oxígeno disuelto importado fue de  $3.623 \text{ mL L}^{-1}$ , correspondiente al promedio de la columna de agua, encontrada en los estudios bio-oceanográficos de la Bahía de Sechura. El valor de oxígeno umbral fue de  $1.4 \text{ mL L}^{-1}$ , correspondiente al valor de  $2 \text{ mg L}^{-1}$ , usado por BRAVO (2006) para la concha de abanico en la Bahía de Paracas. La variación estacional del oxígeno disuelto de la Bahía de Sechura fue obtenida del modelo PISCES (Pelagic Interaction Scheme for Carbon and Ecosystem Studies).

El flujo de agua varió en un rango entre 0.048 y 0.153 día<sup>-1</sup>, correspondiente a la variación estacional de la tasa de residencia de la Bahía de Sechura, obtenida con el modelo ROMS (Regional Oceanic Model System).

Para el cálculo de las tasas de residencia se utilizaron los datos de batimetría de alta resolución que fueron presentados en el informe de la Fase II del estudio, la cual presentó las siguientes características: volumen de la bahía (32.995 km<sup>3</sup>), área de entrada de agua (en promedio 1.615 km<sup>2</sup>) y velocidad de las corrientes de entrada (en promedio 2.065 km d<sup>-1</sup>).

### Determinación de la capacidad de carga

Se determinó una capacidad de carga basada en el fitoplancton y una capacidad de carga basada en el oxígeno, considerándose para la capacidad de carga de concha de abanico adulta en la Bahía de Sechura, el valor mínimo entre las dos.

Para la capacidad de carga basada en el fitoplancton, se ajustó un modelo logístico inverso decreciente a los niveles promedio de fitoplancton, simulados en función de la abundancia de conchas y se obtuvo la capacidad de carga cuando el nivel promedio del fitoplancton decae por debajo del 90 % del nivel máximo (Fig. 16.1).

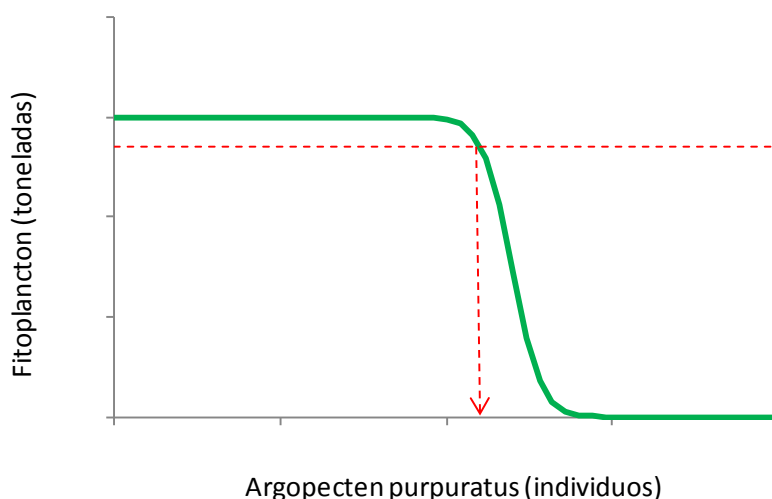


Figura 16.1. Relación logística inversa decreciente entre el fitoplancton promedio y la abundancia de concha de abanico. La flecha indica la capacidad de carga basada en fitoplancton, cuando el nivel de fitoplancton cae por debajo del 90 % del nivel, en ausencia de concha de abanico.



Para la capacidad de carga basada en el oxígeno, se ajustó un modelo lineal decreciente a las pendientes de los niveles de oxígeno, simulados en función de la abundancia de conchas, y se obtuvo la capacidad de carga cuando la pendiente de los niveles de oxígeno es igual a cero, lo que asegura su sostenibilidad en el tiempo (Fig. 16.2).

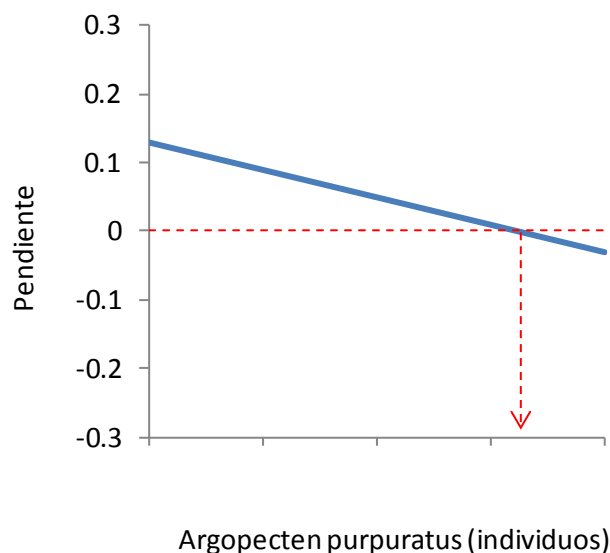


Figura 16.2. Relación lineal decreciente entre las pendientes de los niveles de oxígeno y la abundancia de concha de abanico. La flecha indica la capacidad de carga basada en fitoplancton, cuando la pendiente del nivel de oxígeno es igual a cero.

### 16.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La capacidad de carga se calculó para tres escenarios ambientales, en base a la variación estacional de las tasas de residencia, nitratos y oxígeno, durante años neutro, La Niña y El Niño (débiles o moderados).

Para el escenario neutro, la capacidad de carga basada en fitoplancton varió entre 17 902 (febrero) y 42 811 (mayo) millones de individuos, mientras que la capacidad de carga basada en oxígeno varió entre 6 201 (abril) y 29 212 (agosto) millones de individuos (Fig. 16.3). Estas variaciones concuerdan con los incrementos de fitoplancton en verano-otoño y primavera y con el incremento de oxígeno en invierno. Por otro lado, el oxígeno resultó ser un factor más limitante que el fitoplancton.

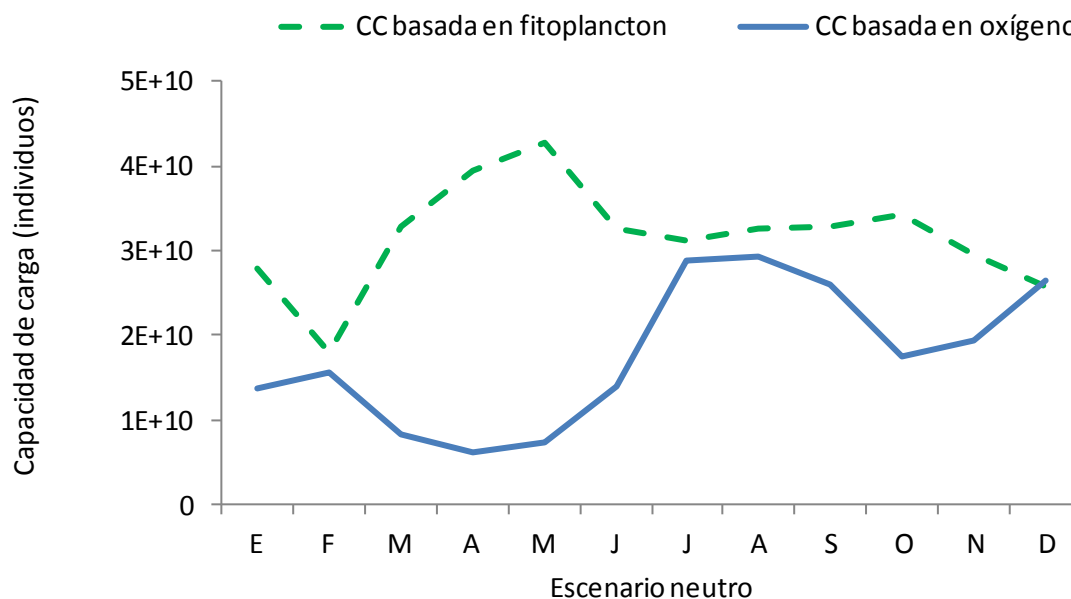


Figura 16.3. Variación estacional de la capacidad de carga de concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) basada en fitoplancton y oxígeno, bajo el escenario neutro.

### Comparación de escenarios ambientales

La capacidad de carga basada en el fitoplancton fue más baja durante El Niño (19 947 millones de individuos) que durante año neutro (21 933 millones de individuos), en concordancia con la disminución de los nutrientes durante El Niño (Fig.16.4).

Por otro lado, la capacidad de carga basada en el oxígeno fue más baja durante La Niña (1748 millones de individuos) y más alta durante El Niño (9268 millones de individuos) (Fig. 16.5). Sin embargo, se debe advertir que durante los eventos El Niño, existen factores negativos que no han sido incorporados en el modelo y que pueden impedir alcanzar la capacidad de carga teórica esperada.

En promedio, la capacidad de carga basada en el oxígeno fue más conservadora que la basada en el fitoplancton, indicando el carácter más limitante del oxígeno que del fitoplancton en esta bahía.

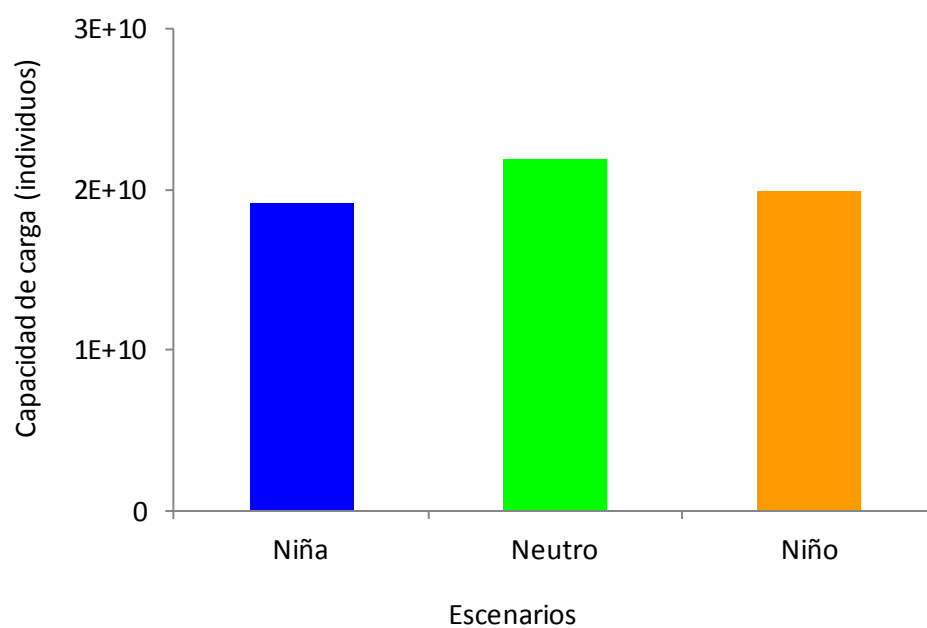


Figura 16.4. Capacidad de carga basada en fitoplancton para tres escenarios ambientales.

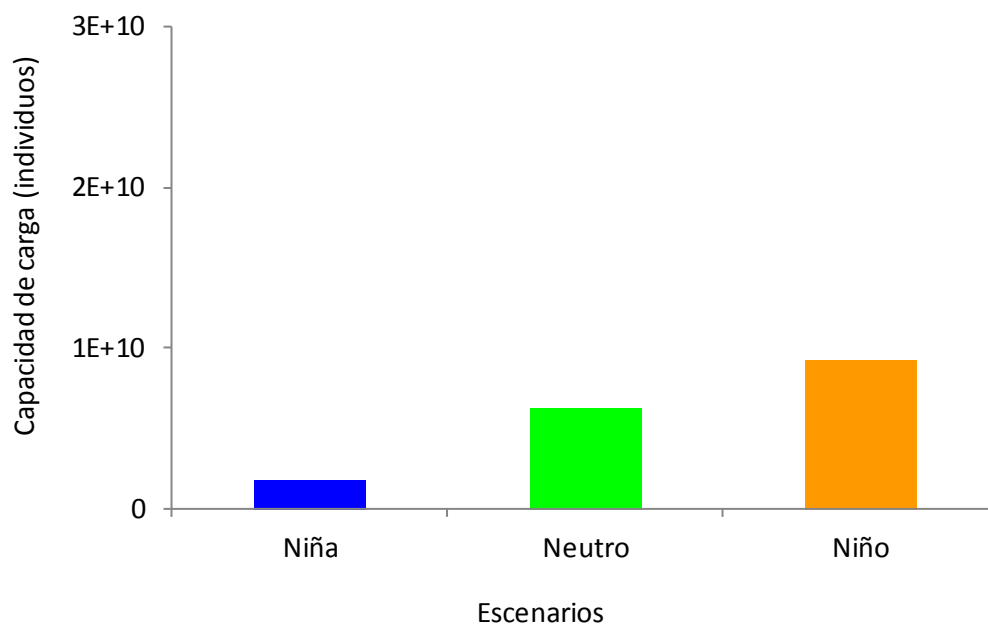


Figura 16.5. Capacidad de carga basada en oxígeno para tres escenarios ambientales.

### **Núcleos de bancos naturales y capacidad de carga en áreas de repoblamiento**

Los bancos naturales de la Bahía de Sechura han sido zonificados en tres áreas con diferentes densidades de concha de abanico: núcleos (8 060 ha, 1.38 ind m<sup>-2</sup>), área de expansión media (6 174 ha, 0.87 ind m<sup>-2</sup>) y área de expansión máxima (22 380 ha, 0.36 ind m<sup>-2</sup>) (Fig. 16.6). El modelo de capacidad de carga, determina el nivel de concha de abanico sostenible en un área total de 36 614 ha.

Históricamente, la densidad promedio de concha de abanico en el núcleo de los bancos naturales ha sido 1.38 ind m<sup>-2</sup> (IMARPE, 2011). Por lo tanto, la capacidad de carga en las áreas de repoblamiento (áreas de expansión media y área de expansión máxima: 28554 ha) se calculó como la diferencia entre la capacidad de carga total, menos la cantidad de conchas promedio encontradas históricamente en los núcleos de los bancos naturales (111 millones de individuos).

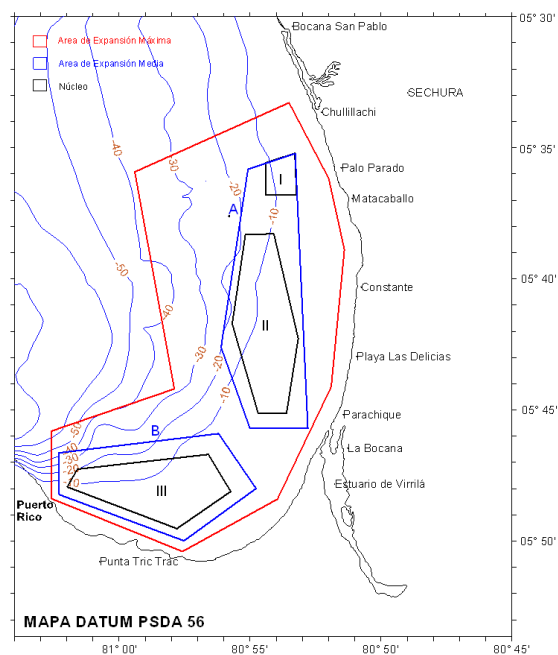
De este modo, la capacidad de carga de concha de abanico adulta, en las áreas de repoblamiento bajo los diferentes escenarios fue de 1 637 millones de individuos (La Niña), 6 090 millones de individuos (año neutro) y 9 157 millones de individuos (El Niño) (Fig. 16.7). Las conversiones a densidad (ind m<sup>-2</sup> y ton ha<sup>-1</sup>) se muestran en la tabla 16.1.

La capacidad de carga calculada para la Bahía de Sechura, se encuentra en el orden de magnitud reportado en otros estudios. BRAVO (2006), calculó como capacidad de carga máxima de concha de abanico para la Bahía de Paracas, durante eventos El Niño, 15.91 y 12.46 ton ha<sup>-1</sup>, basadas en oxígeno y alimento respectivamente. Mientras que URIBE Y BLANCO (2001), calcularon para la Bahía de Tongoy en Chile, capacidades de carga de concha de abanico, usando corrientes modales para cultivos suspendidos, de 19.5 y 18.5 ton ha<sup>-1</sup>, basadas en oxígeno y alimento respectivamente. Cabe señalar que MENDO et al. (2011), indican que la Bahía de Sechura presenta corrientes más fuertes y con mayor flujo de alimento que la Bahía de Paracas.

Tabla 16.1. Capacidad de carga de concha de abanico en áreas de repoblamiento de la Bahía de Sechura, bajo los diferentes escenarios ambientales.

	Niña	Neutro	Niño
Individuos	1637202574	6090006859	9.16E+09
Ind m <sup>-2</sup>	6	21	32
Ton ha <sup>-1</sup>	4	14	20

Figura 16.6. Área de distribución de *Argopecten purpuratus* en la bahía de Sechura registradas durante las evaluaciones poblacionales realizadas de 1995-2009, mostrando las áreas denominadas: núcleos (áreas encerrada por la línea de color negro), área de expansión media (área fuera de los núcleos y delimitadas por las líneas de color azul), y el área de expansión máxima (área delimitada por la línea roja) (IMARPE 2011).



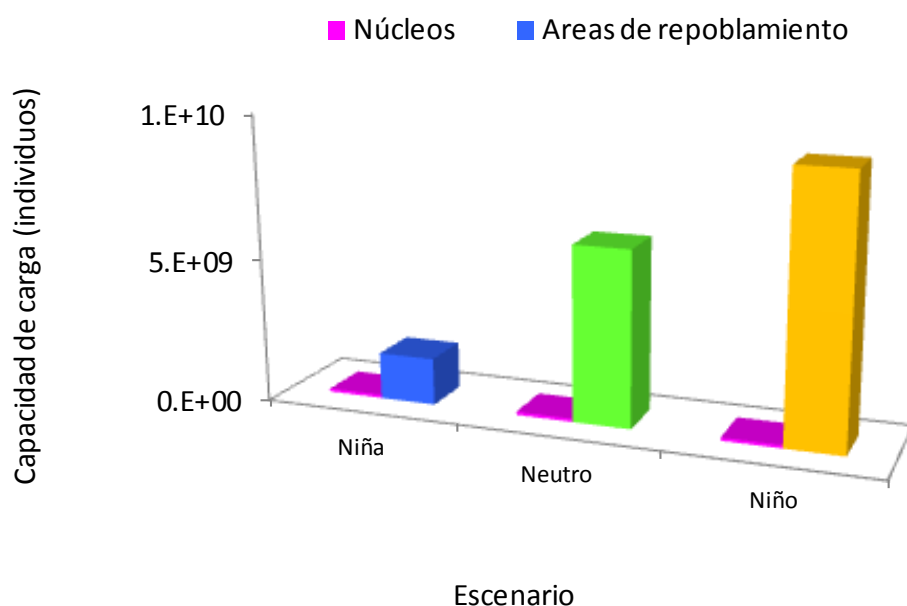


Figura 16.7. Abundancia de concha de abanico en los núcleos de los bancos naturales y capacidad de carga en áreas de repoblamiento, para los diferentes escenarios ambientales.

En base a los datos de marcaje y recaptura de conchas de abanico, realizados durante la Fase I y II del estudio bio-oceanográfico en la Bahía de Sechura (IMARPE 2012a, 2012b), se calculó una tasa instantánea de mortalidad promedio de  $0.00371 \text{ d}^{-1}$ . Considerando esta mortalidad, se retro calculó la cantidad de juveniles necesarios para el repoblamiento (Fig. 16.8, Tab. 16.2). Las densidades de juveniles variaron entre 13 y  $71 \text{ ind m}^{-2}$ , estas densidades no afectarían significativamente el crecimiento de los ejemplares, ya que en los resultados de marcaje y recaptura (IMARPE 2012b), las tasas promedio de crecimiento por densidades de siembra, no presentaron diferencias significativas.

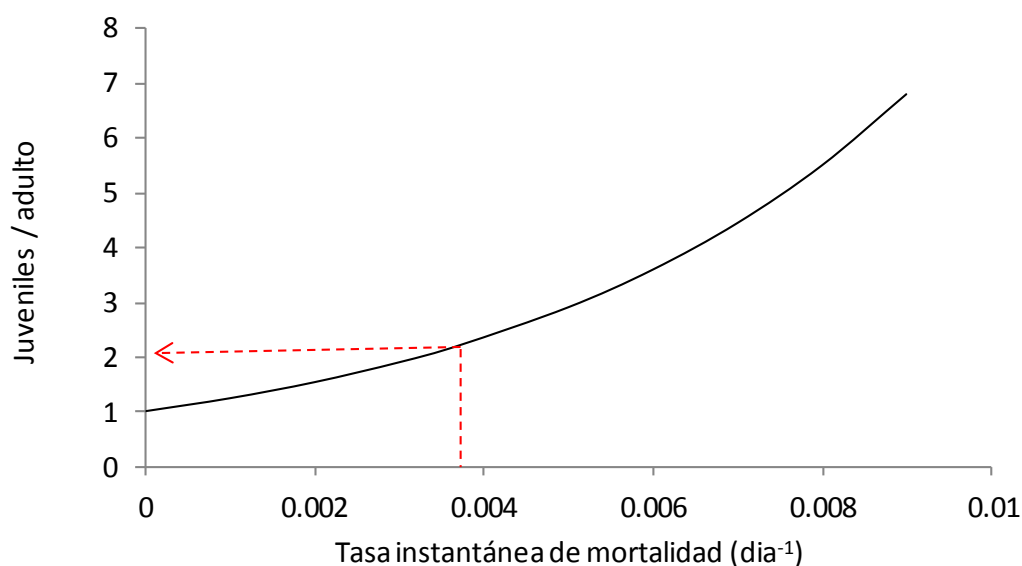


Figura 16.8. Retrocálculo del número de juveniles necesarios por cada individuo adulto, a diferentes tasas instantáneas de mortalidad. La flecha indica la mortalidad promedio encontrada en la Bahía de Sechura durante el estudio de marcaje y recaptura.

Tabla 16.2. Capacidad de carga de adultos, cantidad y densidad de juveniles requeridos para el repoblamiento.

	Niña	Neutro	Niño
Adultos (ind)	1637202574	6090006859	9157773728
Juveniles (ind)	3609954959	13428179759	20192461956
Densidad juveniles (ind $\text{m}^{-2}$ )	13	47	71

### Factores adicionales que limitarían la capacidad de carga

Se debe señalar que durante los eventos El Niño, existen factores negativos que no han sido incorporados en el modelo y que pueden impedir alcanzar la capacidad de carga teórica esperada, tales como las descargas fluviales, durante los meses de incremento de las lluvias en el norte del Perú. En el estudio bio-oceanográfico de la Bahía de Sechura realizado en la Fase I - Verano, se observó una alta mortalidad de conchas de abanico que habría sido originada por el ingreso de aguas del continente,

baja salinidad, anoxia y eventos de floraciones algales nocivas. Asimismo, los fosfatos mostraron concentraciones fuera de los rangos normales, por el gran aporte antropogénico y continental (IMARPE 2012a).

Por otro lado, si durante un evento El Niño fuerte, las temperaturas sobrepasan los 28°C, causarían mortalidad de la concha de abanico (URBAN, 1994). Además, aunque la densidad histórica en los núcleos de los bancos naturales ha sido baja, recientemente se han reportado densidades de hasta 10 ind m<sup>-2</sup> (IMARPE, 2012b), por lo que será necesario monitorear la persistencia de estos cambios, para considerar una consecuente reducción de la capacidad de carga en las áreas de repoblamiento.

#### 16.4 REFERENCIAS

BRAVO, G. 2006. Estimación de la capacidad de carga para el engorde de concha de abanico *Argopecten purpuratus* en la Bahía de Paracas. Tesis Ing. Pesquero. 111 p.

COLLINS, C. D. AND J. H. WLOSINSKI. 1983. Coefficients for use in the US. Army Corps of Engineers Reservoir Model, CE-QUAL-R1. U.S. Army Corps of Engineers, Waterway Experiment Station, Vicksburg, Mississippi.

DI TORO, D.M., D.J. O'CONNOR AND R.V.THOMANN. 1971. A dynamic model of the phytoplankton population in the Sacramento-San Joaquin Delta. In: Nonequilibrium systems in natural water chemistry. Adv. Chem. Ser. 106.

IMARPE. 2011. Diagnóstico del estado actual de la bahía de Sechura en relación al recurso concha de abanico.

IMARPE. 2012a. Informe del estudio bio-oceanográfico para determinación de la capacidad de carga en la Bahía de Sechura. Fase I – Verano (mayo).

IMARPE. 2012b. Informe del estudio bio-oceanográfico para determinación de la capacidad de carga en la Bahía de Sechura. Fase II – Invierno (setiembre).

JORGENSEN S, BENDORICCHIO G. 2001. Fundamentals of ecological modelling. Elsevier Press. 530 p.



MCKINDSEY C, THETMEYER H, LANDRY T, SILVERT W. 2006. Review of recent carrying capacity models for bivalve culture and recommendations for research and management. *Aquaculture* 261:451-462.

MENDO, J., L. YSLA, H. ORREGO, M. MIGLIO, P. GIL Y A. DEL SOLAR. 2011. Manual técnico para el repoblamiento de concha de abanico en la Bahía de Sechura. Proyecto Fincyt.

URBAN, H. J. 1994. Upper temperature tolerance of ten bivalve species off Peru and Chile related to El Nino. *Marine Ecology Progress Series*. 107:139-145.

URIBE E, BLANCO JL. 2001. Capacidad de los sistemas acuáticos para el sostenimiento del cultivo de pectínidos: el caso de *Argopecten purpuratus* en la Bahía Tongoy, Chile. En: A. N. Maeda-Martínez (ed.). *Los Moluscos Pectínidos de Iberoamérica: Ciencia y Acuicultura*.

## **XVII. CONCLUSIONES GENERALES**

Tanto en el verano como en el invierno 2012, la bahía ha estado influenciada por las alteraciones de meso y macro escala registradas frente a la costa peruana.

Las condiciones ambientales durante el periodo de verano fueron anómalas debido a la influencia de masas de agua, asociadas a bajas concentraciones de sales en la capa superficial. Las condiciones halinas indicaron predominio de Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) y aguas de descarga de origen continental en la capa superficial y condiciones de gradiente térmico mínimo en las capas intermedias hasta el fondo.

Las condiciones térmicas registradas durante el invierno fueron en promedio frías en la zona centro sur, en comparación con el monitoreo de verano que fueron en promedio cálidas al interior y frías en la zona sur.

La dinámica de las corrientes marinas en superficie durante el monitoreo de verano presentó intensidades de 1 a 2,47 cm/s con tendencias predominantes hacia el (NO) y (SO), mostrando en fondo una circulación lenta al interior de la bahía, mientras que en invierno presentó intensidades de 3 a 8,5 cm/s con tendencias predominantes hacia el noroeste (NO) y oeste (O), con giros ciclónicos por convergencia de flujos al interior de la bahía. Los vientos en ambos periodos se presentaron con fluctuaciones de 1,0 a 7,5 m/s.

La tasa de recambio de las masas de agua en el interior de la bahía tuvieron valores que variaron de 3,7 a 13,8 días en el verano, y de 2,7 a 7,15 en invierno.

La bahía de Sechura presenta una variabilidad estacional relacionadas con las variables (temperatura y salinidad) que son influenciadas por la dinámica de corrientes marinas por acción de los vientos (verano e invierno), regulada principalmente por el ciclo estacional de las condiciones hidrográficas en superficie y en la columna de agua.

Las concentraciones de oxígeno fueron altas en ambos periodos con una mayor amplitud en el verano debido a una alta producción biológica. Aunque en el verano se

observo un núcleo de anoxia entre La Bocana y cerca a Punta Tric Trac, a nivel de superficie y fondo.

En el verano la clorofila alcanzó altas concentraciones en superficie y en el fondo, indicando una alta productividad, estando asociado a los altos contenidos de oxígeno ( $> 6 \text{ mL/L}$ ) extendiéndose en gran parte de la Bahía. En invierno las concentraciones también fueron relativamente altas en superficie y fondo pero más bajas que en verano (debido a una menor actividad fotosintética). A pesar de las anomalías externas, las altas concentraciones de clorofila-a indican que la bahía de Sechura es una zona de alta productividad.

Así mismo, los nutrientes, como los fosfatos en superficie, fondo y columna de agua mostraron concentraciones fuera de los rangos normales, por el gran aporte antropogénico y continental. Los silicatos también fueron altos por el aporte de compuestos silíceos y las concentraciones de nitratos fueron menores a  $5 \mu\text{mol/L}$ , ocasionando procesos de eutrofización. Para el invierno los nutrientes (fosfatos y silicatos) en la superficie del mar reflejaron condiciones dentro de lo normal a excepción de pequeños núcleos.

A pesar de las condiciones anómalas observadas en macro y meso escala en el primer semestre del año, la bahía de Sechura es capaz de recuperarse rápidamente debido a los permanentes flujos subsuperficiales y superficiales que la alimentan.

La bahía de Sechura presentó una alta productividad y biomasa fitoplanctónica en gran parte del año (invierno y verano), regulada principalmente por el ciclo estacional, en las condiciones hidrográficas y biológicas de la columna de agua.

Las concentraciones totales del fitoplancton, el número de especies, índices de diversidad y equidad para el invierno 2012, a nivel superficial como de fondo disminuyeron en comparación con el verano 2012, en donde se presentó una mayor riqueza de especies, con el predominio de las diatomeas *Detonula pumila*, seguida de *Chaetoceros* spp, *Thalassiosira* cf. *minima* y *Leptocylindrus danicus*.

La estructura comunitaria del fitoplancton en ambas estaciones del año, correspondieron principalmente a un estado inicial de la sucesión ecológica, conformadas por diatomeas de afloramiento.

En el verano se registró la floración algal del dinoflageado tecado *Ceratium fusus* v. *fusus*, especie inocua que alcanzó una máxima concentración de  $22 \times 10^3$  Cels.L<sup>-1</sup> a 6 metros de profundidad. Así como del dinoflagelado no tóxico *Ceratium dens*.

Durante el invierno, microalgas productoras de floraciones algales o mareas rojas fueron parte de la comunidad fitoplanctónica en la bahía y estuvieron presentes en los monitoreos realizados por la Sede Regional de Paita, pero en ningún caso se observó cambios en la coloración del mar, ni factores físicos o químicos que indicaran la presencia de estos eventos en la zona.

Las especies del fitoplancton potencialmente tóxico en la bahía de Sechura presentaron abundancias relativas de PRESENTE y densidades celulares (N° cel.L-1) que no representaron un riesgo para la salud pública.

El zooplancton estuvo conformado por un amplio número de especies tanto en el periodo del verano como del invierno, siendo los más importantes en ambos periodos los copépodos y decápodos. El periodo de invierno mostró una mayor diversidad de especies, mientras que en el verano fue menor.

Las especies del zooplancton como *Acartia tonsa*, *Pleopis polyphemoides*, *Evadne tergestina*, *Euterpina acutifrons* así como los huevos y larvas de *Engraulis ringens* estarían jugando un papel importante dentro de la dinámica de la bahía de Sechura.

La distribución de larvas de concha de abanico *Argopecten purpuratus* en ambos periodos se dió en casi toda la bahía, encontrándose en verano las mayores abundancias frente a Chullillachi (228 larvas/m<sup>3</sup>) y Punta Tric Trac (214 larvas/m<sup>3</sup>), mientras que en invierno, la mayor concentración se observó frente a la playa Las Delicias (2,175 larvas/m<sup>3</sup>). En general en la estación de invierno se evidenció un importante incremento de concentración de larvas de *A. purpuratus*, en relación a lo observado en el verano.

El estado poblacional de la concha de abanico en la bahía de Sechura, en la evaluación de verano, mostró una disminución significativa de la biomasa del orden de 79,6 % respecto a la evaluación realizada en diciembre del 2010 (35 823,9 t). En la evaluación de Invierno, mostró una disminución de la biomasa del orden de 17,80 %, respecto a la evaluación de verano (7 292,1 t), debido principalmente al incremento de semilla y evidente disminución de individuos adultos (provocado por la mortandad de febrero), incrementándose la población en 314,55%.

Los valores de biomasa de este recurso durante el presente estudio fueron muy bajos respecto a años anteriores, debido a la fuerte mortandad que se dio en la Bahía de Sechura durante el mes de febrero, lo cual afectó principalmente a la zona comprendida entre caleta Parachique y Puerto Rico, Bayovar.

El porcentaje de ejemplares de concha de abanico recapturados para determinar tasa de crecimiento en las áreas de repoblamiento, fue de 41 % con respecto a los marcados. Las tasas de crecimiento variaron entre 0,01 y 15,40 mm.mes<sup>-1</sup>, siendo significativamente mayores en Parachique (6,55 mm.mes<sup>-1</sup>) que en Vichayo (4,43 mm.mes<sup>-1</sup>). Por densidad de siembra no se observaron diferencias significativas en las tasas de crecimiento.

Los parámetros de crecimiento obtenidos para la concha de abanico en base a los datos de marcaje y recaptura, fueron para K, 0.8916 año<sup>-1</sup> y 133 mm para  $L_{\infty}$ .

La sobrevivencia de la concha de abanico en corrales durante la experiencia de marcaje-recaptura, fue baja durante el primer periodo (febrero - abril), aumentando significativamente durante los periodos posteriores (abril - setiembre).

En los experimentos realizados en laboratorio, se observó una relación directa entre la concentración de alimento y la tasa de ingestión (I) a las concentraciones microalgales y temperatura (17 y 22 °C) trabajadas. Así mismo se evidenció el efecto del estadio de desarrollo en el Consumo de Oxígeno Específico (COE) siendo mayor en semillas, seguido de juveniles y con los menores valores en los ejemplares adultos.

La capacidad de carga de concha de abanico en las áreas de repoblamiento de la Bahía de Sechura, bajo los diferentes escenarios ambientales fue de 1 637 millones de

individuos ( $4 \text{ ton ha}^{-1}$ ) en año La Niña, 6 090 millones de individuos ( $14 \text{ ton ha}^{-1}$ ) en año neutro y 9 157 millones de individuos ( $20 \text{ ton ha}^{-1}$ ) durante El Niño (débil a moderado).

## **XVIII. RECOMENDACIONES**

Evaluación de los sedimentos marinos en forma estacional para determinar cambios en el sustrato.

Programar monitoreos permanentes para seguir las condiciones hidrodinámicas en la bahía, a fin de evaluar la variabilidad estacional de la dinámica física de este ecosistema.

Instalar una Estación Meteorológica cerca a la bahía o en el interior, a fin de registrar datos meteorológicos para obtener series temporales. Así mismo instalar boyas oceanográficas con sensores de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y corrientes marinas en puntos estratégicos, con la finalidad de elaborar series temporales de las variables de estudio.

Realizar muestreos de los parámetros físicos, químicos y biológicos, en un periodo normal y otro en periodo de embarque de los fosfatos, debido a que el exceso de este elemento en el agua de mar (encontrado en el muestreo de verano) por un aporte constante, lograría una eutrofización a través del tiempo.

Realizar estudios de investigación sobre las especies de fitoplancton presente y que constituyen la oferta alimentaria, asociados a estudios bioenergéticos, resultados que redundarían significativamente en el conocimiento de los factores que contribuyen al crecimiento de la concha de abanico.

Monitorear en forma permanente y continua las especies del fitoplancton potencialmente tóxico, mediante un enfoque multidisciplinario, pues es necesario un trabajo de cooperación entre oceanógrafos, físicos, químicos y biólogos (taxónomos, ecólogos, etc.), que permita la detección rápida, alerta temprana y predicción sobre la presencia de estos organismos, para diseñar planes de contingencia y aplicar estrategias de mitigación en las zonas afectadas.

Establecer un programa de monitoreo de especies formadoras de mareas rojas o floraciones algales y una red de vigilancia de estos eventos.

Realizar evaluaciones estacionales para el establecimiento de zonas de concentración de larvas de concha de abanico.

Continuar con las evaluaciones poblacionales de concha de abanico en bancos naturales y áreas de repoblamiento.

Realizar un monitoreo diario de los parámetros físicos, químicos y biológicos en superficie y fondo, en las áreas de repoblamiento.

Realizar estudios de crecimiento en otras áreas de repoblamiento, al norte y centro de la bahía, a fin de establecer comparaciones relacionadas con los parámetros físicos, químicos y biológicos por áreas.

Establecer un plan de manejo adecuado, para la siembra y cosecha de concha de abanico en los corrales, a fin de evitar pérdidas ocasionadas por mortalidades masivas como las que se presentan en el verano por efecto de las lluvias y descargas procedentes del continente.

Se recomienda continuar con las investigaciones sobre ecología de la concha de abanico, en particular sobre el efecto de las descargas fluviales, tolerancia térmica, inducción al desove por altas concentraciones de fitoplancton, variaciones en las tasas de consumo de oxígeno y tasas de filtración en ejemplares de diferentes tallas, y cambios en la mortalidad natural.

Son necesarios los monitoreos permanentes para la construcción de series de tiempo largas en relación a factores ambientales y estructura de tallas georeferenciadas, así como la ejecución de simulaciones físico-biogeoquímicas acopladas con alta resolución espacial.

Con estos estudios, se podrán desarrollar modelos de capacidad de carga productiva más complejos, que incorporen resolución espacial, estructura de tallas, procesos biogeoquímicos (e.g. remineralización) y ecológicos (e.g. interacciones ecotróficas).

También se debe explorar la siguiente generación de modelos para la determinación de la capacidad de carga ecológica, que consideren no sólo los requerimientos de la concha de abanico, sino también los impactos ambientales que se generan por excreción y acumulación de materia orgánica.

Finalmente, se sugiere integrar los aspectos ecológicos, económicos y sociales, para definir el uso del espacio en la bahía de Sechura, con fines de conservación, repoblamiento y cultivo.

## **XIX. AGRADECIMIENTOS**

A los profesionales que participaron en la digitación de datos y análisis de muestras de las diferentes componentes oceanográficas y biológicas.

## **XX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ALCAZAR J, MENDO J. 2008. Crecimiento y supervivencia de juveniles de *Argopecten purpuratus* en sistemas de fondo y suspendido en la zona de Casma, Perú. *Ecología Aplicada*, 7(1,2), 2008.

ADEX, 2010. Boletín de pesca y acuicultura. Asociación de Exportadores (ADEX). Yturry S. (Ed.) Disponible en: <http://www.adexdatatrade.com/boletines/boletines%202010/pesc2010-11.pdf>.

BYRON, C.J. AND B.A. COSTA-PIERCE. 2012. Carrying capacity tools for use in the implementation of an ecosystems approach to aquaculture, p. xxx-xxx. In: L.G. Ross, T.C. Telfer, L. Falconer, D. Soto and J. Aguilar-Manjarrez. 2012. Site selection and carrying capacity for inland and coastal aquaculture. FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings 21. Food and Agriculture Organization, Rome, Italy. In press.

INGLIS G., HAYDEN B. & ROSS A. 2000. An overview of factors affecting the carrying capacity of coastal embayments for mussel culture. NIWA project, august 2000.

ITP 2011. Listado de concesiones registradas o habilitadas. Servicio Nacional de Sanidad Pesquera. División de Control Sanitario del Medio Ambiente Acuícola.



Programa de Control de Moluscos Bivalvos. Acuicultura De Conchas De Abanico. Disponible en: <http://www.itp.gob.pe/moluscos-bivalvos/pdf/Listados/areas%20registradas/2011/v9.PDF>.

PRODUCE. 2012. Perú: Cosecha de recursos hidrobiológicos procedentes de la actividad de acuicultura, 2000-2011. MINISTERIO DE PRODUCCIÓN. Disponible en: [http://www2.produce.gob.pe/produce/boletines/estadistico/2011/05\\_03.pdf](http://www2.produce.gob.pe/produce/boletines/estadistico/2011/05_03.pdf)

MCKINDSEY C, THETMEYER H, LANDRY T, SILVERT W. 2006. Review of recent carrying capacity models for bivalve culture and recommendations for research and management. *Aquaculture* 261:451-462.

MENDO J., ISLA L., ORREGO H., TOLEDO M., GIL P. & DEL SOLAR A. 2011. Manual técnico para el repoblamiento de concha de abanico en la Bahía de Sechura, 100 pp. Proyecto FINCYT, Lima, mayo 2011.

ESTUDIO BIO-OCEANOGRÁFICO PARA DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA EN LA  
BAHÍA DE SECHURA – INFORME FINAL

## ANEXOS

Tabla 9.1. Análisis cuantitativo de fitoplancton (N° Cels.L<sup>-1</sup>). Bahía de Sechura,.  
Febrero-Marzo 2012

ESTACION	89		70		76		58		53		32		29	
LATITUD	05°49.02'		05°44.70'		05°44.70'		05°40.38'		05°40.68'		05°31.74'		05°31.74'	
LONGITUD	80°59.69'		80°56.40'		81°0.42'		81°0.85'		80°52.75'		80°59.91'		80°55.04'	
TEMPERATURA (°C)	25.2	22.5	22.4	20.5	22.4	18.4	23.4	20.5	24.5	22.4	22.7	16.6	23.2	19.5
PROFUNDIDAD (m)	0	4	0	8	0	20	0	20	2	6	0	20	0	10
<b>DIATOMEAS</b>														
<i>Actinocyclus</i> sp.	4520	1760	1840	5000	440	3660	0	48000	1200	960	1760	960	3880	600
<i>Actinopterychus</i> sp.	0	0	0	0	0	0	11600	0	0	160	0	0	0	0
<i>Actinopterychus senarius</i>	120	3840	960	0	133	0	0	0	0	0	0	0	0	160
<i>Actinopterychus splendens</i>	0	3000	640	0	0	0	0	0	0	640	0	0	0	120
<i>Amphiprora</i> sp.	2680	0	640	80	240	20	0	480	0	0	40	0	0	0
<i>Amphora</i> sp.	720	320	0	240	320	20	80	400	240	0	0	0	40	240
<i>Anabaena</i> sp. (agua dulce)	0	0	0	0	0	0	0	0	3920	0	0	0	0	0
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	0	0	0	0	0	0	0	3520	11360	0	600	0	0	0
<i>Asteromphalus brokeii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	280
<i>Bacteriastrium delicatulum</i>	360	0	0	0	680	0	0	0	2000	0	0	0	0	0
<i>Cerataulina pelagica</i>	9160	0	0	6880	520	360	0	3360	2800	2560	3600	80	3360	920
<i>Chaetoceros anastomosans</i>	5800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros affinis</i>	3920	77000	0	5440	5480	480	114000	124000	5200	0	6720	0	2680	2720
<i>Chaetoceros compressus</i>	13920	0	0	31760	11800	0	0	202000	62000	96000	6000	360	560	0
<i>Chaetoceros constrictus</i>	2120	0	0	0	1940	0	0	0	4960	0	0	0	0	200
<i>Chaetoceros costatus</i>	0	0	3760	0	0	1360	0	18800	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	10560	37000	0	15520	0	120	2560	0	0	125000	0	0	0	0
<i>Chaetoceros danicus</i>	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros debilis</i>	1840	46000	0	23800	3120	500	2640	56000	9280	140000	6000	0	1080	1360
<i>Chaetoceros decipiens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	12720	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros didymus</i>	400	0	0	0	0	0	0	0	2240	0	0	0	0	920
<i>Chaetoceros laciniosus</i>	1640	0	0	0	140	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros lauderi</i>	960	0	0	2180	240	60	0	0	0	0	0	0	240	80
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	86880	880	6728	24160	7920	900	0	9920	23840	4000	182000	840	15800	280
<i>Chaetoceros pendulus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros pseudocurvisetus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	320	0	0	0
<i>Chaetoceros socialis</i>	0	0	0	4760	0	2040	0	48000	0	150000	0	0	21880	0
<i>Chaetoceros tortissimus</i>	0	5200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros</i> sp.	5120	0	0	0	0	3340	0	0	0	0	5360	0	2480	0
<i>Coscinodiscus centralis</i>	0	3040	1200	20	0	0	560	0	0	720	0	0	0	0
<i>Coscinodiscus concinnus</i>	0	0	0	0	0	0	640	0	0	0	0	0	0	0
<i>Coscinodiscus granii</i>	200	0	0	0	480	0	0	0	560	0	0	0	0	400
<i>Coscinodiscus perforatus</i>	200	1040	560	40	280	140	7360	0	3120	1840	160	80	320	1520
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Coscinodiscus wailessi</i>	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Coscinodiscus</i> sp.	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cyclotella</i> sp.	0	0	0	0	200	0	0	0	0	0	0	0	0	160
<i>Cylindrotheca closterium</i>	304	168	38000	51000	1040	8	4000	1440	11520	1200	1280	0	360	1520
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	560	0	0	280	3320	120	0	0	2880	0	4720	0	80	1120
<i>Detonula confervacea</i>	160	1920	3600	0	960	0	0	0	4640	0	0	0	0	480
<i>Detonula pumila</i>	5080	46000	880	5480	2640	1200	39000	9360	5120	5440	7560	160	43000	1080
<i>Diatomeas filamentosas</i> (agua dulce)	0	0	4480	0	0	0	0	0	0	480	0	0	0	0

ESTUDIO BIO-OCEANOGRÁFICO PARA DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA EN LA  
BAHÍA DE SECHURA – INFORME FINAL

Continuación Tabla 9.1

ESTACION	89		70		76		58		53		32		29	
LATITUD	05°49.02'		05°44.70'		05°44.70'		05°40.38'		05°40.68'		05°31.74'		05°31.74'	
LONGITUD	80°59.69'		80°56.40'		81°0.42'		81°0.85'		80°52.75'		80°59.91'		80°55.04'	
TEMPERATURA (°C)	25.2	22.5	22.4	20.5	22.4	18.4	23.4	20.5	24.5	22.4	22.7	16.6	23.2	19.5
PROFUNDIDAD (m)	0	4	0	8	0	20	0	20	2	6	0	20	0	10
<b>DIATO MEAS</b>														
<i>Ditylum brightwellii</i>	480	1680	1200	960	800	80	320	1040	2120	1440	280	40	1240	0
<i>Enthomoneis alata v. alata</i>	0	0	1280	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eucampia comuta</i>	0	0	0	0	780	0	0	0	0	0	0	0	0	1200
<i>Eucampia zoodiacus</i>	0	8240	6640	8840	4680	280	1440	17200	11360	3840	4240	0	2880	2680
<i>Fragillariopsis doliolus</i>	0	640	0	1040	200	380	0	1280	0	0	0	0	0	480
<i>Grammatophora angulosa</i>	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Grammatophora marina</i>	0	0	0	200	0	20	0	0	0	0	0	0	40	0
<i>Guinardia delicatula</i>	360	142000	0	320	2520	0	137000	2480	78000	138000	1560	200	0	3240
<i>Guinardia flaccida</i>	360	0	0	560	300	0	0	1040	1920	2000	920	0	1840	280
<i>Guinardia striata</i>	1480	3920	960	1920	2040	840	1440	1440	2400	54000	6120	80	2160	1120
<i>Gyrosigma sp</i>	40	640	1360	40	0	0	0	80	0	560	80	0	120	0
<i>Helicotheca tamesis</i>	160	0	0	680	1400	0	880	240	3120	640	0	0	360	0
<i>Lauderia annulata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2200	0	0	0
<i>Leptocylindrus danicus</i>	60520	50000	185680	74000	55400	3160	93000	293000	896000	85000	576000	400	124640	3280
<i>Leptocylindrus mediterraneus</i>	0	0	0	2440	2740	2200	2320	56000	3040	0	0	9400	0	3080
<i>Lioloma delicatulum</i>	160	240	0	40	160	0	80	240	0	0	0	0	40	0
<i>Lioloma pacificum</i>	200	0	0	0	140	0	0	160	880	0	80	0	0	0
<i>Lithodesmium undulatum</i>	600	1040	2480	0	0	0	160	0	0	0	0	0	80	0
<i>Lymbia sp. ( agua dulce)</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	17080	0	0	0	0	0
<i>Navicula sp.</i>	0	32	0	0	0	1000	0	0	80	0	0	0	0	560
<i>Meuniera membranacea</i>	0	0	0	0	0	0	0	960	0	0	0	0	0	0
<i>Pediastrum sp. ( agua dulce)</i>	0	0	2880	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Planktoniella sol</i>	0	160	160	40	120	40	0	320	80	0	0	0	0	0
<i>Pleurosigma sp.</i>	560	320	1440	200	240	180	0	0	880	160	80	40	160	1320
<i>Proboscia alata</i>	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0
<i>Proboscia alata cf. indica</i>	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	40	0
<i>Pseudo-nitzschia grupo delicatissima</i>	10240	16320	325000	11600	2220	1500	4640	31120	2480	75000	38160	0	20840	1360
<i>Pseudo-nitzschia lineola</i>	640	0	0	0	480	0	0	0	400	0	0	0	0	0
<i>Pseudo-nitzschia pacifica</i>	0	0	0	11160	0	0	0	33000	640	0	240	0	0	0
<i>Pseudo-nitzschia pungens</i>	2840	2960	0	1640	1840	600	4320	400	8160	3440	5560	0	2960	440
<i>Pseudo-nitzschia grupo seriata</i>	1240	0	0	0	0	80	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>	0	320	0	80	0	0	0	0	0	0	0	0	280	40
<i>Rhizosolenia chunii</i>	0	0	0	200	1200	180	0	0	1040	560	80	0	0	0
<i>Rhizosolenia imbricata</i>	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rhizosolenia pungens</i>	40	320	0	520	0	0	0	80	640	0	40	0	600	3240
<i>Rhizosolenia robusta</i>	0	0	0	40	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rhizosolenia setigera</i>	80	0	0	240	440	0	80	240	0	1360	0	0	0	280
<i>Rhizosolenia styliformis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	160	0	0	0	0	120
<i>Rhizosolenia temperei</i>	0	0	0	0	0	0	0	160	0	0	0	0	0	0
<i>Rhizosolenia sp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160	0
<i>Scenedesmus sp. ( agua dulce)</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	80	0	0	0	0	0
<i>Skeletonema costatum</i>	320	0	0	680	0	360	0	3920	0	0	0	0	0	0
<i>Stephanopyxis turris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160
<i>Thalassionema nitzschoides</i>	4760	8560	154000	4000	5360	3180	11280	3520	12080	2400	2480	520	720	2960
<i>Thalassionema frauenfeldii</i>	0	0	0	80	0	0	0	560	0	0	0	0	0	0

ESTUDIO BIO-OCEANOGRÁFICO PARA DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA EN LA  
BAHÍA DE SECHURA – INFORME FINAL

Continuación Tabla 9.1

ESTACION	89		70		76		58		53		32		29	
LATITUD	05°49.02'		05°44.70'		05°44.70'		05°40.38'		05°40.68'		05°31.74'		05°31.74'	
LONGITUD	80°59.69'		80°56.40'		81°0.42'		81°0.85'		80°52.75'		80°59.91'		80°55.04'	
TEMPERATURA (°C)	25.2	22.5	22.4	20.5	22.4	18.4	23.4	20.5	24.5	22.4	22.7	16.6	23.2	19.5
PROFUNDIDAD (m)	0	4	0	8	0	20	0	20	2	6	0	20	0	10
<b>DIATOMEAS</b>														
<i>Thalassiosira angulata</i>	80	2560	6320	400	4200	300	1440	0	2640	4320	0	0	0	1880
<i>Thalassiosira cf. minima</i>	2573000	4851000	2560000	96000	3147000	2380	4252000	756000	4092000	2000	80	160	400	1480
<i>Thalassiosira rotula</i>	0	0	0	200	800	120	0	0	720	0	0	0	0	0
<i>Thalassiosira subtilis</i>	160	1680	4640	0	480	0	0	0	2320	125000	0	0	0	0
<i>Thalassiosira parthenica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	225000	0	0	0	0
<i>Thalassiothrix</i> sp.	3720	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pennate	0	0	0	0	0	160	320	320	560	0	2000	80	0	0
<b>TOTAL DIATOMEAS</b>	2819464	5319800	3317328	394800	3277553	31428	4693160	1730080	5310520	1253720	866360	13400	255320	43360
<b>DINOFLAGELADOS</b>														
<i>Akashiwo sanguinea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0
<i>Alexandrium peruvianum</i>	0	880	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Alexandrium</i> sp.	160	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratium azoricum</i>	80	320	240	0	0	0	160	240	0	0	0	0	0	40
<i>Ceratium dens</i>	800	320	0	0	440	0	80	560	1360	0	0	80	40	240
<i>Ceratium furca</i>	760	3280	0	80	9640	60	0	2640	0	1360	0	0	120	280
<i>Ceratium fusus</i> var. <i>fuscus</i>	800	480	400	240	15120	20	1120	16160	7680	22000	0	40	8680	440
<i>Ceratium kofoidii</i>	40	0	0	0	0	0	160	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratium macroceros</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	880	0	0	0	0	0
<i>Ceratium tripos</i>	40	0	0	0	40	40	80	0	560	1040	0	0	0	0
<i>Dinophysis acuminata</i>	400	0	0	0	360	0	0	80	0	0	0	0	0	0
<i>Dinophysis caudata</i>	120	240	160	0	80	20	80	0	560	0	40	40	0	0
<i>Dinophysis rotundata</i>	0	0	0	0	80	0	0	0	80	0	0	0	0	0
<i>Dinophysis</i> sp.	2440	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Diplopelta asymetrica</i>	40	0	0	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Diplopetopsis minor</i>	0	0	560	0	60	20	0	0	0	240	0	0	0	0
<i>Gonyaulax spinifera</i>	160	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gonyaulax</i> sp.	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0	0	0	40	0
<i>Gymnodinium lohmanni</i>	120	640	720	280	480	0	1760	2480	880	41000	0	40	160	2480
<i>Gymnodinium</i> sp.	0	0	0	0	0	0	2560	0	0	0	5000	0	400	0
<i>Gyrodinium</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	80	160	0	0	0	0
<i>Karenia cf. mikimotoi</i>	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Karlodinium cf. veneficum</i>	240	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Podolampas palmipes</i>	0	0	0	0	0	0	80	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pronoctiluca pelagica</i>	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Prorocentrum gracile</i>	40	0	0	0	0	0	80	0	240	320	0	0	40	120
<i>Prorocentrum micans</i>	1680	320	640	40	620	20	160	160	4160	800	40	0	280	1400
<i>Prorocentrum minimum</i>	0	0	3600	0	300	20	0	0	640	0	0	0	0	0
<i>Protoceratium</i> sp.	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Protoperidinium conicoides</i>	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Protoperidinium conicum</i>	40	0	0	0	40	0	0	0	880	0	0	0	0	0
<i>Protoperidinium crassipes</i>	40	0	0	0	0	0	0	0	400	0	320	0	200	0
<i>Protoperidinium depressum</i>	1280	0	0	40	120	40	160	0	160	400	0	0	0	160
<i>Protoperidinium excentricum</i>	600	0	0	0	120	0	0	0	640	0	0	0	0	0
<i>Protoperidinium grande</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40
<i>Protoperidinium granii</i>	440	0	640	0	120	0	0	0	0	1040	0	0	120	0
<b>DINOFLAGELADOS</b>														
<i>Protoperidinium globulus</i>	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Protoperidinium leonis</i>	0	0	0	0	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Protoperidinium longispinum</i>	200	400	0	0	20	40	80	80	0	0	0	0	0	0
<i>Protoperidinium minutum</i>	120	0	480	0	100	0	0	80	320	0	0	0	0	0
<i>Protoperidinium pellucidum</i>	520	320	480	0	80	0	0	0	400	0	0	0	0	160
<i>Protoperidinium pentagonum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Protoperidinium peruvianum</i>	40	0	0	0	0	0	160	0	160	0	0	0	0	0
<i>Protoperidinium steinii</i>	120	0	0	0	0	0	80	0	0	1200	0	0	0	0
<i>Protoperidinium tuba</i>	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Protoperidinium</i> sp.	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	40	0
<i>Pyrophacus horologicum</i>	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scrippsiella trochoidea</i>	1080	1040	0	0	40	0	0	80	640	0	0	0	0	0
<i>Atecarda</i> sp.	2440	0	0	440	0	0	32000	268800	35000	0	0	0	0	0
<b>TOTAL DINOFLAGELADOS</b>	15000	8240	7920	1200	28060	400	38800	291280	53160	72200	5080	560	9920	5560
<b>SILICOFAGELADOS</b>														
<i>Dictyocha fibula</i>	1520	480	1200	320	560	680	400	400	2240	240	80	200	160	0
<i>Octactis octonaria</i>	200	0	0	0	160	120	0	240	0	320	240	0	280	0
<b>TOTAL SILICOFAGELADOS</b>	1720	480	1200	320	720	800	400	640	2240	560	320	200	440	0
<b>COCOLITOFORIDOS</b>														
<i>Anoplosolenia braziliensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	480	0	0	0	0	0
<i>Calciosolenia granii</i> v. <i>cylindrothecaeformis</i>	0	2000	0	0	0	0	2000	0	0	0	0	0	0	0
<i>Emiliania huxleyi</i>	0	0	0	0	3000	0	0	0	5000	0	0	0	0	0
<i>Ophiaster hydroideus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1000	0	0	0	0
<i>Coccolito</i> sp.	0	0	0	0	0	2000	0	0	6000	0	2000	0	1000	3000
<b>TOTAL COCOLITOFORIDOS</b>	0	2000	0	0	3000	2000	0	0	11000	0	3000	0	1000	3000
<b>FITOFLAGELADOS</b>														
<i>Fito flagelado</i> sp.	203000	0	252000	294000	245000	31000	0	102000	191000	320000	92000	54000	135000	78000
<i>Eutreptiella gymnastica</i>	560	0	43000	0	0	0	0	0	2720	0	0	0	0	0
<i>Leucocryptos marina</i>	0	0	0	2000	0	1000	0	0	0	0	1000	0	14000	0
<b>TOTAL FITOFLAGELADOS</b>	203560	0	295000	296000	245000	32000	0	102000	193720	320000	93000	54000	149000	78000
<b>TOTAL FITOPLACTON</b>	3039744	5330520	3621448	692320	3554333	66628	4732360	2124000	5570640	1646480	967760	68160	415680	129920

ESTUDIO BIO-OCEANOGRÁFICO PARA DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA EN LA  
BAHÍA DE SECHURA – INFORME FINAL

TABLA N° 1. ANALISIS CUANTITATIVO DE FITOPLANKTON (N°cel.L<sup>-1</sup>)  
ESTUDIO BIO-OCEANOGRÁFICO PARA DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE CARGA EN LA BAHIA DE SECHURA (MARPE/PRODUCE, INVIERNO 1207.

ESTACION	89		76		58		53		29		31		C1		C2	
	05°49.016'		05°44.690'		05°40.380'		05°40.360'		05°31.740'		05°31.740'		05°44.621'		05°45.980'	
	80°58.708'		81°6.258'		81°00.852'		80°52.755'		80°55.044'		80°58.290'		80°55.476'		80°57.818'	
TEMPERATURA (°C)	20,5	---	19,5	0	75	---	19,9	0	18,6	0	18,1	0	17,8	0	17,8	---
PROFUNDIDAD (m)	0	3	0	0	0	50	0	5	9	0	30	0	9	0	10	---
<b>DIA TOMEAS</b>																
<i>Actinanthus longipes</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Actinocyclus</i> sp.	40	80	0	0	0	40	0	0	60	0	20	0	0	40	80	0
<i>Actinopterychus senarius</i>	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
<i>Actinopterychus splendens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Amphipora</i> sp.	0	280	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
<i>Amphora</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cerataulina pelagica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros affinis</i>	0	0	0	0	0	0	0	400	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros curviretus</i>	0	0	0	0	0	0	0	1800	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros debilis</i>	1400	940	920	0	0	0	400	0	4960	140	960	0	2100	0	3960	0
<i>Chaetoceros lauderi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	0	0	0	0	0	0	120	0	0	0	0	0	80	0	0	0
<i>Chaetoceros socialis</i>	740	720	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	560	0	0
<i>Chaetoceros</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	0	0	580	0	0	0
<i>Climacosphenia moniligera</i>	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Coscinodiscus centralis</i>	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	60	0	0	0	0
<i>Coscinodiscus granii</i>	40	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	20	0	0	0
<i>Coscinodiscus perforatus</i>	20	40	0	0	0	60	0	40	40	0	0	40	0	20	0	0
<i>Coscinodiscus wailiesii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Coscinodiscus</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0
<i>Cyclotella</i> cf. <i>stylorum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cyclotella</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cylindrotheca closterium</i>	80	200	320	0	0	0	0	0	120	20	220	0	480	260	80	0
<i>Detonula pumila</i>	5005000	1013000	1183000	1000	3949000	3940	1998000	1169000	2475000	263000	3017000	87000	1431000	1134000	1967000	804500
<i>Ditylum brightwellii</i>	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	40	0	0
<i>Eutimonella alata</i> v. <i>alata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0
<i>Eucampia zoodiacus</i>	2240	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Grammatophora angulosa</i>	40	200	0	0	0	0	0	0	0	60	0	0	40	60	0	0
<i>Grammatophora marna</i>	320	360	0	20	0	0	0	0	0	20	0	0	60	240	0	20
<i>Gyrodinium</i> sp.	40	200	0	0	0	0	40	40	40	20	0	0	0	20	0	60
<i>Leptocylindrus danicus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	0	160	0
<i>Leptocylindrus</i> cf. <i>danicus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	720	0	0	0	0	0	0	0
<i>Licmophora abbreviata</i>	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Licmophora flabellata</i>	400	360	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0

Continuación Tabla 9.4

ESTACION	89		76		58		53		29		31		C1		C2	
	05°49.016'	80°58.708'	05°44.690'	81°06.258'	05°40.380'	81°00.852'	05°40.360'	80°52.755'	05°31.740'	80°55.044'	05°31.740'	80°58.290'	05°44.621'	80°55.476'	05°45.980'	80°57.818'
LA TITUD	20,5	0	19,5	0	19,0	0	19,9	0	18,6	0	18,1	0	17,8	0	17,8	0
LONGITUD	0	240	0	2000	0	560	0	120	0	160	380	200	620	820	2760	0
TEMPERATURA (°C)	0	1000	40	40	0	60	0	40	0	2000	3000	0	140	1000	0	100
PROFUNDIDAD (m)	0	160	200	0	0	0	0	0	0	40	0	60	120	80	160	120
<i>Lithodesmium undulatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	220	0	0	0	80	0
<i>Navicula</i> sp.	600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	780	0	0	0
<i>Pleurosigma</i> sp.	240	0	0	0	0	0	800	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pseudo-nitzschia g. delicatissima</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pseudo-nitzschia g. seriata</i>	0	880	0	0	220	0	0	0	0	0	0	0	0	0	640	0
<i>Rhizosolenia chunii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Skeletonema costatum</i>	80	0	760	0	0	0	480	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stephanopyxis turris</i>	0	0	0	0	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Surirella fastuosa</i>	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	40	0
<i>Thalassionema nitzschoides</i>	480	160	400	0	620	420	520	440	240	780	0	0	740	1360	420	100
<i>Thalassiosira angulata</i>	0	0	80	0	0	0	160	0	0	0	0	0	40	0	0	160
<i>Thalassiosira anguste-lineata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0
<i>Thalassiosira punctigera</i>	0	0	80	0	0	0	160	120	0	0	0	40	40	0	0	0
<i>Thalassiosira</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0	40	0	0	0	0
<i>Pennate</i> (N. D.)	360	200	0	0	0	0	0	0	40	20	0	1000	0	100	40	0
<b>TOTAL DIATOMEAS</b>	<b>5012769</b>	<b>1019183</b>	<b>1187876</b>	<b>1235</b>	<b>3953338</b>	<b>4550</b>	<b>1172045</b>	<b>2000853</b>	<b>2481769</b>	<b>266609</b>	<b>3021871</b>	<b>88490</b>	<b>1437640</b>	<b>1139229</b>	<b>1975420</b>	<b>805070</b>
<b>DINOFAGELADOS</b>																
<i>Alexandrium</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0
<i>Ceratium bucceros</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratium dens</i>	0	0	0	0	0	0	80	0	0	20	120	0	0	0	0	0
<i>Ceratium furca</i>	160	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratium fusus</i> var. <i>fuscus</i>	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0	20	0	20	0	40	0
<i>Dinophysis caudata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dinophysis</i> cf. <i>odiosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dinophysis rotundata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Diplopetia asymmetrica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0
<i>Gymnodinium lohmanni</i>	0	40	80	0	0	0	320	360	360	1560	140	20	20	160	40	60
<i>Karlodinium veneticum</i>	0	0	4000	0	0	0	1000	1000	0	1000	0	0	0	0	0	0
<i>Polykrikos</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pronoctiluca pelagica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0
<i>Prorocentrum gracile</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	20	0	0
<i>Prorocentrum micans</i>	0	0	0	0	0	0	160	0	0	0	0	0	0	40	0	0
<i>Protoperidinium brochii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Protoperidinium crassipes</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200	20	0	0	0	0	20
<i>Protoperidinium depressum</i>	0	0	0	0	40	0	80	0	0	0	80	0	0	0	0	0

Continuación Tabla 9.4

ESTACION	89	76	58	53	29	31	C1	C2
LATITUD	05°49.016'	05°44.690'	05°40.380'	05°40.360'	05°31.740'	05°31.740'	05°44.621'	05°45.980'
LONGITUD	80°58.708'	81°6.258'	81°00.852'	80°52.755'	80°55.044'	80°58.290'	80°55.476'	80°57.818'
TEMPERATURA (°C)	20,5	19,5	19,0	19,9	18,6	18,1	17,8	17,8
PROFUNDIDAD (m)	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Protophyidium divergens</i>	0	0	0	120	0	0	0	0
<i>Protophyidium longispinum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Protophyidium mendiolae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Protophyidium minutum</i>	0	0	0	0	0	0	20	0
<i>Protophyidium obtusum</i>	0	0	0	40	0	0	0	0
<i>Protophyidium pentagonum</i>	0	0	0	0	0	20	0	0
<i>Protophyidium subinermis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Protophyidium tuba</i>	0	0	0	80	0	0	0	0
<i>Scrippsiella trochoidea</i>	0	0	0	0	0	0	100	0
TOTAL DINOFLAGELADOS	249	43	98	1653	469	451	180	80
SILICOFAGELADOS								
<i>Dictyocha fibula</i>	0	0	20	0	0	0	40	0
<i>Octactis octonaria</i>	40	40	0	0	0	20	0	0
TOTAL SILICOFAGELADOS	40	40	20	0	0	20	40	0
COCOLITOFORIDOS								
<i>Emiliania huxleyi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Calcosolenia murrayi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL COCOLITOFORIDOS	0	0	0	0	0	0	0	0
FLAGELADOS								
Flagelados (N.D.)	180000	45000	71000	33000	123000	61000	64000	84000
<i>Eutreptiella gymnastica</i>	0	0	0	0	0	20	0	0
<i>Leucocryptos marina</i>	1000	0	0	0	2000	0	0	3000
TOTAL DE FITOFLAGELADOS	181000	45000	71000	33000	125000	61020	64000	87000
TOTAL FITOFLAGELADOS	5194058	1157226	4024456	2035506	2607238	3083362	1501860	2062500
TOTAL FITOPLANKTON		8370	41620	1184890	321658	102660	1192558	842660