



INFORME FINAL

**Proyecto FIP
N° 2005-41**

Dinámica y estructura
poblacional del
langostino colorado
III y IV Regiones



DICIEMBRE
2006



INFORME FINAL

PROYECTO

FIP N° 2005-41

**Dinámica y estructura
poblacional del
langostino colorado
III y IV Regiones**

• Diciembre, 2006 •



REQUIRENTE

FONDO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA, FIP

Presidente del Fondo:

Carlos Hernández Salas

EJECUTOR

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP

Jefe División Investigación Pesquera:

Mauricio Braun Alegría

Directora Ejecutiva:

Vivian Montecino Banderet



JEFE DE PROYECTO

JUAN CARLOS QUIROZ E.

AUTORES

JUAN CARLOS QUIROZ E.
CARLOS MONTENEGRO S.
PEDRO BÁEZ R.
FERNANDO ESPÍNDOLA R.
CRISTIAN CANALES R.
HERNÁN REYES R.
ODETTE MAGNERE
OMAR YÁÑEZ B.
JUAN TAPIA C.
ROBERTO BAHAMONDE F.
GLORIA ARRIAGADA B.
PATRICIO GÁLVEZ G.

COLABORADORES

MILENA PIZARRO R.
ELSON LEAL F.
FRANCISCO CONTRERAS M.

• Diciembre, 2006 •



RESUMEN EJECUTIVO

Se reportan las actividades y resultados del proyecto FIP 2005-41 “Dinámica y estructura poblacional del langostino colorado III y IV Regiones”. Para abordar el estudio de la dinámica y estructura poblacional de *P. monodon*, se plantearon dos hipótesis. Una postula que la especie posee una estructura poblacional a lo largo de la plataforma continental, en un gradiente latitudinal, en tanto que la otra plantea que la especie tiene una estructura poblacional a través de la plataforma continental, en un gradiente longitudinal. Para someter a pruebas estas hipótesis se realizaron varios análisis estadísticos de variables fundamentales del stock, como la densidad, los tamaños corporales, las edades y componentes del stock en función de su madurez. Los resultados obtenidos, dan cuenta de una significativa variabilidad inter e intra-anual de las densidades y ésta variaciones presentan patrones disímiles entre la III y IV Región. Para la IV Región, se pudo verificar diferencias sustantivas en las densidades en los principales focos de agregación del recurso, con un sector de persistentes máximas densidades, acotado en torno a los 29° 40'S y distribuido hacia zonas costeras y menos profundas.

Las tallas por sexo entre las regiones III y IV no muestran drásticas diferencias, no obstante algunos años los tamaños de las hembras tienden a ser relativamente más pequeños en la III Región. La dispersión en las estructuras de tallas, indica que no existen notorias diferencias estructurales de esta variable en las agregaciones detectadas en las regiones III y IV. Desde una perspectiva interanual, se observa una clara tendencia decreciente en la dispersión durante el período 1998-2002 y escasas diferencias en los tamaños medios entre regiones. Desde el año 2002, y puntualmente para la IV Región, se ha presentado una tendencia creciente en las tallas, en tanto que en la III Región la tendencia decreciente se mantiene. En relación con la variabilidad entre sexos, es evidente y ampliamente documentado el mayor tamaño de los machos, situación que se corrobora en el presente estudio para ambas regiones, observándose un fuerte sincronismo en la tendencia de las tallas medias por región y sexo. En la IV Región desde el comienzo de la primavera hasta finales de verano, se observó que los mayores tamaños medios se encuentran en aguas menos profundas, además de registrarse la



ausencia de este patrón de distribución entre mayo y agosto, período que justamente coincide con la máxima portación de huevos.

Al agrupar las estructuras de tallas a partir del análisis de clasificación, es claro que existen diferencias significativas en los tamaños corporales, con un primer cluster que agrupa individuos pequeños, incrementándose la talla media a medida que se estructuran los restantes clusters. Estas agrupaciones corresponden a lances realizados en un gradiente latitudinal, donde el primer cluster lo estructuran individuos capturados en aguas profundas entre los 200 y 320 m. En contraste, el cluster 4 está estructurado por individuos de mayor tamaño, que fueron capturados en aguas someras, entre los 150 y 260 m de profundidad. El análisis de correspondencia (ACD) refuerza estos resultados, mostrando en las hembras una configuración de sitios de muestreo asociada a los tamaños corporales, como también, una fuerte asociación con la dirección del máximo cambio en la profundidad y meses. El primer eje del ACD da cuenta de un 42% de la varianza de las tallas, mostrando una importante correlación con la profundidad, la que tiende a ser menor en los sitios asociados con tallas mayores, y mayor en sitios asociados a tallas menores. El segundo resultado de este análisis dice relación con el ordenamiento asociado a los patrones estacionales, evidenciándose que el ordenamiento de tallas mayores a menores ocurre principalmente a lo largo del primer eje, con énfasis en los meses finales e iniciales del año.

En consistencia con las tallas medias, las edades modales de *P. monodon* presentan una notoria estructuración por profundidad, principalmente los primeros y últimos meses del año, sin ser tan evidente esta estructuración durante los meses de invierno, donde edades modales mayores a 7 están ausentes en todo el rango de profundidad. Los resultados del análisis de cluster aplicado sobre las composiciones de edades de hembras de la IV Región, muestran cuatro grupos: el cluster 1, compuesto principalmente por ejemplares adultos y completamente maduros de edad 8, los cuales principalmente habitan profundidades en torno a los 200 m. El cluster 2, que agrupa principalmente ejemplares de edad 7, muestra un rango intercuartílico entre 220 y 270 m., con individuos habitando profundidades en torno a los 240 m. Los restantes cluster, que agrupan principalmente individuos en proceso de madurez y edades entre 4 a 6, presentan una distribución centrada en profundidades mayores a 250 m y una evidente asimetría hacia profundidades mayores. Al igual que en las hembras, el análisis



de cluster sobre los machos de la IV Región, clasifica y agrupa cuatro conjuntos de lances con notorias diferencias en los grupos de edad. Un primer grupo que reúne individuos de edad 4 y 5, clasificados como inmaduros o que han alcanzado recientemente la madurez, dos grupos intermedios integrados principalmente por individuos adultos de edad 6 y 7, y finalmente un cuarto grupo, que reúne individuos adultos por sobre la edad 8 y que de acuerdo al modelo de madurez, estarían completamente maduros.

El análisis exploratorio de los componentes de la población, segregados a partir del modelo de madurez sexual, confirma los resultados mencionados, quedando en evidencia la reducción del componente IV (individuos maduros) a medida que aumenta la profundidad y el aumento de las componentes que representan a los individuos inmaduros (componente I y II). Este resultado probablemente indica que la estructura espacial de *P. monodon* esta condicionada a eventos reproductivos que ocurrirían en aguas someras. Los individuos maduros se observan en aguas someras principalmente durante los primeros y últimos meses del año, con un leve gradiente desde aguas profundas a aguas someras a medida que transcurren los meses. Reforzando la hipótesis de estructuración en profundidad del stock, este análisis además muestra que los individuos inmaduros son escasamente presentes en aguas someras durante la mayor parte del año. La persistencia de individuos maduros en aguas someras durante inicios y fines de años para eventos reproductivos posiblemente está condicionando la estructura espacial de la población de *P. monodon* durante estos meses. Por el contrario, durante los meses de invierno cuando los ejemplares maduros no están presentes en aguas someras y probablemente migren a aguas más profundas, la estructura poblacional es escasamente detectable.

El análisis geoestadístico de la edad modal es indicativo de una estructura espacial y apuntan a la existencia de un gradiente longitudinal. El mapeo de esta variable muestra un ordenamiento secuencial en el espacio, desde una mayor profundidad (edades menores) a una menor profundidad (edades mayores) en una orientación noreste, dado por la línea de costa. Los mayores focos de concentración estuvieron localizados entre Pta. Totalillo y Pta. Teatinos, donde es posible visualizar este gradiente creciente de las edades modales en dirección noreste. Además, el mapeo por medio del kriging muestra que durante el primer y



3ltimo trimestre se presenta una fuerte estructura espacial con gradiente en las edades modales desde aguas profundas a aguas someras, resultado altamente consistente con los an3lisis multivariados.

A partir de siete a3os de muestreos de zooplancton, se pudieron identificar larvas de *P. monodon* en 91 estaciones (32,2%) de un total de 258. Estas larvas corresponden a Zoeas desde los estadios I al V, megalopas y primer estadio juvenil. Los resultados obtenidos permiten apreciar que efectivamente el desarrollo larvario de la especie se produce frente al litoral de la II, III y IV Regiones, lo que se corrobora en base a la presencia de secuencias de larvas a trav3s de todos los estadios de desarrollo, lo que avala qu3 el proceso de muda y crecimiento de las larvas est3 ocurriendo frente a las citadas regiones; la disminuci3n del n3mero de larvas desde las Zoeas I y hasta la megalopa, lo que permite apreciar que frente a estas regiones existen "centros" o lugares de eclosi3n de huevos los cuales reflejan probablemente donde est3 concentrada parte de la poblaci3n. Con los antecedentes de la distribuci3n larvaria de *P. monodon* reunidos hasta la fecha se ha podido confirmar que la poblaci3n de langostino colorado en las Regiones III y IV se encontrar3a estructurada espacialmente a trav3s de la plataforma continental. Se evidenci3 la presencia de ejemplares juveniles en las 3reas de pesca de la IV Regi3n, con tallas modales en torno a los 9,4; 13,6 y 17,4 mm LC. Las primeras dos componente modales corresponden a ejemplares no vulnerados por las actividades pesqueras, mientras la tercera componente modal se encuentra parcialmente reclutada a la pesquer3a. En consistencia con el modelo de crecimiento obtenido en este estudio, las dos primeras componentes modales representan individuos de edades 1 y 2, respectivamente.

Por otro lado, la estimaci3n de los par3metros de crecimiento consider3 el uso simult3neo de varias muestras de estructuras de tallas agregadas por regi3n y sexo, a partir de datos recolectados en los cruceros de evaluaci3n directa realizados entre el a3o 2000 y el 2005, as3 como tambi3n las estructuras de tallas de las capturas y desembarques del per3odo 1998-2005. Tanto en machos como en hembras, el grupo m3ximo de edades supuesta fue de 8 a3os, lo que se deduce del m3ximo n3mero de clases observadas, m3s 2 clases que pudieran complementar el segmento de mayor sobreposici3n de modas. Para los machos de la III Regi3n se estim3 $L_{\infty} = 47.5$ cm,



$k = 0.164 \text{ año}^{-1}$ y para las hembras $L_{\infty} = 47.1 \text{ cm}$, $k = 0.157 \text{ año}^{-1}$, en tanto que para los machos de la IV Región se estimó un $L_{\infty} = 46.4 \text{ cm}$, $k = 0.167 \text{ año}^{-1}$ y para las hembras, $L_{\infty} = 50.3 \text{ cm}$ y $k = 0.121 \text{ año}^{-1}$.

De igual forma, se analizó el ciclo reproductivo de *P. monodon* a partir de la proporción de hembras portadoras en las capturas. La proporción de hembras ovíferas presenta valores prácticamente nulos entre enero y abril en la III Región, para posteriormente en mayo registrarse alrededor de un 50% de las hembras portando huevos. Posteriormente entre los meses de junio y agosto, entre un 80% y 100% de las hembras portan huevos, marcando así el período de máxima presencia de hembras ovíferas. Desde el mes de octubre se observa una notoria baja de la proporción de hembras ovíferas, llegando prácticamente a la ausencia de hembras portadoras en el mes de diciembre. En la IV Región se presenta un comportamiento similar, con valores mínimos entre enero y febrero y máximos entre junio y agosto, para posteriormente registrar una tendencia decreciente con menos de un 5% de hembras portadoras en diciembre. Además, se estimó la talla de primera madurez sexual para *P. monodon* con 19 mm para la III Región y 24 mm para la IV Región.

Finalmente, la mortalidad natural de *P. monodon* al considerar únicamente la incertidumbre en los parámetros de entrada de los modelos empíricos (e.i. crecimiento, madurez), se distribuye entre 0,22 y 0,36 año⁻¹ para hembras y entre 0,30 y 0,39 año⁻¹ para machos. Los modelos dependientes de la edad de madurez entregan mayores valores de M y menores intervalos de confianza. Al contrario, el método dependiente de la tasa de crecimiento individual, reporta en ambos sexos los menores valores de M. Los métodos dependientes de las edades de madurez y máxima reportan similares valores de M, sin embargo, se observa que el método que utiliza los parámetros de crecimiento incrementa la incertidumbre en los valores de M. Al incorporar el error de predicción de los modelos empíricos, las medianas de las estimaciones de M son similares a las obtenidas al considerar el error de estimación de los parámetros de entrada. Sin embargo, la media u otra medida de tendencia central muestran notorias diferencias entre la incorporación de los dos tipos de errores, sugiriendo que es necesario la exploración de la forma funcional de las distribuciones de M.





ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN EJECUTIVO.....	i
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS	xx
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
1. INTRODUCCI3N.....	1
2. OBJETIVOS	4
2.1. Objetivo general	4
2.2. Objetivos específcos.....	4
3. METOLOGIA.....	5
3.1. Enfoque metodol3gico general.....	5
3.2. Sistema de Informaci3n del Proyecto.....	7
3.2.1. Subsistema de informaci3n biol3gico-pesquero disponible.....	7
3.2.2. Subsistema de recopilaci3n de datos.....	12
3.2.3. Subsistema antecedentes bibliogrÁfcos	14
3.3. Primer objetivo específcico: Determinar y caracterizar aspectos relativos a la distribuci3n y estructura poblacional, en el tiempo y espacio, del langostino colorado.....	15
3.3.1. Variables poblacionales.....	15
3.3.2. AnÁlisis estadísticos	17
3.4. Segundo objetivo específcico: Determinar y caracterizar aspectos relativos a la dinÁmica poblacional del langostino colorado entre la III y IV Regiones.....	20
3.4.1. Modelamiento espacial.....	20
3.4.2. Etapas y distribuci3n larvaria.....	24
3.4.3. Ejemplares juveniles	27
3.5. Tercer objetivo específcico: Caracterizar los procesos de crecimiento, reproducci3n y mortalidad natural del langostino colorado entre la III y IV Regiones.....	29
3.5.1. Crecimiento	29
3.5.2. Madurez sexual.....	31
3.5.3. Mortalidad natural.....	32



4. RESULTADOS	35
4.1. Primer objetivo especfico: Determinar y caracterizar aspectos relativos a la distribuci3n y estructura poblacional, en el tiempo y espacio, del langostino colorado	37
4.1.1. Variabilidad espacio-temporal de la densidad	37
4.1.2. Variabilidad espacio-temporal de las tallas III y IV Regiones	56
4.1.2.1. Variabilidad espacio-temporal de las tallas en la IV Regi3n	67
4.1.2.2. Clasificaci3n y ordenamiento de los tamaos corporales en la IV Regi3n	79
4.1.2.3. Variabilidad espacio-temporal de las tallas en la III Regi3n	89
4.1.3. Variabilidad espacio-temporal de las edades	91
4.1.4. Clasificaci3n de las edades en la IV Regi3n	95
4.1.5. Variabilidad espacio-temporal de los componentes de la poblaci3n en la IV Regi3n	100
4.2. Segundo objetivo especfico: Determinar y caracterizar aspectos relativos a la din mica poblacional del langostino colorado entre la III y IV Regiones	108
4.2.1. Modelamiento espacial de la estructura poblacional	108
4.2.2. Etapas y distribuci3n larvaria	113
4.2.1.1. Consideraciones generales en torno a la diversidad planct3nica de las muestras analizadas	115
4.2.1.2. Clave dicot3mica para estadios larvarios de <i>Pleuroncodes monodon</i> basada s3lo en los caracteres morfol3gicos externos	117
4.2.1.3. Abundancia temporal de larvas de <i>Pleuroncodes monodon</i> frente a la III y IV Regiones	118
4.2.1.4. Distribuci3n temporal de las larvas de <i>P. monodon</i> por estadio de desarrollo	120
4.2.1.5. Consideraciones en torno a la distribuci3n geogr mica de larvas de <i>P. monodon</i>	120
4.2.3. Ejemplares juveniles	126
4.3. Tercer objetivo especfico: Caracterizar los procesos de crecimiento, reproducci3n y mortalidad natural del langostino colorado entre la III y IV Regiones	128
4.3.1. Crecimiento	128
4.3.2. Din mica reproductiva y madurez sexual	135
4.3.2.1. Ciclo Reproductivo	135
4.3.2.2. Madurez sexual	137
4.3.3. Mortalidad Natural	140
4.4. Caracterizaci3n oceanogr mica del área de estudio	142



4.4.1. Batimetría	142
4.4.2. Circulaci3n general	150
4.4.2.1. La corriente subsuperficial Perú - Chile frente a la costa de Coquimbo.....	152
4.4.3. Surgencia costera	153
4.4.3.1. Surgencia en la costa de la III y IV Regi3n.....	155
5. DISCUSI3N.....	162
6. CONCLUSIONES PRELIMINARES.....	168
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	170

ANEXOS

- ANEXO A.** Sistema de Informaci3n del Proyecto
- ANEXO B.** Registro y análisis larvario
- ANEXO C.** Personal participante por actividad (HH)
- ANEXO D.** Figuras complementarias
- ANEXO E.** Primer y segundo taller de discusi3n metodol3gica
- ANEXO F.** CD Base de datos
- ANEXO G.** CD Informe Final (en PDF)



ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1:** Esquema generalizado de la metodología de investigación. Las cajas grises corresponden a las tareas previas al análisis exploratorio (data mining)..... 7
- Figura 2:** Zona de estudio y principal área geográfica donde se registraron antecedentes biológicos-pesqueros de *P. monodon*. Los puntos (•) señalan las posiciones de los lances de pesca de la flota comercial con registros biológicos. Los polígonos (—) circunscriben el 96% de los lances de pesca de la flota comercial registrados entre el período 2000-2005. Las cruces (+) representan lances dirigidos en los cruceros de área barrida entre el período 2001-2004 que incluyen registros biológicos. 10
- Figura 3:** Zona de estudio y posición de las estaciones de muestreos zooplanctónicas realizadas durante los cruceros oceanográficos entre los años 1986 y 2005. 11
- Figura 4:** Dispositivos utilizados para la retención de pre-reclutas en la pesca de crustáceos, Coquimbo diciembre del 2005, IFOP..... 12
- Figura 5:** Localización de los dispositivos de retención de ejemplares de *P. monodon* pertenecientes de la fracción no explotable de la población. Típica red de arrastrea utilizada para pesca de crustáceos en Chile (modelo Yankee, 2 paneles)..... 13
- Figura 6:** Áreas de estudio de la dinámica y estructura poblacional de *P. monodon* en la III y IV regiones. Se muestran las principales zonas de explotación entre los años 1998 y 2005. 36
- Figura 7:** Box-plot de la densidad ($t\ km^{-2}$) de *P. monodon*, según región y año. Datos pesca comercial, fuente: IFOP. 38
- Figura 8:** Serie temporal de la densidad media ($t\ km^{-2}$) de *P. monodon* entre 1998 y 2005, según región. Intervalo de confianza para la media estimada del 95%. Datos pesca comercial, fuente: IFOP..... 38
- Figura 9:** Densidades medias estimadas ($t\ km^{-2}$) de *P. monodon*, según mes entre 1998 y 2003, III Región. Datos pesca comercial, fuente: IFOP. 39
- Figura 10:** Densidades medias estimadas ($t\ km^{-2}$) de *P. monodon*, según mes entre 1998 y 2005, IV Región. Datos pesca comercial, fuente: IFOP. 40
- Figura 11:** Diagrama de dispersión de la densidad ($t\ km^{-2}$) de *P. monodon* en la III Región, a través del año durante el período 1998 – 2003. Datos pesca comercial, fuente: IFOP. 41
- Figura 12:** Diagrama de dispersión de la densidad ($t\ km^{-2}$) de *P. monodon* en la IV Región a través del año, durante el período 1998 – 2005. Datos pesca comercial, fuente: IFOP. 42
- Figura 13:** Georeferenciación de las densidades ($t\ km^{-2}$) de *P. monodon* en la III y IV Región, a partir de la información de la flota comercial entregada por los armadores pesqueros y la recopilada por IFOP a bordo de las embarcaciones, entre los años 1998 y 2005.... 45
- Figura 14:** Densidad media de *P. monodon* ($t\ km^{-2}$) en la IV Región, según categorías de latitud de 15 mn (se presenta la marca de clase). Intervalos de confianza para las medias estimadas al 95%. Período 1998 – 2005. Datos pesca comercial, fuente: IFOP. 46
- Figura 15:** Densidad media de langostino colorado ($t\ km^{-2}$) en la III Región, según categorías de latitud de 15 mn (se presenta la marca de clase). Intervalos de confianza para las medias estimadas al 95%. Período 1998 – 2003. Datos pesca comercial, fuente: IFOP..... 46



Figura 16: Desembarques (t) y densidades medias estimadas ($t\ km^{-2}$) de <i>P. monodon</i> en la IV Regi3n, entre 1998 y el 2005. Fuente datos desembarques: SERNAPESCA, densidades: IFOP.	47
Figura 17: Correlaci3n cruzada entre los desembarques y las densidades de <i>P. monodon</i> en la IV Regi3n, entre el per3odo 1998 al 2005, a escala mensual. Los meses sin informaci3n de densidades fueron omitidos del an3lisis. Fuente datos desembarques: SERNAPESCA, densidades: IFOP.	48
Figura 18: Diagrama de dispersi3n de la densidad ($t\ km^{-2}$) de <i>P. monodon</i> en los principales focos de concentraci3n del recurso en la IV Regi3n, durante los a3os 2003 a 2005.	49
Figura 19: Georeferenciaci3n de las densidades de langostino colorado ($t\ km^{-2}$) en la IV Regi3n, a partir de la informaci3n de la flota comercial entregada por los armadores pesqueros y la recopilada por IFOP a bordo de las embarcaciones, entre los a3os 2003 y 2005, per3odo de mayor representatividad de la informaci3n.	50
Figura 20: Box-plot de la densidad ($t\ km^{-2}$) de <i>P. monodon</i> , seg3n regi3n y a3os.	51
Figura 21: Pol3gonos estimados para los lances de pesca de investigaci3n de <i>P. monodon</i> en la III Regi3n a3os 2001 a 2004.	52
Figura 22: Pol3gonos estimados para los lances de pesca de investigaci3n de <i>P. monodon</i> en la IV Regi3n a3os 2001 a 2004.	53
Figura 23: Gr3fico de barras para el 3rea (km^2) de los pol3gonos generados por las evaluaciones directas para langostino colorado entre 2001 y 2004, seg3n regi3n. Fuente de datos: FIP.	54
Figura 24: Densidad media (logaritmo de $t\ km^{-2} + 1$) estimada por el modelo de regresi3n local para los lances de pesca de investigaci3n de <i>P. monodon</i> realizados en la III Regi3n, per3odo 2001 - 2004.	55
Figura 25: Densidad media (logaritmo de $t\ km^{-2} + 1$) estimada por el modelo de regresi3n local para los lances de pesca de investigaci3n de <i>P. monodon</i> realizados en la IV Regi3n, per3odo 2001 - 2004.	56
Figura 26: Cobertura espacial y temporal de los muestreos de longitud de <i>P. monodon</i> en las regiones III y IV. Los c3rculos son proporcionales al tama3o m3ximo de muestras mensuales, siendo de ~5600 ejemplares en la IV regi3n y ~5000 ejemplares en la III Regi3n.	57
Figura 27: Variaciones anuales de las tallas en machos y hembras de <i>P. monodon</i> distribuidos en las regiones III y IV.	58
Figura 28: Estructura de tallas de <i>P. monodon</i> entre el per3odo 2001 - 2005 en las regiones III y IV. Para una mejor representaci3n las categor3as de talla fueron dispuestas cada 2 mm LC.	59
Figura 29: Serie de tallas medias (longitud cefalotor3cica en mm) para <i>P. monodon</i> entre 1998 y 2005, III y IV Regi3n. Fuente de datos: IFOP.	60
Figura 30: Serie de tallas medias (longitud cefalotor3cica en mm) para langostino colorado, seg3n regi3n y sexo. Fuente de datos: IFOP.	61
Figura 31: Diferencias relativas en los tama3os corporales promedio entre sexo y regiones obtenidas a trav3s del an3lisis de varianza. Error est3ndar en l3nea segmentada.	62



- Figura 32:** Variaciones mensuales de las tallas en machos y hembras de *P. monodon* distribuidos en las regiones III y IV, para las muestras recopiladas durante todo el período de estudio. 63
- Figura 33:** Diferencias relativas en los tamaños corporales promedio entre sexo, meses y regiones obtenidas a través del análisis de varianza. Error estándar en línea segmentada 64
- Figura 34:** Variabilidad intra-anual en la longitud cefalotorácica media (mm) de *P. monodon*, según región y año. Fuente de datos: IFOP..... 65
- Figura 35:** Variabilidad intra-anual en la longitud cefalotorácica media (mm) de *P. monodon*, según región y sexo. Fuente de datos: IFOP..... 65
- Figura 36:** Talla media para machos y hembras de *P. monodon* en diferentes estratos de profundidad y región. Los cinco estratos señalados en la figura corresponden a las profundidades (116-171], (171-226], (226-281], (281-335] y (335-390]..... 66
- Figura 37:** Relación entre el tamaño medio y la profundidad para machos y hembras de *P. monodon* en las agregaciones de la IV Región entre el período 2001-2005. Los puntos corresponden al tamaño medio de los individuos medidos en un lance y la línea es un ajuste lineal con objeto de evidenciar tendencia. 69
- Figura 38:** Relación trimestral entre el tamaño medio y la profundidad para machos y hembras de *P. monodon* en las agregaciones de la IV Región. Los puntos corresponden al tamaño medio de los individuos medidos en un lance y la línea punteada es un ajuste lineal con objeto de evidenciar tendencia. 70
- Figura 39:** Relación entre el tamaño medio y la profundidad para machos y hembras de *P. monodon* en cuatro sectores de la IV Región. Los puntos corresponden al tamaño medio de los individuos medidos en un lance y la línea punteada es un ajuste lineal con objeto de evidenciar tendencia. 71
- Figura 40:** Diagramas mostrando la relación latitud-talla y profundidad-talla, *P. monodon*, IV Región período 2000 al 2005. 72
- Figura 41:** Diagramas mostrando la relación latitud-talla y profundidad-talla, *P. monodon*, IV Región febrero, período 2000 al 2005. 72
- Figura 42:** Diagramas mostrando la relación latitud-talla y profundidad-talla, *P. monodon*, IV Región mayo, período 2000 al 2005..... 73
- Figura 43:** Georeferenciación anual de las tallas medias (mm) para las hembras *P. monodon* en la IV Región, a partir de la información biológica recopilada en los lances de pesca de la flota comercial entre los años 1998 y 2005 75
- Figura 44:** Georeferenciación mensual de las tallas medias (mm) para las hembras *P. monodon* en la IV Región, a partir de la información biológica recopilada en los lances de pesca de la flota comercial entre los años 2001 y 2005 76
- Figura 45:** Georeferenciación de las tallas medias (mm) para los machos *P. monodon* en la IV Región, a partir de la información biológica recopilada en los lances de pesca de la flota comercial entre los años 1998 y 2005 77
- Figura 46:** Georeferenciación mensual de las tallas medias (mm) para los machos *P. monodon* en la IV Región, a partir de la información biológica recopilada en los lances de pesca de la flota comercial entre los años 2001 y 2005 78



Figura 47: Distancia euclidiana de las estructuras de tallas de hembras y clusters seleccionados (recuadros).....	80
Figura 48: Estructuras de tallas para las hembras de <i>P. monodon</i> , en los diferentes cluster identificados en la IV Región.	80
Figura 49: Distribución de profundidad de los lances que estructuran cada uno de los cluster de hembras.	81
Figura 50: Distancia euclidiana de las estructuras de tallas de machos y clusters seleccionados (recuadros).....	82
Figura 51: Distribución de profundidad de los lances que estructuran cada uno de los cluster de machos.	82
Figura 52: Estructuras de tallas para los machos de <i>P. monodon</i> , en los diferentes cluster identificados en la IV Región.	83
Figura 53: Estructuras de tallas para los machos de <i>P. monodon</i> , en los diferentes cluster identificados entre 29°25'-29°45' LS	84
Figura 54: Distribución de profundidad de los lances que estructuran cada uno de los cluster de machos entre 29°25'-29°45' LS	84
Figura 55: Primer y segundo eje del ACD mostrando la posición (puntaje) de los sitios de muestreo (o) y tamaños corporales de hembras (t) entre el período 2000-2005. Las flechas representan la dirección del máximo cambio de las variables exógenas profundidad, latitud y meses a lo largo de los dos principales ejes. Las líneas curvas representan los contornos de profundidad y meses como variables predictivas del ordenamiento de las tallas.....	87
Figura 56: Primer y segundo eje del ACD mostrando la posición (puntaje) de los sitios de muestreo (o) y tamaños corporales de machos (t) entre el período 2000-2005. Las flechas representan la dirección del máximo cambio de las variables exógenas profundidad, latitud y meses a lo largo de los dos principales ejes. Las líneas curvas representan los contornos de profundidad y meses como variables predictivas del ordenamiento de las tallas.....	88
Figura 57: Relación entre el tamaño medio y la profundidad para machos y hembras de <i>P. monodon</i> en las agregaciones de la III Región entre el período 2001-2005. Los puntos corresponden al tamaño medio de los individuos medidos en un lance y la línea es un suavisamiento con objeto de evidenciar tendencia.	89
Figura 58: Relación trimestral entre el tamaño medio y la profundidad para machos y hembras de <i>P. monodon</i> en las agregaciones de la III Región. Los puntos corresponden al tamaño medio de los individuos medidos en un lance y la línea punteada es un ajuste lineal con objeto de evidenciar tendencia	90
Figura 59: Diagramas mostrando la relación latitud-talla y profundidad-talla, <i>P. monodon</i> , III Región período 2000 al 2005.	91
Figura 60: Relación entre la edad modal y la profundidad para machos y hembras de <i>P. monodon</i> en las agregaciones de la IV Región entre el período 2001-2005. Los puntos corresponden a la edad modal de los individuos en un lance y la línea es un ajuste lineal con objeto de evidenciar tendencia.....	92
Figura 61: Relación trimestral entre la edad modal y la profundidad para machos y hembras de <i>P. monodon</i> en las agregaciones de la IV Región. Los puntos corresponden a la edad	



modal de los individuos en un lance y la lnea punteada es suavizador con objeto de evidenciar tendencia.....	93
Figura 62: Relaci3n entre la edad modal y la profundidad para machos y hembras de <i>P. monodon</i> en cuatro sectores de la IV Regi3n. Los puntos corresponden a la edad modal de los individuos en un lance y la lnea punteada es un ajuste lineal con objeto de evidenciar tendencia	94
Figura 63: Relaci3n entre la edad modal y la longitud para machos y hembras de <i>P. monodon</i> en cuatro estratos de profundidad de la IV Regi3n. Los puntos corresponden a la edad modal de los individuos en un lance y la lnea punteada es un ajuste lineal con objeto de evidenciar tendencia.....	95
Figura 64: Distancia euclidiana de la composici3n de edades de hembras y clusters seleccionados (recuadros).....	96
Figura 65: Estructuras de edades para las hembras de <i>P. monodon</i> , en los diferentes cluster identificados en la IV Regi3n	97
Figura 66: Distribuci3n de profundidad de los lances que estructuran cada uno de los cluster de hembras	97
Figura 67: Distancia euclidiana de la composici3n de edades de machos y clusters seleccionados (recuadros).....	98
Figura 68: Estructuras de edades para los machos de <i>P. monodon</i> , en los diferentes cluster identificados en la IV Regi3n	99
Figura 69: Distribuci3n de profundidad de los lances que estructuran cada uno de los cluster de machos	99
Figura 70: Proporci3n de las componentes poblacionales para hembras en diferentes estratos de profundidad entre el per3odo 2001-2005	101
Figura 71: Proporci3n de las componentes poblacionales para machos en diferentes estratos de profundidad entre el per3odo 2001-2005	101
Figura 72: N3mero de ejemplares hembras para cada componente poblacional por estrato de profundidad y mes de muestreo. Los c3rculos son proporcionales al n3mero m3ximo (n max) de ejemplares observados por mes y estrato de profundidad.	102
Figura 73: N3mero de ejemplares machos para cada componente poblacional por estrato de profundidad y mes de muestreo. Los c3rculos son proporcionales al n3mero m3ximo (n max) de ejemplares observados por mes y estrato de profundidad.	103
Figura 74: Series de densidades medias estimadas (kg/km ²) para <i>P. monodon</i> , en la IV Regi3n seg3n sexo para la Componente IV (>26.04 mm).....	104
Figura 75: Series de densidades medias estimadas (kg/km ²) para <i>P. monodon</i> , en la IV Regi3n seg3n sexo para las Componentes I, II y III.	105
Figura 76: Diagramas mostrando la relaci3n entre la densidad (kg/km ²) de la Componente I y las variaciones en latitud y profundidad, IV Regi3n per3odo 2000-2005.....	106
Figura 77: Diagramas mostrando la relaci3n entre la densidad (kg/km ²) de la Componente II y las variaciones en latitud y profundidad, IV Regi3n per3odo 2000-2005.....	106
Figura 78: Diagramas mostrando la relaci3n entre la densidad (kg/km ²) de la Componente III y las variaciones en latitud y profundidad, IV Regi3n per3odo 2000-2005.....	107



- Figura 79:** Diagramas mostrando la relaci3n entre la densidad (kg/km²) de la Componente IV y las variaciones en latitud y profundidad, IV Regi3n per3odo 2000-2005..... 107
- Figura 80:** Variogramas direccionales de las edad modal de *P. monodon* para el per3odo 2001-2005 109
- Figura 81:** Gráfico de contornos superficiales de los variogramas emp3ricos direccionales para *P. monodon* en el per3odo 2001-2005..... 110
- Figura 82:** Modelo esf3rico ajustado al variograma emp3rico en la direcci3n de m3xima continuidad espacial para *P. monodon* en el per3odo 2001-2005. 110
- Figura 83:** Mapa de la distribuci3n espacial de las edades modales de *P. monodon* por medio del kriging ordinario puntual para el per3odo 2001-2005..... 111
- Figura 84:** Mapa de la distribuci3n espacial de las edades modales de *P. monodon* para el primer (arriba-izquierda), segundo (arriba-derecha), tercer (abajo-izquierda) y cuarto (abajo-derecha) trimestre del per3odo 2001-2005, por medio del kriging ordinario puntual... 112
- Figura 85:** Larva de *Pleuroncodes monodon*. III y IV: Estadios 3 y 4; A y B: ant3nulas; C y D: antenas; E y F: Mand3bula..... 114
- Figura 86:** Larva de *Pleuroncodes monodon*. V: Estadio 5; A: Ant3nula; B: antena; C: Maxilula; D: maxila; E: tercer max3lipedo. 114
- Figura 87:** Distribuci3n espacial y n3mero de larvas de *P. monodon* por estado de desarrollo en la zona costera de la II Regi3n. 123
- Figura 88:** Distribuci3n espacial y n3mero de larvas de *P. monodon* por estado de desarrollo en la zona costera de la III Regi3n. 124
- Figura 89:** Distribuci3n espacial y n3mero de larvas de *P. monodon* por estado de desarrollo en la zona costera de la II Regi3n. 125
- Figura 90:** Composici3n de tamaños de las muestras obtenidas con dispositivos de retenci3n de pre-reclutas de langostino colorado en la IV Regi3n. Se muestran las componentes modales registradas en la fracci3n juvenil..... 127
- Figura 91:** Modelo de talla a la edad del langostino colorado por regi3n y sexo. Los grupos de 1 y 2 años corresponden a tallas medias retrocalculadas 130
- Figura 92:** Ajuste de componentes modales a la informaci3n de estructuras de tallas de hembras de *P. monodon* en la III Regi3n (de arriba-abajo: cruceros 2000-2003 y flota 2001-2003) 131
- Figura 93:** Ajuste de componentes modales a la informaci3n de estructuras de tallas de hembras de *P. monodon* en la IV Regi3n (de arriba-abajo: cruceros 2000, 2004-2005 y flota 2003-2005)..... 132
- Figura 94:** Ajuste de componentes modales a la informaci3n de estructuras de tallas de machos de *P. monodon* en la III Regi3n (de arriba-abajo: cruceros 2002-2003, y flota 2002-2003)..... 133
- Figura 95:** Ajuste de componentes modales a la informaci3n de estructuras de tallas de machos de *P. monodon* en la IV Regi3n (de arriba-abajo: cruceros 2002 y 2003, y flota 2002-2003)..... 134
- Figura 96:** Proporci3n mensual de hembras ov3feras de langostino colorado per3odo 1998 a 2005, para la III Regi3n (arriba) y IV Regi3n (abajo). Fuente de datos: IFOP. 136



- Figura 97:** Ojivas de madurez para *P. monodon* en III Regi3n (arriba) y IV Regi3n (abajo). Proporsi3n de hembras maduras a la talla estimadas por el modelo (—) y proporciones observadas (o). Se indica la talla de madurez sexual. 139
- Figura 98:** Estimaciones de mortalidad natural para *P. monodon* en la III regi3n basadas en el error de estimaci3n de los par3metros de entrada (EEPE) y error de predicci3n de los modelos empíricos (EPME). 141
- Figura 99:** Estimaciones de mortalidad natural para *P. monodon* en la IV regi3n basadas en el error de estimaci3n de los par3metros de entrada (EEPE) y error de predicci3n de los modelos empíricos (EPME). 142
- Figura 100:** Batimetría de la zona de estudio (III y IV Regi3n). El área achurada indica la plataforma continental que abarca los niveles de cero a 200 m de profundidad. Se muestran las is3batas de 300 y 400 m para representar la pendiente sobre el talud continental hasta donde se ubica el recurso langostino colorado. Los círculos indican los sectores de discontinuidad de la plataforma señaladas en el texto. 144
- Figura 101:** Batimetría de la subzona norte en la III Regi3n. El área achurada indica la plataforma continental que abarca los niveles de cero a 200 m de profundidad. Se muestran las is3batas de 300 y 400 m para representar la pendiente sobre el talud continental hasta donde se ubica el recurso langostino colorado. Las líneas horizontales señalan la posici3n y extensi3n de los cortes verticales del fondo (ver más adelante). 145
- Figura 102:** Batimetría de la subzona sur en la IV Regi3n. El área achurada indica la plataforma continental que abarca los niveles de cero a 200 m de profundidad. Se señala el nivel de 50 m como línea segmentada y el nivel de 100 m como línea continua. Se muestran las is3batas de 300 y 400 m para representar la pendiente sobre el talud continental hasta donde se ubica el recurso langostino colorado. Las líneas horizontales señalan la posici3n y extensi3n de los cortes verticales del fondo (ver más adelante). 146
- Figura 103:** Corte vertical de la profundidad del fondo de tres secciones pertenecientes a la subzona norte en la III Regi3n. Se indican los niveles de 0, 200 y 400 m de profundidad. 148
- Figura 104:** Corte vertical de la profundidad del fondo de tres secciones pertenecientes a la subzona sur en la IV Regi3n. Se indican los niveles de cero, 200 y 400 m de profundidad. 149
- Figura 105:** Esquema del sistema de corrientes de Chile (Leth, 2000). Las siglas de los flujos se indican en el texto. Las líneas punteadas señalan corriente subsuperficial. El cuadro muestra el área de la III y IV Regi3n. 150
- Figura 106:** Diagramas de trazos de corrientes de observaciones diarias de corrientes (filtrada) medidas frente a la localidad de Coquimbo (30° S) a 220 m. (Castillo, 2003). Las flechas señalan el momento de las máximas velocidades medidas en la serie y que corresponden a los periodos El Niño 1991-92 y El Niño 1997-98. 153
- Figura 107:** Imágenes de TSM satelital correspondientes al a) 8 de diciembre de 1985 (primavera) (Fonseca et al., 1987) y b) 2 de septiembre de 1987 (invierno) (Acuña et al., 1989). 156
- Figura 108:** Georeferenciación anual de las tallas máximas (mm) para las hembras de *P. monodon* en la IV Regi3n, a partir de la informaci3n biológica recopilada en los lances de pesca de la flota comercial entre los años 1998 y 2005. 1



- Figura 109:** Georeferenciaci3n mensual de las tallas m3ximas (mm) para las hembras *P. monodon* en la IV Regi3n, a partir de la informaci3n biol3gica recopilada en los lances de pesca de la flota comercial entre los a1os 2001 y 2005. 2
- Figura 110:** Georeferenciaci3n anual de las tallas m3nimas (mm) para las hembras de *P. monodon* en la IV Regi3n, a partir de la informaci3n biol3gica recopilada en los lances de pesca de la flota comercial entre los a1os 1998 y 2005. 3
- Figura 111:** Georeferenciaci3n mensual de las tallas m3nimas (mm) para las hembras *P. monodon* en la IV Regi3n, a partir de la informaci3n biol3gica recopilada en los lances de pesca de la flota comercial entre los a1os 2001 y 2005. 4
- Figura 112:** Georeferenciaci3n anual de las tallas m3ximas (mm) para los machos de *P. monodon* en la IV Regi3n, a partir de la informaci3n biol3gica recopilada en los lances de pesca de la flota comercial entre los a1os 1998 y 2005. 5
- Figura 113:** Georeferenciaci3n mensual de las tallas m3ximas (mm) para los machos de *P. monodon* en la IV Regi3n, a partir de la informaci3n biol3gica recopilada en los lances de pesca de la flota comercial entre los a1os 2001 y 2005. 6
- Figura 114:** Georeferenciaci3n anual de las tallas m3nimas (mm) para los machos de *P. monodon* en la IV Regi3n, a partir de la informaci3n biol3gica recopilada en los lances de pesca de la flota comercial entre los a1os 1998 y 2005. 7
- Figura 115:** Georeferenciaci3n mensual de las tallas m3nimas (mm) para los machos de *P. monodon* en la IV Regi3n, a partir de la informaci3n biol3gica recopilada en los lances de pesca de la flota comercial entre los a1os 2001 y 2005. 8
- Figura 116:** Primer y segundo eje del ACD mostrando la posici3n (puntaje) de los sitios de muestreo (o) y tama1os corporales de hembras (t) entre el per3odo 2001-2005. Las flechas representan la direcci3n del m3ximo cambio de las variables ex3genas profundidad, latitud y meses a lo largo de los dos principales ejes. Las l3neas curvas representan los contornos de profundidad y meses como variables predictivas del ordenamiento de las tallas. 9
- Figura 117:** Primer y segundo eje del ACD mostrando la posici3n (puntaje) de los sitios de muestreo (o) y tama1os corporales de hembras (t) entre el per3odo 2002-2005. Las flechas representan la direcci3n del m3ximo cambio de las variables ex3genas profundidad, latitud y meses a lo largo de los dos principales ejes. Las l3neas curvas representan los contornos de profundidad y meses como variables predictivas del ordenamiento de las tallas. 10
- Figura 118:** Primer y segundo eje del ACD mostrando la posici3n (puntaje) de los sitios de muestreo (o) y tama1os corporales de hembras (t) entre el per3odo 2003-2005. Las flechas representan la direcci3n del m3ximo cambio de las variables ex3genas profundidad, latitud y meses a lo largo de los dos principales ejes. Las l3neas curvas representan los contornos de profundidad y meses como variables predictivas del ordenamiento de las tallas. 11
- Figura 119:** Primer y segundo eje del ACD mostrando la posici3n (puntaje) de los sitios de muestreo (o) y tama1os corporales de hembras (t) entre el per3odo 2004-2005. Las flechas representan la direcci3n del m3ximo cambio de las variables ex3genas profundidad, latitud y meses a lo largo de los dos principales ejes. Las l3neas curvas representan los contornos de profundidad y meses como variables predictivas del ordenamiento de las tallas. 12



- Figura 120:** Primer y segundo eje del ACD mostrando la posici3n (puntaje) de los sitios de muestreo (o) y tama1os corporales de hembras (t) entre el per3odo 2005-2005. Las flechas representan la direcci3n del m1ximo cambio de las variables ex3genas profundidad, latitud y meses a lo largo de los dos principales ejes. Las l3neas curvas representan los contornos de profundidad y meses como variables predictivas del ordenamiento de las tallas. 13
- Figura 121:** Primer y segundo eje del ACD mostrando la posici3n (puntaje) de los sitios de muestreo (o) y tama1os corporales de hembras (t) entre el per3odo 2001-2005. Las flechas representan la direcci3n del m1ximo cambio de las variables ex3genas profundidad, latitud y meses a lo largo de los dos principales ejes. Las l3neas curvas representan los contornos de profundidad y meses como variables predictivas del ordenamiento de las tallas. 14
- Figura 122:** Primer y segundo eje del ACD mostrando la posici3n (puntaje) de los sitios de muestreo (o) y tama1os corporales de hembras (t) entre el per3odo 2002-2005. Las flechas representan la direcci3n del m1ximo cambio de las variables ex3genas profundidad, latitud y meses a lo largo de los dos principales ejes. Las l3neas curvas representan los contornos de profundidad y meses como variables predictivas del ordenamiento de las tallas. 15
- Figura 123:** Primer y segundo eje del ACD mostrando la posici3n (puntaje) de los sitios de muestreo (o) y tama1os corporales de hembras (t) entre el per3odo 2003-2005. Las flechas representan la direcci3n del m1ximo cambio de las variables ex3genas profundidad, latitud y meses a lo largo de los dos principales ejes. Las l3neas curvas representan los contornos de profundidad y meses como variables predictivas del ordenamiento de las tallas. 16
- Figura 124:** Primer y segundo eje del ACD mostrando la posici3n (puntaje) de los sitios de muestreo (o) y tama1os corporales de hembras (t) entre el per3odo 2004-2005. Las flechas representan la direcci3n del m1ximo cambio de las variables ex3genas profundidad, latitud y meses a lo largo de los dos principales ejes. Las l3neas curvas representan los contornos de profundidad y meses como variables predictivas del ordenamiento de las tallas. 17
- Figura 125:** Primer y segundo eje del ACD mostrando la posici3n (puntaje) de los sitios de muestreo (o) y tama1os corporales de hembras (t) entre el per3odo 2005-2005. Las flechas representan la direcci3n del m1ximo cambio de las variables ex3genas profundidad, latitud y meses a lo largo de los dos principales ejes. Las l3neas curvas representan los contornos de profundidad y meses como variables predictivas del ordenamiento de las tallas. 18
- Figura 126:** Variogramas direccionales de las componentes poblacionales de *P. monodon* para el primer (arriba-izquierda), segundo (arriba-derecha), tercer (abajo-izquierda) y cuarto (abajo-derecha) trimestre del per3odo 2001-2005. 19
- Figura 127:** Modelo esf3rico ajustado al variograma emp3rico en la direcci3n de m1xima continuidad espacial de las componentes poblacionales de *P. monodon* para el primer (arriba-izquierda), segundo (arriba-derecha), tercer (abajo-izquierda) y cuarto (abajo-derecha) trimestre del per3odo 2001-2005. 20
- Figura 128:** Mapa de la distribuci3n espacial de las componentes poblacionales de *P. monodon* para el primer (arriba-izquierda), segundo (arriba-derecha), tercer (abajo-izquierda) y cuarto (abajo-derecha) trimestre del per3odo 2001-2005, por medio del kriging ordinario puntual. 21



- Figura 129:**Variogramas direccionales de las tallas medias de *P. monodon* para el primer (arriba-izquierda), segundo (arriba-derecha), tercer (abajo-izquierda) y cuarto (abajo-derecha) trimestre del per3odo 2001-2005..... 22
- Figura 130:**Modelo esf3rico ajustado al variograma emp3rico en la direcci3n de m3xima continuidad espacial de las tallas medias de *P. monodon* para el primer (arriba-izquierda), segundo (arriba-derecha), tercer (abajo-izquierda) y cuarto (abajo-derecha) trimestre del per3odo 2001-2005..... 23
- Figura 131:**Mapa de la distribuci3n espacial de las tallas medias de *P. monodon* para el primer (arriba-izquierda), segundo (arriba-derecha), tercer (abajo-izquierda) y cuarto (abajo-derecha) trimestre del per3odo 2001-2005, por medio del kriging ordinario puntual..... 24
- Figura 132:**Variogramas direccionales de las edades modales de *P. monodon* para el primer (arriba-izquierda), segundo (arriba-derecha), tercer (abajo-izquierda) y cuarto (abajo-derecha) trimestre del per3odo 2001-2005. 25
- Figura 133:**Modelo esf3rico ajustado al variograma emp3rico en la direcci3n de m3xima continuidad espacial de las edades modales de *P. monodon* para el primer (arriba-izquierda), segundo (arriba-derecha), tercer (abajo-izquierda) y cuarto (abajo-derecha) trimestre del per3odo 2001-2005..... 26



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Nómina de las estaciones de plancton recolectados por IFOP frente a la III y IV Regiones destinadas al estudio larvario de <i>Pleuroncodes monodon</i> en dichos sectores.	26
Tabla 2: Características morfológicas de las zoeas de <i>Pleuroncodes monodon</i> (modificado de Palma, 1994).....	27
Tabla 3: Desembarque por mes y región de captura para la flota industrial y artesanal que operó sobre el langostino colorado durante el año 2005. Fuente de datos: SUBPESCA.....	28
Tabla 4: Modelos empíricos utilizados para estimar la mortalidad natural de <i>P. monodon</i> , mostrando los coeficientes regresionales y sus errores estándar.....	32
Tabla 5: Resultados modelo de análisis de varianza ajustado a las densidades (en escala log) de <i>P. monodon</i> explicadas por los factores año, región e interacción. Período entre los años 1998 y 2005, III y IV regiones.....	39
Tabla 6: Resultados modelo de análisis de varianza ajustado a las densidades (en escala log) de <i>P. monodon</i> explicadas por los factores año, mes, Región e interacción. Período entre los años 1998 y 2005, III y IV regiones. Datos pesca comercial, fuente: IFOP.....	40
Tabla 7: Resultados modelo de análisis de varianza ajustado a la densidad (en escala log) factores año, semana, región e interacciones. <i>P. monodon</i> entre los años 1998 y 2005, III y IV Región. Datos pesca comercial, fuente: IFOP.....	42
Tabla 8: Resultados modelo de análisis de varianza ajustado a la densidad (en escala log) factores año, semana, latitud e interacciones. <i>P. monodon</i> entre los años 1998 y 2003, III Región. Datos pesca comercial, fuente: IFOP.....	43
Tabla 9: Resultados modelo de análisis de varianza ajustado a la densidad (en escala log) factores año, semana, latitud e interacciones. <i>P. monodon</i> entre los años 1998 y 2005, IV Región. Datos pesca comercial, fuente: IFOP.....	43
Tabla 10: Grupos y especies del zooplancton representados en las muestras.....	116
Tabla 11: Número relativo de estaciones zooplanctónicas por crucero donde se recolectaron larvas de <i>Pleuroncodes monodon</i>	119
Tabla 12: Características operacionales de los lances con presencia de juveniles de <i>P. monodon</i> en la fase piloto del muestreo específico.....	127
Tabla 13: Años de información de estructuras de tallas consideradas para la estimación de los parámetros de crecimiento.....	129
Tabla 14: Parámetros de crecimiento de <i>P. monodon</i>	129
Tabla 15: Talla media (mm) de los grupos de edad de <i>P. monodon</i> identificados en el análisis del crecimiento. En cursiva (bajo el grupo de edad 2) se entregan las tallas medias retrocalculadas	130
Tabla 16: Parámetros estimados del modelo logístico utilizado para describir la portación de huevos a la talla para langostino colorado, según región. Talla de madurez y su intervalo de confianza ($\alpha=0,05$).....	138



ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXOS

ANEXO A. Sistema de Informaci3n del Proyecto

A.1 Sistema de Informaci3n del Proyecto

A.1.1 Subsistema de informaci3n biol3gico-pesquera disponible

A.1.1.1 Datos proyecto investigaci3n situaci3n pesquería crustáceos

A.1.1.2 Datos proyectos financiados por el FIP

A.1.2 Subsistema de recopilaci3n de datos

A.1.3 Subsistema antecedentes bibliogr3ficos

ANEXO B. Registro y an3lisis larvarios

ANEXO C. Personal participante por actividad (HH)

ANEXO D. Figuras complementarias

ANEXO E. Primer y segundo taller de discusi3n metodol3gica

ANEXO F. CD Base de datos

ANEXO G. CD Informe Final (en PDF)



1. INTRODUCCIÓN

La abundancia, el reclutamiento y la biomasa son algunos de los parámetros fundamentales que influyen los resultados de los modelos poblacionales desarrollados para la regularización y manejo de recursos pesqueros (Quinn *et al.* 1998). Regularmente estos parámetros son analizados en un contexto temporal para un área geográfica bien definida e integrada, y generalmente, para una única especie clasificada como objetivo de una pesquería. Si bien, recientemente se han desarrollado modelos poblacionales más integrados que incorporan características biológicas y ecológicas específicas como es la predación, interacción y migración de especies (Fournier *et al.* 1998; Pope *et al.* 2001; Jurado-Molina & Livingston 2002), no existen formulaciones mecanicistas explícitas que integren la dinámica espacial de estos parámetros para dar cuenta de cambios poblacionales observados a través de un mecanismo de muestreo (Giske *et al.* 2001). La debilidad en la integración de la dinámica espacial se debe fundamentalmente a la reducida capacidad de asimilación de datos biológicos y ambientales (Giske *et al.* 2001), y en similar medida, al desconocimiento de las historias de vida de las especies explotadas (Giske 1998; Giske *et al.* 1998).

La población de langostino colorado, *Pleuroncodes monodon*, ha sido explotada en las cercanías de Chañaral (26°15'S) y Coquimbo (30°S) en la zona norte, y entre los puertos de Valparaíso (35°S) y Talcahuano (37°S) en la zona centro-sur (Acuña *et al.* 2003). Resultado del extenso periodo de explotación en la zona centro-sur (específicamente entre la V-VIII Regiones) y un elevando número de cruceros de investigación, los parámetros de historia de vida y la estructura espacial han sido adecuadamente descritos (Arana & Pizarro 1970; Arana 1990; Arana & Arredondo 1993; Gallardo *et al.* 1994; Roa *et al.* 1995; Roa & Tapia 1998), y por tanto, ciertas recomendaciones de manejo han sido planteadas considerando la dinámica espacial de *P. monodon* en la zona centro-sur (Roa & Tapia 2000). Si bien, en la zona norte (específicamente entre la II-IV Regiones) existen antecedentes sobre procesos biológicos, como la madurez talla-específica, crecimiento y reproducción (Bahamonde *et al.* 2004; Acuña *et al.* 2005), la dinámica y estructura espacial son desconocidas; debilidad que conduce a acciones de manejo focalizadas



principalmente en cambios de abundancia trav3s del tiempo (Canales & Montenegro 2005).

Te3ricamente, la dependencia espacial o continuidad poblacional es una caracter3stica com3n en poblaciones marinas, las que tienden a distribuirse a trav3s de extensas 3reas geogr3ficas o en densas agregaciones (Simard *et al.* 1990; Simard & Savard 1990; Metaxas *et al.* 1994; Natunewicz & Epifanio 2001). Esta caracter3stica no ha estado ausente en las poblaciones de crust3ceos bent3nicos (Mohan 1997; Eggleston *et al.* 1998; Defeo & Cardoso 2002; DeMartini *et al.* 2003). En el caso de *P. monodon*, varios trabajos han mostrado que la poblaci3n que habita la plataforma continental en las Regiones VII y VIII, poseen una estructura poblacional segregada espacialmente sobre los grupos de edad (Roa & Tapia 2000), con una 3nica 3rea de crianza (zona de asentamiento larval), ubicada en la plataforma continental fuera de la Bah3a de Concepci3n (Arana & Arredondo 1993; Gallardo *et al.* 1994; Roa *et al.* 1995), desde donde dos ramas con diferentes tasas de crecimiento y cronolog3as de madurez se bifurcan hacia el sur y norte a trav3s de la plataforma continental (Roa & Tapia 1998).

Si bien, en la zona norte existe limitada informaci3n sobre la din3mica poblacional de *P. monodon*, los registros provenientes de cruceros de investigaci3n (Mar 2000; Bahamonde *et al.* 2002; Bahamonde *et al.* 2003; Bahamonde *et al.* 2004), se3alan la existencia de focos de agregaci3n definidos espacialmente y persistentes en el tiempo, con individuos de tama3os mayores en la III Regi3n. Similar patr3n de agregaci3n es detectado por las actividades comerciales que explotan la fracci3n vulnerable (Montenegro *et al.* 2004). Por tanto, no es extra3o pensar que la poblaci3n de *P. monodon* en la zona norte de Chile presente alg3n tipo de funcionamiento espacial y una din3mica poblacional asociada a factores bi3ticos y/o abi3ticos.

Los antecedentes disponibles hacen suponer que la poblaci3n de *P. monodon* en la zona norte posee, o esta expuesta, a mecanismos que hacen modificar su estructura poblacional a trav3s del tiempo. En efecto, la evoluci3n temporal de las estructuras de tallas vulnerada por la actividad comercial (Montenegro *et al.* 2004) y las variaciones de las biomاسas estimadas durante las evaluaciones por 3rea barrida (Bahamonde *et al.*



2002; Bahamonde *et al.* 2003; Bahamonde *et al.* 2004), son notablemente inconsistente en el contexto del desplazamiento de las cohortes vulneradas por la pesquería. Este hecho nos confirma que existen patrones espaciales desconocidos y corroboran la necesidad de integrar los dominios de tiempo y espacio en un único análisis.

Posiblemente los mecanismos que conducen la estructura y dinámica espacial, estén asociados a procesos poblacionales como la reproducci3n y reclutamiento (Sarda *et al.* 1997; Maynou *et al.* 1998; Colpo & Negreiros-Fransozo 2004; Litulo 2005a, b). En este contexto, (Palma & Arana 1997) señalan que las hembras de *P. monodon* posiblemente presentan una vía migratoria desde aguas profundas a aguas someras con objeto de la liberaci3n larval y la copula. Por tanto, este proceso poblacional produciría, durante algùn periodo de tiempo, segregaciones espaciales en la fracci3n de hembras, y posiblemente en la fracci3n de machos.

Desde los resultados de los cruceros de evaluaci3n directa reportados por (Bahamonde *et al.* 2004) y (Acuña *et al.* 2005), es obvio que diferentes diseños de muestreo conducen a diferentes resultados de abundancia y densidad, y que estos métodos no son directamente comparables debido a las diferentes limitaciones inherentes en cada uno de ellos. No obstante, los resultados de la magnitudes y variaciones geográficas en las densidades, incrementan la sospecha que la poblaci3n de *P. monodon* en la zona norte posee una estructura espacial altamente dinámica y difícil de identificar.

Una posible vía para mejorar la evaluaci3n y manejo de la poblaci3n de *P. monodon* en la zona norte, es a través de una adecuada representaci3n espacial y estructural de los procesos biológicos (Huse & Giske 1998a, b). En este contexto, en este estudio se analizarán los parámetros de distribuci3n de *P. monodon* a lo largo de las zonas costeras de la III y IV Regiones, y también se estudiarán las diferencias poblacionales relativas a la distribuci3n batimétrica y áreas geográficas. Los resultados serán sintetizados para caracterizar espacio-temporalmente aspectos relativos a la dinámica y estructura poblacional de *P. monodon*.



2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Caracterizar espacio temporalmente aspectos relativos a la dinámica, estructura y parámetros poblacionales del langostino colorado entre la III y IV Regiones.

2.2. Objetivos específicos

- 2.2.1** Determinar y caracterizar aspectos relativos a la distribución y estructura poblacional, en el tiempo y espacio, del langostino colorado.
- 2.2.2** Determinar y caracterizar aspectos relativos a la dinámica poblacional del langostino colorado entre la III y IV Regiones.
- 2.2.3** Caracterizar los procesos de crecimiento, reproducción y mortalidad natural del langostino colorado entre la III y IV Regiones.



3. METODOLOGÍA

3.1. Enfoque metodológico general

Si bien el área de estudio comprende principalmente el área marítima de la III y IV Región del país, una parte importante de los resultados presentados están referidos a la IV Región, debido a la mejor cobertura de muestreo realizada en ésta, en concordancia con la mayor actividad extractiva que realiza la flota en dicha zona.

Nuestra primera representación sobre la dinámica espacial y estructura poblacional de *P. monodon* entre la III y IV Regiones, postula que ésta podría estar orientada a lo largo de la plataforma continental, similar a los patrones espaciales descritos para la zona centro-sur (Roa & Tapia 2000). Omitiendo el hecho que la topografía, tipo de sustrato y mantos de vegetación condicionan la estructura espacial de poblaciones asociadas al bentos (Lindegarth *et al.* 2000; Butler 2003; Perez-Castaneda & Defeo 2003), los estudios sobre sistemas de corrientes y surgencia en la zona centro-sur (Gallardo *et al.* 1994) y zona norte (Rutllant & Montecinos 2002) señalan una amplia similitud oceanográfica, que hace suponer que en la zona norte existen adecuadas condiciones para el asentamiento larvario desde donde la población se disperse latitudinalmente. En tal sentido, es que planteamos una primera hipótesis de trabajo:

“Estructura poblacional a lo largo de la plataforma continental - Esta hipótesis plantea que la población de langostino colorado en las Regiones III Y IV se encuentra estructurada espacialmente a lo largo de la plataforma continental en un gradiente latitudinal. Para esta estructura poblacional, se postula la existencia de a los menos una área de crianza donde se produce el asentamiento larval y comienza la expansión poblacional”.

Por otro lado, existen antecedentes sobre poblaciones bentónicas donde la dinámica y estructura espacial está orientada principalmente a través de la plataforma continental (Walters *et al.* 1993; Maynou *et al.* 1996; Sarda *et al.* 1997; Maynou *et al.* 1998; Walters & Wilderbuer 2000; Taylor & Collie 2003). En el caso de la zona norte, esto indicaría que la



poblaci3n de *P. monodon* podr3a presentar patrones espaciales en direcci3n longitudinal, situaci3n que es contradictoria con los patrones descritos para la zona centro-sur. Sin embargo, las clasificaciones biogeogr3ficas de las zonas costeras de Chile (Camus 2001) indican que las condiciones topogr3ficas (la plataforma continental en la III y IV Regiones es extremadamente estrecha) y las asociaciones comunitarias entre 3stas son diferentes, sugiriendo que disimilitudes en la din3mica espacial podr3an ser plausibles. En este contexto, planteamos una segunda hip3tesis sobre la din3mica y estructura espacial de *P. monodon* en la zona norte:

“Estructura poblacional por focos de agregaci3n - Esta hip3tesis plantea que la poblaci3n de langostino colorado en las Regiones III Y IV posee una estructura espacial delimitada principalmente por focos de agregaci3n. Por consiguiente, se espera que cada agregaci3n est3 estructurada con procesos biol3gicos propios, donde se produce el asentamiento larval y comienza la expansi3n poblacional a trav3s de la plataforma continental, en un gradiente longitudinal”

Para someter a prueba estas hip3tesis y detectar la din3mica y estructura espacial de *P. monodon* en la zona norte, utilizamos t3cnicas de data mining (Bozdogan 2004) que permiten distinguir agrupaciones o clusters de caracter3sticas demogr3ficas (ej. tallas, edad, densidad) sobre el 3rea de estudio, como tambi3n, las consideraciones geogr3ficas de estas agrupaciones (**Figura 1**). Paralelamente, construiremos un modelo de crecimiento basado en las distribuciones de frecuencia de tallas registrada para el 3rea donde se estructura la poblaci3n, de forma de incluir las clases anuales como variable demogr3fica estructurada espacialmente. De corroborarse un patr3n espacial en la poblaci3n de *P. monodon* atribuible a algunas de las variables antes mencionadas, se utilizar3n t3cnicas geoestad3sticas para evaluar la correlaci3n y estimaci3n de patrones espaciales en las caracter3sticas demogr3ficas (**Figura 1**). Mayores antecedentes sobre el acercamiento metodol3gico para la totalidad de los objetivos pueden ser consultados en la Propuesta T3cnica entregada al Fondo de Investigaci3n Pesquera (FIP).

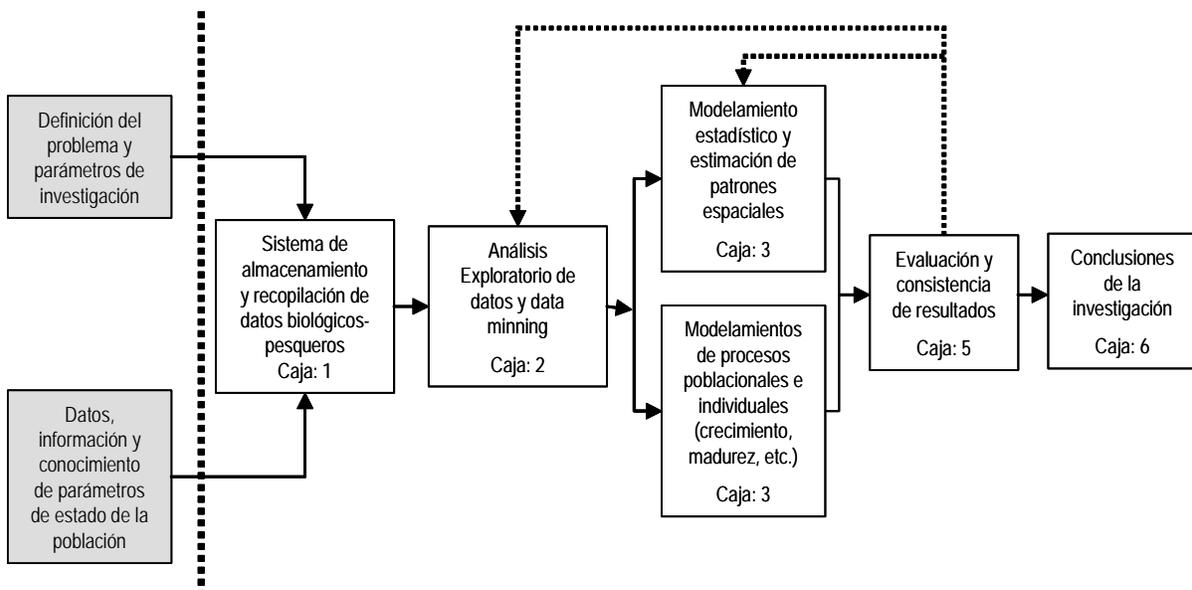


Figura 1: Esquema generalizado de la metodología de investigaci3n. Las cajas grises corresponden a las tareas previas al an3lisis exploratorio (data mining).

3.2. Sistema de Informaci3n del Proyecto

Los datos disponibles para investigar la estructura espacial de la poblaci3n de *P. monodon* en la zona norte, provienen de variadas fuentes de informaci3n con diseños de muestreos y cronologías diferentes. Por tanto, se implement3 un Sistema de Informaci3n de soporte a la investigaci3n que sistematiza los principales recursos de informaci3n disponibles para *P. monodon*. Este sistema, incluye informaci3n espacio-temporal de los siguientes subsistemas de informaci3n:

3.2.1. Subsistema de informaci3n biol3gico-pesquero disponible

Componente 1: Este subsistema recopila los datos biol3gicos y pesqueros de *P. monodon* provenientes de los proyectos “Investigaci3n Situaci3n Pesquería Crustáceos” desarrollado anualmente por este ejecutor. Los principales registros obtenidos durante estos proyectos de monitoreo corresponden a la característicás de la embarcaci3n, captura en peso, esfuerzo, fecha, posici3n geogr3fica, área barrida y profundidad por



lance de pesca. Para los lances muestreados se incluyeron los registros biológicos de sexo, talla, peso, presencia de huevos y consistencia del caparazón (**Figura 2**). El diseño de muestreo y tamaños muestrales puede ser consultado en los reportes del proyecto Investigación Situación Pesquerías Crustáceos (Montenegro *et al.* 2005). Desde acá en adelante, el termino “registros biológicos” o “datos biológicos”, debe ser entendido como mediciones de características biológicas específicas de *P. monodon*, por ejemplo, talla, peso, sexo, condición reproductiva, etc.

Componente 2: Este subsistema incluye además, los datos biológicos y pesqueros recopilados en proyectos de investigación financiados por el FIP y que contienen registros de *P. monodon*. Estos proyectos incluyen las evaluaciones directas por área barrida realizadas entre la III y IV Regiones (**Figura 2**), estudios de estrategias de explotación de las principales pesquerías de crustáceos, entre otros.

Componente 3: Un tercer componente de este subsistema dice relación con los antecedentes oceanográficos y atmosféricos reportados para el área de estudio. El objeto de este componente es relacionarlos cualitativamente con los patrones espaciales y procesos biológicos de *P. monodon* detectados durante el estudio

Componente 4: El último componente de este subsistema, y de sustancial importancia en la dinámica poblacional de *P. monodon*, lo integra el análisis de la distribución y temporalidad de larvas recolectadas en el área de estudio durante diferentes cruceros oceanográficos realizados por este ejecutor (**Figura 3**).

La vida larvaria de los invertebrados marinos constituye una etapa muy importante del ciclo de vida, por cuanto en base a los antecedentes de su distribución y abundancia es posible precisar la magnitud del reclutamiento y estimar épocas y lugares potenciales de la incorporación de los juveniles de la especie a las áreas donde se concentra la mayor parte de la población adulta. Esta información reviste especial interés en las especies de importancia en pesquerías, como es el caso de *P. monodon*.



En lo referente al estudio de las larvas de *P. monodon*, éste se ha centrado en la descripción de sus estadios larvarios obtenidos en condiciones de laboratorio a temperaturas que oscilaron en torno a los 15 °C, salinidades que variaron entre 34,4 y 34,6‰ y condiciones de alimentación en base a nauplius del crustáceo Branquiópodo Anostraco *Artemia salina* y de la fase oval de la microalga *Phaeodactylum tricornutum* (Fagetti & Campodonico 1971). En cuanto a la distribución de sus larvas, los estudios se han centrado en su distribución frente al litoral de la VIII Región (Bustos *et al.* 1982; Mujica & Bahamonde 1990; Palma & Arana 1997).

Para la III y IV Regiones, aún no se han efectuado las estimaciones que permitan evaluar la distribución y abundancia de las larvas de *P. monodon*. El presente análisis constituye un primer intento para establecer la posición espacial de individuos de tallas menores y larvas de langostino colorado e indagar una posible área de reclutamiento frente a la III y IV Regiones. Los datos de este análisis fueron sistematizados en el Sistema de Información del Proyecto y serán parte importante del análisis una vez dilucidados los patrones espaciales de *P. monodon*. Mayores antecedentes sobre la metodología de análisis y recolección de muestras, son proporcionados en la sección 3.4.

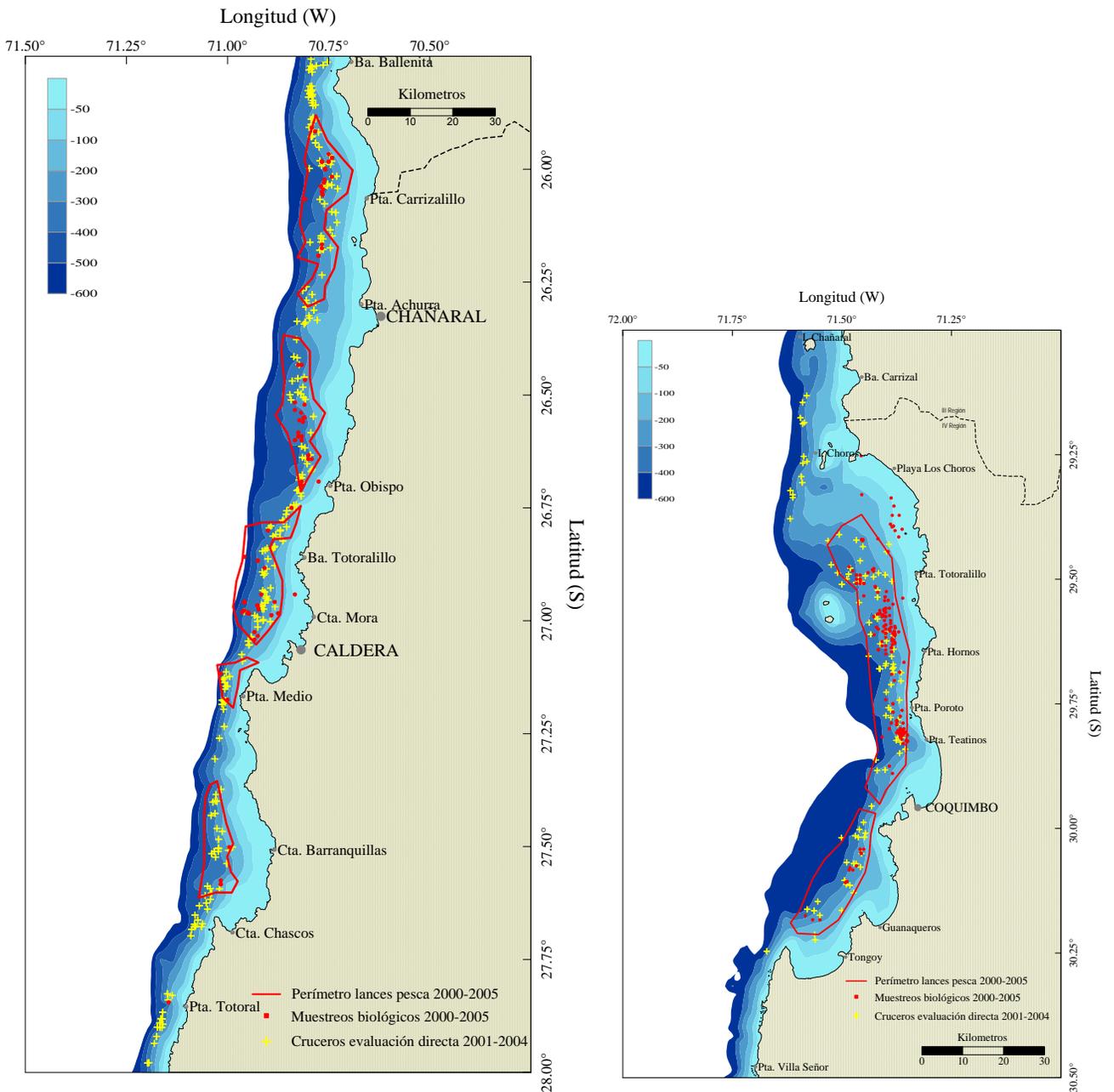


Figura 2: Zona de estudio y principal área geográfica donde se registraron antecedentes biológicos-pesqueros de *P. monodon*. Los puntos (*) señalan las posiciones de los lances de pesca de la flota comercial con registros biológicos. Los polígonos (—) circunscriben el 96% de los lances de pesca de la flota comercial registrados entre el período 2000-2005. Las cruces (+) representan lances dirigidos en los cruceros de área barrida entre el período 2001-2004 que incluyen registros biológicos.

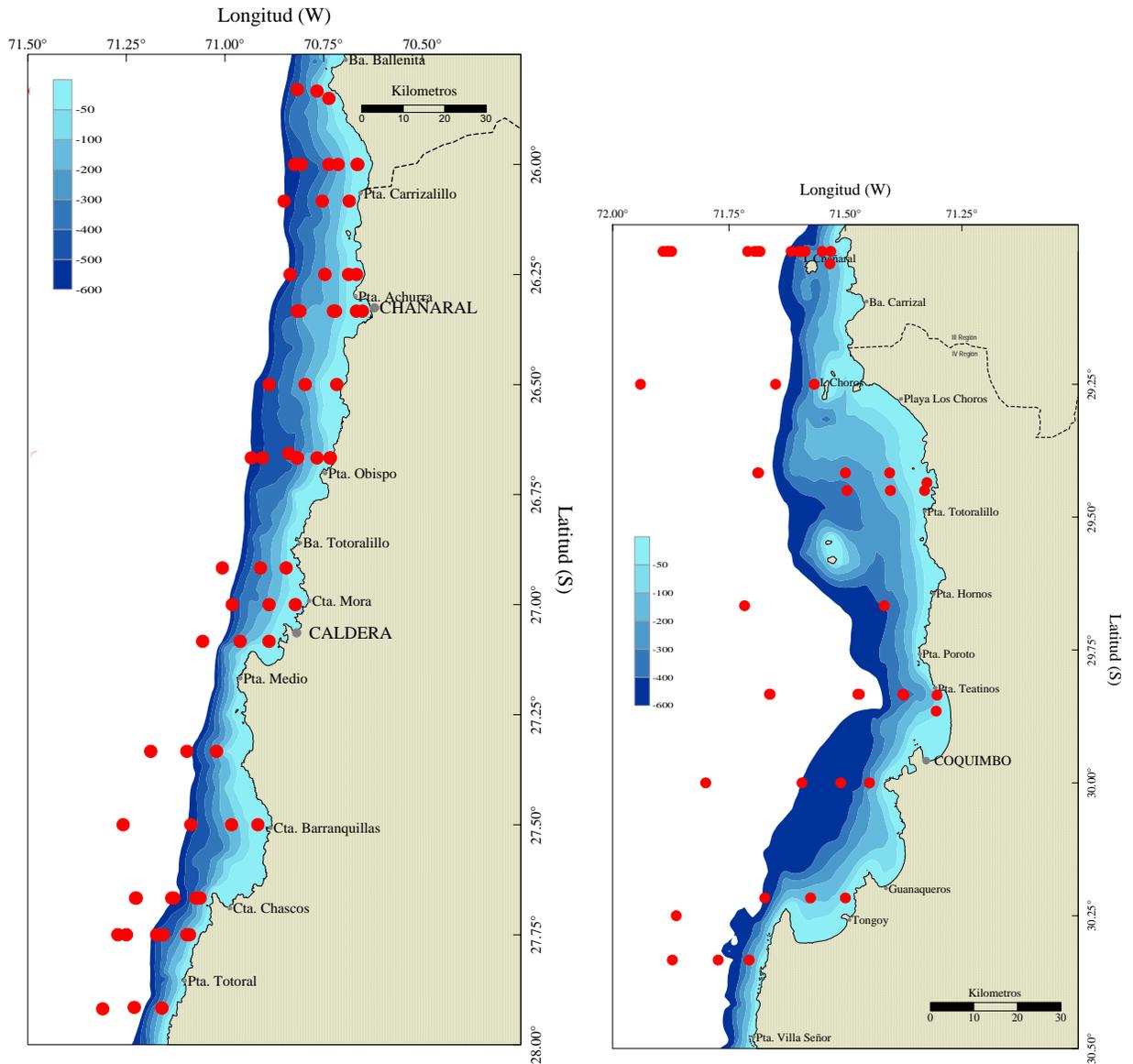


Figura 3: Zona de estudio y posici3n de las estaciones de muestreos zooplanct3nicas realizadas durante los cruceros oceanogr3ficos entre los a1os 1986 y 2005.



3.2.2. Subsistema de recopilaci3n de datos

El progreso en la identificaci3n de la estructura espacial y caracterfsticas fisiol3gicas de la poblaci3n de langostino colorado, posiblemente es entorpecido por la deficiencia de caracterizar a la poblaci3n de tallas bajas, principalmente ejemplares juveniles de clase de edad 0 y 1. En efecto, los cruceros de evaluaciones directas vulneran principalmente ejemplares mayores a 12 mm de LC (Bahamonde *et al.* 2003; Bahamonde *et al.* 2004; Acuña *et al.* 2005).

Para abordar este problema se incluy3 un subsistema con registros biol3gicos y pesqueros especfsticos de *P. monodon*. Para esto, se realizaron muestreos de ejemplares con tallas menores que las representadas por la fracci3n explotable de la flota comercial (y de las presentes en los cruceros de evaluaci3n directa), a trav3s de la instalaci3n de dispositivos de retenci3n en la red de arrastre de embarcaciones de pesca comercial (**Figura 4**). Estos dispositivos fueron construidos con paño de poliamida de 7 mm de tamaño de malla y tienen una forma c3nica, siendo el 3rea de la parte superior (boca) de 1.256 cm² permitiendo cubrir aproximadamente 90 mallas de la red de arrastre. La instalaci3n de los dispositivos fue coordinada con los capitanes de las embarcaciones, previa autorizaci3n de la gerencia del armador.

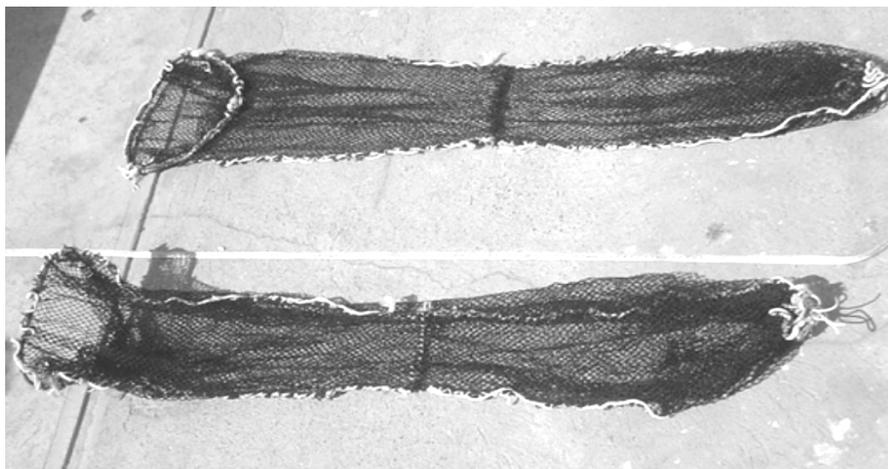


Figura 4: Dispositivos utilizados para la retenci3n de pre-reclutas en la pesca de crust3ceos, Coquimbo diciembre del 2005, IFOP.



Las bolsas fueron instaladas en tres sectores de la red de arrastre: t3nel, ala inferior y ala superior (**Figura 5**).

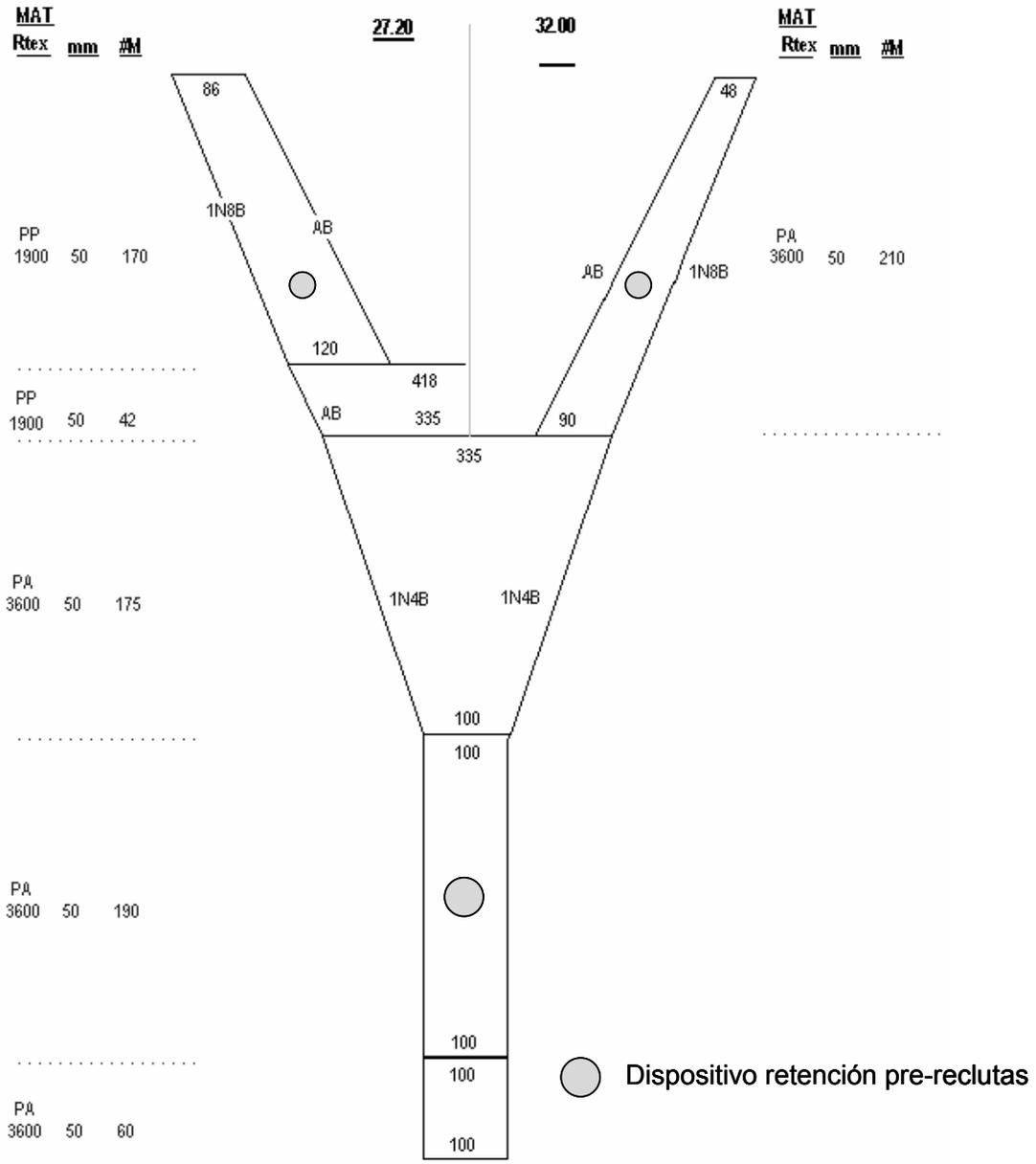


Figura 5: Localizaci3n de los dispositivos de retenci3n de ejemplares de *P. monodon* pertenecientes de la fracci3n no explotable de la poblaci3n. T3pica red de arrastrea utilizada para pesca de crust3ceos en Chile (modelo Yankee, 2 paneles).



Es importante destacar que este sistema permitió determinar la estructura de tallas del escape de *Munida subrugosa* en una red camaronera, obteniendo una talla media de 11.7 cm de LC para los ejemplares que escapaban de la red y 16.1 cm para los retenidos (Bahamonde *et al.* 1986).

3.2.3. *Subsistema antecedentes bibliográficos*

Durante la ejecución del estudio, se realizó una revisión de la literatura científica (publicaciones ISI, SciELO y otras) y de documentos técnicos relacionados con la biología, dinámica poblacional y pesquería del langostino colorado. Esta revisión estará disponible en formato de referencia Autor-fecha en el informe final de este estudio. Con esto, se pretende determinar el nivel de conocimiento científico de la especie y utilizar dichos antecedentes para abordar el estudio de la dinámica y estructura poblacional de *P. monodon*. En este sentido, cabe señalar que varios de los estudios realizados sobre la dinámica poblacional de langostino colorado corresponden al stock de la zona centro sur del país (V a VIII Región), donde una gran parte de éstos, fueron desarrollados por IFOP y dieron origen a importantes publicaciones.



3.3. Primer objetivo espec3fico: Determinar y caracterizar aspectos relativos a la distribuci3n y estructura poblacional, en el tiempo y espacio, del langostino colorado

Este objetivo comprende el desarrollo de dos actividades. La primera fue la construcci3n de variables poblacionales seleccionadas desde el Sistema de Informaci3n, que dicen relaci3n con las composiciones de tallas, tallas medias, densidades, grupos de edad y componentes de la poblaci3n. La selecci3n de estas variables se fundamenta en la representatividad espacial y caracterizaci3n de la estructura demogr3fica de poblaciones marinas (Dulvy *et al.* 2004; Litulo 2005b). La segunda actividad, corresponde a los an3lisis estad3sticos de estas variables y los potenciales factores explicativos de su variabilidad espacio temporal.

3.3.1. Variables poblacionales

a) Composiciones de tallas: Las estructuras de tallas y tallas medias fueron construidas para un 3rea geogr3fica y per3odo de tiempo que permiti3 someter a prueba la hip3tesis de investigaci3n. El an3lisis exploratorio y la resoluci3n espacio-temporal de esta variable es una etapa fundamental en el proceso de investigaci3n, el que deber3a permitir identificar patrones y tendencias poblacionales. Sin embargo, la inadecuada selecci3n de resoluci3n espacial y temporal en los registros biol3gicos ha sido visto como un problema que puede oscurecer la habilidad para entender patrones espaciales (Perry *et al.* 2002). Para soslayar este problema, varios m3todos han sido dise1ados que permiten eliminar o evitar el efecto de independencia espacial, como por ejemplo, organizar los datos en forma sistem3tica y estratificada, tanto en el tiempo como en el espacio. En este contexto, se exploraron variadas agrupaciones espacio-temporales de tallas y se seleccionaron las que de mejor forma permitieron esclarecer la estructura poblacional de esta variable.

Las estructuras de tallas incluyen datos biol3gicos de la pesquer3a entre el per3odo 2000-2005 y datos biol3gicos de los cruceros de evaluaci3n directa para los a1os 2002 y 2003. Hasta la fecha de edici3n de este reporte, las bases de datos del Fondo de Investigaci3n



Pesquera (FIP) solo contienen registros de tama1os corporales para los cruceros realizados durante estos a1os. Con objeto de verificar la importancia de la diferenciaci3n sexual, las estructuras de tallas fueron analizadas separadamente para hembras y machos.

b) Densidades: Las densidades medias en peso fueron representadas por la captura estandarizada por unidad de 1rea,

$$\tilde{y}_{ij} = cpua_{ij} = \frac{c_{ij}}{a_i v_{ij} t_{ij}}$$

donde \tilde{y} es equivalente a la *cpua* (captura por unidad de 1rea), *c* es la captura, *a* es la abertura de punta de alas de la red, *v* es la velocidad del lance, *t* es la duraci3n del lance, *i* indexa al lance y *j* al barco. La abertura de punta de alas fue estimada a partir de la longitud de la relinga superior (*LRS*) de la red de cada barco, utilizando la siguiente expresi3n:

$$a_j = 0.55 LRS_j$$

El valor del coeficiente de abertura de la red fue obtenido revisando las recomendaciones que al respecto realizan la FAO (Sparre & Venema 1995) y los resultados obtenidos emp1ricamente en los estudios de evaluaci3n directa (Bahamonde *et al.* 2002; Bahamonde *et al.* 2003; Bahamonde *et al.* 2004). En esta actividad, se incluyeron los lances de la pesquer1a entre el per1odo 1998-2005 y los lances realizados por los cruceros de evaluaci3n directa entre los a1os 2001 y 2004.

c) Componentes poblacionales: Con objeto de verificar si la poblaci3n de *P. monodon* presenta alg1n patr3n estructural asociado a diferentes componentes de la poblaci3n, se rotularon los tama1os corporales en consistencia con su estado de madurez. Para esto, se dividi3 en cuartiles la ojiva de madurez sexual obtenida en este estudio (ver secci3n madurez sexual). De esta forma, se obtuvieron las tallas que dieran cuenta del 25%, 50% y 75% de madurez sexual a partir de:



$$l_p = \left[\frac{1}{\beta_1} \ln\left(\frac{1}{p} - 1\right) - \frac{\beta_0}{\beta_1} \right]$$

donde l_p corresponde a la talla que acumula la proporción $p=(0.25, 0.5$ y $0.75)$ de madurez sexual, β_0 y β_1 son los parámetros del modelo logístico ajustado (ver sección madurez sexual). Los componentes seleccionados se describen en el siguiente recuadro:

Componente	Cuartiles	III Región	IV Región	Estado de Madurez
Componente 1	$< l_{0.25}$	< 17.7	< 22.17	Inmaduros
Componente 2	$l_{0.25} - l_{0.5}$	17.7-19.3	22.17-24.1	En proceso de madurez
Componente 3	$l_{0.5} - l_{0.75}$	19.3-20.9	24.1-26.04	Maduros
Componente 4	$> l_{0.75}$	20.9	> 26.04	Totalmente maduros

d) Grupos de edad: Utilizando las componentes modales detectadas en las agrupaciones de tallas, se asignaron edades a machos y hembras de *P. monodon* a través del modelo de crecimiento von bertalanfy (ver sección crecimiento)

3.3.2. Análisis estadísticos

Para las variables detalladas en la sección anterior y en consistencia con la hipótesis de investigación, se aplicaron los siguientes métodos de análisis:

a) Análisis bivariados: Los resultados de estos análisis fueron resumidos en graficas bivariadas de las variables en cuestión y su disposición espacio-temporal. El despliegue de gráficas descriptivas fue utilizado para representar la forma y fuerza de la relación, como también explorar la dependencia de la relación con variables no cuantificables.

b) Análisis Multivariados: El principal objetivo de estos análisis es determinar agrupaciones de variables (o comúnmente llamados cluster) y las consideraciones



espacio-temporal de tales agrupaciones (u ordenamientos). Específicamente, realizamos un Análisis de Cluster Jerárquico (ACJ) sobre la distribución de tallas, para determinar cuando similares estructuraciones a la talla de *P. monodon* poseen alguna disposición espacio-temporal. Para el ACJ se aplicaron diferentes métodos de fusión jerárquica, entre los cuales se encuentran: i) vecino más cercano, ii) varianza mínima de Ward, iii) agrupación completa y iv) UPGA de las palabras en inglés Unweighted Pair Group Average. Para todos los métodos, la disimilitud entre observaciones (distribución de frecuencia del lance) es medida utilizando la distancia métrica o comúnmente denominada distancia euclidiana. La distancia euclidiana, y otras medidas de disimilitud son fácilmente generalizadas a más de dos dimensiones, como es el caso de nuestro análisis. Como primer paso, cada observación (distribución de frecuencia del lance) representa un cluster. Los objetos que tienen una mínima distancia son fusionados. El segundo paso es la agrupación de estas fusiones en diferentes clusters, a través, de la identificación de la máxima distancia.

Con objeto de reforzar los resultados del análisis de clasificación, las estructuras de tallas y edades fueron analizadas a través de un Análisis de Correspondencia Destendenciado (ACD). Con este análisis es posible establecer un ordenamiento de los lugares de muestreos en base a los tamaños corporales o edades. A través de este análisis fue posible incluir variables exógenas (e.g. profundidad, meses, latitud, etc) como predictores del ordenamiento.

c) Modelos de Análisis de Varianza y Superficies de Suavizamiento: Estos modelos son utilizados para describir los predictores de las variaciones espaciales y temporales en las densidades de *P. monodon*, ya sea como valor observado en cada lance de pesca o estratificado sistemáticamente.

Pesquería: Para estudiar la variabilidad de la densidad a partir de los datos de la flota comercial, se utilizaron modelos de análisis de varianza (Neter *et al.*, 1990). Una representación genérica de estos modelos, se presenta de la forma:

$$\ln(\tilde{y}_i) = X\beta + \varepsilon_i$$



donde $\ln(\tilde{y})$ es la densidad en escala logarítmica, X es la matriz de diseo que integra los factores temporales (año, mes, semana) y espaciales (región, categorías de latitud y longitud), y ε es un vector de errores aleatorios aditivos, con distribución normal y varianza constante. La selecci3n de los modelos fue basada en el Criterio de Informaci3n de Akaike (Rasmussen & Giske 1994).

Evaluaciones directas: Los cruceros de evaluaci3n directa de *P. monodon* est3n circunscritos en periodos temporales acotados (Bahamonde *et al.* 2002; Bahamonde *et al.* 2003; Bahamonde *et al.* 2004; Acuña *et al.* 2005), por tanto, los principales predictores de variaciones en la densidades son probablemente su ubicaci3n geogr3fica y profundidad. Esto nos sugiere que una adecuada herramienta descriptiva de las variaciones en las densidades son las superficies de suavizamiento, ya sean modeladas por funciones paramétricas o no-paramétricas.

En nuestro caso, utilizamos modelos de regresión local (*loess* de su sigla en inglés) por proporcionarnos mayor flexibilidad que los modelos paramétricos (Chambers & Strand 1986). La funci3n de suavizamiento es interpretada como una estimaci3n de la contribuci3n de los predictores a las variaciones de densidad. Un beneficio en la utilizaci3n de *loess* es la gran flexibilidad para la inclusi3n de m3ltiples predictores.

Para desarrollar una adecuada descripci3n de las variaciones espaciales de las densidades de *P. monodon* mediante imágenes de densidad suavizadas por medio del modelo de regresión local, es necesario identificar los polígonos que definen la regi3n de interés. Para tal efecto se defini3n una grilla cuadrada que contiene todos los puntos espaciales observados (lances con y sin captura de *P. monodon*), posteriormente, para cada intervalo de la grilla se buscan los pares de puntos espaciales m3nimos y máximos con una precisi3n de delta grilla, que corresponde a una distancia inferior a la distancia entre grillas. El modelo de regresión local propuesto, considera que para cualquier variable respuesta (z_i) y dado en un espacio bidimensional (x_i, y_i), existe una vecindad local que contiene a z_i , donde la regresión de superficie es una buena aproximaci3n por medio de una funci3n de suavizaci3n (no paramétrica), en nuestro caso por la componente longitudinal y latitudinal de las densidades observadas de *P. monodon*.



3.4. Segundo objetivo específico: Determinar y caracterizar aspectos relativos a la dinámica poblacional del langostino colorado entre la III y IV Regiones

Es necesario reconocer que este objetivo está intrínsecamente relacionado con los restantes objetivos específicos, puesto que la dinámica poblacional está condicionada a la estructura poblacional y la historia de vida de *P. monodon*. No obstante lo anterior, y sólo como una forma de estructurar los resultados, en este objetivo enmarcamos dos actividades.

La primera corresponde al modelamiento espacial de los gradientes o segregaciones detectadas en las variables biológicas características de la dinámica poblacional. Para esto, se aplicaron métodos geoestadísticos que evaluaron la correlación espacial y permitieron reforzar nuestros resultados. Con esto, se pretende analizar la estructura espacial poblacional, las variaciones de densidad y el crecimiento poblacional, y como estas características poblacionales se relacionan con variables abióticas y bióticas.

La segunda actividad corresponde a la descripción espacio-temporal de la fracción no explotable y estadios larvarios. Si bien, estos análisis no serán integrados en el modelamiento espacial, deben ser consistentes con sus resultados. En efecto, el análisis espacial probablemente nos proporcione antecedentes sobre la distribución geográfica de ejemplares vulnerados por la pesquería y cruceros de investigación, los que deben ser consistentes con la descripción espacio-temporal de la fracción no explotable y larvas de *P. monodon*.

3.4.1. Modelamiento espacial

La geoestadística corresponde a un grupo de técnicas matemáticas que tienen el propósito de modelar las observaciones espacialmente correlacionadas, usando un modelo adecuado para estimar valores en localidades no observadas durante el proceso de muestreo (Roa & Tapia, 2000). Sea $z = z(x, y)$ una variable aleatoria espacialmente referenciada que mide la por ejemplo, la edad modal, talla media, etc. de la población de



P. monodon en un sitio geogr1fico referenciado, (x, y) , el modelo espacial es definido por como un proceso estoc1stico en el espacio, de la forma:

$$z(x, y) = \mu + \varepsilon$$

donde z es la edad modal, μ es la esperanza de z , y ε es el error aleatorio que incorpora la variabilidad espacial. La geoestadística se aplica en dos etapas, la primera corresponde al an1lisis estructural, donde la correlaci3n espacial entre las observaciones es modelada usando una medida de continuidad espacial como el variograma. En la siguiente etapa, el modelo es usado para interpolar valores sobre una grilla regular, generalmente usando un algoritmo de optimizaci3n conocido como kriging. En esta etapa, los valores del proceso en cualquier lugar del espacio muestreado se obtiene como combinaci3n lineal convexa de los valores de las observaciones vecinas, en que las observaciones de la edad modal son pesadas con ponderadores que dependen de la distancia entre el punto a evaluar y el punto observado. La capacidad del kriging de interpolar sobre localidades no observadas permite mapear el proceso estoc1stico, lo que equivale a obtener una realizaci3n m1s completa del proceso, sobre una regi3n o todo el h1bitat cubierto por las observaciones, lo que en pesquerías corresponde a una evaluaci3n directa (Roa & Tapia, 2000).

An1lisis Estructural: La herramienta cuantitativa usada para caracterizar la correlaci3n espacial de la variable aleatoria edad modal es la funci3n de variograma, $2\gamma(x, h)$, el cual es la esperanza matem1tica de la variable aleatoria, $[Z(x) - Z(x + h)]^2$, donde Z es la edad modal, x es la ubicaci3n espacial en el espacio bi-dimensional, y h es una distancia vectorial compuesta por una magnitud y una direcci3n (Journel & Huijbregts, 1978). Bajo la segunda propiedad estacionaria, el variograma solo depende de la separaci3n del vector h y no de la ubicaci3n de x . Luego, es posible estimar el variograma $2\gamma(x, h)$ de los datos disponibles a trav1s del variograma empírico

$$2\gamma(h) = \frac{1}{N(h)} \sum [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2$$



donde $N(h)$ es el número de pares $Z(x_i) - Z(x_i + h)$, a cualquier par de puntos separados por el vector h . Cuando el variograma es calculado como un promedio sobre todas las direcciones, el vector h es un escalar y el variograma es llamado omnidireccional. El variograma omnidireccional es apropiado cuando el proceso estocástico estudiado es isotropico (la misma estructura espacial existe en todas las direcciones). Sin embargo, en presencia de anisotropia (diferentes estructuras para diferentes direcciones), el eje principal de continuidad espacial es identificado y el variograma direccional es calculado para cada dirección en particular (0, 45, 90, 135 grados). El cálculo del variograma superficial indica que para ambos ejes, mayor y menor ejes de continuidad espacial fueron localizados en la dirección noreste y noroeste.

Si se tuvieran observaciones en todos los posibles puntos de muestreo, se podría construir uno y sólo un variograma con todos los posibles pares de puntos de la región, llamado variograma regional. Mientras que al contar con una evidencia parcial de las localidades observadas, se obtiene el variograma experimental, al que se ajusta un variograma teórico, que estima al variograma regional.

Ajuste del modelo del variograma: En el ajuste del variograma empírico direccional en el ángulo de máxima continuidad espacial, se pueden usar varios modelos encontrados en la literatura (Isaaks & Srivastava, 1989), sin embargo, el modelo esférico es

$$\gamma(|h|) = \begin{cases} 0 & \text{para } h = 0 \\ c_0 + c \left[\frac{3}{2} \left(\frac{|h|}{a} \right) - \frac{1}{2} \left(\frac{|h|}{a} \right)^3 \right] & \text{para } 0 < |h| \leq a \\ c_0 + c & \text{para } |h| \geq a \end{cases}$$

para $h = 0$, $0 < |h| \leq a$ y $|h| \geq a$ respectivamente (Cressie, 1993), es el más usado en ciencias marinas y en otras áreas de la tierra (Roa & Tapia, 2000). Hay tres parámetros a estimar en el variograma; el primero es el nugget que corresponde a una varianza espacial residual o una variabilidad de micro escala no resuelta por la resolución de muestreo, siendo una discontinuidad (Petitgas, 1993). Luego está el rango, que



corresponde al área de influencia promedio de un punto o la distancia mas allá de la cual no correlaciones entre pares de datos es observada. Y finalmente esta el sill, que corresponde a la disimilitud máxima o máximo nivel de variabilidad.

Este modelo, más el efecto nugget será usado para ajustar el variograma empírico, en los ejes de mayor continuidad espacial. Los parámetros de los modelos fueron estimados usando el procedimiento suma de cuadrados ponderados descrito por Cressie (1993), cuya función objetivo es

$$\min \sum_{i=1}^H N(|h_i|) \left(\frac{\hat{\gamma}(|h_i|)}{\gamma(|h_i|)} - 1 \right)$$

donde H es el número de distancias de separación para el cual el variograma empírico ($\hat{\gamma}$) fue calculado, y N es el número de pares para cada separación. Este criterio tiene la ventaja de dar mas peso a los puntos con un alto número de pares y cercanos al origen, la cual es la parte más importante en la estimación de los parámetros del variograma (Cressie, 1993). Esta propiedad es muy deseable puesto que se quiere que el variograma teórico este bien ajustado sobre todo en las distancias cortas, donde la correlación espacial es mayor. Las estimaciones de los parámetros son hechas usando el algoritmo iterativo de quasi-Newton, con valores iniciales obtenidos de la modelización interactiva del variograma usando software GSTAT (Pebesma & Wesseling, 1998).

Mapeo: El mapeo fue hecho usando la técnica de estimación espacial conocida como el kriging puntual ordinario sobre una grilla regular. Para cada nodo de la grilla, la edad modal (Z^*) fue estimada como la ponderación promedio

$$Z^* = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(x_i)$$

de las N observaciones $Z(x_i)$ que caen dentro de una búsqueda de vecinos cercanos predefinido. Las ponderaciones λ_i fueron calculadas usando los parámetros del modelo ajustado al variograma seleccionado, y las observaciones mediante la solución de un



sistema de ecuaciones lineales donde la varianza del kriging fue minimizada bajo la restricci3n que $\sum \lambda_i = 1$, asegurando una estimaci3n no sesgada de Z^* (Journel & Huijbregts, 1978).

3.4.2. Etapas y distribuci3n larvaria

Para el an3lisis de distribuci3n y abundancia de larvas de *P. monodon* frente a las Regiones III y IV, se utilizaron 258 muestras de zooplancton recolectadas en cruceros oceanográficos invernales realizados durante los a3os 1986, 1987, 1991, 1994, 1995, 2004 y 2005 (**Figura 3, Tabla 1**). Estas muestras ya habían sido utilizadas por el ejecutor para la cuantificaci3n de huevos y larvas de peces, por tanto, el ictioplancton había sido extraído prácticamente en su totalidad. El material biol3gico de estas muestras se conserv3 en formalina al 5%, neutralizada con Tetraborato de Sodio, para su an3lisis de laboratorio. En relaci3n a este estudio se efectu3: a) La recopilaci3n y an3lisis bibliogr3fico del material publicado referente al desarrollo larvario de *P. monodon*; b) Observaci3n de las muestras de zooplancton para la determinaci3n taxon3mica de sus componentes biol3gicos; c) medici3n de biomasa (peso h3medo, volumen y n3mero de ejemplares); e) separaci3n de las larvas de langostino colorado y de otros elementos del meroplancton, adem3s de la totalidad de sus componentes holoplanct3nicos y, f) cuantificaci3n de las larvas de *P. monodon* y de los otros zooplanctontes. De cada muestra de zooplancton observada se contabilizaron las larvas de *P. monodon* en sus respectivos estadios de desarrollo larvario. Cuando estaban presentes, y s3lo en contadas ocasiones, se extrajeron los ejemplares zooplanct3nicos de material gelatinoso de gran tama3o que pudieran distorsionar la estimaci3n de la biomasa zooplanct3nica global. Seguido, se determin3 el peso h3medo y el volumen de la biomasa zooplanct3nica de cada muestra en una balanza electr3nica ($\pm 0,01$ g de precisi3n) y en una probeta graduada (0,1 ml de precisi3n), respectivamente.

Efectuadas estas estimaciones y con el prop3sito de cuantificar el n3mero de ejemplares presentes en cada muestra de zooplancton, se dividi3 aleatoriamente la muestra completa mediante el Aparato de Folsom (Palma & Kaiser 1993) en ocho octavos. De estos octavos se tomaron dos al azar, en los cuales se identific3 al nivel taxon3mico m3s bajo posible



(Orden, familia, género y especie) y se contó la totalidad de los organismos del material presente en cada uno de ellos. Del material separado, bajo lupa se cuantificaron y separaron todas las larvas de crustáceos presentes en dos de los octavos de muestra. El número de organismos de cada grupo o especie presentes en la muestra total se obtuvo calculando el número promedio de ejemplares obtenido de los dos octavos contabilizados multiplicado por 8. Posteriormente, se separaron e identificaron los distintos estados de desarrollo larvario en base a las descripciones existentes para *P. monodon* (Fagetti & Campodonico 1971; Bustos *et al.* 1982; Mujica & Bahamonde 1990; Palma 1994). Otras larvas y grupos zooplanctónicos se determinaron a nivel del Orden o familia, según el grado de conocimiento existente para esos grupos presentes en el zooplancton de Chile (Palma & Kaiser 1993), del mar peruano y del Atlántico sudoccidental. Lo anterior con el propósito de contribuir a formar una idea aproximada del ambiente zooplanctónico total en que se desarrollan las larvas de *P. monodon* frente a las Regiones III y IV. A través de la evaluación de la biomasa zooplanctónica se cuantificó la distribución espacio-temporal de la densidad de larvas de *P. monodon*, expresándola como número de ejemplares por cada 1.000 m³ de agua de mar filtrada.

La vida larvaria de la especie básicamente está integrada por cinco estadios zoeas (I-V), de los cuales en el estadio IV se distinguen cinco subestadios (Estadios IVa, b, c, d, y e) y un subestadio en el estadio V (**Tabla 2**). Las características morfológicas a nivel general de las especies de la familia Galatheidae fueron precisados por (Gurney 1942) y generalizados para las especies de la familia Galatheidae presentes en aguas chilenas (Baez 1997). Las características morfológicas que separan a las larvas de las especies Galatheidae de las zoeas de otras especies de decápodos presentes en aguas de Chile consisten, en términos muy generales son: a) La forma del caparazón tendiente a ovalado; b) La ausencia en el caparazón de espinas cefálica o dorsal y laterales; c) Telson con márgenes distales redondeados o convexos y con una pequeña espina a cada lado; d) Margen posterior del caparazón aserrado y, d) Somitos abdominales sin espinas sobre los márgenes posteriores. A estos antecedentes hay que agregar que el borde posterior del caparazón a ambos lados, se observa tendiente a aguzado en vista dorsal. A nivel específico es posible diferenciar las larvas de langostino colorado de aquéllas de



otros decápodos de la familia Galatheidae. esto en base a las características señaladas en los estudios de (Fagetti & Campodonico 1971; Palma 19).

Tabla 1:

Nómina de las estaciones de plancton recolectados por IFOP frente a la III y IV Regiones destinadas al estudio larvario de *Pleuroncodes monodon* en dichos sectores.

Crucero	Año	Nº Estación	Total
305	1986	176, 177, 179, 181, 189, 192	6
310	1987	174, 176, 177, 180, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 189, 190, 191, 193, 194, 197, 198, 199, 201, 202, 205, 208, 210, 212, 213, 214	26
338	1991	2, 3, 5, 12, 14, 15, 16, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 31, 34, 35, 37, 39, 43, 44, 45, 47, 48, 52, 53, 55, 57, 58, 60, 61, 65, 66, 68	37
370	1994	120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 153, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227	103
383	1995	170, 178	2
471	2004	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36	36
477	2005	55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102	48
		Total de muestras destinadas al estudio de las larvas de <i>P. monodon</i>	258



Tabla 2:

Características morfológicas de las zoeas de *Pleuroncodes monodon* (modificado de Palma, 1994)

Primera Zoea:	Segunda Zoea:
Caparazón con un rostro largo, denticulado en su extremo distal. Abdomen constituido por 5 segmentos y el telson. Margen posterior del telson formado por 2 ramas furcales denticuladas y 6 setas plumosas a cada lado (fórmula 6+6), la primera o más externa es muy fina. Tercer maxilípodo rudimentario. Sin pleópodos y urópodos.	Rostro con denticulaciones en toda su extensión. Telson con 7 setas plumosas a cada lado (fórmula 7+7). Tercer maxilípodo funcional y setoso.
Tercera Zoea:	Cuarta Zoea:
Abdomen con 6 segmentos, provisto de una espina media dorsal. Telson con 8 setas plumosas a cada lado, 3 externas y 5 internas (fórmula 8+8). Con urópodos. La rama interna poco desarrollada y sin setas.	Telson con 9 setas plumosas a cada lado, 3 externas y 6 internas (fórmula 9+9). Rama interna de los urópodos bien desarrollada y con numerosas setas.
Quinta Zoea:	
Con 5 pares de pereiópodos bajo el caparazón, el primero es quelado. Telson con 10 setas plumosas a cada lado, tres externas y siete internas (fórmula 10+10). Urópodos bien desarrollados y con numerosas setas. 4 pares de pleópodos birramosos desde el segundo al quinto segmento del abdomen	

3.4.3. Ejemplares juveniles

Tal como se comprometió en la Oferta Técnica del proyecto, se instalaron dispositivos de retención de pre-reclutas en las redes de pesca comercial de embarcaciones que realizaron faenas extractivas de *P. monodon*. El objetivo central de esta actividad fue conocer si estaban presentes en el área de pesca cohortes de la fracción no vulnerable de la población de *P. monodon* y que composición de tamaños presentaban dichas cohortes.

Desfavorablemente, por problemas logísticos ajenos al proyecto, como también por regulaciones en la pesquería, la cobertura espacio temporal del muestreo fue reducida. Por un lado, la actividad extractiva de la flota durante el segundo semestre del año 2005



se vio fuertemente disminuida con bajos niveles de desembarque y actividad básicamente concentrada en la IV Región (**Tabla 3**). Además, durante el primer trimestre del año 2006, por primera vez se estableció una veda biológica para el recurso en la zona norte, lo que impidió que se realizaran faenas extractivas entre el 1 de enero y el 31 de marzo del 2006 (D.E. N° 1242, 2005).

Tabla 3:

Desembarque por mes y región de captura para la flota industrial y artesanal que operó sobre el langostino colorado durante el año 2005. Fuente de datos: SUBPESCA.

	Industrial		Total Industrial	Artesanal		Total Artesanal	Total
	III	IV		III	IV		
Ene		261,7	261,7		36,8	36,8	298,5
Feb		42,5	42,5		118,4	118,4	160,9
Mar	27,3	0,3	27,6		31,1	31,1	58,7
Abr		201,2	201,2		68,2	68,2	269,4
May		0,4	0,4		30,0	30,0	30,4
Jun		0,4	0,4		13,5	13,5	13,9
Jul	6,2	0,1	6,3			0,0	6,3
Sep		57,5	57,5		16,5	16,5	74,0
Oct	5,7	25,6	31,2			0,0	31,2
Nov		17,3	17,3		25,2	25,2	42,5
Dic			0,0	1,1	6,8	7,9	7,9
Total	39,2	607,0	646,2	1,1	346,5	347,6	993,8
%	6%	94%	100%	0,3%	99,7%	100%	
% global			65%			35%	100%

No obstante, las reducidas muestras de juveniles de *P. monodon* obtenidas por los dispositivos de retención, fueron congeladas y enviadas al laboratorio húmedo del Instituto de Fomento Pesquero en Valparaíso para su posterior análisis. Para cada muestra se registraron los antecedentes operacionales del lance. Una vez en el laboratorio, los ejemplares fueron contados, sexados, medidos y pesados.



3.5. Tercer objetivo espec3fico: Caracterizar los procesos de crecimiento, reproducci3n y mortalidad natural del langostino colorado entre la III y IV Regiones

Uno de los aspectos claves para describir la din3mica poblacional de una poblaci3n, es conocer los procesos poblacionales asociados al crecimiento, reproducci3n y estructura demogr3fica. Con este conocimiento es posible representar adecuadamente la producci3n de una poblaci3n, cohorte o individuos, y sus procesos de mortalidad y reclutamiento.

Las actividades a desarrollar para este objetivo corresponden a la estimaci3n de los par3metros de crecimiento, madurez sexual y mortalidad. Para esto se utilizara el modelo de crecimiento de von Bertalanfy, los modelos log3sticos de madurez y los m3todos indirectos de mortalidad. Adem3s, con objeto de robustecer el conocimiento en los procesos de reproducci3n, se han incluido algunos an3lisis relativos a la din3mica reproductiva, espec3ficamente la estacionalidad y tendencia en la proporci3n de hembras portadoras.

3.5.1. Crecimiento

Se implement3 un an3lisis estad3stico para descomponer las frecuencias de tamaos en composiciones modales, siguiendo el modelo de crecimiento de Von Bertalanfy. Para estos efectos, se trabaj3 bajo el supuesto que cada componente modal de tallas identificado responde a una clase de edad anual y puede ser representada con una distribuci3n normal de la forma

$$p(l_a) \sim N(L_a; \sigma_a^2)$$

Donde la talla modal se modela seg3n Ford-Waldford de la forma $L_a = L_{00}(1 - e^{-k}) + e^{-k}L_{a-1}$, en tanto que la desviaci3n est3ndar se supone proporcional a esta talla a trav3s del coeficiente de variaci3n $\sigma_a = cvL_a$.

La proporci3n de individuos a la talla predicha del aao t, se modela como la sumatoria de cada una de las clases anuales en la forma:



$$\hat{f}_{i,t} = \sum_a \frac{p(l_a) n_t \pi_{a,t}}{\sum_l p(l_a)}$$

Donde π es un parámetro a resolver y representa la proporci3n de individuos que pertenecen al grupo de edad a , en tanto que n es el número total de ejemplares medidos (tamaño muestral) en el t -ésimo ańo. Por su parte, la proporci3n de individuos a la talla observada del ańo t se estima como

$$f_{i,t} = \frac{F_{i,t}}{\sum_l F_{l,t}}$$

Donde F es la frecuencia (número) de ejemplares en el intervalo de tallas l -ésimo observada el ańo t . El procedimiento de estimaci3n consider3 una aproximaci3n bayesiana en términos de fijar a priori una distribuci3n de la longitud asint3tica y de un estimador de verosimilitud multinomial para el error de las estructuras de tallas. En efecto, el error de observaci3n de las estructuras de tamańos corresponde al estimador

$$\ln L(p | \theta) = 200 \sum_t \sum_l f_{i,t} \ln(\hat{f}_{i,t})$$

y la distribuci3n *a priori* de la talla asint3tica

$$\ln p(L_{oo}) = -\frac{1}{2\sigma^2} (L_{oo} - 45)^2, \quad \sigma = 4,5$$

De esta forma, la soluci3n del parámetro $\theta = \{L_{oo}, k, cv, L_1, \pi_a\}$ pasa por maximizar la distribuci3n *a posteriori* conjunta de los parámetros

$$\max\{\ln(p(\theta | X) = \ln L(p | \theta) + \ln p(L_{oo})\}, \text{ sujeta a } \theta \geq 0, \sum_a \pi_{a,t} = 1$$



3.5.2. Madurez sexual

El modelo propuesto se presenta en función de la probabilidad de las hembras de portar huevos en función de la talla, de la forma:

$$\pi(L) = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1 L}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 L}}$$

El método de estimación de los parámetros del modelo corresponde a máxima verosimilitud. Para resolver los sistemas de ecuaciones se utiliza el Método Scoring, el cual consiste, en términos operacionales, en un estimador de mínimos cuadrados iterativamente ponderados (Krzanowski, 1998).

La talla de primera madurez a partir de los parámetros del modelo es:

$$\hat{L}_{0.5} = \frac{1}{\beta_1} \log\left(\frac{1}{0.5} - 1\right) - \frac{\beta_0}{\beta_1} = -\frac{\beta_0}{\beta_1}$$

La varianza se estimó de acuerdo a McCullagh y Nelder (1989), a través del estimador:

$$\hat{v}(\hat{L}_{0.5}) = v(\hat{\beta}_0) + 2\hat{L}_{0.5} \text{cov}(\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1) + \hat{L}_{0.5}^2 v(\hat{\beta}_1)$$

La bondad del ajuste se estimó a través del pseudo R^2 el cual corresponde a:

$$pseudo R^2 = \frac{l(\tilde{\pi}; y) - l(\hat{\pi}; y)}{l(\tilde{\pi}; y)}$$

el que representa la mejora proporcional en la función de verosimilitud, dado el término incluido en el modelo (Dobson, 2002).



3.5.3. Mortalidad natural

Las estimaciones de Mortalidad Natural (M) fueron obtenidas a través de cinco métodos empíricos seleccionados en consistencia con la disponibilidad y calidad de los parámetros de crecimiento y reproducción. Los primeros dos (Alverson & Carney 1975; Pauly 1980) corresponden a métodos que utilizan los parámetros de crecimiento estimados a través del modelo de von Bertalanfy. Los tres métodos restantes, Hoenig (1983), Jensen (1996) y Rickter & Efanov (1976), utilizan la edad de longevidad (a_{max}) en el caso del primero, y edad de madurez ($a_{50\%}$) en los restantes, como indicadores de la sobrevivencia (**Tabla 4**). La longevidad para el método de Hoening fue estimada como la edad donde se alcanza el 95% de la longitud asintótica.

Los parámetros de los modelos de crecimiento y madurez, como también los errores estándar y correlación de los parámetros de *P. monodon*, fueron obtenidos durante esta investigación y se reportan en los resultados del Objetivo 3 (Sección 4.3.3). Debido a que sólo se cuenta con parámetros de madurez para las hembras, la talla de madurez ($l_{50\%}$) utilizada en los métodos empíricos es asumida invariante entre sexos.

Tabla 4:

Modelos empíricos utilizados para estimar la mortalidad natural de *P. monodon*, mostrando los coeficientes regresionales y sus errores estándar.

Método	Formulación	Coefficientes (CV)	Referencia CV proporcionado por
Alverson & Carney (1975)	$M = 3K(1-\alpha_1)/\alpha_1$	$\alpha_1=0,62$ (22%)	Cubillos (2003)
Pauly (1980)	$\log_{10}(M) = -\alpha_2 - \beta_2 \log_{10}(l_{\infty}) + \delta_2 \log_{10}(K) + \gamma_2 \log_{10}(T)$	$\alpha_2=0,0066$ $\beta_2=0,2790$ (24%) $\delta_2=0,6543$ (11%) $\gamma_2=0,4634$ (18%)	Pauly (1980)
Rikhter and Efanov (1976)	$M = (\alpha_3 / a_{50\%}^{0,72}) - \beta_3$	$\alpha_3=1,521$ (20%) $\beta_3=0,155$ (20%)	*
Jensen (1996)	$M = \alpha_4/a_{50\%}$	$\alpha_4=1,65$ (20%)	*
Hoening (1983)	$\ln(Z) = \alpha_5 - \beta_5 \ln(a_{max})$	$\alpha_5=1,440$ (20%) $\beta_5=0,982$ (20%)	*

* en ausencia de información, se asume un CV de 20% para todos los coeficientes



La incertidumbre en las estimaciones de M fue obtenida por incluir el error de estimación de los parámetros de entrada (EEPE) y el error de predicción de los modelos empíricos (EPME). Para esto, se realizó un Monte Carlo ($m = 10000$ replicas) de los parámetros de crecimiento, longitud de madurez, temperatura promedio del fondo (T) y coeficientes regresionales de los métodos empíricos seleccionados (ver **Tabla 4**). Con objeto de incluir la correlación de los parámetros de crecimiento, se utilizó una distribución normal multivariada que incorpora las matrices de varianza-covarianza del modelo de crecimiento. Si los parámetros de crecimiento constituyen un vector de longitud n de la forma $\theta = \{L_\infty, K, t_0\}$ y se asume que poseen distribución normal-multivariada, entonces es posible obtener un conjunto de vectores $x' = \{\theta_1 \dots \theta_m\}$ de tamaño m desde la función de densidad de θ .

$$f(x) = \frac{1}{(2\pi)^{n/2} |\Phi|^{1/2}} \exp\left(-\frac{1}{2}(x - \theta)^T \Phi^{-1} (x - \theta)\right)$$

donde Φ es la matriz varianza-covarianza ($n \times n$) de θ , que cumplen con las siguientes características, $E(x') = \theta$ y $E(x' - \theta)(x' - \theta)^T = \Phi$.

Si bien, la distribución normal-multivariada es una extensión de la distribución bivariada utilizada por Cubillos et al. (1999) para las estimaciones empíricas de M en merluza común (*Merluccius gayi*), tiene la ventaja de evitar establecer inicialmente la correlación entre pares de parámetros (e.g. K versus l_∞ , t_0 versus l_∞) y posteriormente la dependencia de estas correlaciones con uno de estos parámetros en escala logarítmica (e.g. $\ln l_\infty$), evitando de esta forma el sesgo en la transformación exponencial.

En el caso de la $l_{50\%}$, el Monte Carlo fue realizado sobre distribución uniforme truncada entre 23 y 25 mm LC. En forma similar, la temperatura utilizada en el método de Pauly fue remuestreada desde una distribución uniforme truncada entre los 12° y 16°C. Estos valores, corresponden a la máxima y mínima temperaturas de fondo registradas por CTD realizados en diferentes prospecciones oceanográficas entre los años 2001-2004 (Com. personal autor).



Para incorporar el EPME de Pauly (1980) y Alverson & Carney (1975) en las estimaciones de M , se asumi3 que todos los coeficientes regresionales tienen distribuci3n normal y coeficiente de variaci3n (CV) seg3n lo informado en la **Tabla 4**. En el caso de los restantes m3todos, y debido a la ausencia del diagnostico estadístico, se asumi3 que todos los parámetros regresionales son distribuidos lognormal con coeficiente de variaci3n (CV) de 20%.



4. RESULTADOS

Una de las tareas prioritarias de este estudio fue la construcción del Sistema de Información, que contiene registros sobre la pesquería, biología y documentación científica de *P. monodon*. Además, este sistema recopiló antecedentes biológicos específicos levantados en terreno durante el último semestre del año 2005. Detalles del sistema de información son presentados en el **anexo A** de este informe.

Como se mencionó, la resolución espacial en los datos biológicos ha sido típicamente visto como un problema que puede oscurecer la habilidad para entender la biología y estructura de una población (Perry et al. 2002). Es por esto, que los análisis si bien tienen una componente espacial referenciada a la III y IV regiones socio-políticas, están concentrados en las principales agregaciones de *P. monodon* detectadas por las actividades comerciales y evaluaciones directas (**Figura 6**). En este contexto, se han delimitado cinco agregaciones en la III Región y dos extensas agregaciones en la IV Región.

Específicamente, los análisis en la III Región se han concentrado entre los 25°48'S y 27°40'S, cubriendo el 95% de los lances con captura de *P. monodon* efectuados por la flota comercial en esta región. Con respecto a la IV Región, se ha cubierto el área entre los 29°11'S y 30°22'S, representado un 97% de los lances con captura de *P. monodon*.

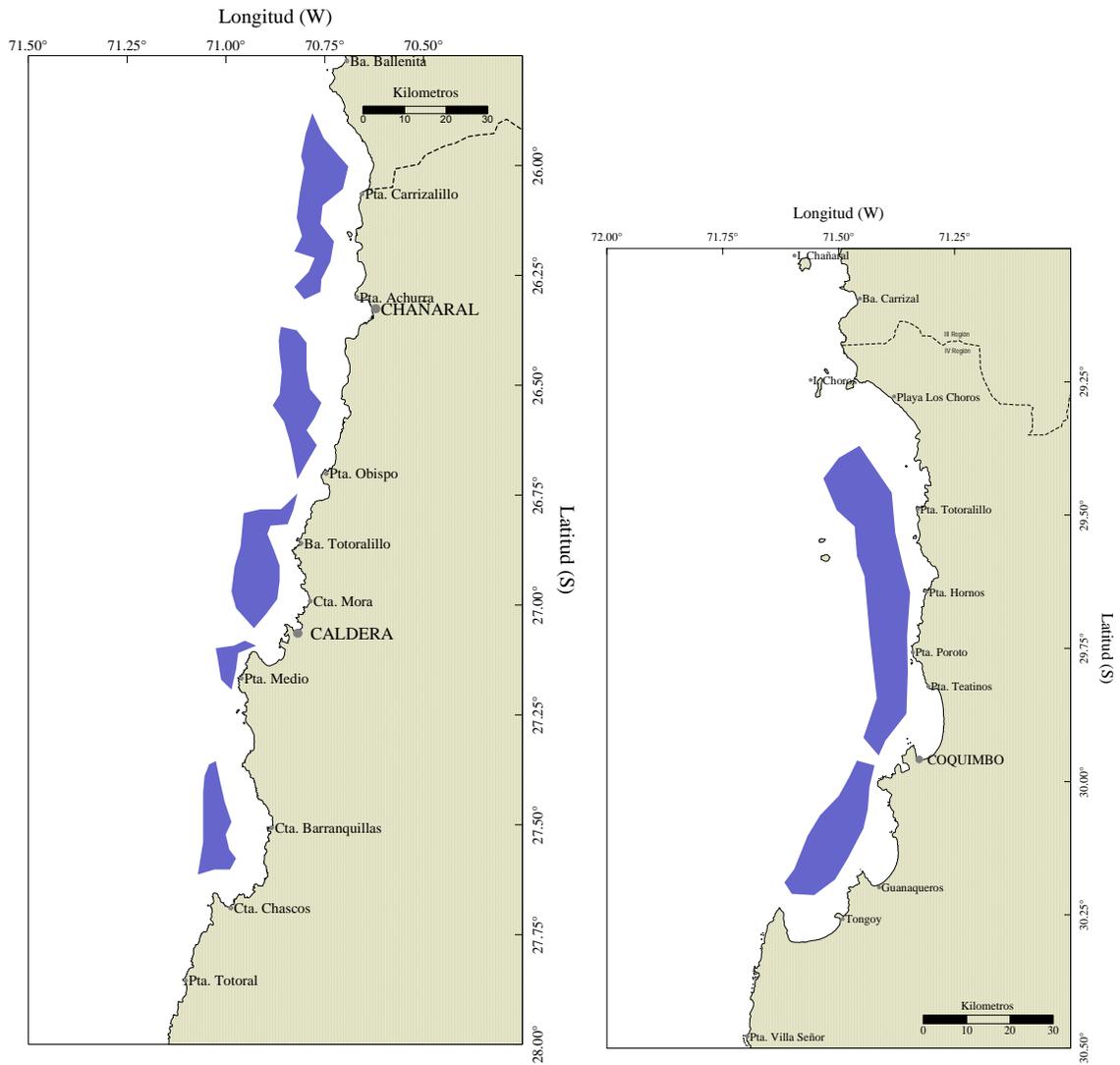


Figura 6: 3reas de estudio de la din3mica y estructura poblacional de *P. monodon* en la III y IV regiones. Se muestran las principales zonas de explotaci3n entre los a3os 1998 y 2005.



4.1. Primer objetivo específico: Determinar y caracterizar aspectos relativos a la distribución y estructura poblacional, en el tiempo y espacio, del langostino colorado

4.1.1. Variabilidad espacio-temporal de la densidad

Los registros de pesca comercial de *P. monodon* recopilados en la III y IV regiones (**Anexo A**) totalizan 5682 lances de pesca efectuados entre 1998 y 2005, de los cuales, un 63% fueron realizados en las agregaciones de la IV Región. En cada uno de estos lances se determinó la densidad en peso ($t\ km^{-2}$) por medio del procedimiento descrito en la sección metodológica. El análisis exploratorio de las densidades fue circunscrito en escalas temporales que incluyeron las variaciones anuales, mensuales y semanales, en conjunto con escalas espaciales que incluyeron las regiones y sus agregaciones de pesca (**Figura 6**).

Las densidades en las agregaciones de la III y IV regiones mostraron importantes fluctuaciones interanuales entre los años 1998 y 2005 (**Figura 7**), además, las magnitudes entre regiones fueron notablemente diferentes (**Figura 8**). Esto es corroborado desde el análisis de varianza (**Tabla 6**), que nos indica diferencias significativas ($p < 0,05$) en las variaciones temporales de las densidades, y que éstas son estadísticamente diferentes ($p < 0,05$) entre regiones de pesca. Otro punto importante emanado desde el análisis de varianza, es la significancia estadística de la interacción entre los efectos temporales (anuales) y espaciales (regionales) (**Tabla 5**), haciéndonos concluir que no solo existen diferencias en magnitudes entre regiones o agregaciones de pesca, sino que también, las tendencias interanuales en las densidades son diferentes ($p < 0,05$). Desde el punto de vista de la dinámica de una población, los declives o recuperaciones en abundancia deberían ser similares en los diferentes componentes de la población, independiente cual sea su distribución geográfica. En este contexto, si las densidades representan las variaciones en las abundancias, es claro que entre las regiones III y IV existen mecanismos desconocidos que conducen la dinámica poblacional de *P. monodon*.

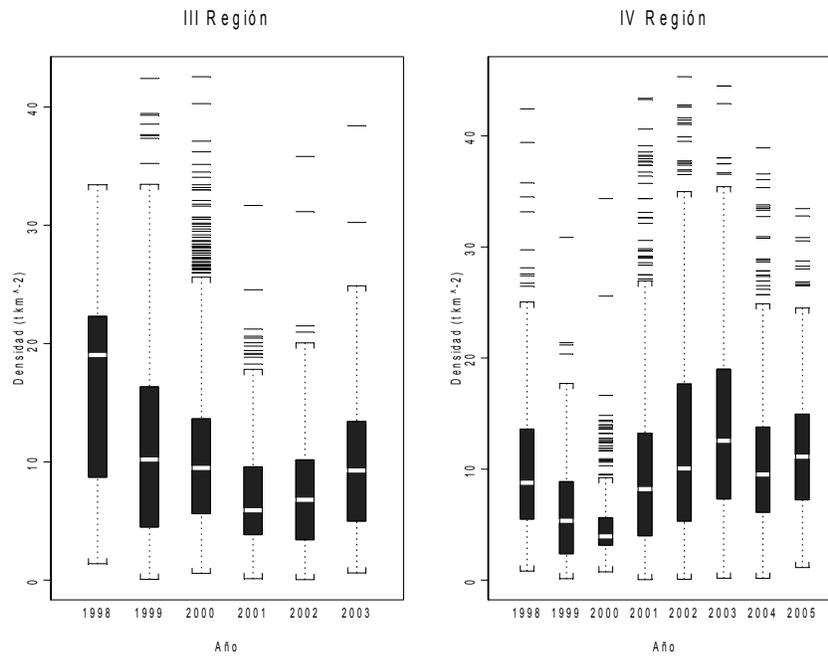


Figura 7: Box-plot de la densidad ($t\ km^{-2}$) de *P. monodon*, según región y año. Datos pesca comercial, fuente: IFOP.

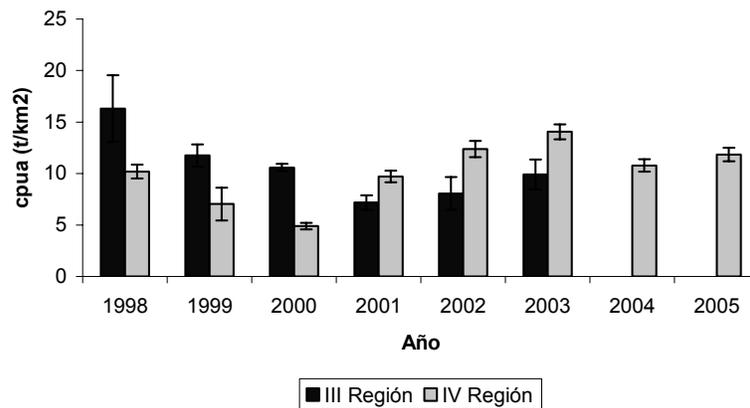


Figura 8: Serie temporal de la densidad media ($t\ km^{-2}$) de *P. monodon* entre 1998 y 2005, según región. Intervalo de confianza para la media estimada del 95%. Datos pesca comercial, fuente: IFOP.



Tabla 5:

Resultados modelo de an3lisis de varianza ajustado a las densidades (en escala log) de *P. monodon* explicadas por los factores a3o, regi3n e interacci3n. Per3odo entre los a3os 1998 y 2005, III y IV regiones.

Factor	GL	SC	CM	Valor F	Pr(F)
A3o	7	165.565	23.652	31.684	0
Regi3n	1	56.892	56.892	76.211	0
A3o:Regi3n	5	159.639	31.928	42.770	0
Residuos	5407	4036.351	0.747		

Los resultados del an3lisis temporal de las variaciones intra-anales (o estacionales) en las densidades (**Tabla 6**), adem3s de corroborar los resultados anteriores, confirman diferencias significativas a nivel mensual ($p < 0,05$), tanto dentro, como entre las regiones de pesca. Efectivamente, la importancia de la interacci3n mes: regi3n nos confirma que la estacionalidad en las densidades es notoriamente diferente por regi3n o agregaciones de pesca. Desde los valores medios de densidad, se comprueba que en la III Regi3n no se aprecia una tendencia estacional, destacando menores densidades a comienzos y fines de a3o (**Figura 9**), en tanto, en la IV Regi3n se presenta un patr3n m3s evidente, con una tendencia negativa en las densidades entre inicios de invierno (julio) hasta fines del a3o (**Figura 10**).

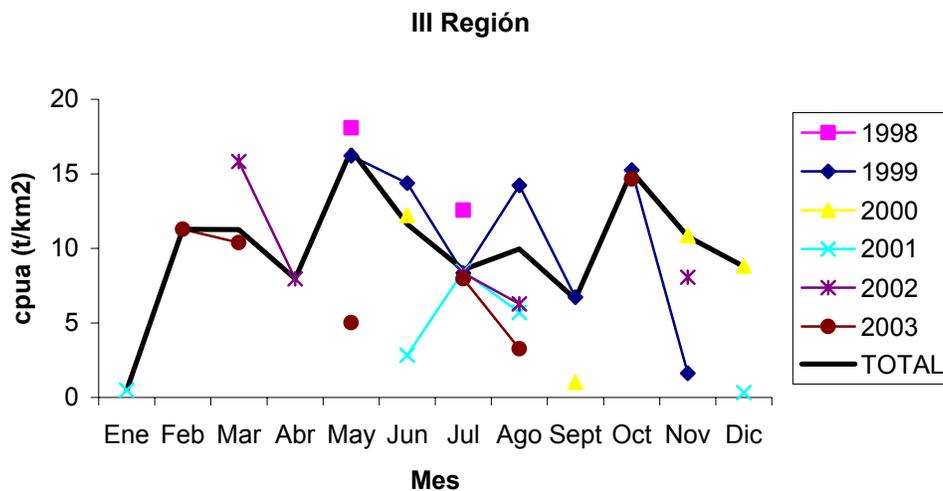


Figura 9: Densidades medias estimadas ($t\ km^{-2}$) de *P. monodon*, seg3n mes entre 1998 y 2003, III Regi3n. Datos pesca comercial, fuente: IFOP.

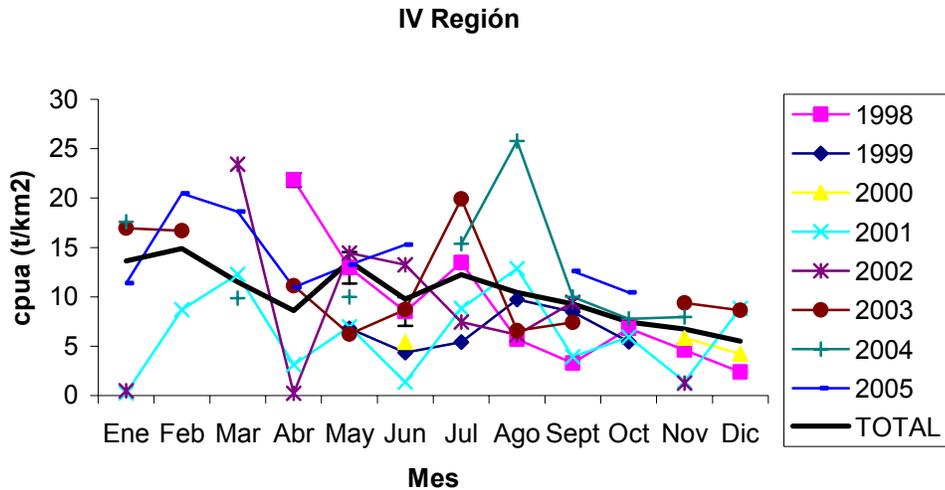


Figura 10: Densidades medias estimadas ($t\ km^{-2}$) de *P. monodon*, segun mes entre 1998 y 2005, IV Regi3n. Datos pesca comercial, fuente: IFOP.

Tabla 6:

Resultados modelo de an3lisis de varianza ajustado a las densidades (en escala log) de *P. monodon* explicadas por los factores a3o, mes, Regi3n e interacci3n. Per3odo entre los a3os 1998 y 2005, III y IV regiones. Datos pesca comercial, fuente: IFOP.

Factor	GL	SC	CM	Valor F	Pr(F)
A3o	7	165.565	23.652	43.657	0
Mes	11	334.988	30.453	56.211	0
Regi3n	1	18.058	18.058	33.331	0
A3o:Mes	57	881.027	15.457	28.530	0
A3o:Regi3n	5	73.951	14.790	27.300	0
Mes:Regi3n	11	34.543	3.140	5.796	0
A3o:Mes:Regi3n	10	29.193	2.919	5.388	0
Residuos	5318	2881.122	0.542		

Al analizar la variabilidad de las densidades a escala semanal, se observan importantes fluctuaciones, tanto en la III (**Figura 11**) como en la IV Regi3n (**Figura 12**). En efecto, al ajustar un modelo de an3lisis de varianza, incluyendo los factores a3o, semana y regi3n, se verifican diferencias significativas en las densidades a estas escalas ($p < 0,05$; **Tabla 7**), lo que permite plantear la existencia de procesos desconocidos que afectan los focos de agregaci3n del recurso, a escala semanal.

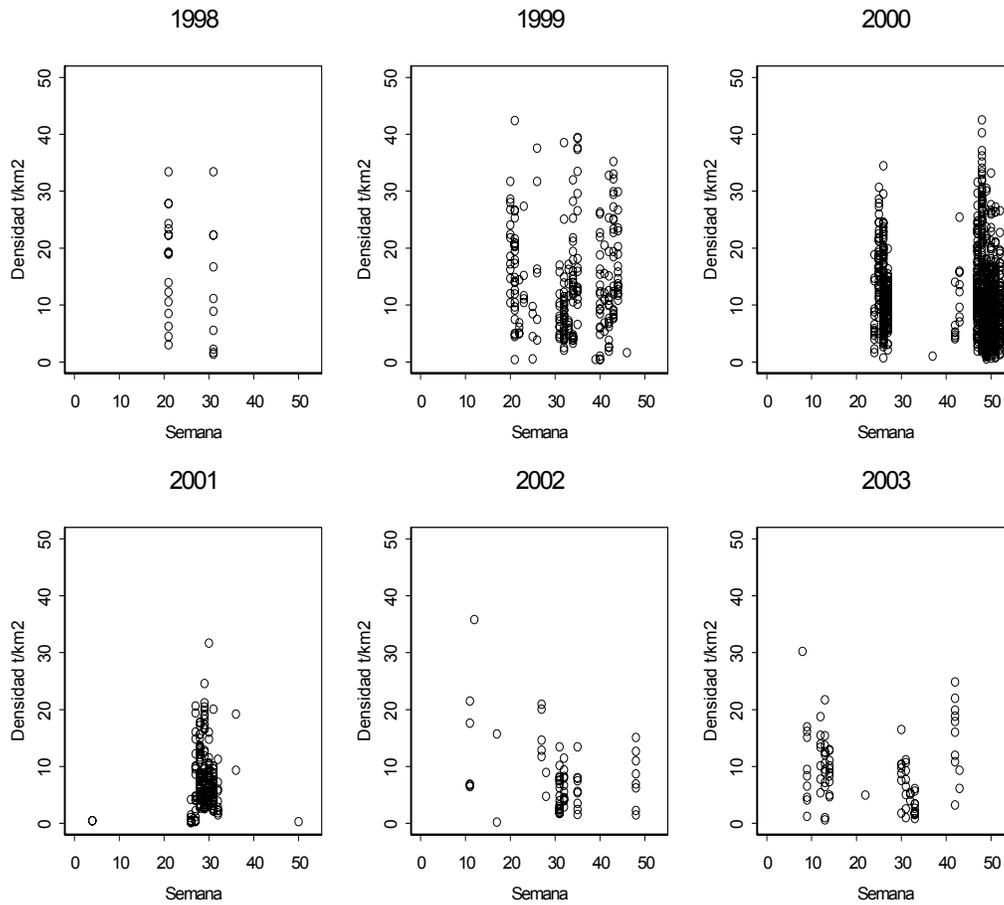


Figura 11: Diagrama de dispersi3n de la densidad ($t\ km^{-2}$) de *P. monodon* en la III Regi3n, a trav3s del a3o durante el per3odo 1998 – 2003. Datos pesca comercial, fuente: IFOP.

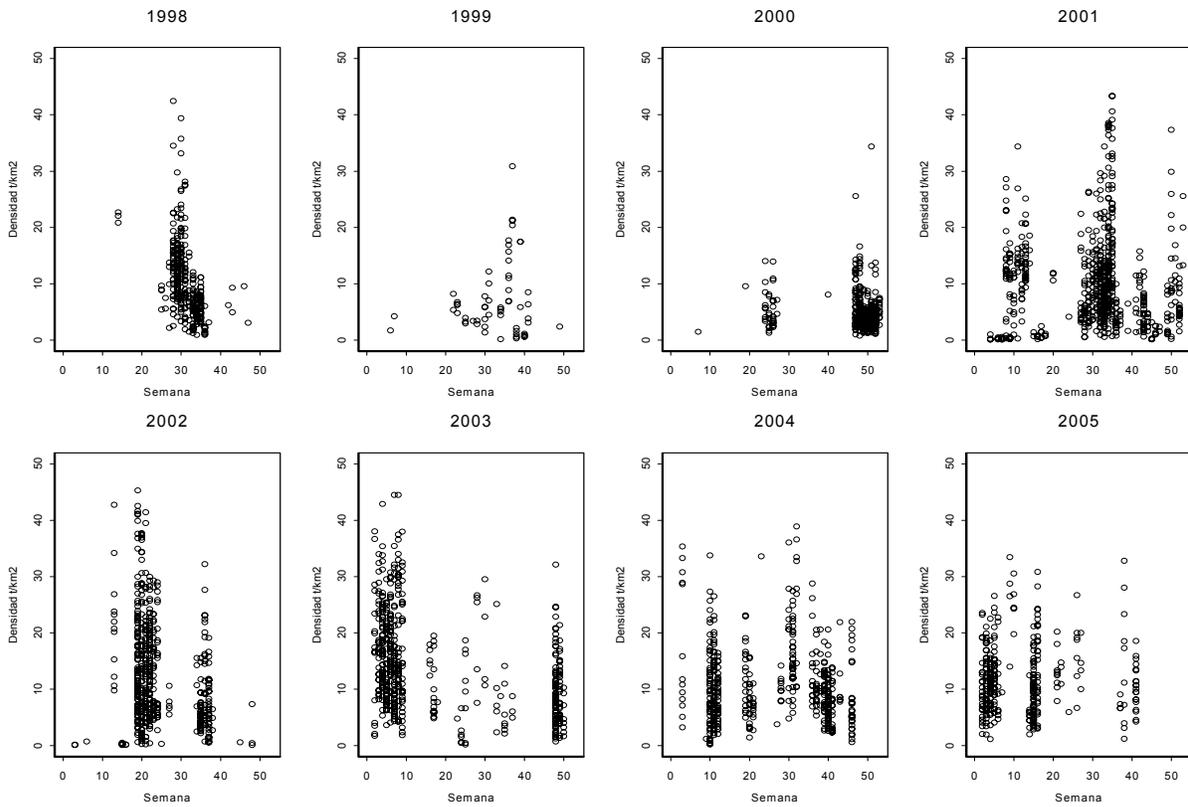


Figura 12: Diagrama de dispersi3n de la densidad ($t\ km^{-2}$) de *P. monodon* en la IV Regi3n a trav3s del a3o, durante el per3odo 1998 – 2005. Datos pesca comercial, fuente: IFOP.

Tabla 7:

Resultados modelo de an3lisis de varianza ajustado a la densidad (en escala log) factores a3o, semana, regi3n e interacciones. *P. monodon* entre los a3os 1998 y 2005, III y IV Regi3n. Datos pesca comercial, fuente: IFOP.

Factor	GL	SC	CM	Valor F	Pr(F)
A3o	7	165.565	23.652	51.354	0
Semana	51	594.076	11.649	25.291	0
Regi3n	1	24.225	24.225	52.598	0
A3o:Semana	146	1102.652	7.552	16.398	0
A3o:Regi3n	5	70.501	14.100	30.615	0
Semana:Regi3n	26	63.077	2.426	5.267	0
A3o:Semana:Regi3n	4	12.579	3.145	6.828	0
Residuos	5180	2385.771	0.461		



Hasta aquí, quedan claramente establecidas las diferencias en las densidades medias a macro escala espacial (regiones) y a diferentes escalas temporales (año, mes y semana). El próximo acercamiento pretende esclarecer, si al interior de las regiones se presentan diferencias significativas en las densidades, lo que ha sido extensamente documentado en las estimaciones de biomásas por métodos directos (Bahamonde *et al.* 2002; Bahamonde *et al.* 2003; Bahamonde *et al.* 2004; Acuña *et al.* 2005).

Para poder diferenciar variaciones en las densidades dentro de cada región, incluimos en el modelo de varianza la latitud como variable explicatoria categorizada. Los modelos ajustados a los registros de densidades concuerdan en señalar que latitudinalmente las densidades presentan significativas variaciones a lo largo de la III y IV regiones (**Tabla 8** y **Tabla 9**). Además, las interacciones significativas del efecto año con la latitud y semana, sugiere cambios geográficos y estacionales en las zonas de mayores densidades.

Tabla 8:

Resultados modelo de análisis de varianza ajustado a la densidad (en escala log) factores año, semana, latitud e interacciones. *P. monodon* entre los años 1998 y 2003, III Región. Datos pesca comercial, fuente: IFOP.

Factor	GL	SC	CM	Valor F	Pr(F)
Año	5	48.499	9.700	26.932	0
Semana	36	260.405	7.233	20.084	0
Latitud	6	59.217	9.869	27.403	0
Año:Latitud	21	69.365	3.303	9.171	0
Año:Semana	18	54.319	3.018	8.379	0
Semana:Latitud	68	125.849	1.851	5.139	0
Residuos	1791	645.056	0.360		

Tabla 9:

Resultados modelo de análisis de varianza ajustado a la densidad (en escala log) factores año, semana, latitud e interacciones. *P. monodon* entre los años 1998 y 2005, IV Región. Datos pesca comercial, fuente: IFOP.

Factor	GL	SC	CM	Valor F	Pr(F)
Año	7	315.567	45.081	124.773	0
Semana	51	505.226	9.906	27.418	0
Latitud	4	109.514	27.379	75.777	0
Año:Latitud	22	140.393	6.382	17.662	0
Año:Semana	114	684.600	6.005	16.621	0
Semana:Latitud	117	185.783	1.588	4.395	0
Residuos	3082	1113.541	0.361		



Para ilustrar las variaciones latitudinales de las densidades, se estim3 la densidad media por cuadrícula en cada una de las regiones. En la IV Regi3n se distinguen dos agregaciones de máximas densidades, la primero ubicada frente Pta. Hornos entre los 29°18' y 29°48' S., y la segunda frente Bahía Guanaqueros entre los 29°48' y 30°18'S (**Figura 13**). En la III Regi3n, las agregaciones de *P. monodon* presentan mayor segregaci3n espacial, distinguiéndose 4 agregaciones entre los 26° y 27°40' S con escasas variaciones en las densidades medias (**Figura 13**).

Al estimar las densidades medias por categoría de 15 millas náuticas (mn) de latitud, se pueden apreciar con mayor claridad las diferencias mencionadas anteriormente. En la IV Regi3n se observa un máximo en torno a los 29° 40' S, que corresponde a la agregaci3n situada al norte de la regi3n (**Figura 14**). Por su parte, en la III Regi3n la actividad de la flota ha tendido a concentrarse al norte de Caldera, con densidades relativamente homogéneas en los focos ubicados al norte de los 27° LS (**Figura 15**).

Desde la georeferenciaci3n de las densidades (**Figura 13**) es posible distinguir que las mayores densidades fueron localizadas en sectores más cercanos a la costa y menos profundos, especialmente en el sector frente Pta. Hornos (29°40'S) en la IV regi3n. En el caso de la III Regi3n, este patr3n en las densidades es escasamente distinguible.

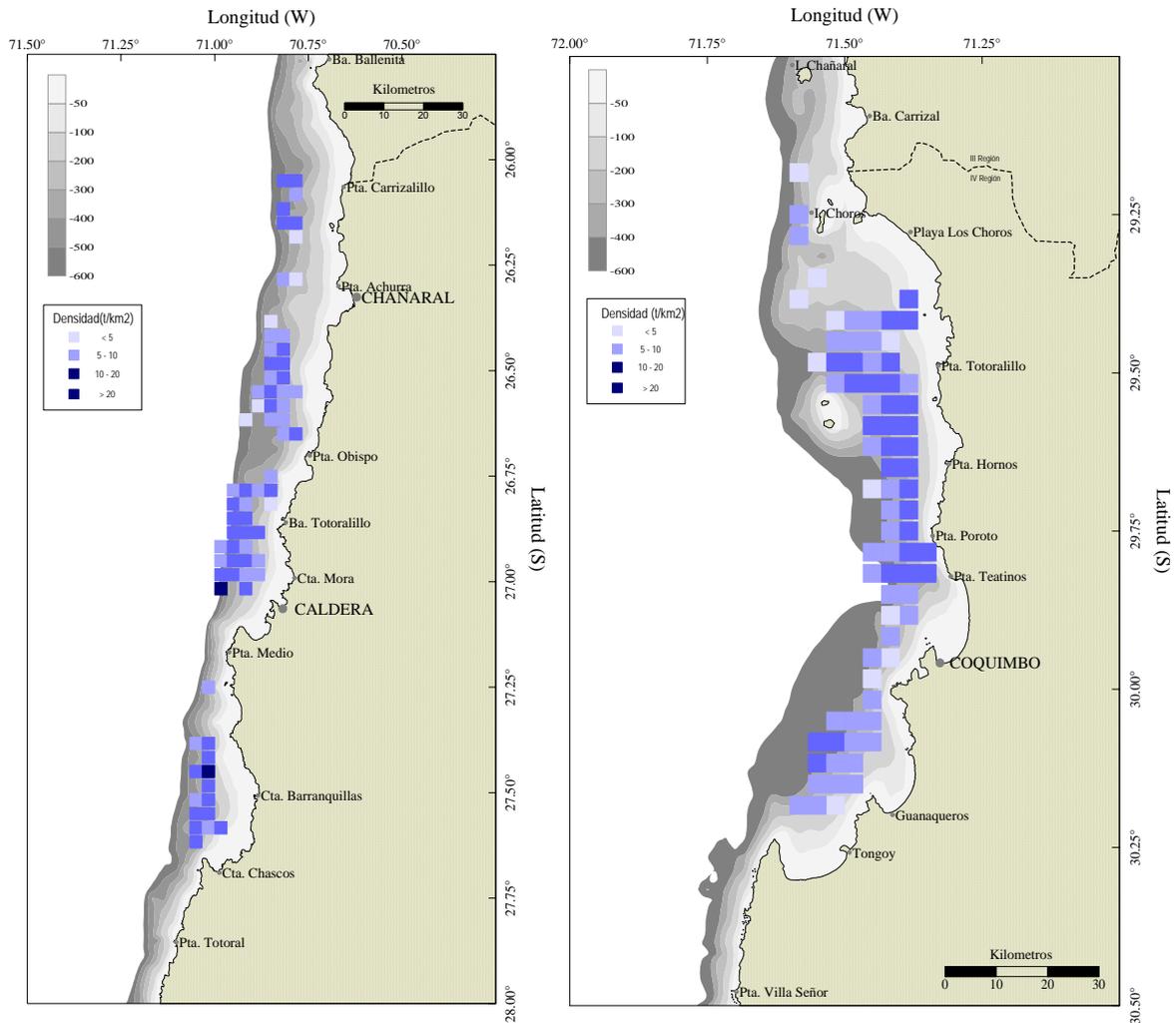


Figura 13: Georeferenciación de las densidades ($t\ km^{-2}$) de *P. monodon* en la III y IV Región, a partir de la informaci3n de la flota comercial entregada por los armadores pesqueros y la recopilada por IFOP a bordo de las embarcaciones, entre los años 1998 y 2005.

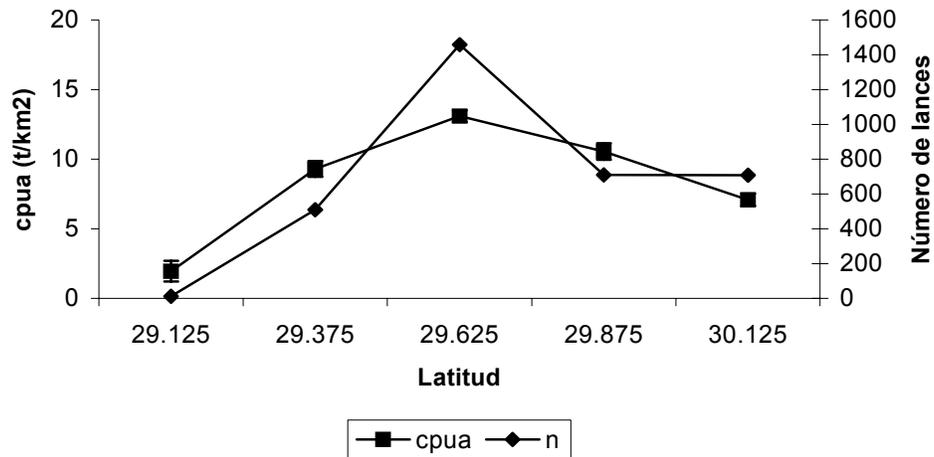


Figura 14: Densidad media de *P. monodon* (t km⁻²) en la IV Regi3n, segun categorías de latitud de 15 mn (se presenta la marca de clase). Intervalos de confianza para las medias estimadas al 95%. Período 1998 – 2005. Datos pesca comercial, fuente: IFOP.

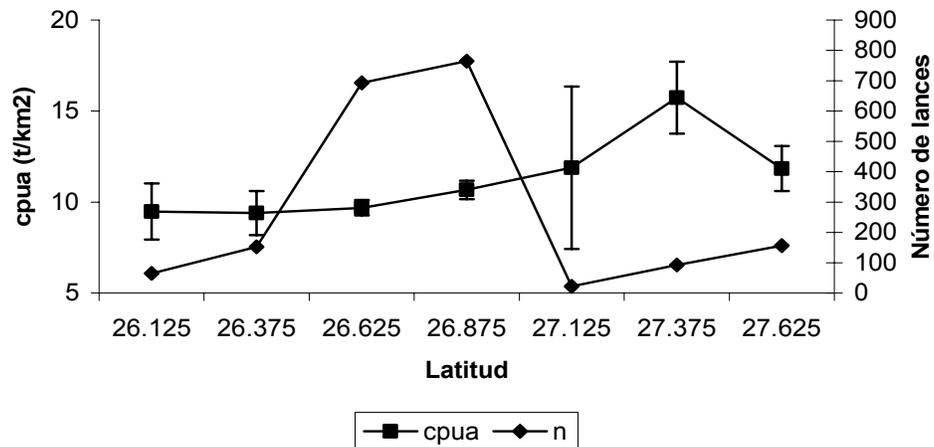


Figura 15: Densidad media de langostino colorado (t km⁻²) en la III Regi3n, segun categorías de latitud de 15 mn (se presenta la marca de clase). Intervalos de confianza para las medias estimadas al 95%. Período 1998 – 2003. Datos pesca comercial, fuente: IFOP.

Durante el proceso de exploraci3n de la variabilidad en las densidades de *P. monodon*, pueden surgir al menos 3 grupos de factores explicativos: procesos poblacionales propios (reclutamiento, reproducci3n, migraci3n, etc), procesos ecol3gicos debido a factores



bi3ticos y abi3ticos (predaci3n, disponibilidad de alimento, sistemas de corrientes, etc) y perturbaciones consecuencia de la explotaci3n.

Para este 3ltimo punto, exploramos la relaci3n entre los desembarques y las densidades a escala mensual en la IV Regi3n, a trav3s, de la correlaci3n cruzada existente entre estas variables. A partir de este an3lisis se puede afirmar que existe alg3n grado de asociaci3n lineal positiva entre la explotaci3n y las densidades a rezago 0 ($r = 0.304$, $k=0$), al igual que a rezago 6 y 10 (Figura 16 y Figura 17). Esta asociaci3n positiva a rezago 0 puede deberse a la intencionalidad de pesca en per3odos en que el recurso se encuentra disponible a densidades comercialmente rentables, lo que se logra debido a la experiencia de los capitanes para encontrar dichas condiciones. Adem3s, es relevante destacar la baja asociaci3n lineal negativa existente entre los desembarques y las densidades, lo que permitir3a plantear que los cambios en la densidad en el corto plazo est3n m3s bien asociados a procesos poblacionales y/o procesos ecol3gicos, que debido a la explotaci3n.

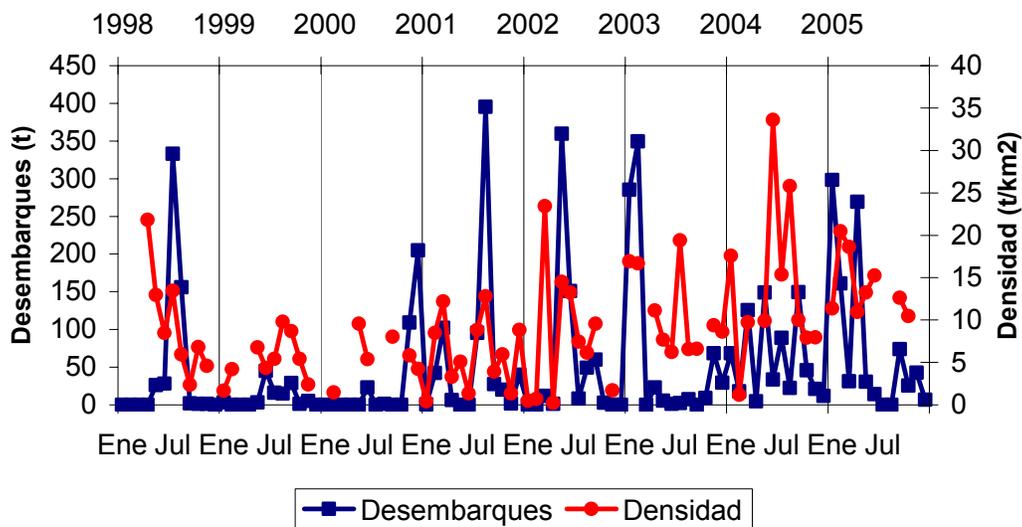


Figura 16: Desembarques (t) y densidades medias estimadas ($t km^{-2}$) de *P. monodon* en la IV Regi3n, entre 1998 y el 2005. Fuente datos desembarques: SERNAPESCA, densidades: IFOP.

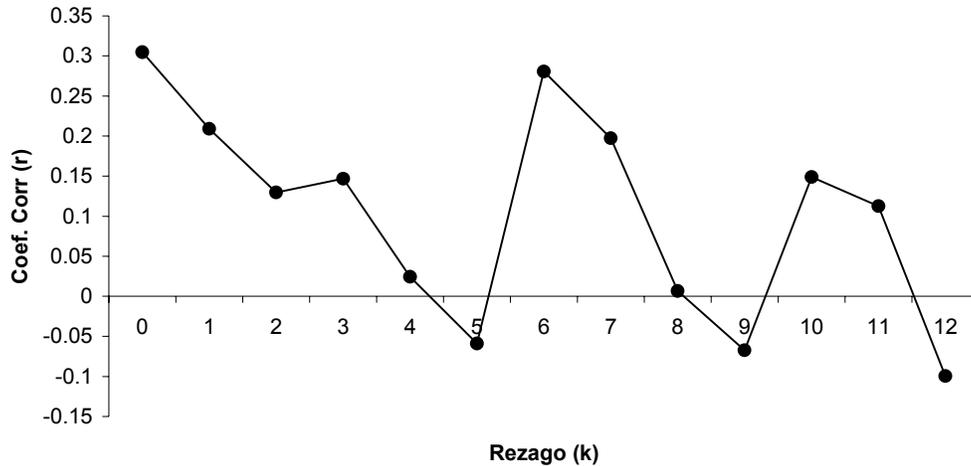


Figura 17: Correlaci3n cruzada entre los desembarques y las densidades de *P. monodon* en la IV Regi3n, entre el per3odo 1998 al 2005, a escala mensual. Los meses sin informaci3n de densidades fueron omitidos del an3lisis. Fuente datos desembarques: SERNAPESCA, densidades: IFOP.

Respecto de la variabilidad en las densidades a distintas latitudes, es importante conocer si existen procesos din3micos de asociaci3n entre las agregaciones de una misma Regi3n. Para esto analizamos la cronolog3a de las dos agregaciones pertenecientes a la IV regi3n y la persistencia temporal de las actividades pesqueras. La inspecci3n visual de los diagramas de dispersi3n de la densidad en cada uno de estas agregaciones, a lo largo de los 3ltimos 3 a3os, no revela una asociaci3n evidente (**Figura 18 y Figura 19**). No obstante, es notable la progresiva disminuci3n de las densidades en la agregaci3n ubicada en el sector sur de la IV Regi3n, y la persistencia de densidades entre 5 y 10 t km⁻² en el sector norte de la regi3n.

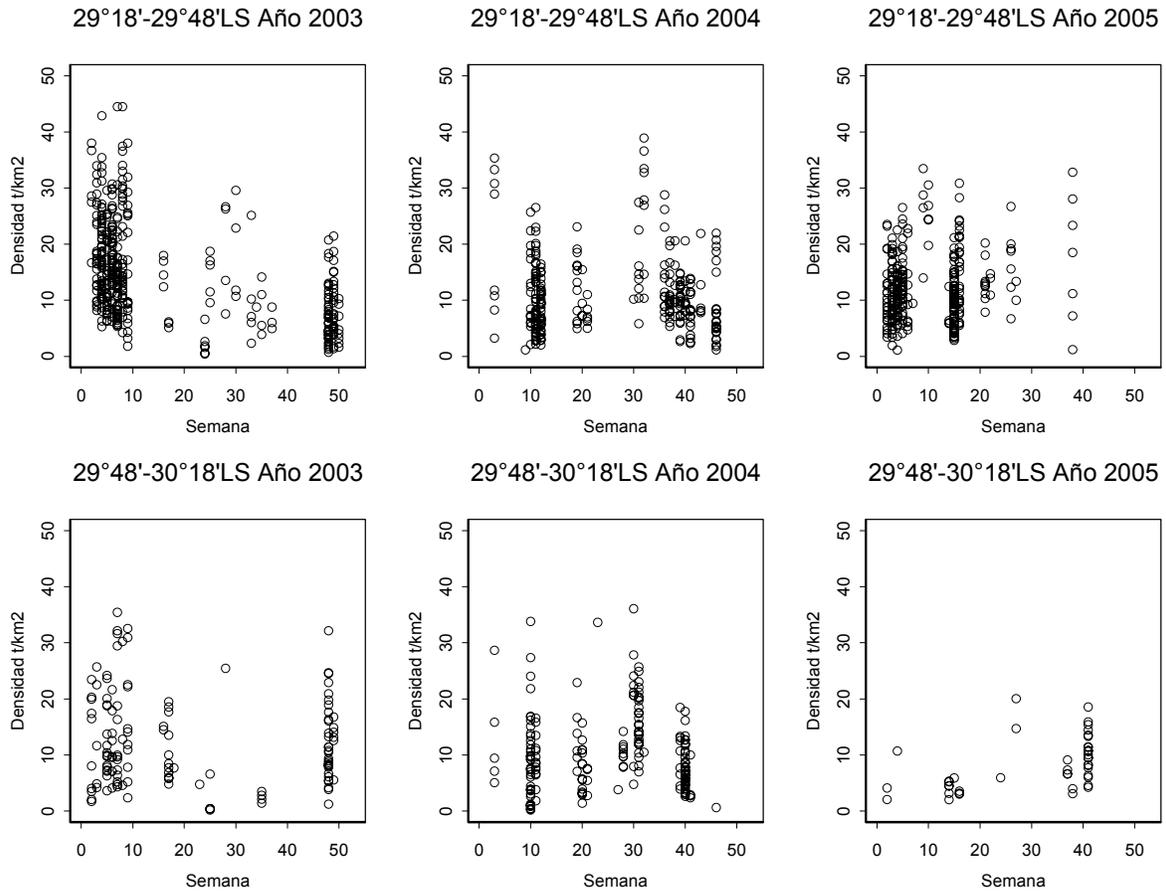


Figura 18: Diagrama de dispersi3n de la densidad ($t\ km^{-2}$) de *P. monodon* en los principales focos de concentraci3n del recurso en la IV Regi3n, durante los a1os 2003 a 2005.

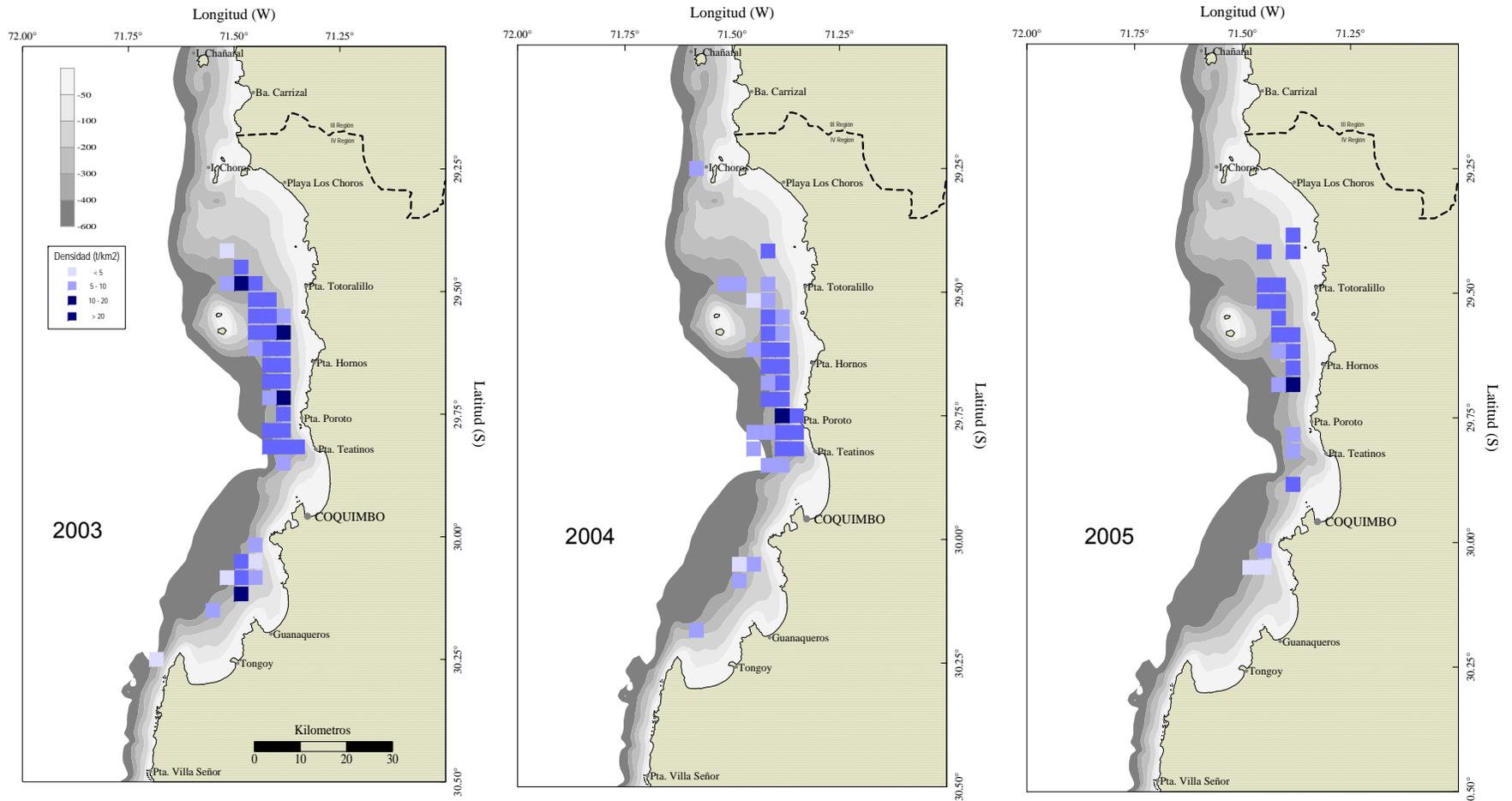


Figura 19: Georeferenciaci3n de las densidades de langostino colorado ($t\ km^{-2}$) en la IV Regi3n, a partir de la informaci3n de la flota comercial entregada por los armadores pesqueros y la recopilada por IFOP a bordo de las embarcaciones, entre los a1os 2003 y 2005, periodo de mayor representatividad de la informaci3n.



Como un elemento complementario al estudio de las densidades obtenidas en la pesca comercial, se utiliz3 la informaci3n proveniente de los cruceros de evaluaci3n directa, preliminarmente, con los datos reportados en los cruceros de evaluaciones directas realizados entre el a3o 2001 y 2004 (mayores antecedentes ver **Anexo A**).

Si bien, no se observan grandes fluctuaciones en las densidades medianas en la III Regi3n, se manifiesta un aumento en la amplitud de las densidades estimadas por el crucero del a3o 2004. Para la IV Regi3n en cambio, se observan notorias fluctuaciones con densidades muy bajas y de poca amplitud en el a3o 2001, y contrariamente, densidades altas y amplias el a3o 2004 (**Figura 20**). Las variaciones en las densidades obtenidas desde los cruceros son consistentes con las variaciones detectadas en las densidades estimadas desde los datos de la flota comercial a escala regional.

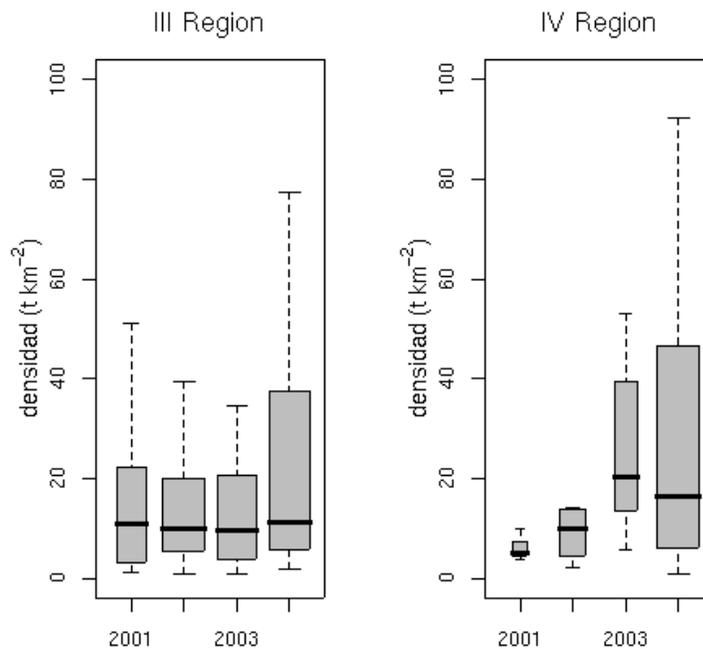


Figura 20: Box-plot de la densidad (t km⁻²) de *P. monodon*, seg3n regi3n y a3os.



Con los registros de densidad a nivel de lance de pesca, se construyeron superficies de suavizamiento en escala anual. En las **Figuras 21 y 22**, se muestran los pol3gonos que circunscriben los puntos en el espacio que ser3n utilizados para predecir los valores de densidad media de *P. monodon* en las agregaciones de la III y IV Regiones. Los pol3gonos incluyen lances con y sin captura, a diferencia de las 3reas de estudio (**Figura 6**) que solo circunscribe agregaciones de lances con presencia de *P. monodon*.

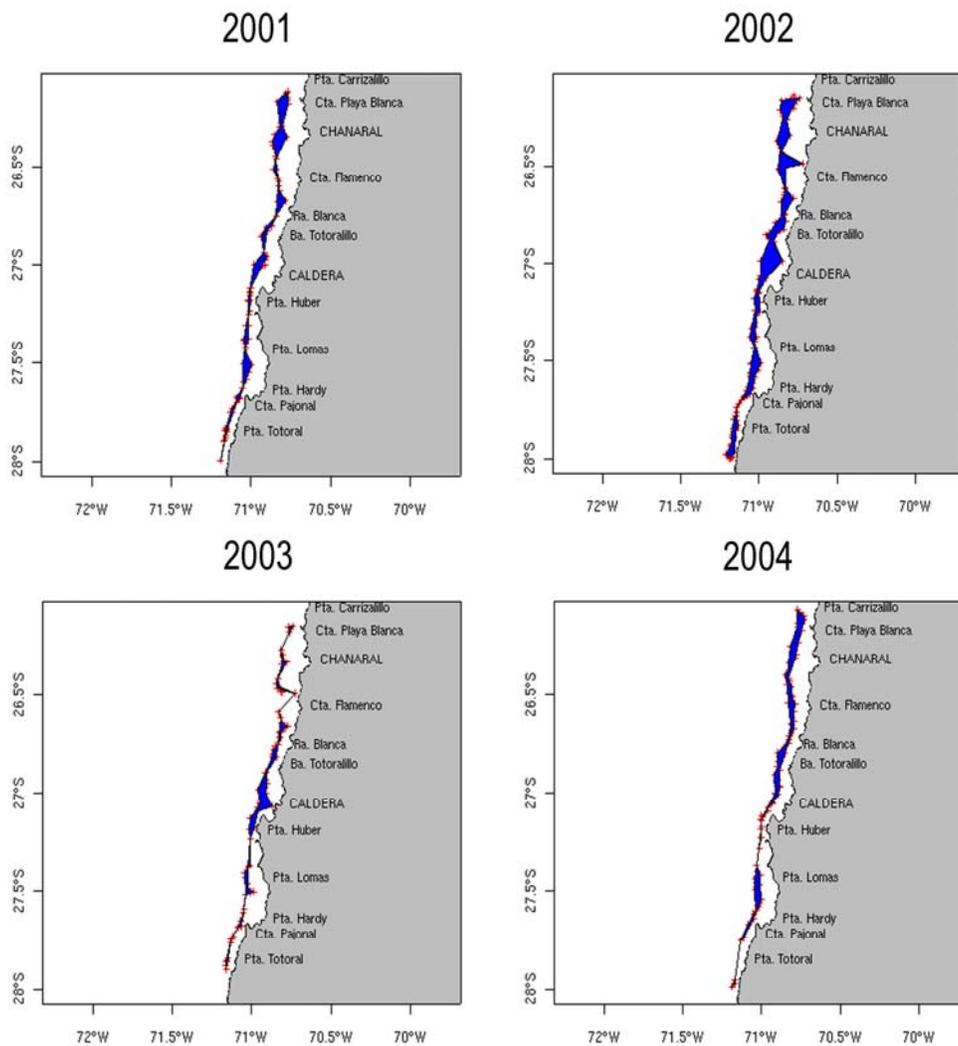


Figura 21: Pol3gonos estimados para los lances de pesca de investigaci3n de *P. monodon* en la III Regi3n a3os 2001 a 2004.

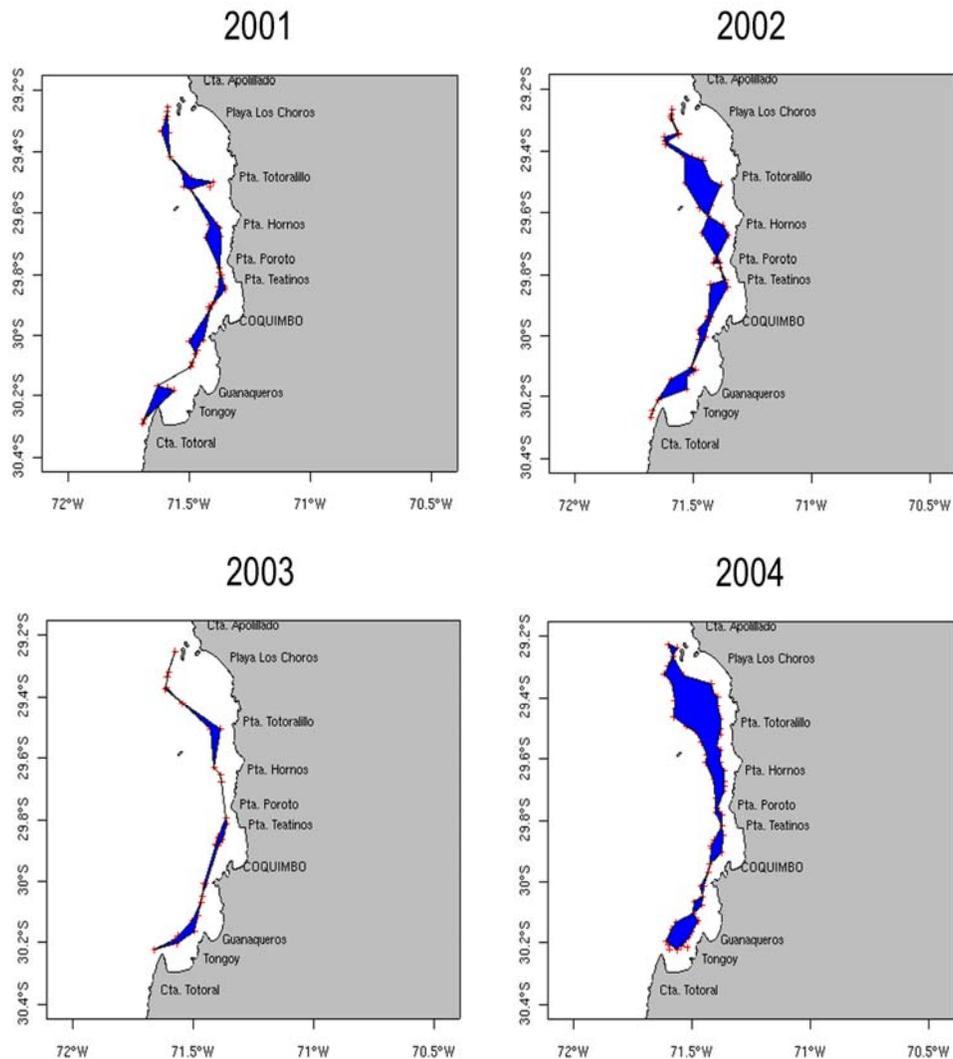


Figura 22: Pol3gonos estimados para los lances de pesca de investigaci3n de *P. monodon* en la IV Regi3n a3os 2001 a 2004.

Las 3reas (km²) de estos pol3gonos se3alan diferencias importantes entre cruceros para una misma regi3n y entre regiones (**Figura 23**), evidenciando una gran variabilidad espacio temporal en la extensi3n y contracci3n poblacional de *P. monodon*. Durante el per3odo 2001-2003 se observa el mismo patr3n en la cobertura espacial para ambas regiones, en cambio para el a3o 2004 en la IV Regi3n el 3rea cubierta por la evaluaci3n directa fue mucho m3s extensa que la registrada en la III Regi3n, lo que responder3a exclusivamente al cambio en el dise3o del crucero efectuado el a3o 2004 (Acu3a *et al.* 2005).



En la III Regi3n la mayor ocupaci3n espacial de los lances de pesca de la evaluaci3n directa fue en el a1o 2002, con un valor superior a los 900 km² y la menor ocupaci3n espacial se observ3 en el a1o 2003, con un valor superior a los 300 km². En cambio, para la IV Regi3n en el a1o 2003 se observ3 el menor valor del periodo analizado, con un valor superior a los 100 km², y el mayor valor observado fue en el a1o 2004 en el cual se alcanz3 sobre los 700 km².

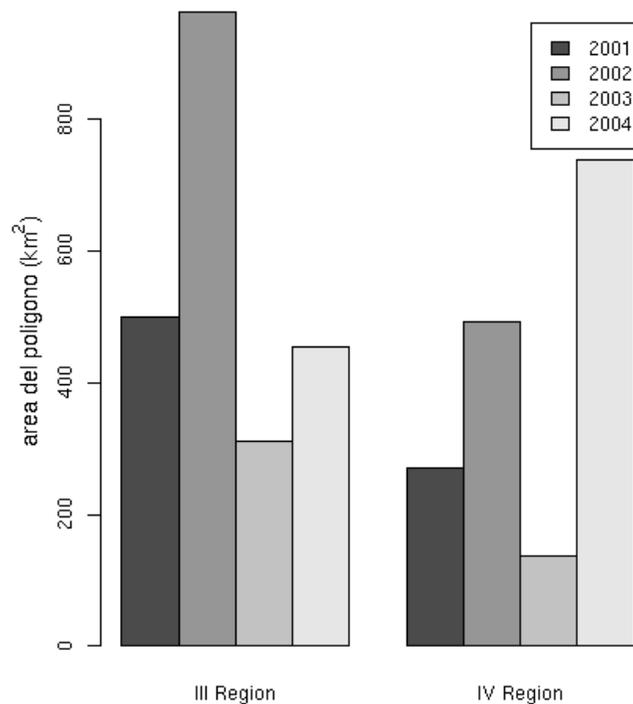


Figura 23: Gráfico de barras para el área (km²) de los polígonos generados por las evaluaciones directas para langostino colorado entre 2001 y 2004, según regi3n. Fuente de datos: FIP.

En estos polígonos se efectuaron suavizamientos bidimensionales (latitudinal - longitudinal) sobre sectores con ausencia de registros (lances sin captura), pero restringido a las áreas de agregaci3n de *P. monodon*. Las predicciones hechas por el modelo regresi3n se muestran en las **Figuras 24 y 25**.

Los resultados de las imágenes de densidad de *P. monodon* para los diferentes a1os y regiones muestran cambios espacio temporales en las densidades, para diferentes zonas en una misma regi3n. Otro aspecto que cabe mencionar en este análisis, es que en



general los mayores focos de densidad se observan en la parte m1s costera de las im1genes y las menores densidades se observan en la parte m1s alejada de la costa. Este 1ltimo resultado es consistente con las distribuciones espaciales de las densidades obtenidas desde las actividades comerciales.

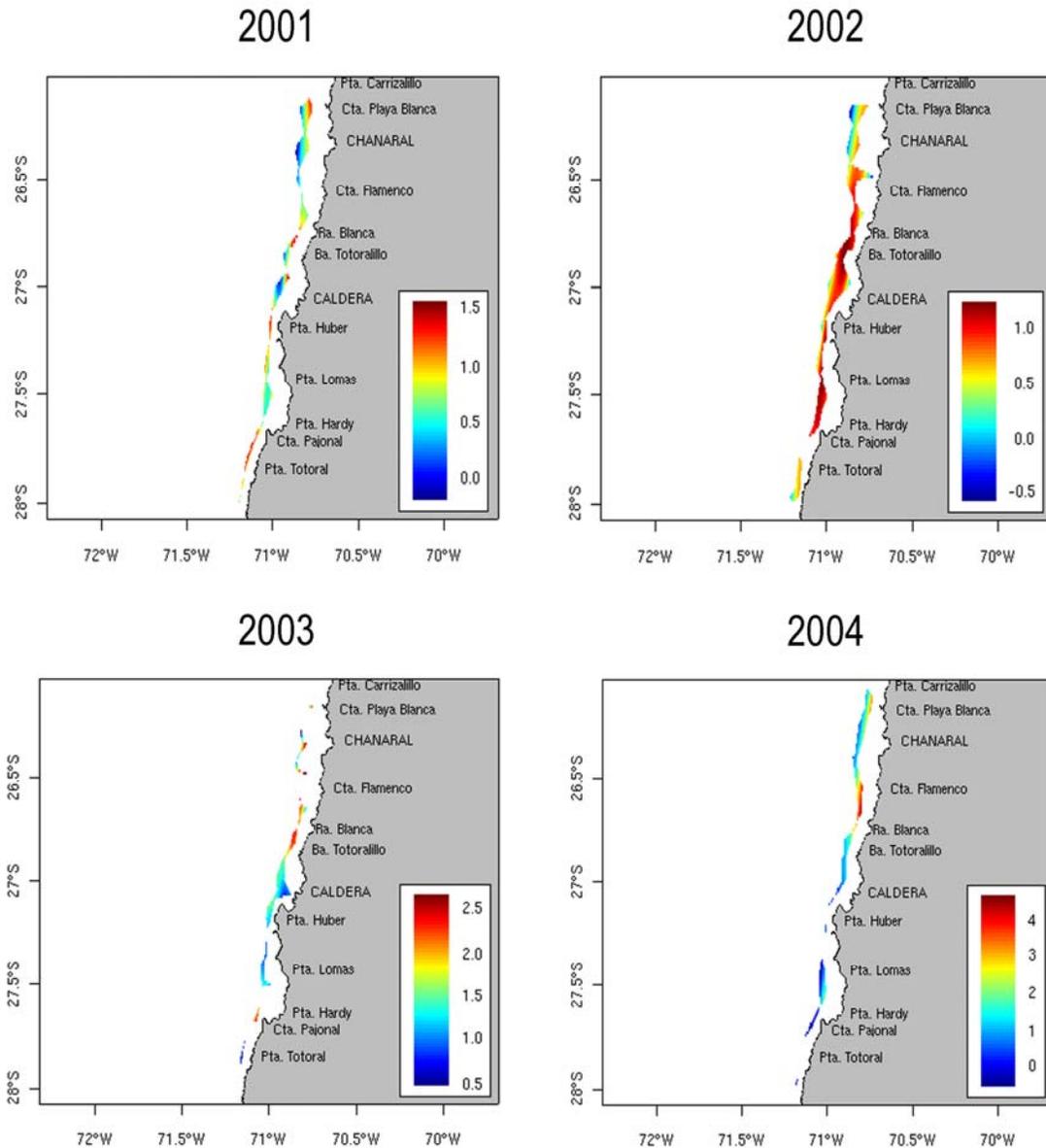


Figura 24: Densidad media (logaritmo de $t \text{ km}^{-2} + 1$) estimada por el modelo de regresi3n local para los lances de pesca de investigaci3n de *P. monodon* realizados en la III Regi3n, per3odo 2001 - 2004.

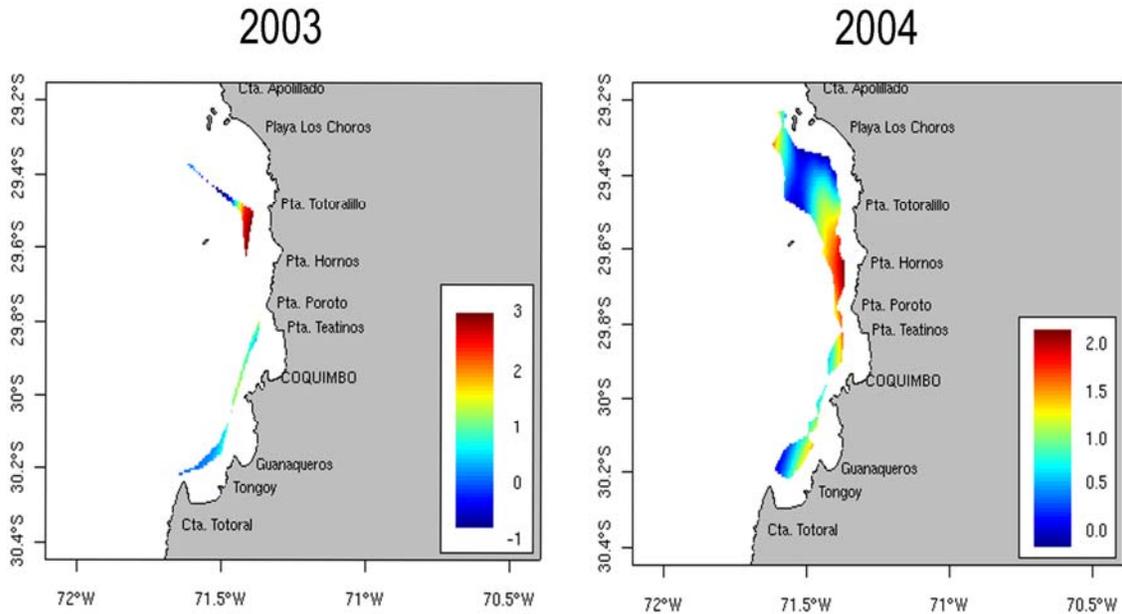


Figura 25: Densidad media (logaritmo de $t \text{ km}^{-2} + 1$) estimada por el modelo de regresi3n local para los lances de pesca de investigaci3n de *P. monodon* realizados en la IV Regi3n, per3odo 2001 - 2004.

4.1.2. Variabilidad espacio-temporal de las tallas: III Y IV Regiones

El Sistema de Informaci3n entre el per3odo 1998-2005 recopila 287 lances de pesca de la flota comercial con registros biol3gicos de longitud. Esto significa un esfuerzo de muestreo por sobre 79000 ejemplares medidos (**anexo A Tabla A5**), de los cuales el 61% fueron capturados en las agregaciones de la IV Regi3n y 39% en las agregaciones de la III Regi3n. Consecuencia del dise1o de muestreo, el que est1 condicionado a la operaci3n de la flota comercial, la cobertura temporal y tama1os muestrales es parcializada (**Figura 26**), sugiri3ndonos que el per3odo m1s adecuado de an1lisis cubre los a1os 2001-2005.

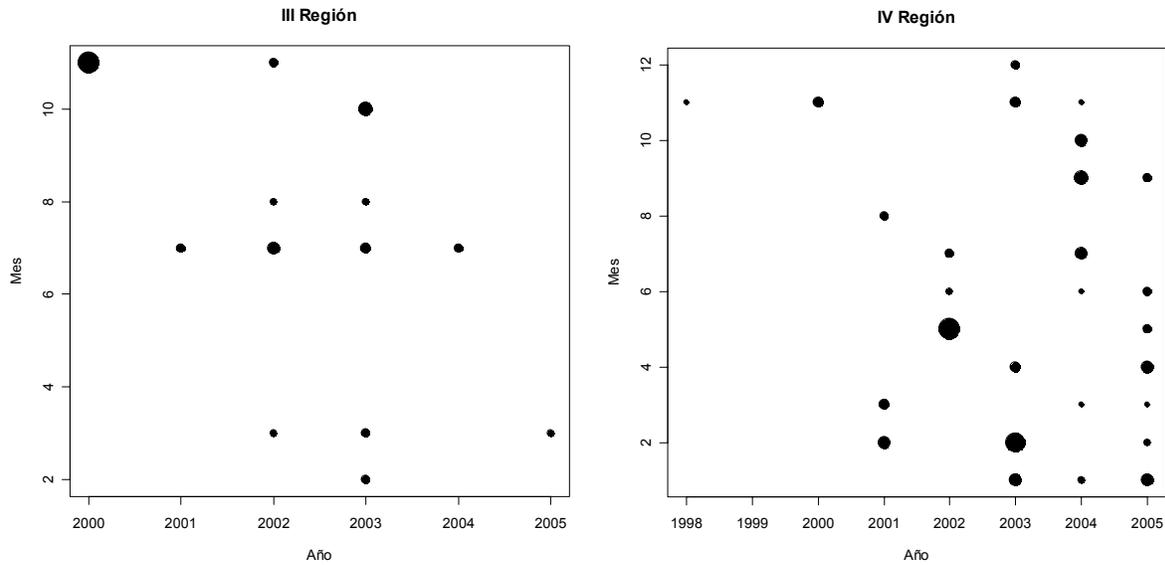


Figura 26: Cobertura espacial y temporal de los muestreos de longitud de *P. monodon* en las regiones III y IV. Los c3rculos son proporcionales al tama1o m3ximo de muestras mensuales, siendo de ~5600 ejemplares en la IV regi3n y ~5000 ejemplares en la III Regi3n.

Las tallas por sexo entre las regiones III y IV no muestran dr3sticas diferencias, no obstante algunos a1os los tama1os de las hembras tienden a ser relativamente m3s peque1os en la III Regi3n (**Figura 27**). En efecto, la sobreposici3n de los cuartiles (**Figura 27**) y la dispersi3n en las estructuras de tallas (**Figura 28**) nos indican que no existen notorias diferencias estructurales de esta variable (a escala anual) en las agregaciones detectadas en las regiones III y IV.

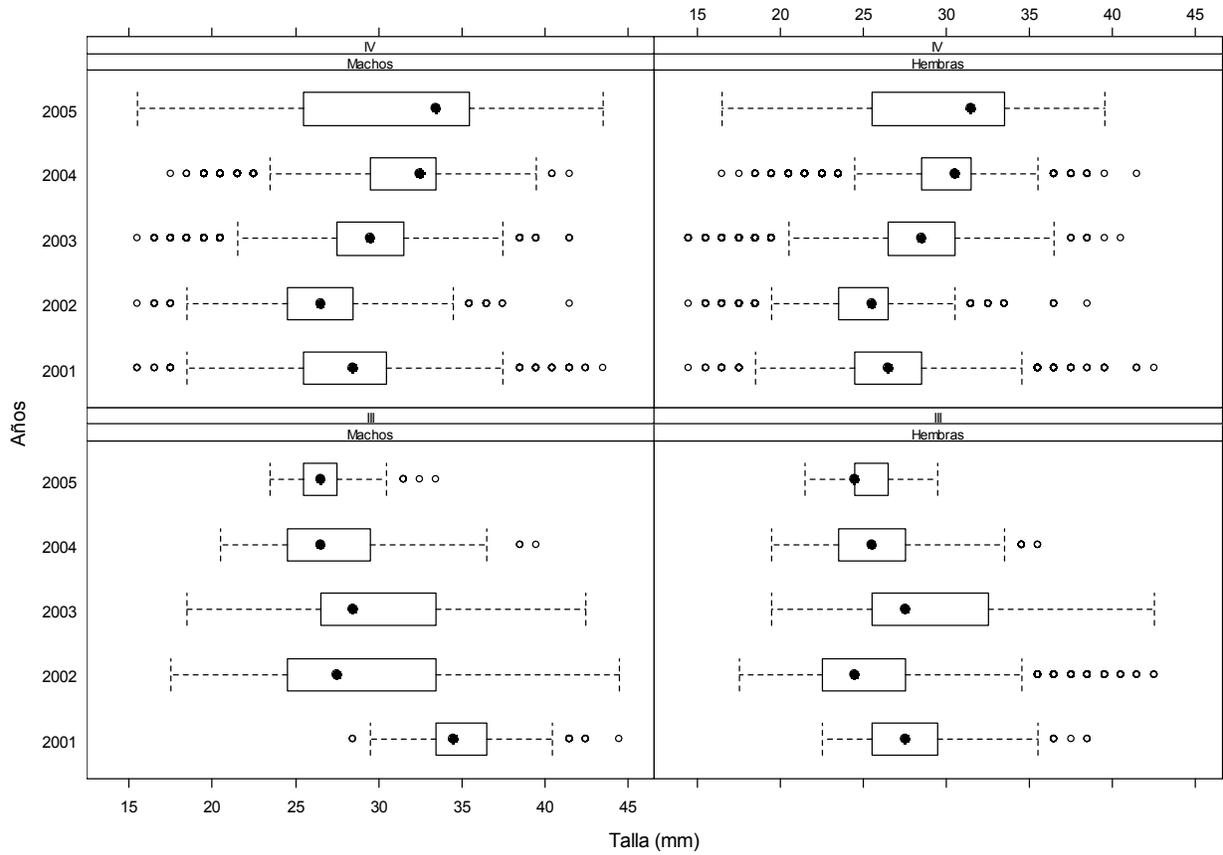


Figura 27: Variaciones anuales de las tallas en machos y hembras de *P. monodon* distribuidos en las regiones III y IV.

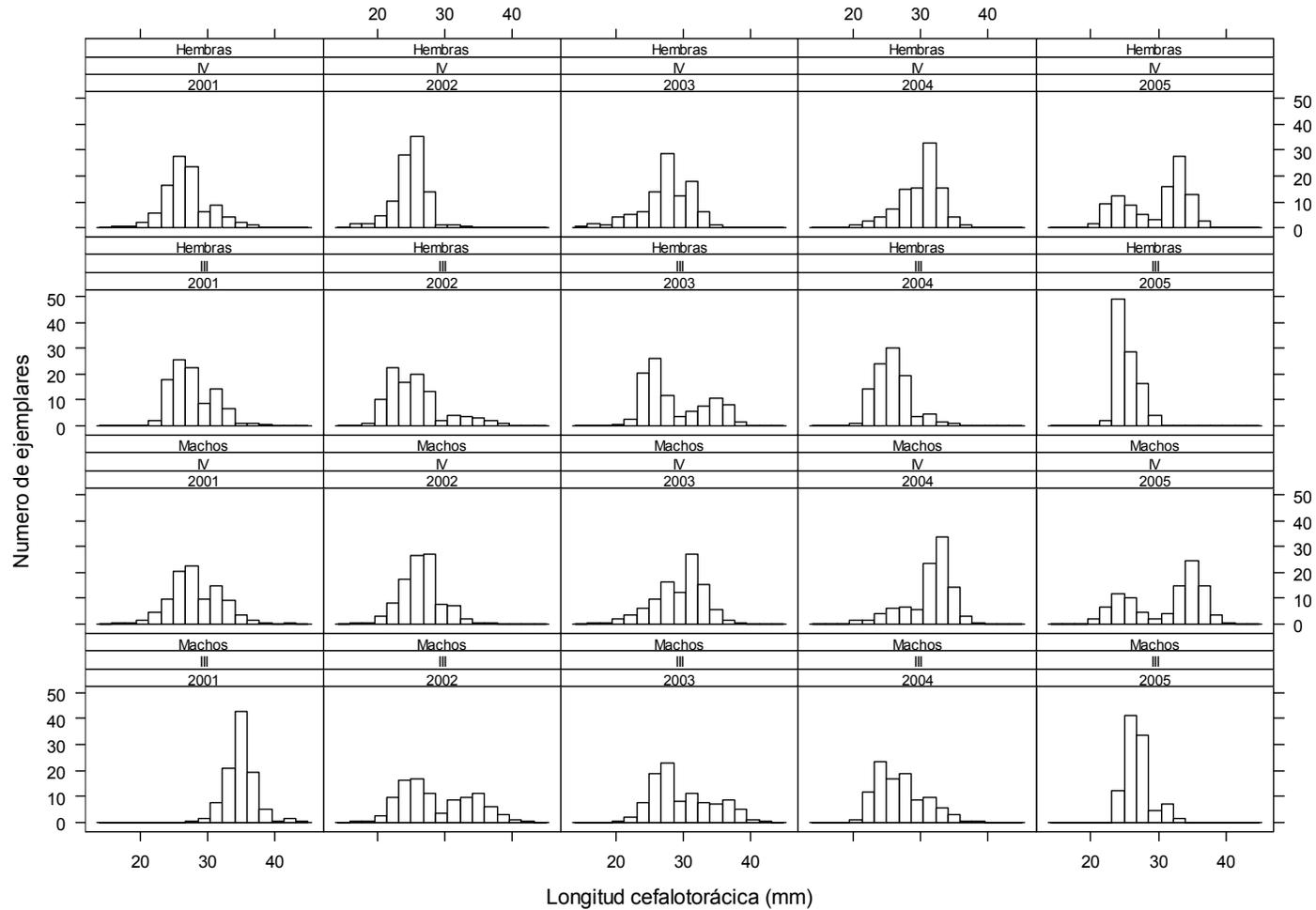


Figura 28: Estructura de tallas de *P. monodon* entre el per3odo 2001-2005 en las regiones III y IV. Para una mejor representaci3n las categor3as de talla fueron dispuestas cada 2 mm LC.



Desde una perspectiva interanual, se observa una clara tendencia decreciente en el per3odo 1998-2002 y escasas diferencias en los tama1os medios entre regiones (**Figura 29**). Desde el a1o 2002, y puntualmente para la IV Regi3n, se ha presentado una tendencia creciente en las tallas, en tanto que en la III Regi3n la tendencia decreciente se mantiene, sin embargo, y como se demuestra m1s adelante, estas diferencias no son significativas (**Figura 31**). Sin perjuicio de lo anterior, la serie refleja que en la III Regi3n habitan individuos de menores tama1os corporales.

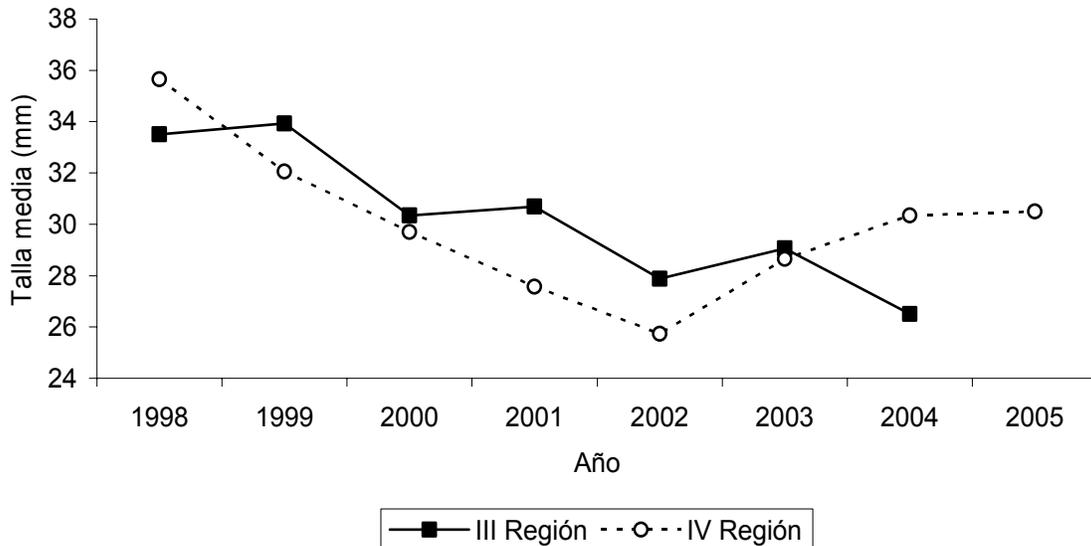


Figura 29: Serie de tallas medias (longitud cefalotor1cica en mm) para *P. monodon* entre 1998 y 2005, III y IV Regi3n. Fuente de datos: IFOP.

En relaci3n con la variabilidad entre sexos, es evidente y ampliamente documentado el mayor tama1o de los machos (Montenegro et al., 2004, 2005), situaci3n que se corrobora en el presente estudio para ambas regiones (**Figura 30**). Adem1s, se observa un fuerte sincronismo en la tendencias de las tallas medias por regi3n y sexo, sugiriendo que es poco probable observar desagregaci3n por sexo en la poblaci3n de *P. monodon*.

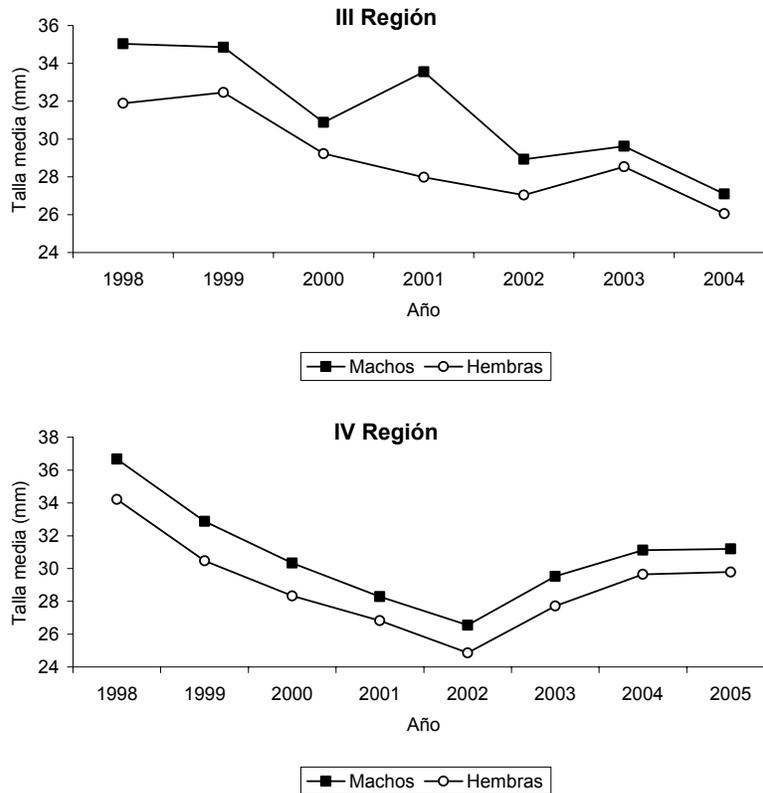


Figura 30: Serie de tallas medias (longitud cefalotorácica en mm) para langostino colorado, según región y sexo. Fuente de datos: IFOP.

Las escasas diferencias entre los tamaños promedio de los individuos muestreados en las regiones III y IV son corroboradas cuantitativamente a través de un análisis de varianza aplicado sobre las tallas, utilizando como variables comparativas las regiones y sexo. Como es esperable, el análisis revela diferencias estadísticas en los tamaños corporales entre sexo ($p < 0,05$), sin embargo, es concluyente en confirmar que estas diferencias no son significativas entre regiones ($p > 0,05$, **Figura 31**).

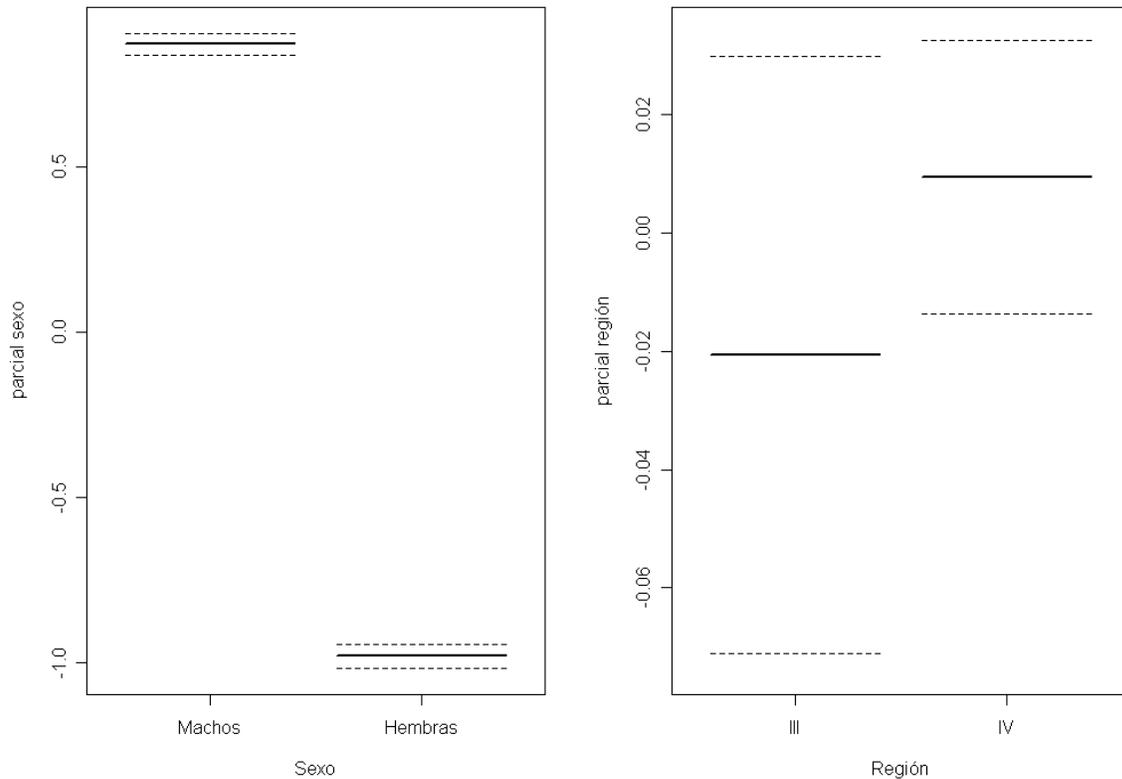


Figura 31: Diferencias relativas en los tama1os corporales promedio entre sexo y regiones obtenidas a trav3s del an3lisis de varianza. Error est3ndar en l3nea segmentada

Desde una perspectiva intra-anual se detectan diferencias en las tallas medias, las que durante el per3odo invernal tienden a ser menores que las tallas medias observadas durante el primer y 3ltimo trimestre del a1o (**Figura 32**). As3 mismo, la dispersi3n de ejemplares durante el comienzo de a1o es menor que a finales de primavera e inicios de verano. Esta caracter3stica en los tama1os corporales de *P. monodon* probablemente est3 condicionada por procesos reproductivos (Palma 1994; Palma & Arana 1997), los cuales causar3an agregaciones de ejemplares maduros que al encontrarse en peque1as 3reas geogr3ficas son altamente detectables y vulnerables durante las faenas de pesca.

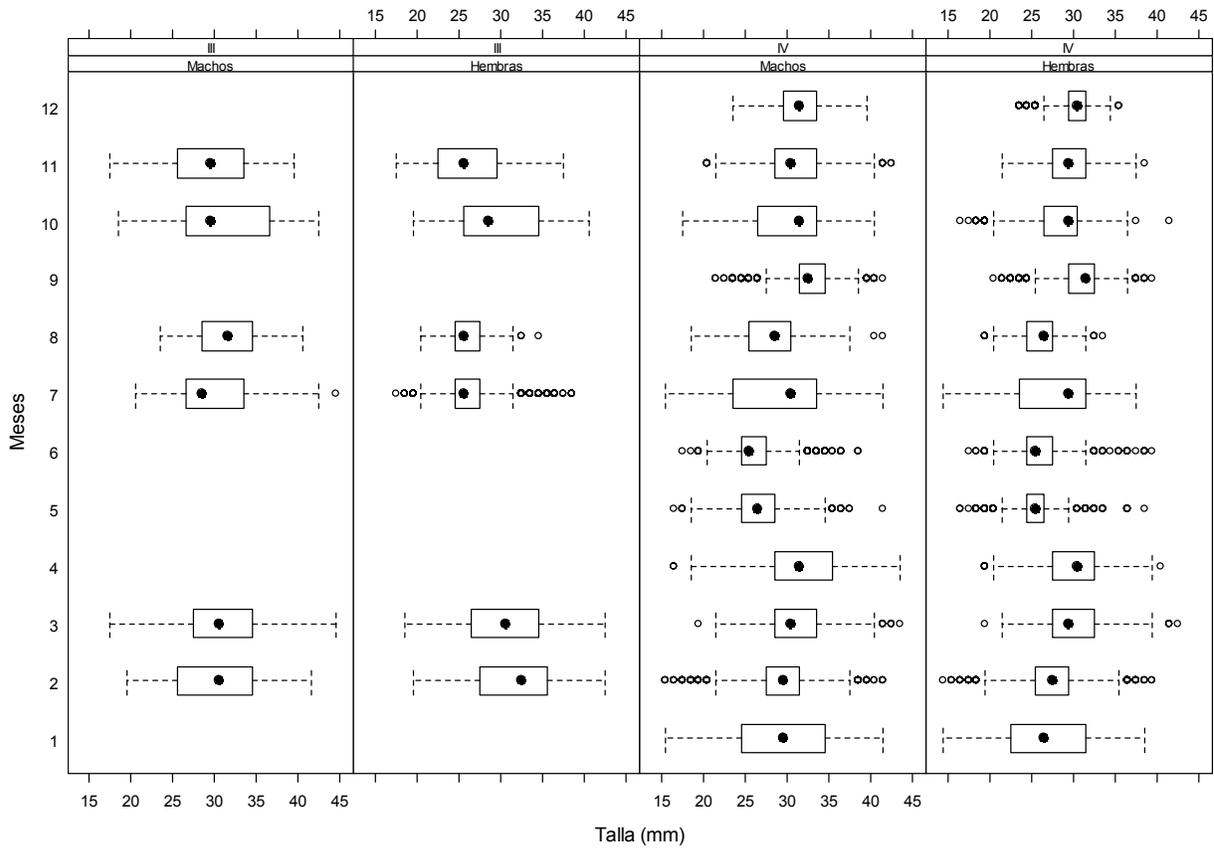


Figura 32: Variaciones mensuales de las tallas en machos y hembras de *P. monodon* distribuidos en las regiones III y IV, para las muestras recopiladas durante todo el per3odo de estudio.

El an3lisis de varianza de las tallas incorporando los meses como variable explicatoria corrobora los cambios sealados anteriormente. En efecto, se obtuvieron diferencias significativas en los tama1os medios entre meses ($p < 0,05$), lo que conduce a su vez a diferencias entre regiones ($p < 0,05$) (**Figura 33**). Estos resultados sealan que si bien en una base anual no se observan diferencias significativas en los tama1os corporales (**Figura 31**), en una base intranual o estacional los patrones estructurales de la poblaci3n de *P. monodon* tienden a ser diferentes entre regiones.

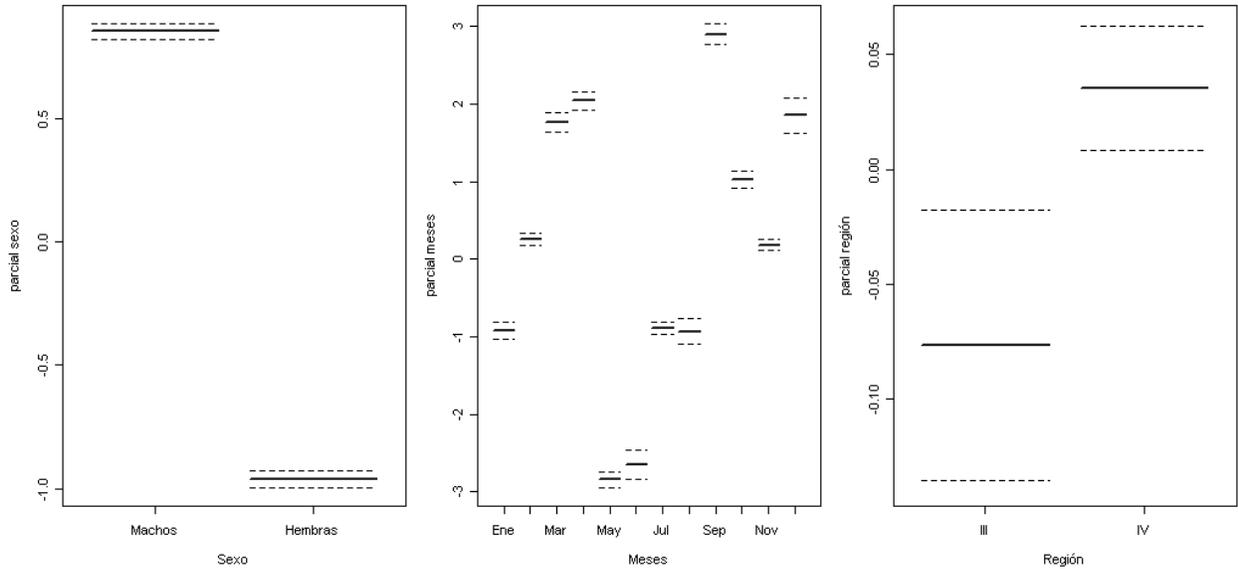


Figura 33: Diferencias relativas en los tamaños corporales promedio entre sexo, meses y regiones obtenidas a trav3s del an3lisis de varianza. Error est3ndar en l3nea segmentada

Adem3s, se verific3 que no existe una clara estacionalidad en los tamaños corporales, junto con presentarse tendencias dis3miles entre regiones (**Figura 36**). No obstante lo anterior, en la III Regi3n se presenta una tendencia a la disminuci3n de las tallas entre abril y agosto, para posteriormente evidenciar una recuperaci3n y estabilidad hacia fines de año. Por su parte en la IV Regi3n se registr3 una disminuci3n de los tamaños corporales en los meses de mayo y junio, per3odo en que el proceso de extrusi3n de los huevos por parte de las hembras comienza a llegar a su m3ximo. Esta disminuci3n de las tallas medias observadas se presenta tanto en machos como en hembras (**Figura 37**), lo que podr3a indicar un cambio en la disponibilidad del recurso en este per3odo, probablemente asociada al proceso reproductivo.

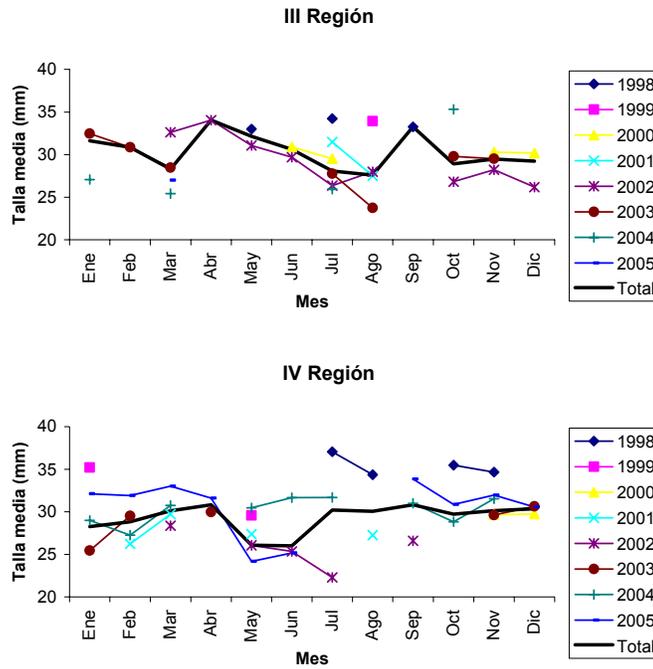


Figura 34: Variabilidad intra-anual en la longitud cefalotor3ica media (mm) de *P. monodon*, seg3n regi3n y a3o. Fuente de datos: IFOP.

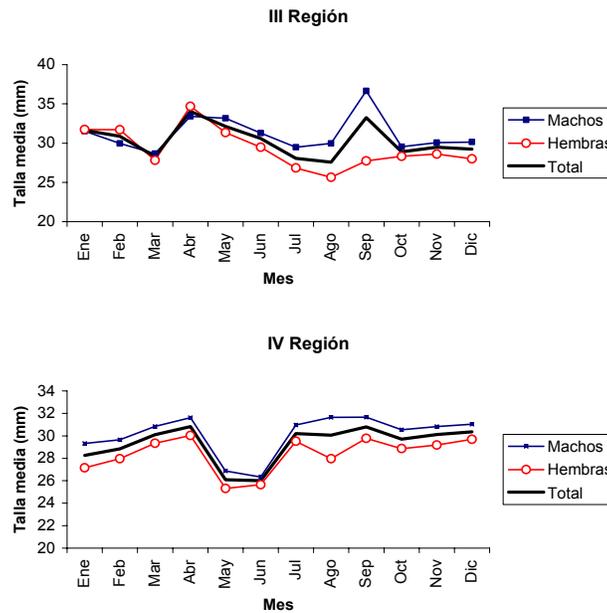


Figura 35: Variabilidad intra-anual en la longitud cefalotor3ica media (mm) de *P. monodon*, seg3n regi3n y sexo. Fuente de datos: IFOP.



Hasta acá, los resultados indican que es poco probable detectar diferencias estructurales en las tallas medias anuales entre regiones durante el periodo 2001-2005. Esta observaci3n, es planteada al agrupar los tamaños corporales para toda el área de las agregaciones mostradas en la **Figura 6**. Sin embargo, al clasificarlos por estratos de profundidad se detectan algunos patrones de interés.

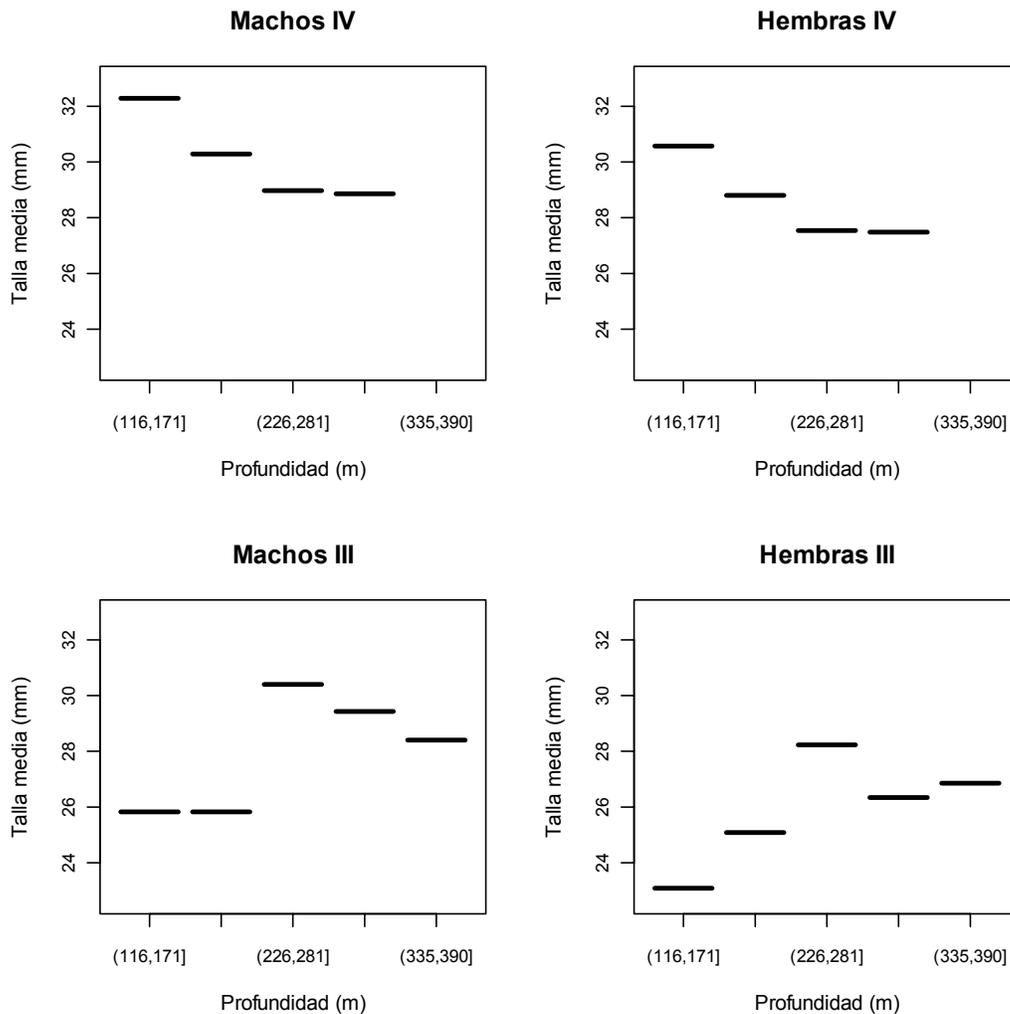


Figura 36: Talla media para machos y hembras de *P. monodon* en diferentes estratos de profundidad y regi3n. Los cinco estratos sealados en la figura corresponden a las profundidades (116-171], (171-226], (226-281], (281-335] y (335-390].



Los ejemplares (machos y hembras) en la III Región y a profundidades menores a los 220 metros, presentan tamaños medios más reducidos que en la IV Región (**Figura 36**). Por el contrario, en estratos de profundidad sobre los 250 metros, tanto en la III y IV regiones, se observaron ejemplares adultos en torno a los 27 mm LC en el caso de la hembras y 29 mm LC en los machos.

Como se señaló anteriormente, las principales agregaciones de captura de *P. monodon* se encuentran distribuidas espacialmente a lo largo de la III y IV regiones (**Figura 6**), y de acuerdo al análisis exploratorio anterior, las diferencias en los tamaños corporales entre las agregaciones de la III y IV regiones son escasamente perceptibles, salvo en estratos de profundidad menores a los 220 m (**Figura 36**). Creemos que las diferencias en los tamaños corporales y en la dispersión de las tallas entre regiones (**Figura 27 y Figura 28**) son consecuencia principalmente de la dinámica de las cohortes vulnerables y la presión pesquera ejercida sobre las agregaciones, y no de diferencias estructurales en la población.

Un resultado de interés obtenido desde el análisis exploratorio entre regiones, es la presencia de diferencias en los tamaños medios por estratos de profundidad, notablemente visible en individuos de la IV Región (**Figura 36**). Este patrón es marcadamente consistente con las variaciones espaciales de las densidades de *P. monodon* obtenidas desde registros de la flota comercial (ver **Figura 19, Figura 24, y Figura 25**) y cruceros de evaluaciones directas.

4.1.2.1. *Variabilidad espacio-temporal de las tallas en la IV Región*

En términos intra-anales, es claro que durante algunos meses del año se observa una estructuración por profundidad en las tallas medias de *P. monodon* (**Figura 37 y Figura 38**). En efecto, desde el comienzo de la primavera (septiembre) hasta finales de verano (marzo) es evidente que los mayores tamaños medios se encuentran en aguas menos profundas. Otra característica importante que se revela de este análisis, es la ausencia de este patrón de distribución entre mayo y agosto, período que justamente coincide con la máxima portación de huevos (Palma & Arana 1997; Montenegro *et al.* 2004).



Además de la ausencia de esta segregación por profundidad durante los meses de máxima portación, los tamaños medios de machos y hembras son relativamente más pequeños que durante los restantes meses (**Figura 38**) y tienden a estar distribuidos en profundidades entre los 220 y 270 m (**Figura 37**).

Estas características en los patrones de agregación espacial de *P. monodon*, abren la discusión sobre los mecanismos que regulan su disponibilidad durante el proceso de liberación larval y copula. Además, indican que es altamente probable que los procesos estructurales de la población estén dirigidos principalmente por los procesos reproductivos ocurridos en esta región.

En la IV Región se detectan a lo menos dos agregaciones (**Figura 6**). Con objeto de verificar si el patrón de distribución por estrato de profundidad es consistente para diferentes sectores de estas agregaciones, se subdividió latitudinalmente el área en cuatro sectores verificándose que en tres de ellos se evidenciaba la agregación por profundidad detectada a nivel regional (**Figura 39**).

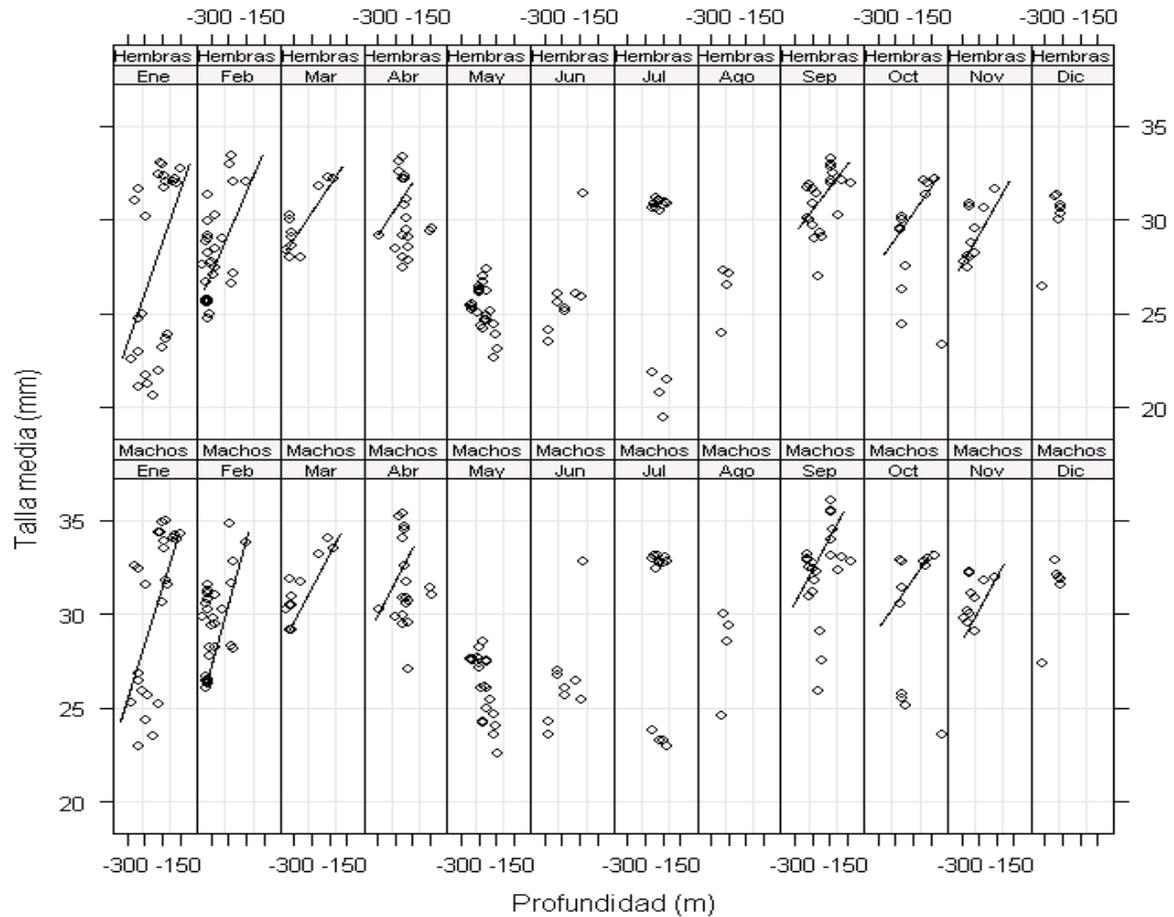


Figura 37: Relaci3n entre el tama1o medio y la profundidad para machos y hembras de *P. monodon* en las agregaciones de la IV Regi3n entre el per3odo 2001-2005. Los puntos corresponden al tama1o medio de los individuos medidos en un lance y la l3nea es un ajuste lineal con objeto de evidenciar tendencia.

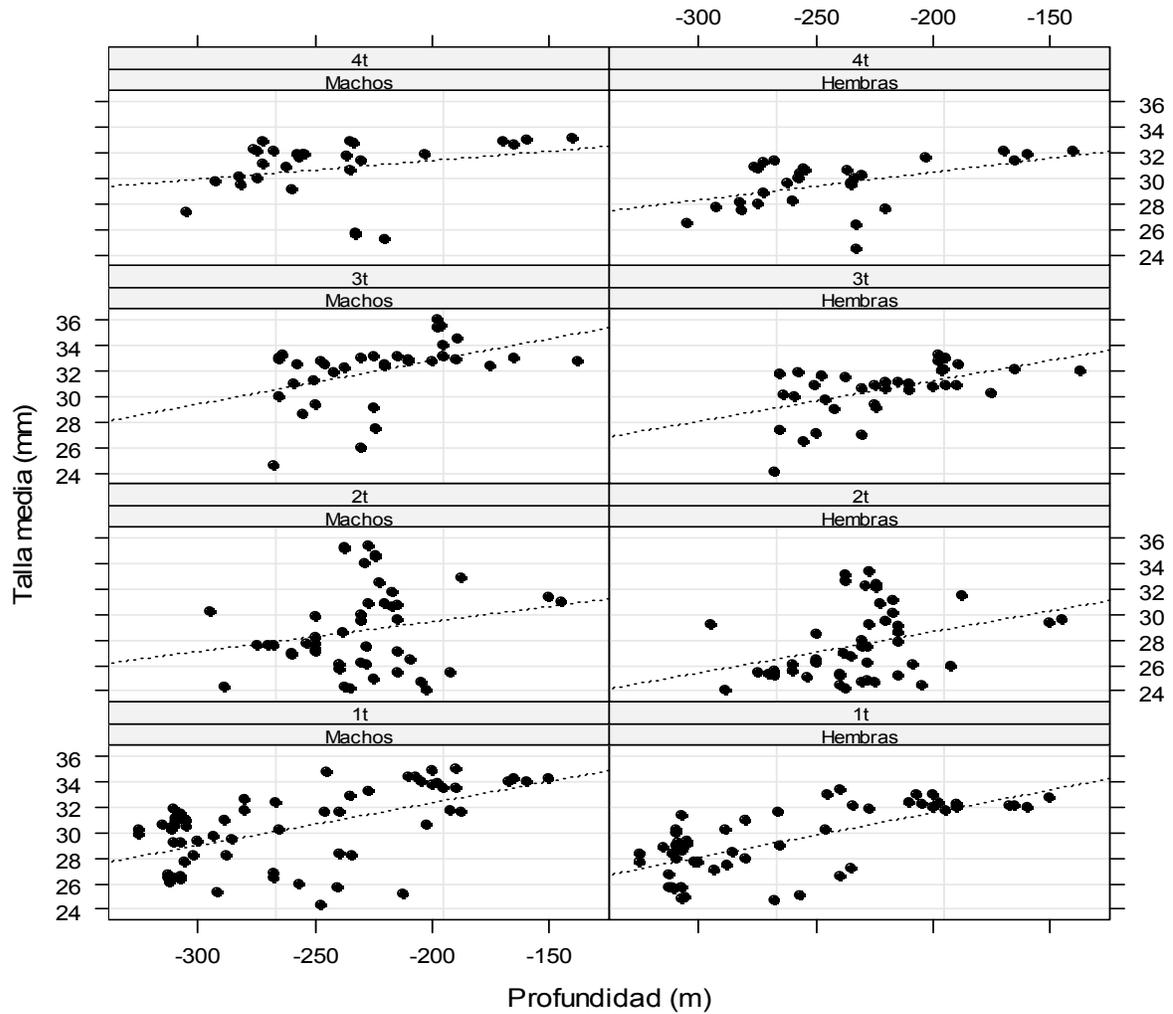


Figura 38: Relaci3n trimestral entre el tama1o medio y la profundidad para machos y hembras de *P. monodon* en las agregaciones de la IV Regi3n. Los puntos corresponden al tama1o medio de los individuos medidos en un lance y la l3nea punteada es un ajuste lineal con objeto de evidenciar tendencia.

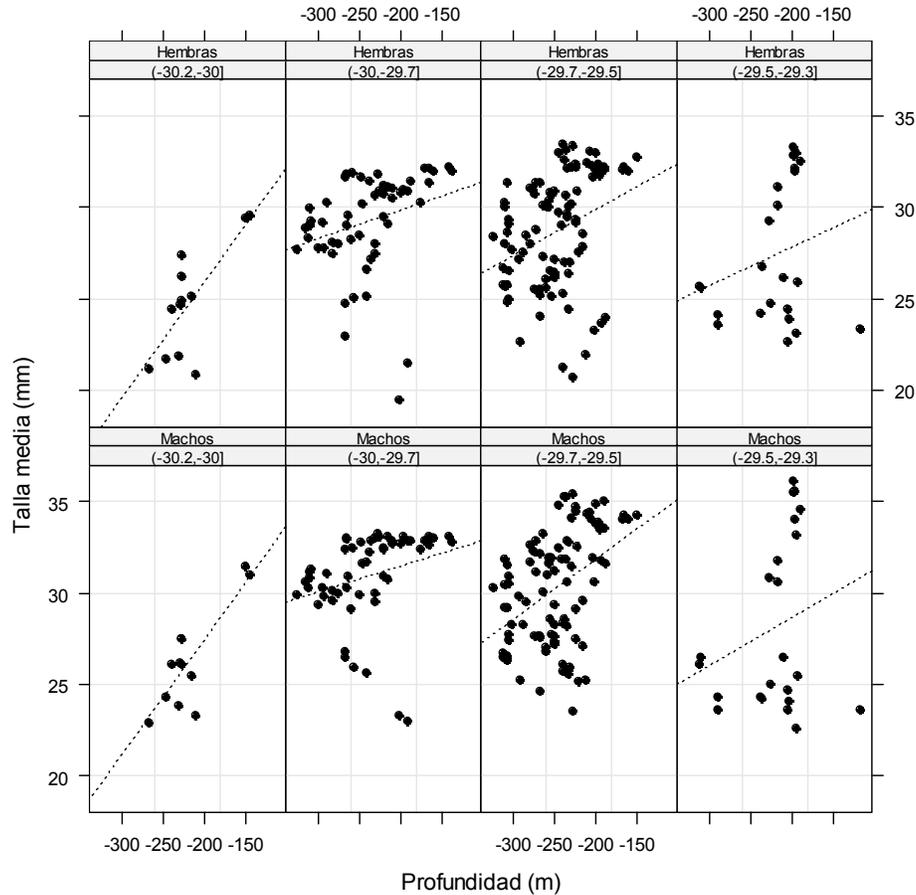


Figura 39: Relaci3n entre el tama1o medio y la profundidad para machos y hembras de *P. monodon* en cuatro sectores de la IV Regi3n. Los puntos corresponden al tama1o medio de los individuos medidos en un lance y la l3nea punteada es un ajuste lineal con objeto de evidenciar tendencia.

Al utilizar un modelo aditivo generaliza que predice los tama1os corporales en funci3n de la latitud y profundidad, es evidente un patr3n de distribuci3n espacial con un m1ximo en torno a los 29° 45' LS y con mayores tama1os corporales a menores profundidades (**Figura 40**). Como es de esperar, estos resultados son consistentes con los an1lisis exploratorios anteriores.



Adem3s, desde el modelo se observa un cambio en la distribuci3n de tama1os corporales, con individuos de mayores tama1os a menor profundidad en los primeros meses del a1o (Figura 41 y 42).

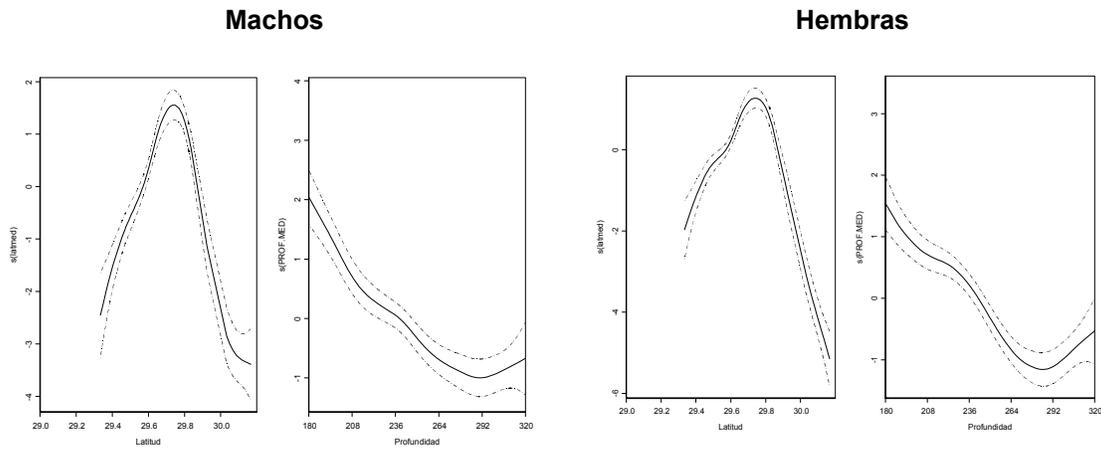


Figura 40: Diagramas mostrando la relaci3n latitud-talla y profundidad-talla, *P. monodon*, IV Regi3n per3odo 2000 al 2005.

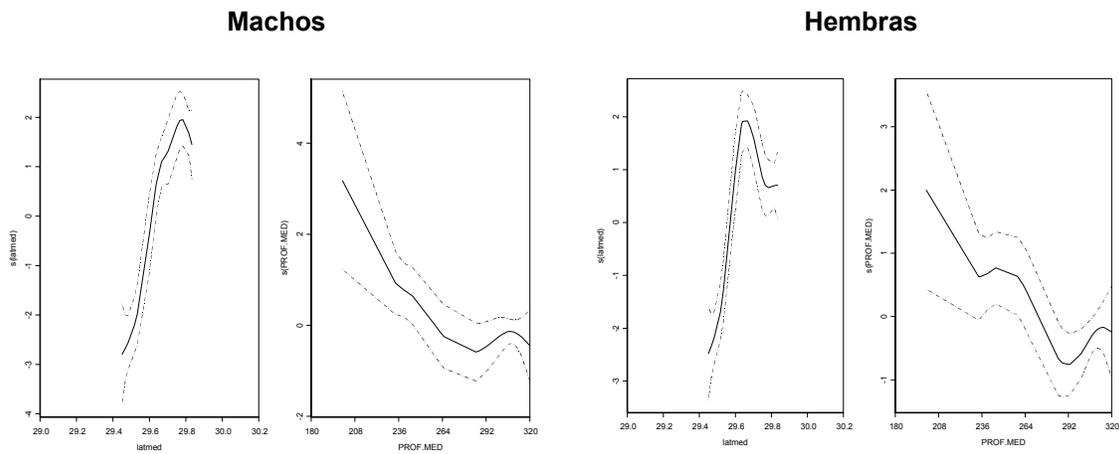


Figura 41: Diagramas mostrando la relaci3n latitud-talla y profundidad-talla, *P. monodon*, IV Regi3n febrero, per3odo 2000 al 2005.

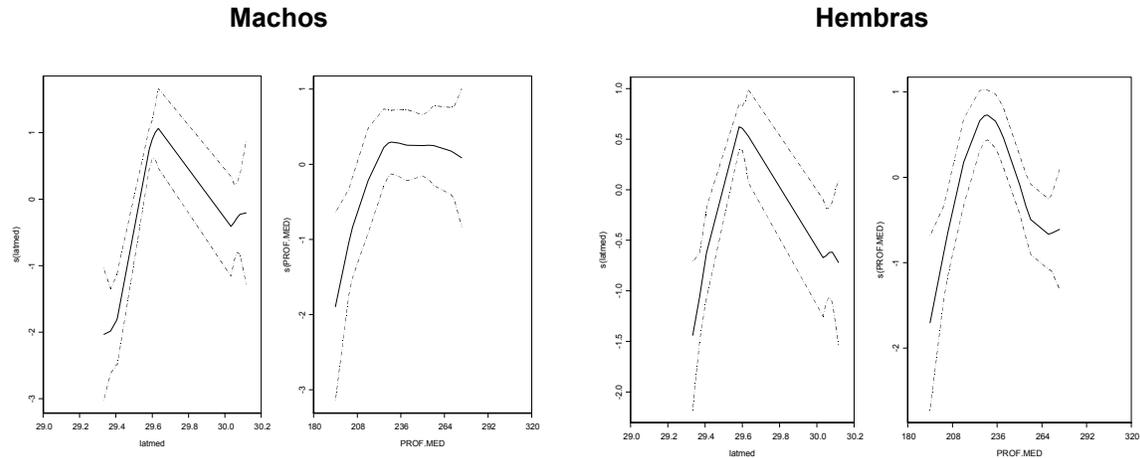


Figura 42: Diagramas mostrando la relaci3n latitud-talla y profundidad-talla, *P. monodon*, IV Regi3n mayo, per3odo 2000 al 2005.

Las **Figuras 43-46** despliegan la georeferenciaci3n de las tallas medias (mm) para hembras y machos de *P. monodon* en la IV Regi3n de los lances de pesca comercial. Consecuencia de la estrecha zona longitudinal donde se realizaron los muestreos, se seleccionaron cuadrantes de 1x1 minutos que posibilitaron distinguir variaciones en los tama1os corporales.

Tanto en la poblaci3n de machos como en la de hembras, estas figuras evidencian tres caracter3sticas. En una escala interanual se observa que desde el a1o 2002 los lances han cubierto una basta zona de las agregaciones, facilitando su comparaci3n interanual (**Figuras 43-45**). Esto sin perjuicio de los an3lisis anteriores, donde se incluy3 los lances del a1o 2001 por representar la zona de mayor explotaci3n e importancia en los niveles de densidad (**Figura 14**).



Una segunda característica dice relación con la cobertura estacional de los lances y por tanto de los muestreos de longitud. Si bien estos no están distribuidos en forma similar a través de los meses, están concentrados principalmente entre los 29°30'S y 30°00'S (**Figuras 44 y 46**), zona que presenta la mayor correlación entre la profundidad y los tamaños corporales (**Figura 39 y 40**).

Finalmente, es posible distinguir que las tallas mayores están ubicadas cercanas a la costa, un patrón evidenciado en los análisis exploratorios anteriores. Consecuencia de la delimitada franja longitudinal de distribución de *P. monodon* en esta región, la distribución por profundidad no es clara desde las georeferenciaciones, sin embargo, en los análisis multivariados este patrón estructural es confirmado estadísticamente. Con objeto de complementar este patrón estructural detectado en las longitudes de *P. monodon*, en **Anexo D Figuras 108-115**, se desplegaron las georeferenciaciones de las tallas máximas y mínimas para cada cuadrante.

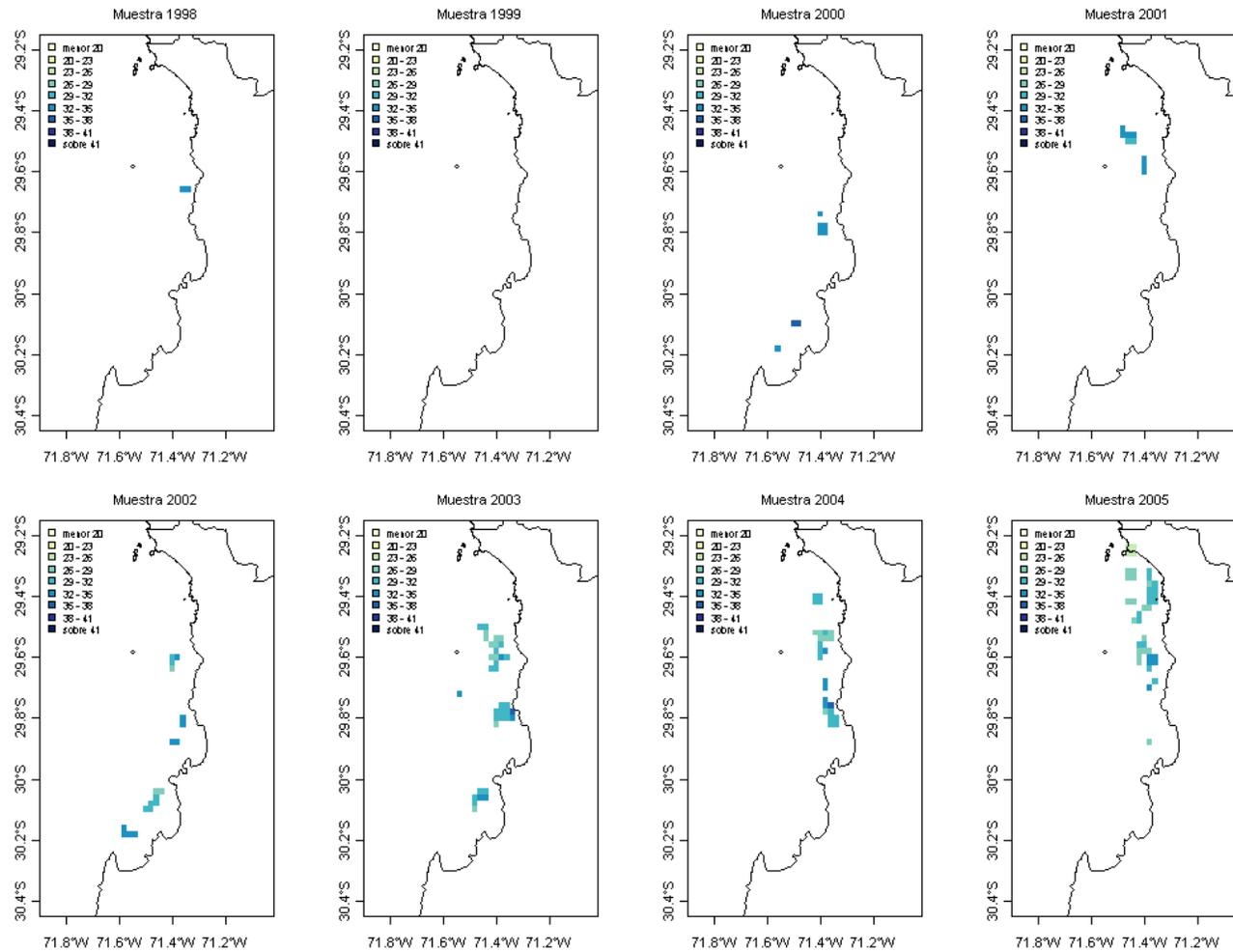


Figura 43: Georeferenciación anual de las tallas medias (mm) para las hembras *P. monodon* en la IV Región, a partir de la información biológica recopilada en los lances de pesca de la flota comercial entre los años 1998 y 2005

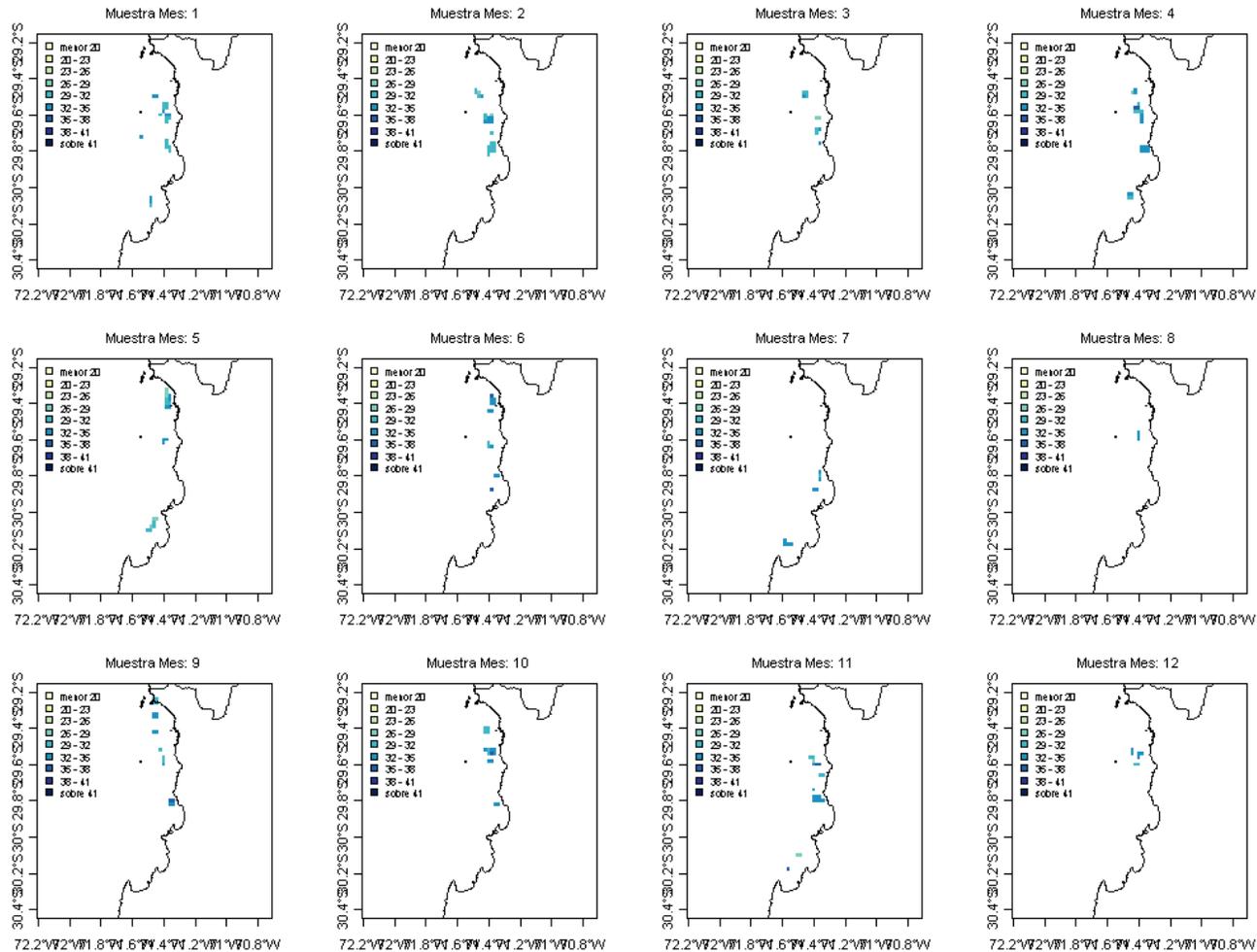


Figura 44: Georeferenciación mensual de las tallas medias (mm) para las hembras *P. monodon* en la IV Región, a partir de la información biológica recopilada en los lances de pesca de la flota comercial entre los años 2001 y 2005

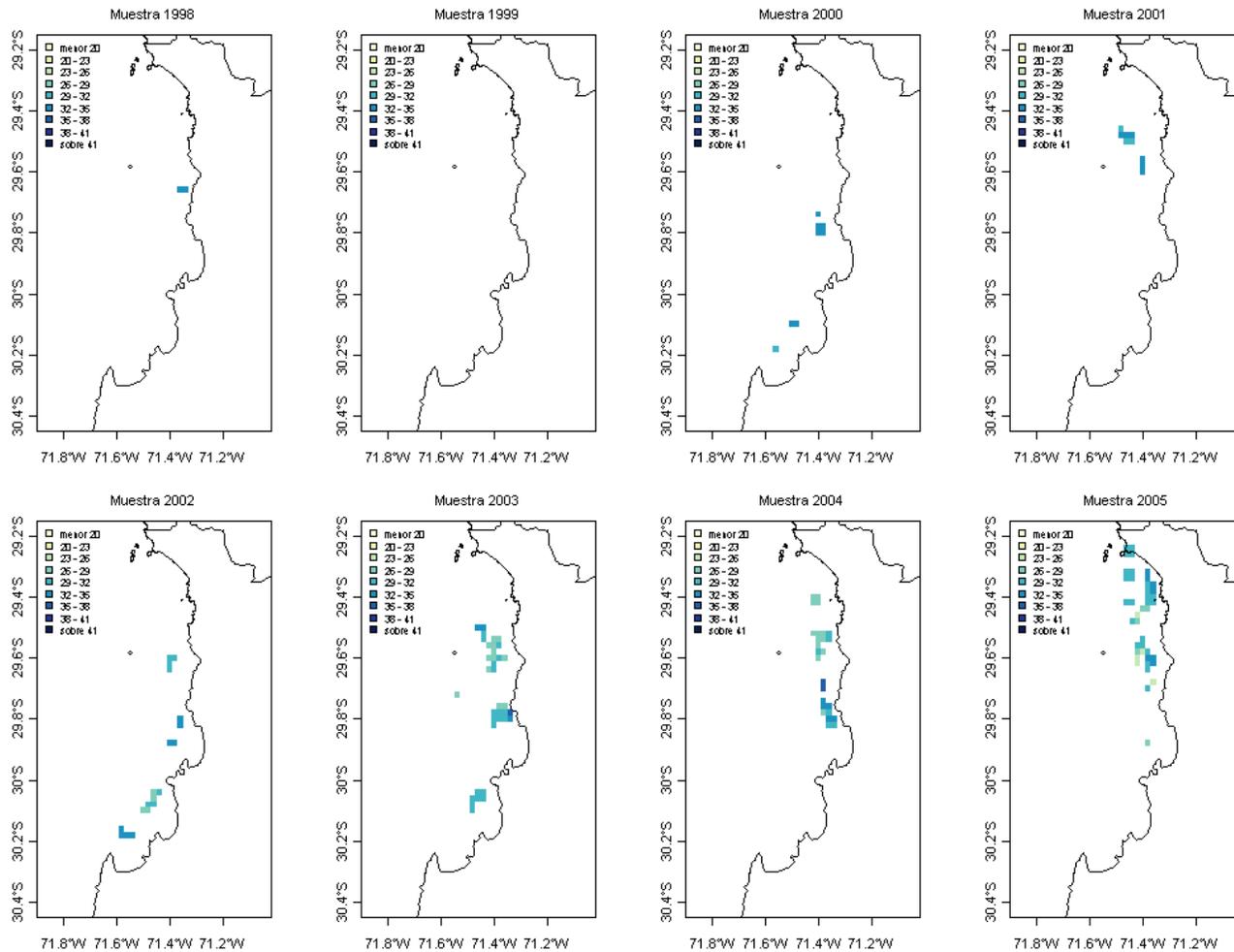


Figura 45: Georeferenciación de las tallas medias (mm) para los machos *P. monodon* en la IV Región, a partir de la información biológica recopilada en los lances de pesca de la flota comercial entre los años 1998 y 2005

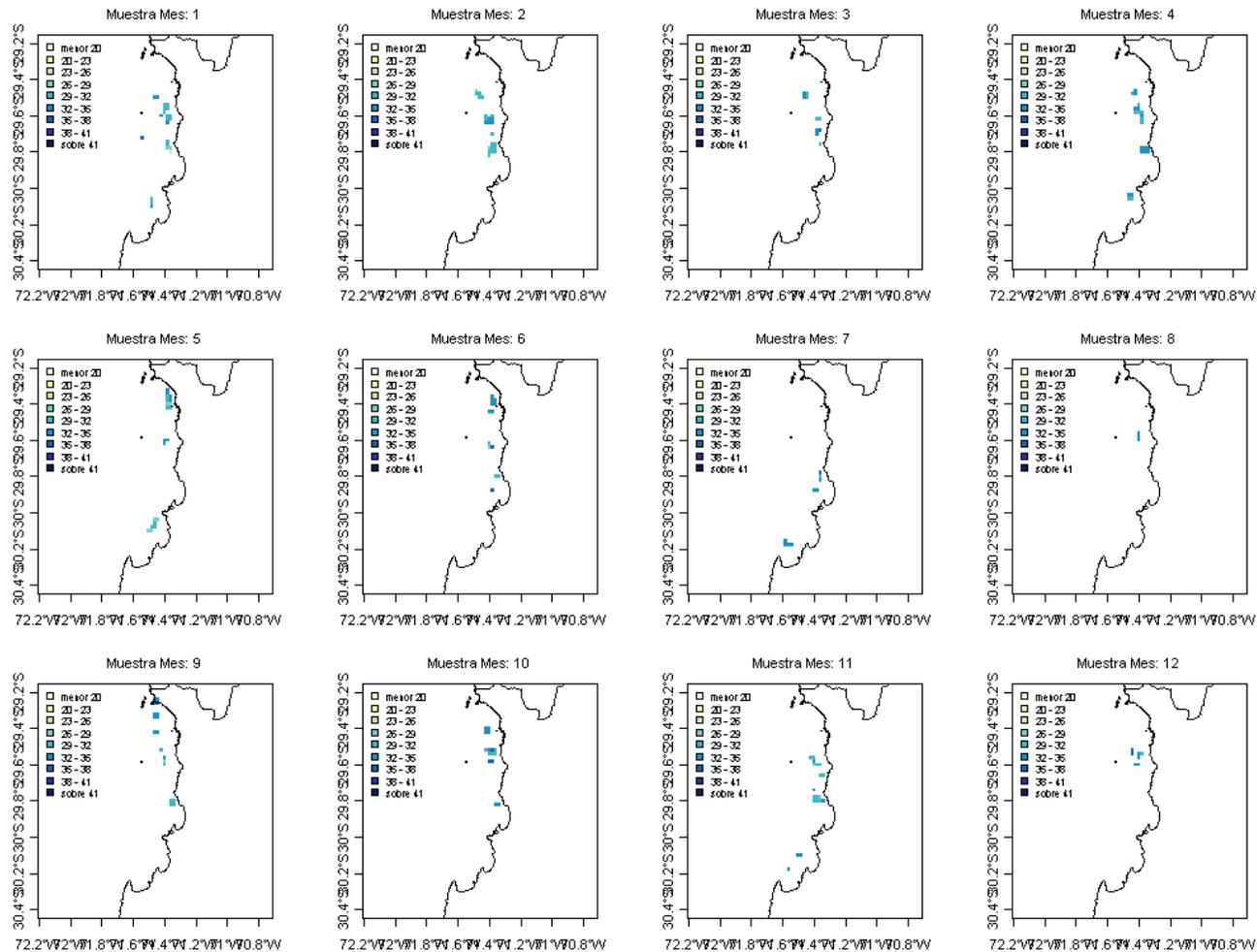


Figura 46: Georeferenciación mensual de las tallas medias (mm) para los machos *P. monodon* en la IV Región, a partir de la información biológica recopilada en los lances de pesca de la flota comercial entre los años 2001 y 2005



4.1.2.2. Clasificación y ordenamiento de los tamaños corporales en la IV Región

a) Análisis de clasificación

Para verificar el patrón espacial descrito en la sección anterior, se realizó un análisis exploratorio a través de un agrupamiento jerárquico de las estructuras de tallas en cada lance de pesca, desagregados por sexo y estratificado por profundidades. De los diferentes métodos de fusión empleados, se seleccionó el método de Ward por su consistencia en formar agrupaciones de tallas (Siegel *et al.* 2002).

En la **Figura 47** se muestra las distancias euclidianas entre las estructuras de tallas de hembras y los clusters identificados. Al agrupar las estructuras de tallas que conforman cada cluster y realizar un análisis de varianza de las tallas, es claro que existen diferencias significativas ($p < 0,05$) en los tamaños corporales (**Figura 48**). En efecto, el primer cluster agrupa los individuos más pequeños que poseen longitud cefalotorácica (LC) en torno a los 25 mm LC; así los tamaños son incrementados a medida que se estructuran los restantes clusters, incluyendo en el cluster 4 un grupo de ejemplares que poseen talla modal en torno a los 35 mm LC (**Figura 48**).

Estas agrupaciones corresponden a lances realizados principalmente en un gradiente latitudinal, donde el primer cluster lo estructuran individuos capturados en aguas profundas entre los 200 y 320 m. En contraste, el cluster 4 esta estructurado por individuos de grandes tamaños que fueron capturados en aguas someras, entre los 150 y 260 m de profundidad (**Figura 49**).

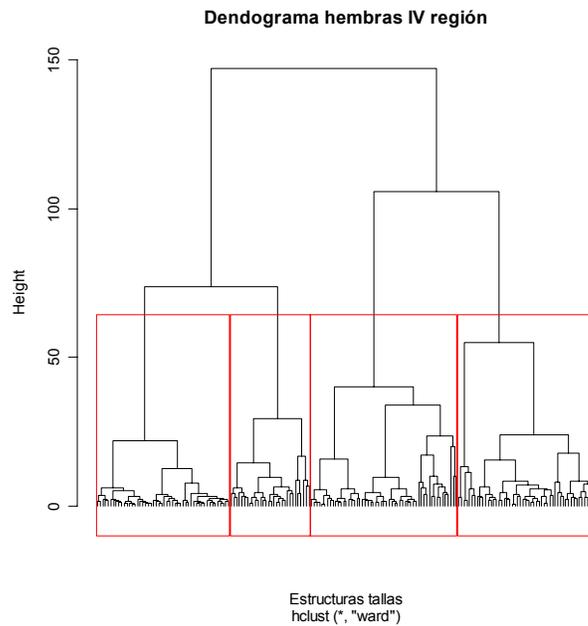


Figura 47: Distancia euclidiana de las estructuras de tallas de hembras y clusters seleccionados (recuadros).

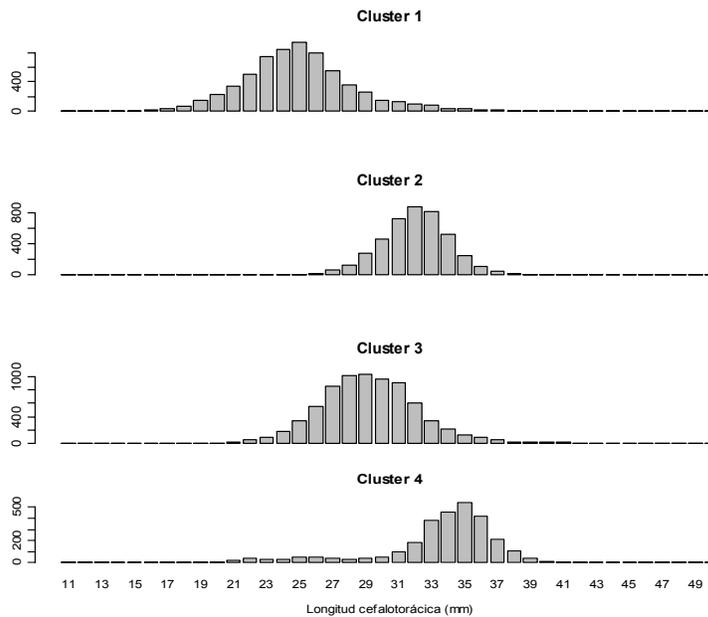


Figura 48: Estructuras de tallas para las hembras de *P. monodon*, en los diferentes cluster identificados en la IV Regi3n.

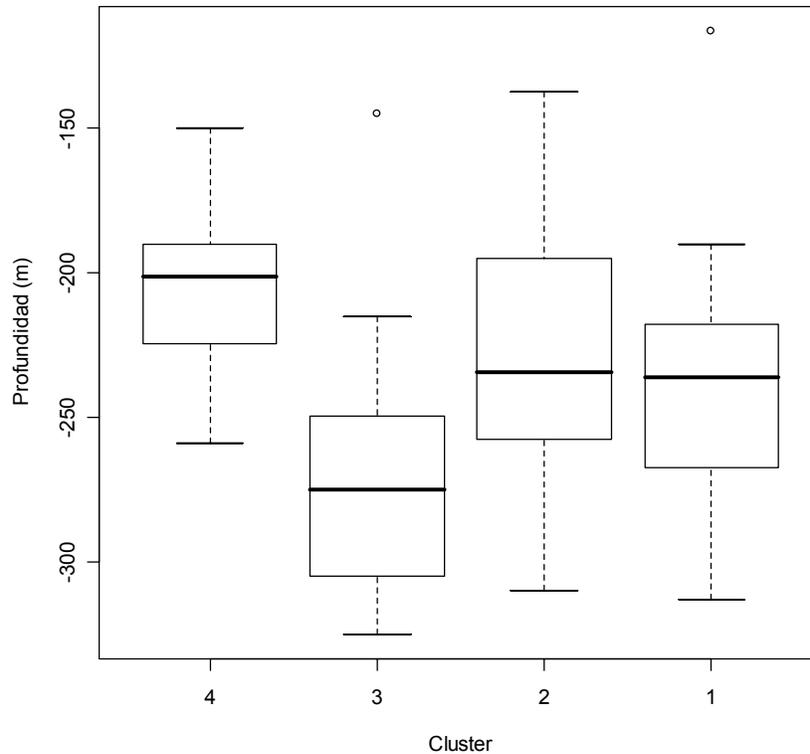


Figura 49: Distribuci3n de profundidad de los lances que estructuran cada uno de los cluster de hembras.

En el caso de los machos, este patr3n no es tan evidente. En efecto, son reconocibles 4 clusters (**Figura 50**) que pobremente est3n asociados a cambios en las profundidades de captura (**Figura 51**). Sin embargo, la estructura de tallas en tres de los cuatro cluster identificados, indica diferencias significativas ($p < 0,05$) a trav3s del an3lisis de varianza (**Figura 52**).

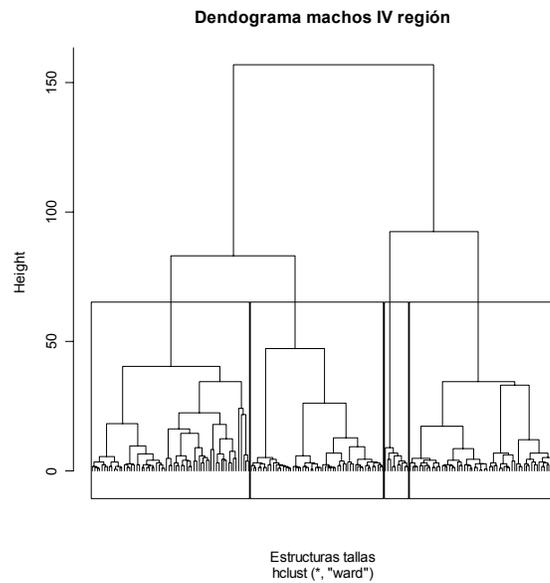


Figura 50: Distancia euclidiana de las estructuras de tallas de machos y clusters seleccionados (recuadros)

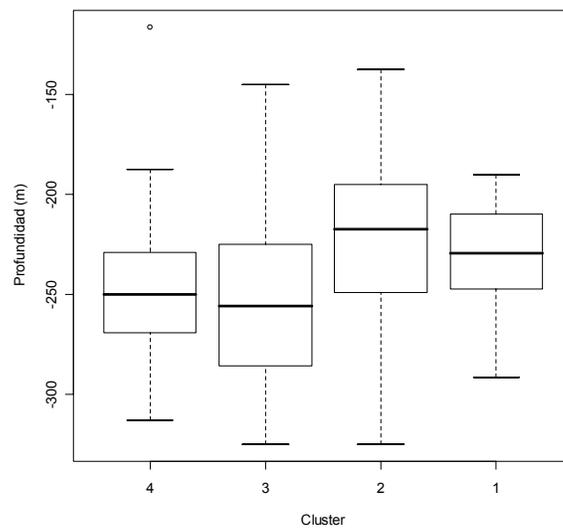


Figura 51: Distribuci3n de profundidad de los lances que estructuran cada uno de los cluster de machos.

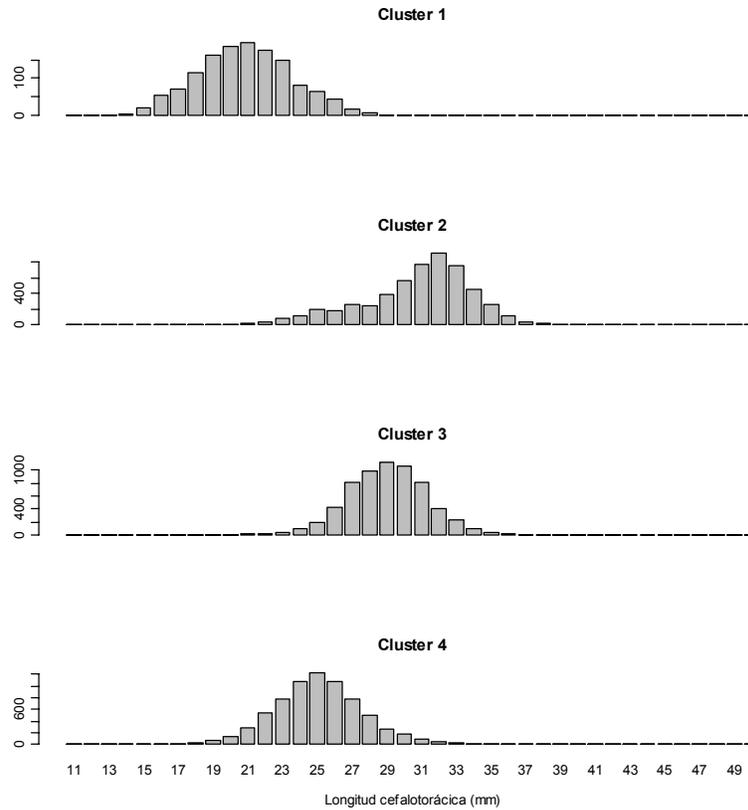


Figura 52: Estructuras de tallas para los machos de *P. monodon*, en los diferentes cluster identificados en la IV Regi3n.

Con objeto de corroborar si el patr3n espacial de las tallas detectado anteriormente es consistente para diferentes 3reas de la IV Regi3n, se seleccion3 un segmento latitudinal de 3sta (29°25' - 29°45' S), que corresponde al sector donde se han registrado las mayores densidades (**Figura 14**) y se ha encontrado una fuerte correlaci3n ($r^2=0.72$) entre la profundidad y tallas medias (**Figura 39**).

En el caso de las hembras, se detectaron tres clusters con claras diferencias en la estructura de tallas (**Figura 53**) y profundidades de captura (**Figura 54**), con individuos de mayores tama3os capturados principalmente en aguas someras entre los 150 y 240 m de profundidad.

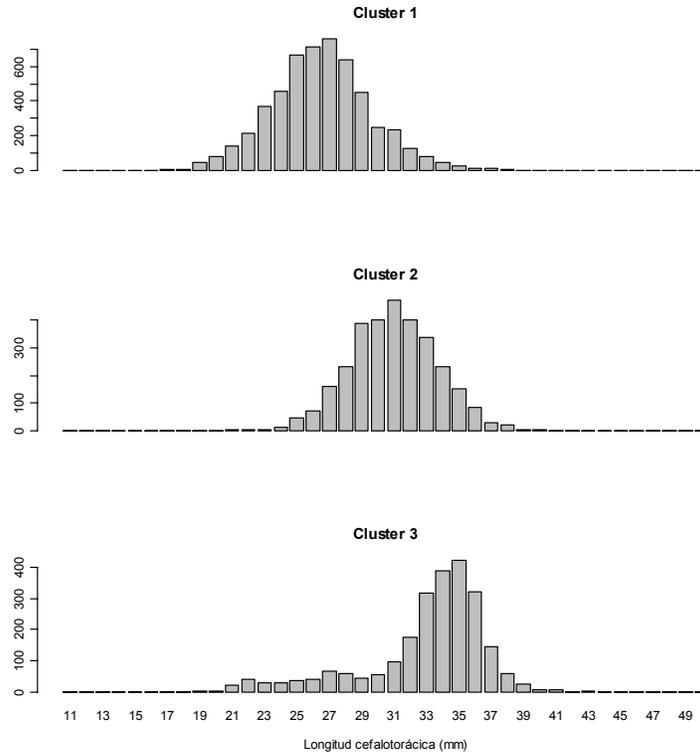


Figura 53: Estructuras de tallas para los hembras de *P. monodon*, en los diferentes cluster identificados entre 29°25'-29°45' LS .

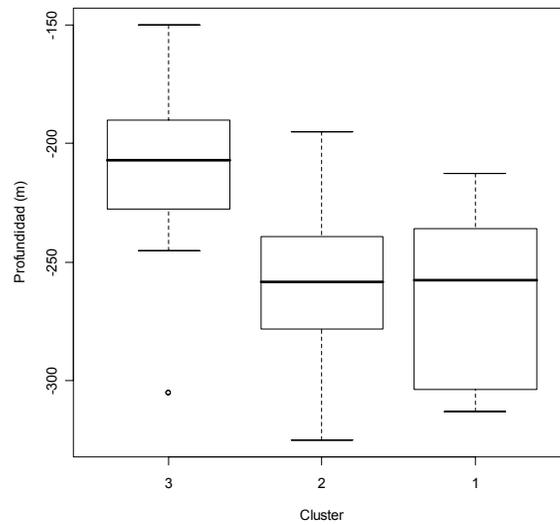


Figura 54: Distribuci3n de profundidad de los lances que estructuran cada uno de los cluster de hembras entre 29°25'-29°45' LS



b) *Análisis de ordenamiento*

Ambos, el análisis de correspondencia (ACD método de ordenación) y el método de clasificación descrito en la sección anterior, revelan similares patrones espaciales en las estructuras de tallas y correlaciones con variables exógenas como profundidad, latitud y tiempo (meses). En el caso de las hembras recopiladas durante el 1^{er}, 3^{er} y 4^{to} trimestre (período donde se presenta con mayor intensidad el patrón espacial descrito en la sección anterior), el ACD de las estructuras de tallas entre el período 2000-2005 muestra una configuración de sitios de muestreo asociada a los tamaños corporales, como también, una fuerte asociación con la dirección del máximo cambio en la profundidad y meses (**Figura 55**).

El máximo cambio de dirección en las variables exógenas busca explicar el ordenamiento de las tallas a través de la incorporación de variables predictivas en un modelo aditivo generalizado. Como se desprende de la **Figura 55**, el primer eje que da cuenta de un 42% de la varianza de las tallas, muestra una importante correlación con la profundidad ($r^2=0,64$, $p<0,05$) y ausencia correlación con la latitud ($r^2=0,03$, $p>0,05$). Claramente, el ordenamiento del primer eje es explicado principalmente por la profundidad, la que tiende a ser menor en los sitios asociados con tallas mayores, y mayor en sitios asociados a tallas menores. De este mismo análisis, es posible también indicar que no existe estructuración de las tallas a través un eje longitudinal. El segundo resultado de este análisis dice relación con el ordenamiento asociado a los patrones estacionales. Desde la **Figura 55** es posible notar que el ordenamiento de tallas mayores a menores ocurre principalmente a lo largo del primer eje, con énfasis en los meses finales e iniciales del año.

En el caso de los ejemplares machos, el ACD revela un similar ordenamiento al de las hembras, con sitios de muestreos asociados a los tamaños corporales a lo largo principalmente del primer eje de correspondencia, el cual explica un 37% de la varianza (**Figura 56**). Si bien este análisis presenta algún grado de curvatura, este fue corregido a través de la destendenciación de los gradientes. El análisis muestra una buena correlación entre la profundidad y el puntaje del eje principal ($r^2=0,51$, $p<0,05$), y una moderada relación entre los meses y el segundo eje ($r^2=0,31$, $p<0,05$).



En general, los resultados del ACD aplicado sobre el período 2000-2005 indican que los tamaños corporales están asociados principalmente con la profundidad y secundariamente con la estacionalidad (**Figura 56**). En efecto, en las curvas de nivel estimadas a través del modelo aditivo generalizado, es notorio como los sitios de muestreos asociados a tallas mayores se ubican en profundidades menores, y persiguen un ciclo estacional.

En forma complementaria incluimos en el **Anexo D**, un grupo de figuras (**Figuras 116-125**) con los resultados del ACD aplicado a diferentes períodos, donde se destaca que el ordenamiento asociado a las tallas y la correlación con la profundidad-meses descritos anteriormente, son persistentes en la mayoría de los períodos de análisis.

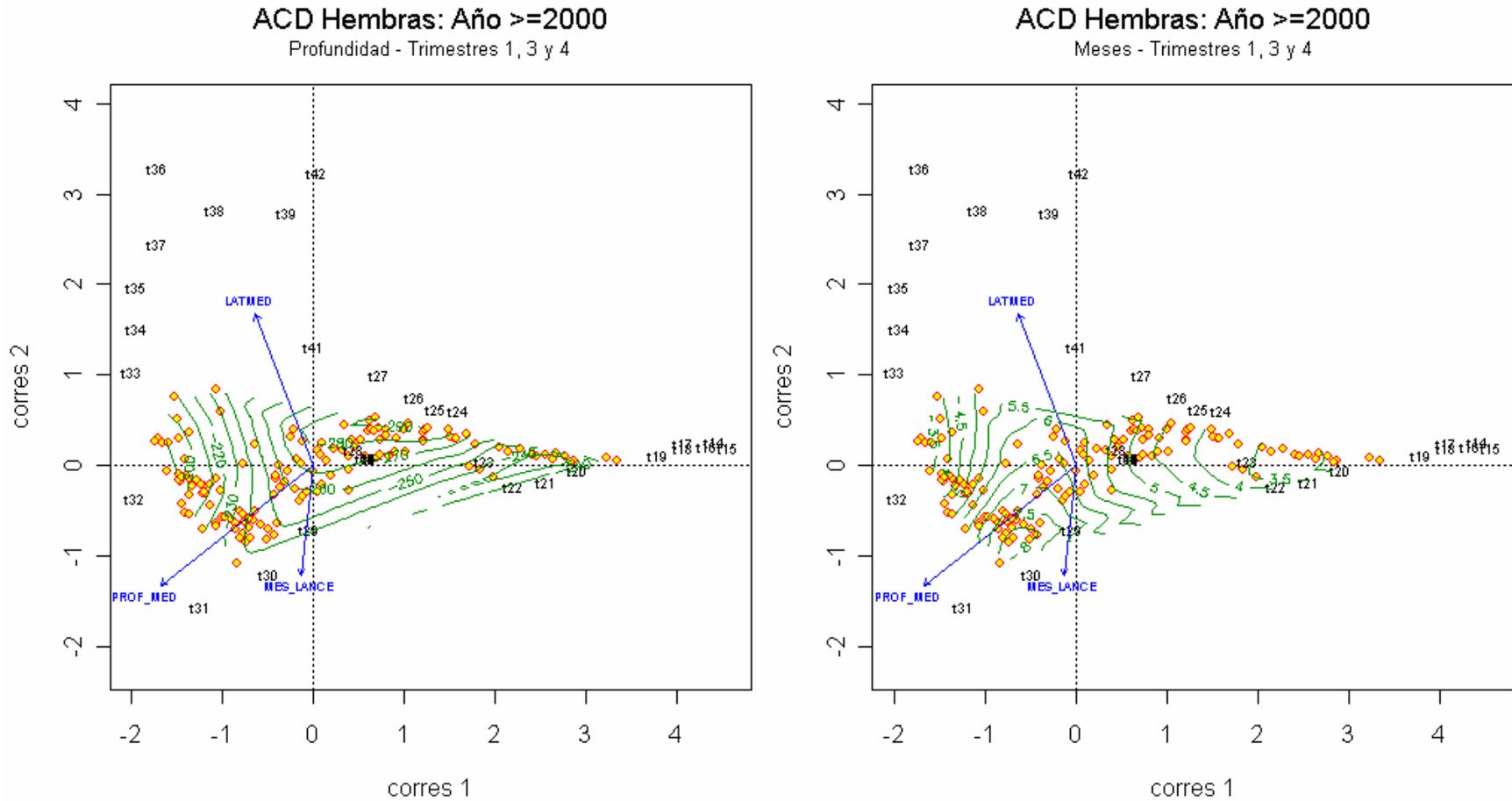


Figura 55: Primer y segundo eje del ACD mostrando la posici3n (puntaje) de los sitios de muestreo (o) y tama1os corporales de hembras (t) entre el per3odo 2000-2005. Las flechas representan la direcci3n del m1ximo cambio de las variables ex3genas profundidad, latitud y meses a lo largo de los dos principales ejes. Las l3neas curvas representan los contornos de profundidad y meses como variables predictivas del ordenamiento de las tallas.

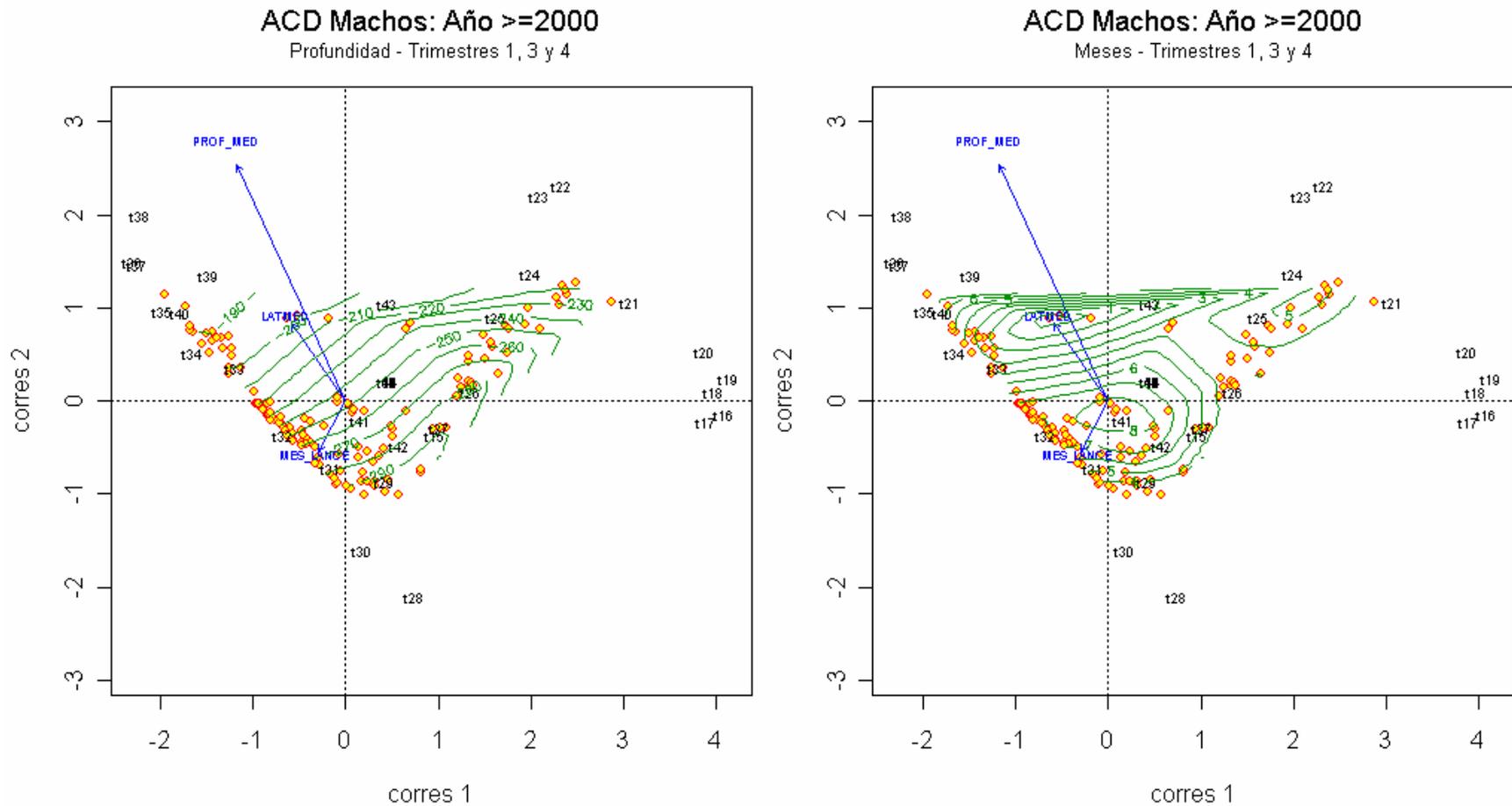


Figura 56: Primer y segundo eje del ACD mostrando la posici3n (puntaje) de los sitios de muestreo (o) y tama1os corporales de machos (t) entre el per3odo 2000-2005. Las flechas representan la direcci3n del m1ximo cambio de las variables ex3genas profundidad, latitud y meses a lo largo de los dos principales ejes. Las l3neas curvas representan los contornos de profundidad y meses como variables predictivas del ordenamiento de las tallas.



4.1.2.3. Variabilidad espacio-temporal de las tallas en la III Regi3n

Desfavorablemente el muestreo de longitud en la III Regi3n se ha focalizado principalmente en tres meses del a1o (julio, agosto y octubre) y acotado al per3odo 2002-2003 (**Figura 26**). Esta delimitaci3n ha imposibilitado detectar relaciones entre los tama1os corporales y alguna de las principales variables explicatorias (**Figura 57 y 58**).

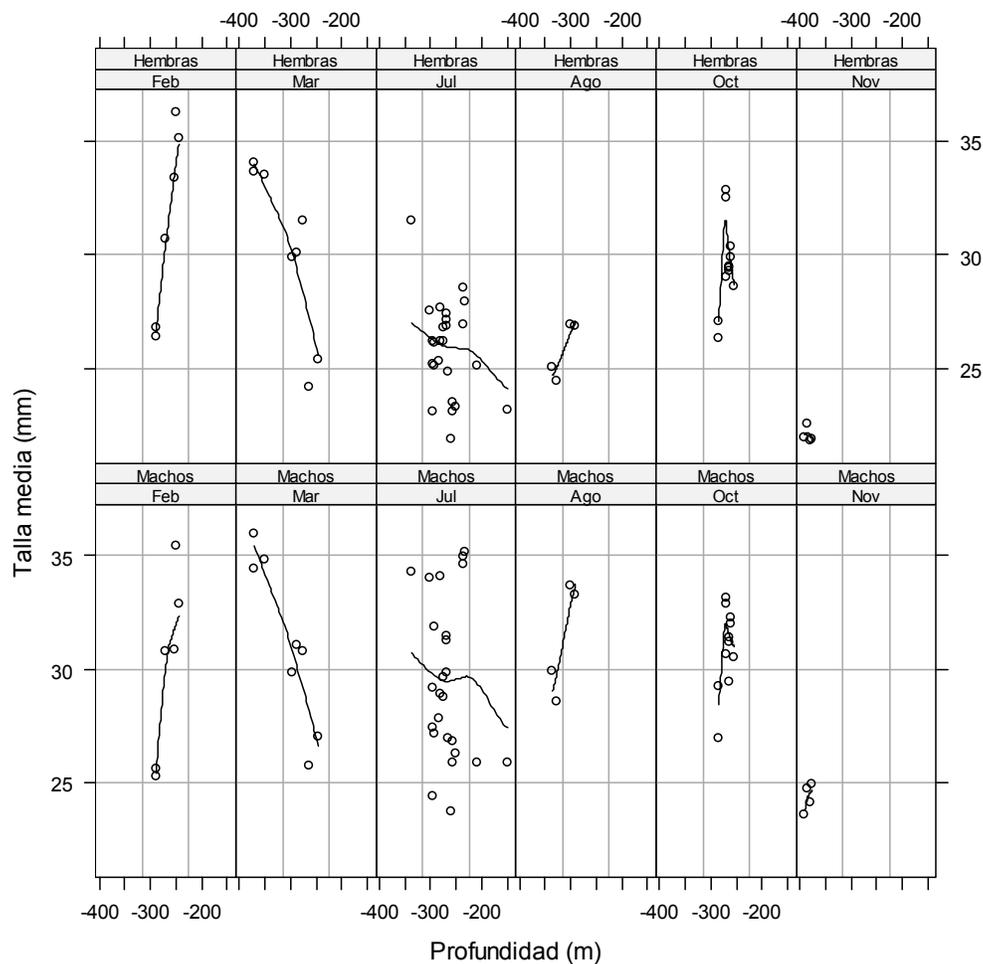


Figura 57: Relaci3n entre el tama1o medio y la profundidad para machos y hembras de *P. monodon* en las agregaciones de la III Regi3n entre el per3odo 2001-2005. Los puntos corresponden al tama1o medio de los individuos medidos en un lance y la l3nea es un suavisamiento con objeto de evidenciar tendencia.

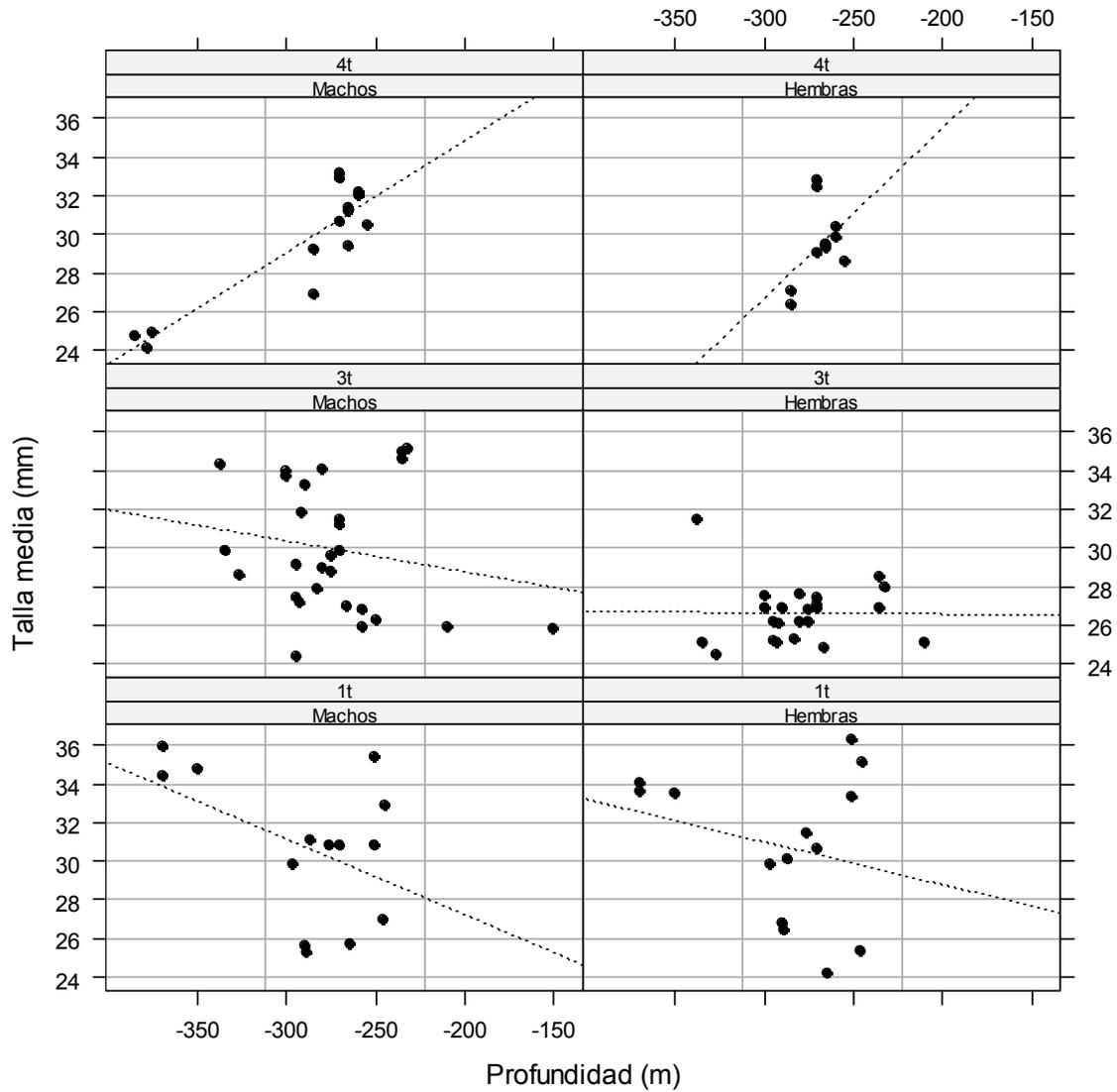


Figura 58: Relaci3n trimestral entre el tama1o medio y la profundidad para machos y hembras de *P. monodon* en las agregaciones de la III Regi3n. Los puntos corresponden al tama1o medio de los individuos medidos en un lance y la l3nea punteada es un ajuste lineal con objeto de evidenciar tendencia

Esta clara deficiencia en la cobertura del muestreo ha imposibilitado la aplicaci3n de los an3lisis multivariados y tambi3n ha impedido deducir alg3n patr3n estructural de la poblaci3n de *P. monodon* que habita las aguas de la III Regi3n.



No obstante lo anterior, se puede señalar que en la III Región los mayores tamaños corporales tienden a encontrarse en torno a los 27° 30' LS, a profundidades entre los 250 y 350 m (**Figura 60**).

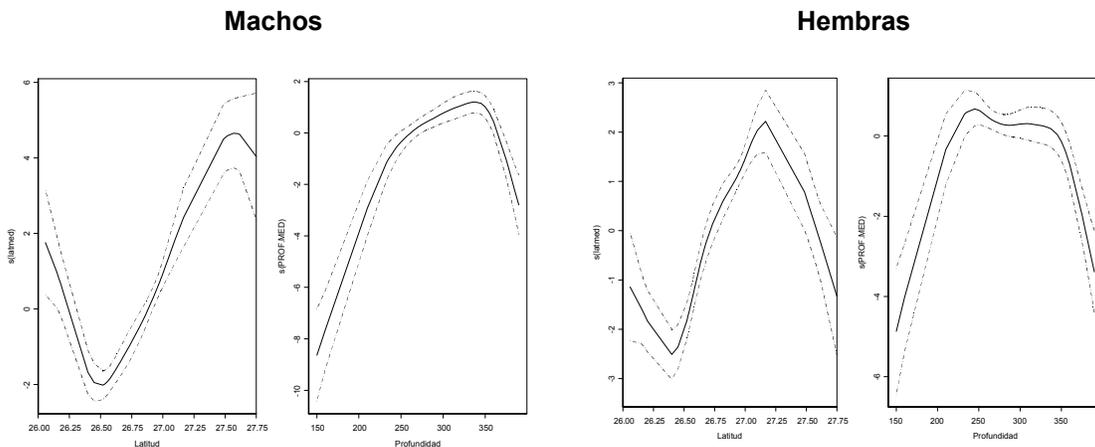


Figura 59: Diagramas mostrando la relación latitud-talla y profundidad-talla, *P. monodon*, III Región período 2000 al 2005.

4.1.3. Variabilidad espacio-temporal de las edades

La composición de clases de edad fue estimada convirtiendo la distribución de frecuencia de tallas a distribución de edad, utilizando la clave talla-edad construida desde la curva de crecimiento y las desviaciones estándar dependientes de las edades (ver Sección 3.5.1). Al igual que en el caso de las tallas medias, las relaciones entre las clases de edad y variables exógenas fueron exploradas a través de análisis exploratorios y métodos multivariados.

Como esta variable es obtenida directamente desde las estructuras de tallas, es nuevamente difícil inferir detalles sobre la estructura y dinámica poblacional de *P. monodon*, por tanto, en esta sección los análisis se enfocarán principalmente sobre los registros biológicos recopilados en la IV Región, donde previamente se ha dejado en manifiesto la existencia de una estructuración espacial que probablemente es explicada por eventos reproductivos.



En consistencia con las tallas medias, las edades modales de *P. monodon* presentan una notoria estructuraci3n por profundidad, principalmente los primeros y 3ltimos meses del a3o (**Figura 60 y 61**). En forma similar a las tallas medias, la estructuraci3n por profundidad no es evidente durante los meses de invierno, donde edades modales mayores a 7 son ausentes en todo el rango de profundidad. Durante estos meses, la proporci3n m3nima del muestreo con respecto al esfuerzo de muestreo anual bordea el 25%, indic3ndonos una adecuada cobertura temporal (**Anexo A Tabla A5**).

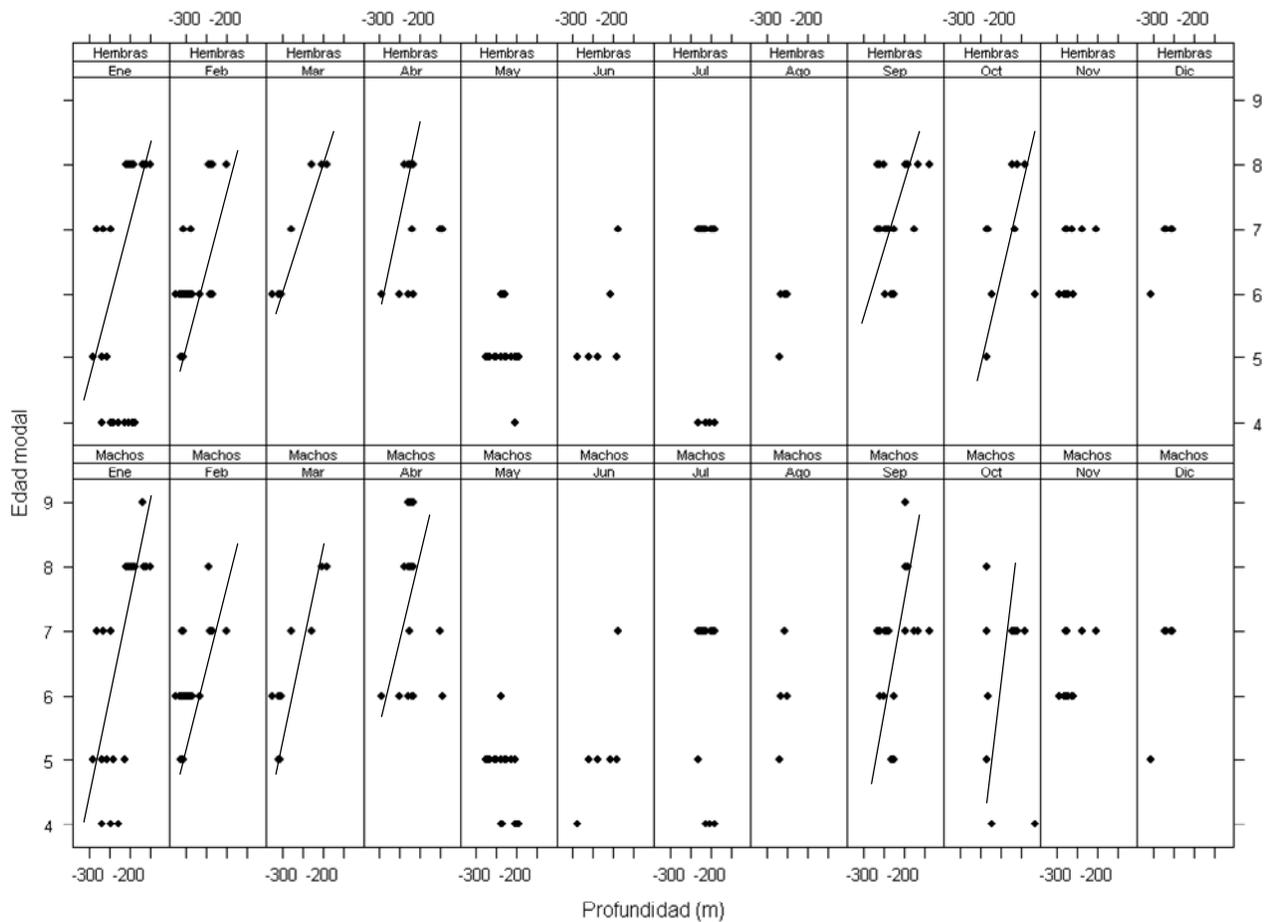


Figura 60: Relaci3n entre la edad modal y la profundidad para machos y hembras de *P. monodon* en las agregaciones de la IV Regi3n entre el per3odo 2001-2005. Los puntos corresponden a la edad modal de los individuos en un lance y la l3nea es un ajuste lineal con objeto de evidenciar tendencia

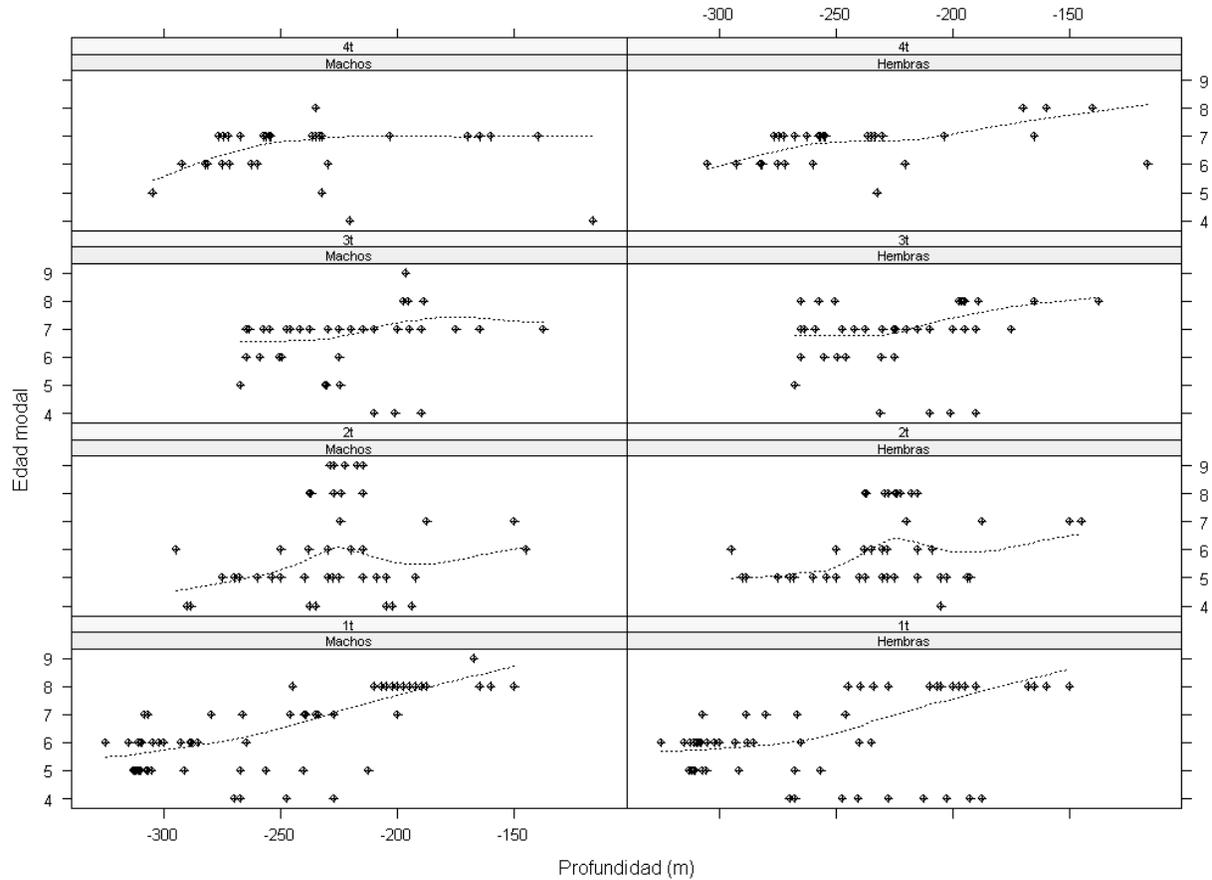


Figura 61: Relaci3n trimestral entre la edad modal y la profundidad para machos y hembras de *P. monodon* en las agregaciones de la IV Regi3n. Los puntos corresponden a la edad modal de los individuos en un lance y la lnea punteada es suavizador con objeto de evidenciar tendencia.

La estructuraci3n por profundidad de *P. monodon* es representada con mayor fuerza entre los 29°30'S y los 29°50'S (**Figura 62**), zona geogr3fica situada al sur de la mayor extensi3n en la plataforma continental de la IV Regi3n.

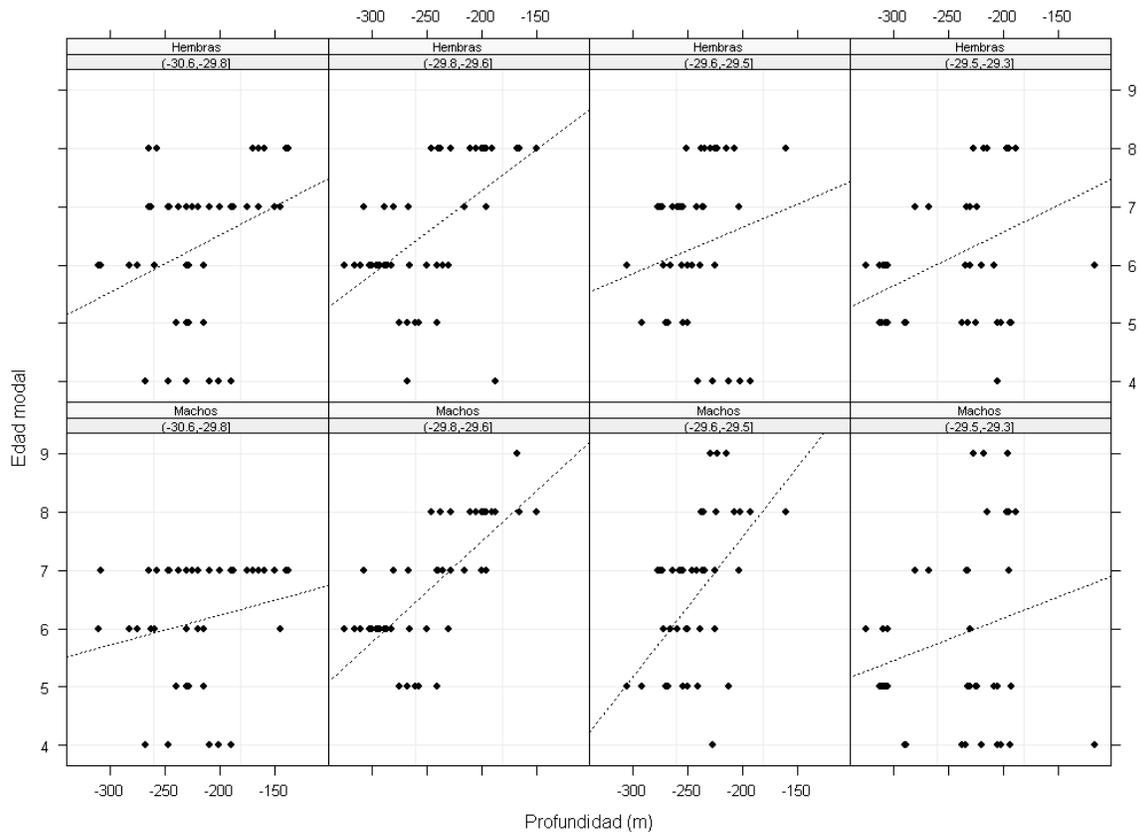


Figura 62: Relaci3n entre la edad modal y la profundidad para machos y hembras de *P. monodon* en cuatro sectores de la IV Regi3n. Los puntos corresponden a la edad modal de los individuos en un lance y la lnea punteada es un ajuste lineal con objeto de evidenciar tendencia

Con objeto de confirmar si es posible distinguir estructuraci3n en las edades a lo largo de la plataforma continental, se graficaron las posiciones latitudinales contra las edades modales, estas 3ltimas clasificadas por estratos de profundidad (**Figura 63**). Como es notorio, no se verifica correlaci3n entre la latitud y las edades modales ($r^2=-0,17$, $p>0,05$), menos aun bajo diferentes estratos de profundidad.

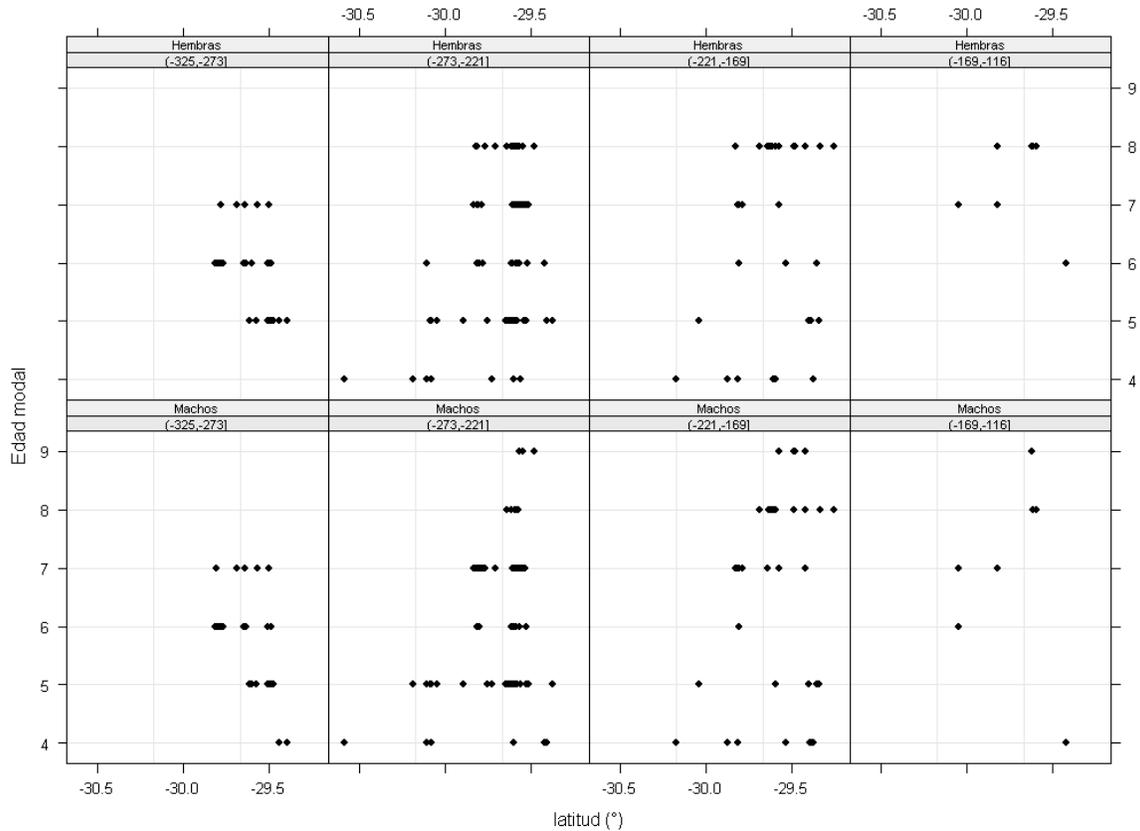


Figura 63: Relaci3n entre la edad modal y la longitud para machos y hembras de *P. monodon* en cuatro estratos de profundidad de la IV Regi3n. Los puntos corresponden a la edad modal de los individuos en un lance y la lnea punteada es un ajuste lineal con objeto de evidenciar tendencia.

4.1.4. Clasificaci3n de las edades en la IV Regi3n

a) An3lisis de clasificaci3n

Los resultados del an3lisis de cluster aplicado sobre las composiciones de edades de hembras, muestran cuatro clasificaciones (cluster) de lances (**Figura 64**). El cluster 1 esta compuesto principalmente de ejemplares adultos y completamente maduros, este cluster esta estructurado principalmente por individuos de edad 8 (**Figura 65**) que habitan



profundidades en torno a los 200 m (**Figura 66**). La distribuci3n del cluster 2, que agrupa principalmente ejemplares de edad 7, muestra un rango intercuartil entre 220 y 270 m., con individuos habitando profundidades en torno a los 240 m. Los restantes cluster, que agrupan principalmente individuos en proceso de madurez y edades entre 4 a 6 (**Figura 65**), presentan una distribuci3n centrada en profundidades mayores a 250 m y una evidente asimetría hacia profundidades mayores (**Figura 66**).

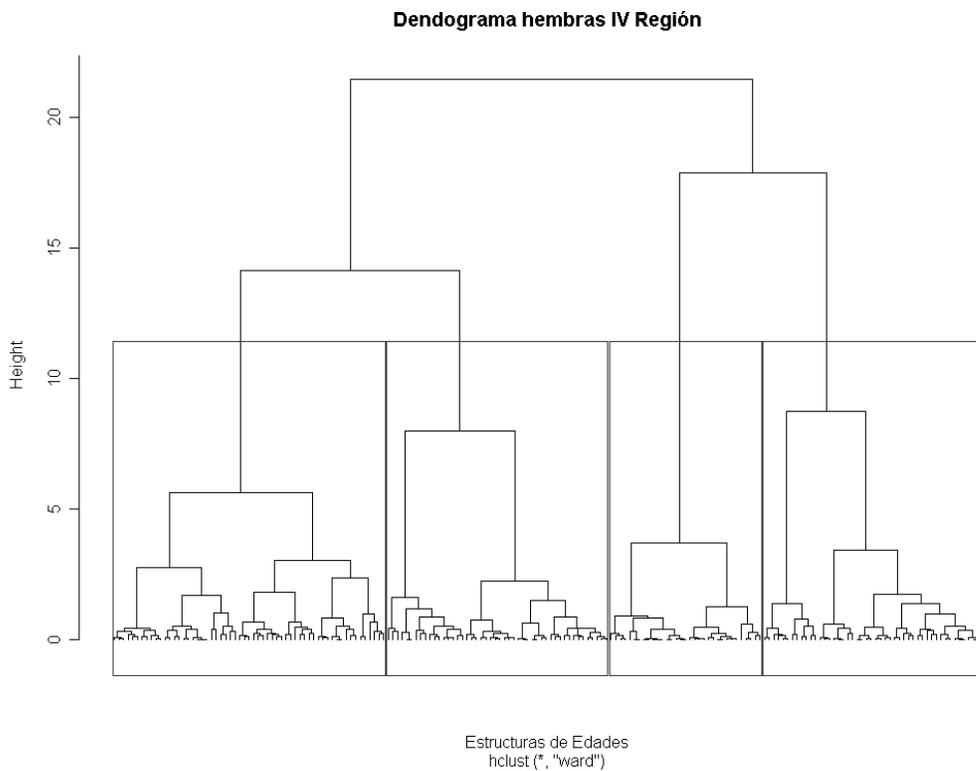


Figura 64: Distancia euclidiana de la composici3n de edades de hembras y clusters seleccionados (recuadros)

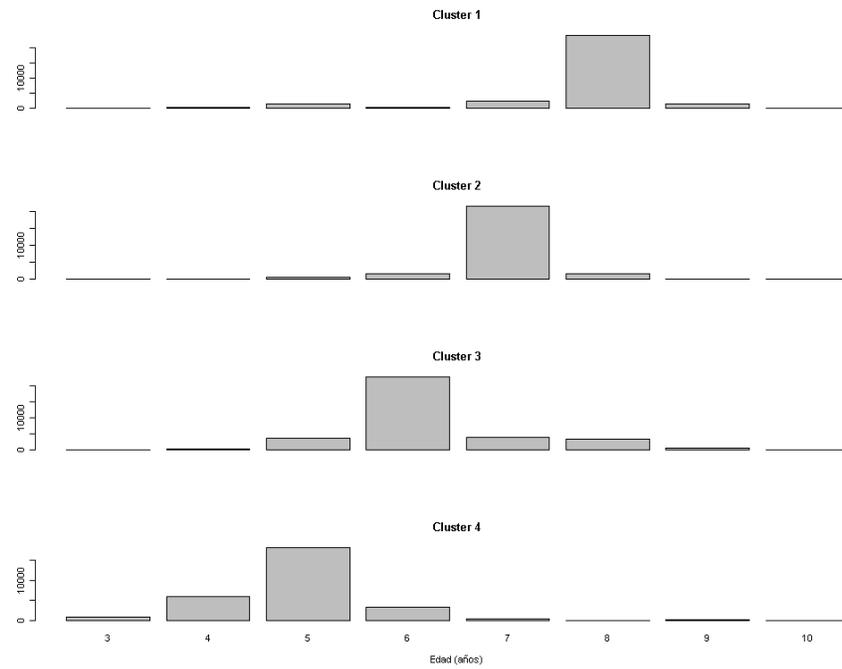


Figura 65: Estructuras de edades para las hembras de *P. monodon*, en los diferentes cluster identificados en la IV Regi3n

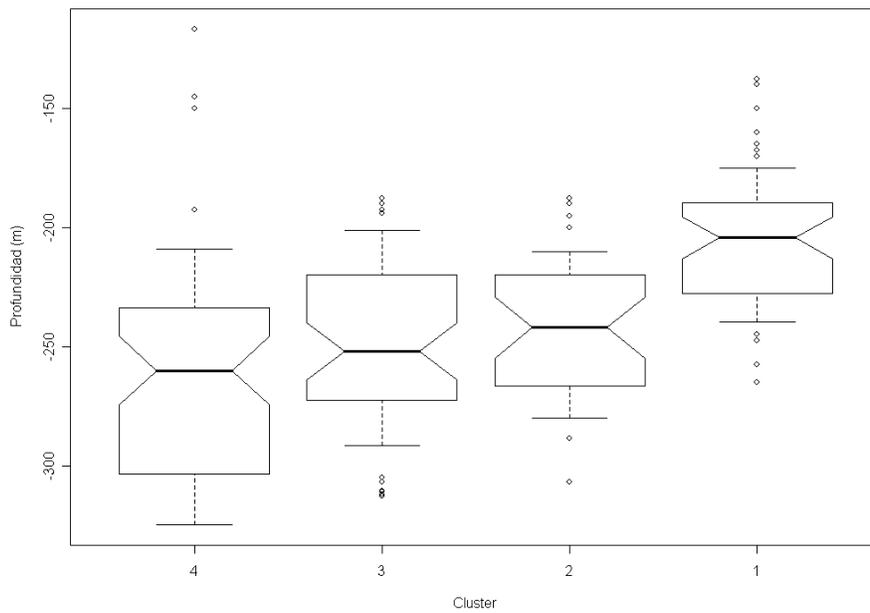


Figura 66: Distribuci3n de profundidad de los lances que estructuran cada uno de los cluster de hembras



Al igual que en las hembras, el an3lisis de cluster sobre los machos clasifica y agrupa cuatro conjuntos de lances (**Figura 67**) con notorias diferencias en los grupos et3reos (**Figura 68**). Un primer grupo (cluster 1) re3ne individuos de edad 4 y 5, los cuales son inmaduros o han alcanzado recientemente la madurez (edad donde el 50% de los individuos son maduros). Dos grupos intermedios (cluster 2 y 3) integrados principalmente por individuos adultos de edad 6 y 7. Y finalmente, un cuarto grupo (cluster 4) que re3ne individuos adultos por sobre la edad 8, y que seg3n el modelo de madurez (ver secci3n 4.3.2) estar3an completamente maduros. Estos grupos, al igual que las hembras, muestran una estructura espacial que estar3a explicada principalmente por las profundidades que habitan; individuos inmaduros, o que recientemente han alcanzado la madurez, en profundidades en torno a los 260 m, e individuos adultos completamente maduros en aguas m3s someras que bordean los 200 m de profundidad (**Figura 69**).

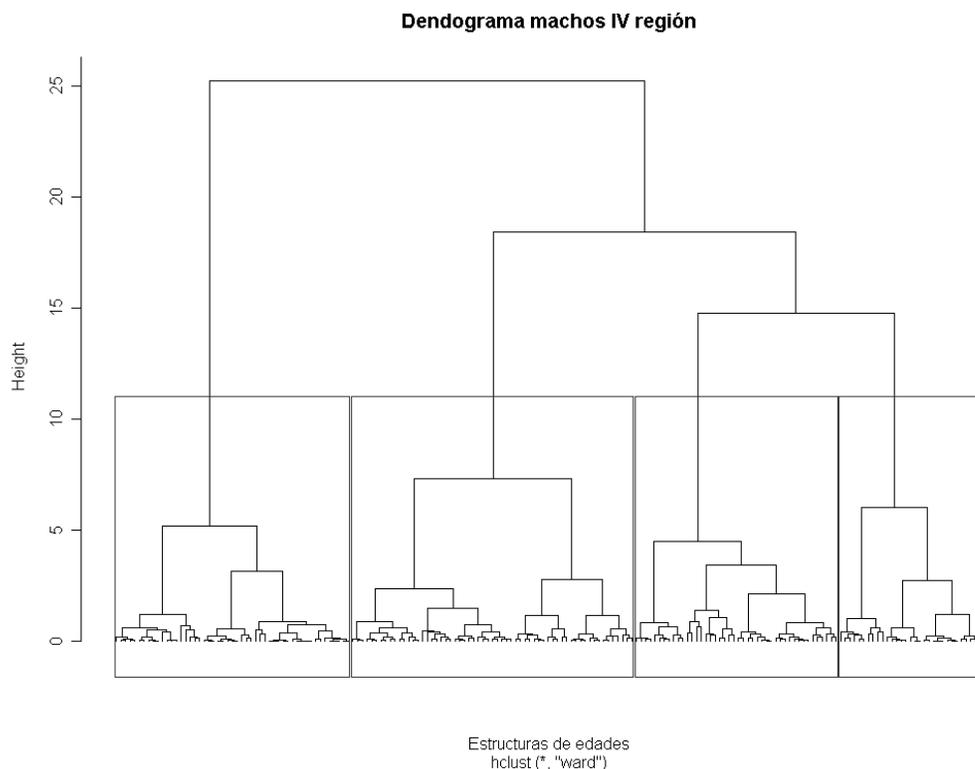


Figura 67: Distancia euclidiana de la composici3n de edades de machos y clusters seleccionados (recuadros)

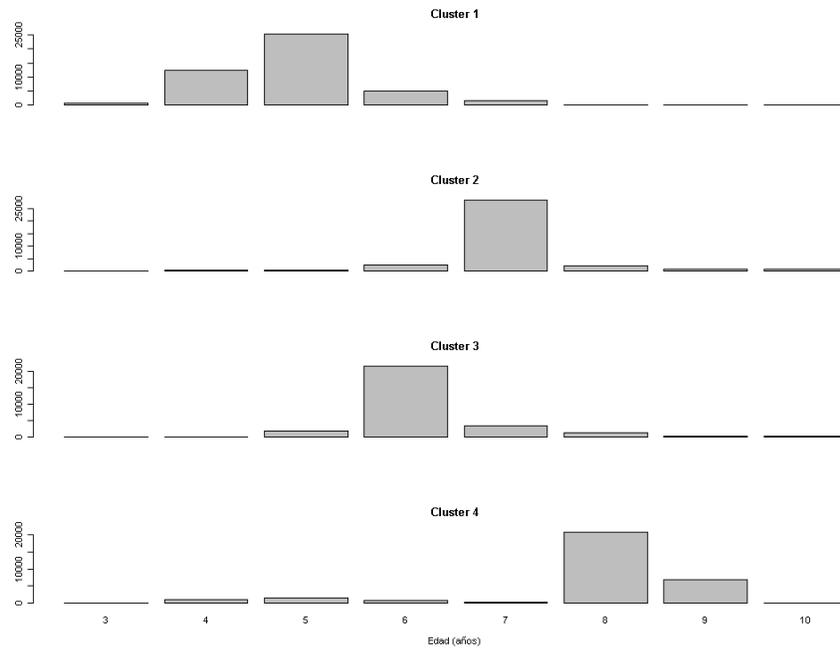


Figura 68: Estructuras de edades para los machos de *P. monodon*, en los diferentes cluster identificados en la IV Regi3n

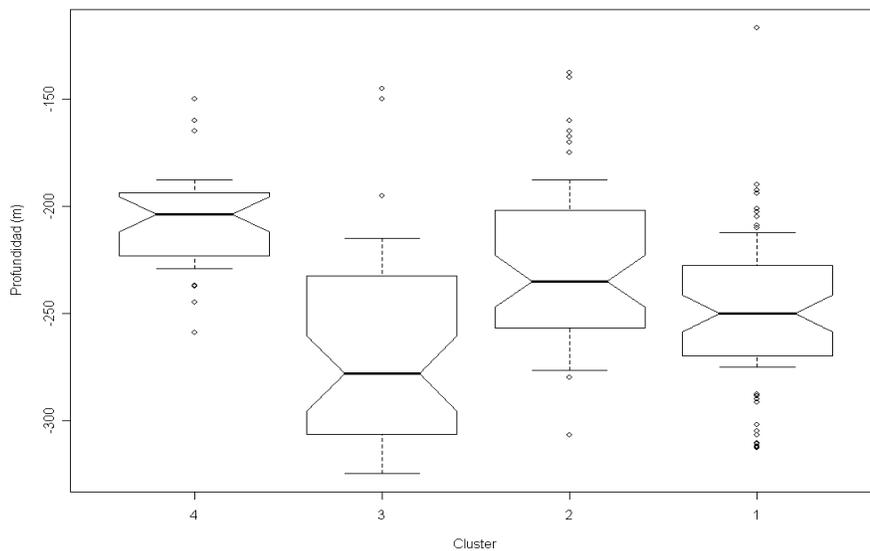


Figura 69: Distribuci3n de profundidad de los lances que estructuran cada uno de los cluster de machos



4.1.5. Variabilidad espacio-temporal de los componentes de la población en la IV Región

En consistencia con los cuartiles de la función de madurez logística, la primera componente poblacional (Componente I) representa individuos inmaduros menores a 22,2 mm LC, presumiblemente menores a 4 años. La Componente II agrupa a los individuos que han alcanzado la talla de madurez (talla donde el 50% de los individuos se encuentran maduros) y alcanzarían edades entre 4 y 6 años. Los restantes dos componentes (Componente III y IV) representan individuos de edades mayores a 6 años, que se encuentran completamente maduros o han alcanzado la madurez total recientemente.

Los resultados de los análisis multivariados indican que la estructura poblacional de *P. monodon*, descrita en términos de los tamaños corporales, edad y densidad, esta asociada primordialmente con la profundidad y la estacionalidad. Sin embargo, no se ha mencionado cuales son los procesos poblacionales más probables que estarían guiando esta asociación.

Se mencionó que las características espaciales y temporales de la población de *P. monodon* son coincidentes con el patrón estacional del procesos de portación de huevos y reproducción. Los resultados del análisis exploratorio de los componentes de la población refuerzan esta sospecha. Por un lado, en la **Figura 70 y 71** se muestran las proporciones de las componentes poblacionales por sexo y estratos de profundidad, donde es claramente distinguible la reducción del Componente IV (individuos completamente maduros o han alcanzado la madurez total) a medida aumenta la profundidad, y contrariamente, el aumento de las componentes que representan a los individuos inmaduros (Componente I y II). Este resultado probablemente indica que la estructura espacial de *P. monodon* esta condicionada a eventos reproductivos que ocurrirían en aguas someras.

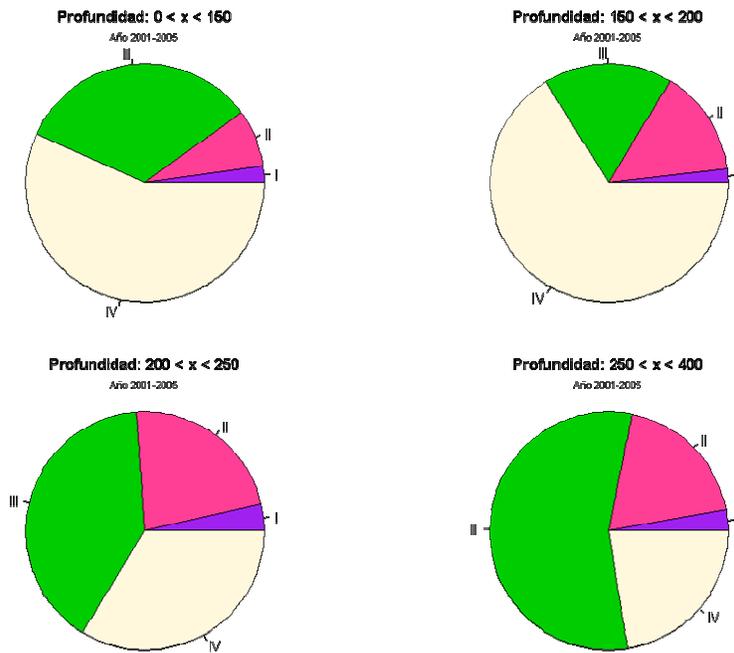


Figura 70: Proporci3n de las componentes poblacionales para hembras en diferentes estratos de profundidad entre el per3odo 2001-2005

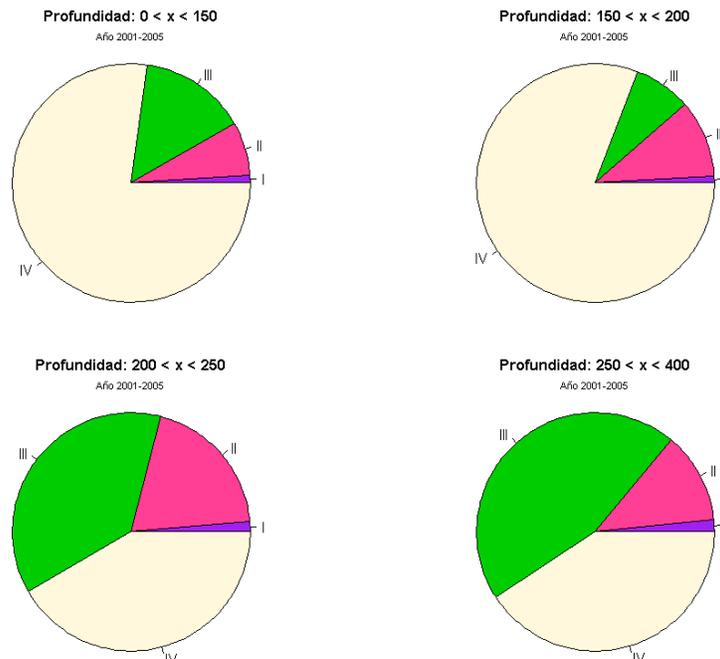


Figura 71: Proporci3n de las componentes poblacionales para machos en diferentes estratos de profundidad entre el per3odo 2001-2005



Los individuos maduros (Componentes III y IV) se observan en aguas someras principalmente durante los primeros y 3ltimos meses del a3o, con un leve gradiente desde aguas profundas a aguas someras a medida transcurren los meses. Reforzando nuestra hip3tesis de estructuraci3n en profundidad, este an3lisis adem3s muestra que los individuos inmaduros son escasamente visibles en aguas someras durante la mayor parte del a3o (**Figura 72 y 73**).

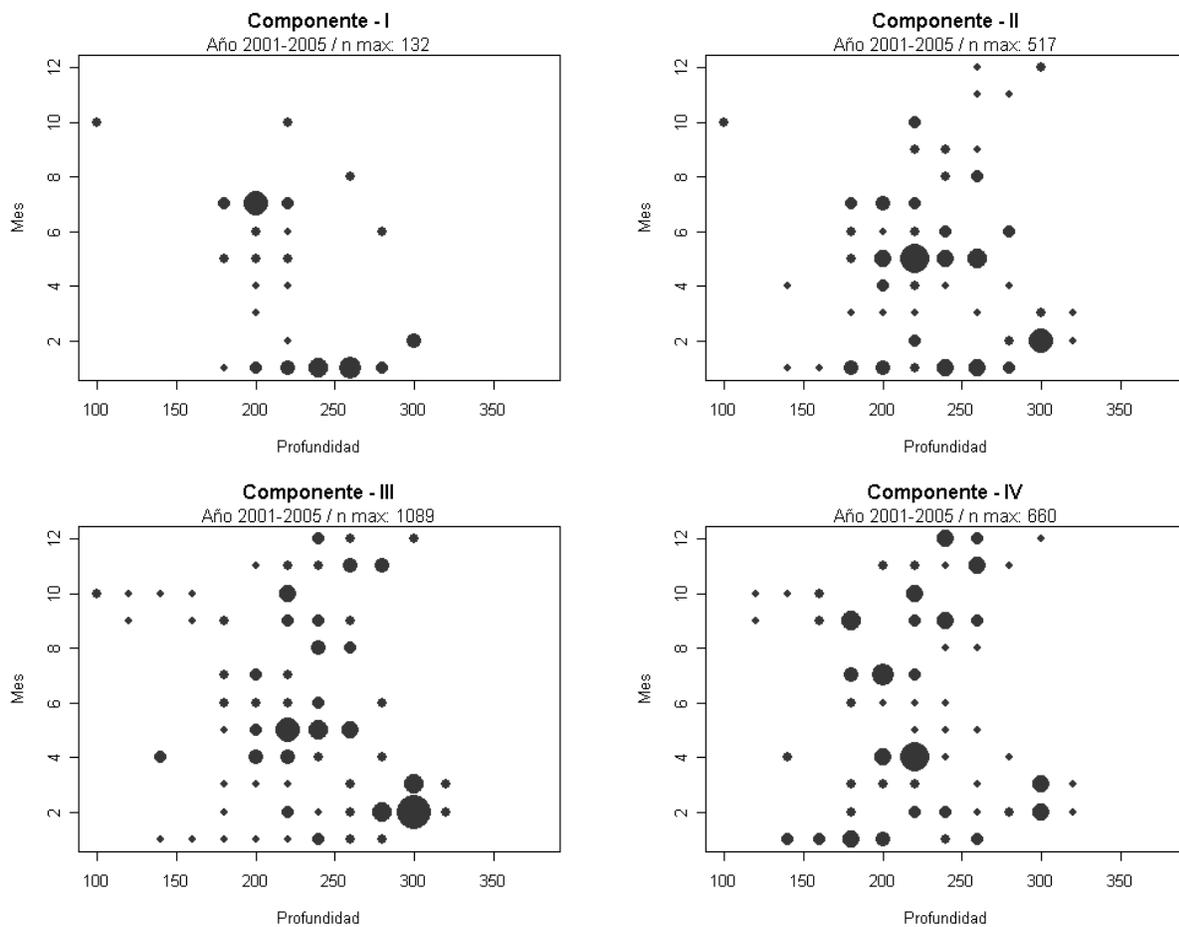


Figura 72: N3mero de ejemplares hembras para cada componente poblacional por estrato de profundidad y mes de muestreo. Los c3rculos son proporcionales al n3mero m3ximo (n max) de ejemplares observados por mes y estrato de profundidad.



La persistencia de individuos maduros en aguas someras durante inicios y fines de años para eventos reproductivos posiblemente esta condicionado la estructura espacial de la población de *P. monodon* durante estos meses. Por el contrario, durante los meses de invierno cuando los ejemplares maduros no están presentes en aguas someras, y probablemente migren a aguas más profundas, la estructura poblacional es escasamente detectable.

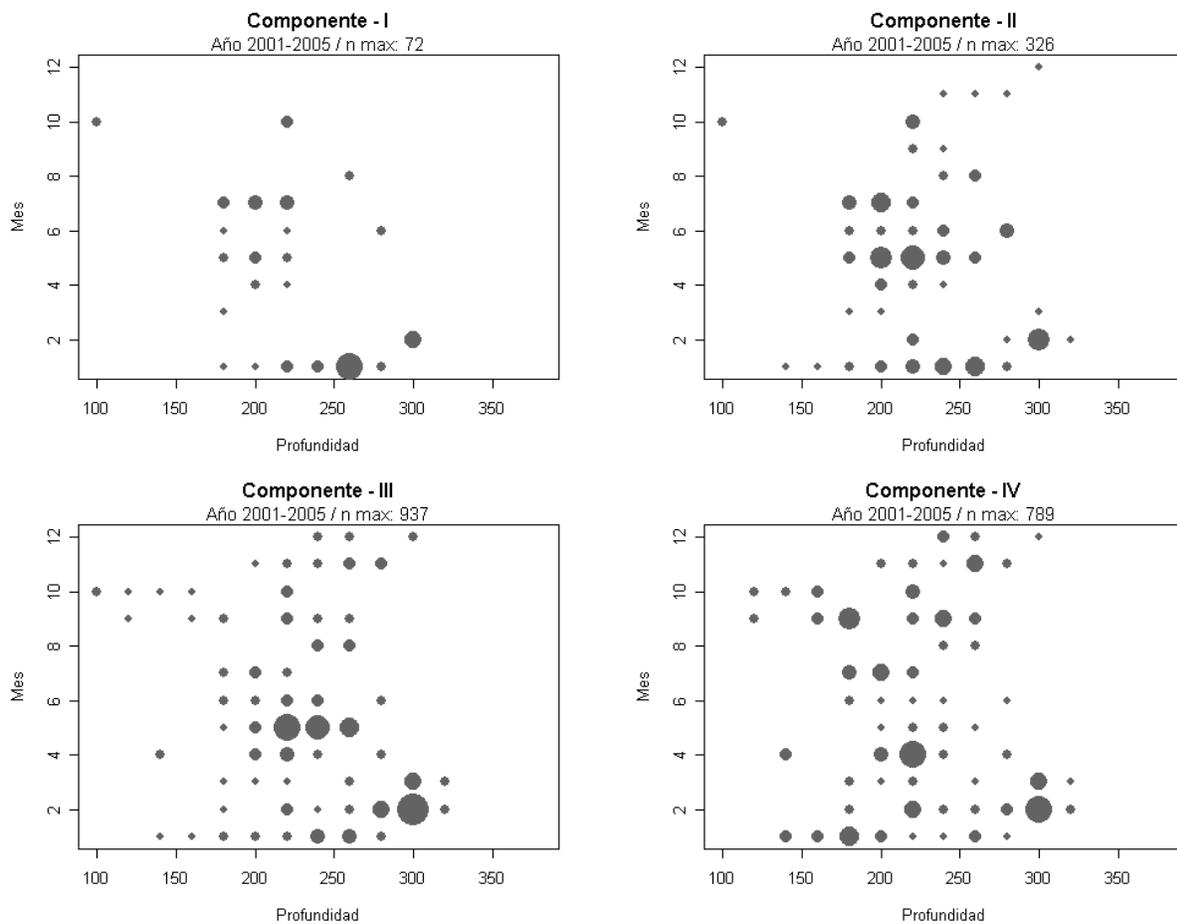


Figura 73: Número de ejemplares machos para cada componente poblacional por estrato de profundidad y mes de muestreo. Los círculos son proporcionales al número máximo (n max) de ejemplares observados por mes y estrato de profundidad.



El an3lisis temporal de las componentes poblacionales se3ala que en la IV Regi3n se observan las m3s altas densidades de individuos maduros (Componente IV) (**Figura 74**), y como es esperable debido a al dimorfismo sexual, los machos muestran mayor densidad que las hembras durante toda la serie analizada.]

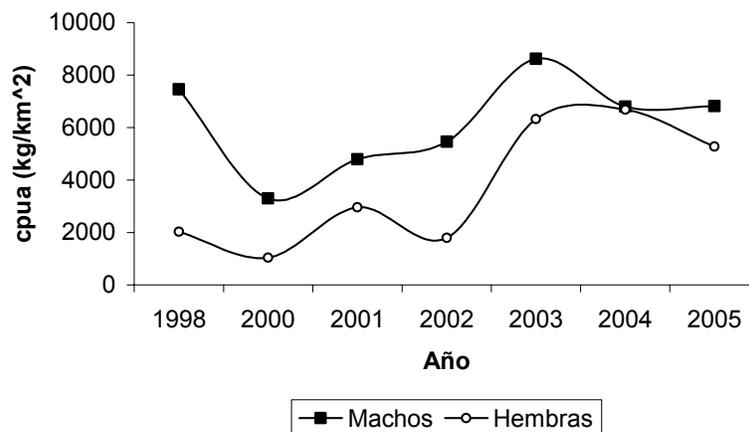


Figura 74: Series de densidades medias estimadas (kg/km²) para *P. monodon*, en la IV Regi3n segun sexo para la Componente IV (>26.04 mm).

Respecto a las componentes de ejemplares de menor tama3o, se puede apreciar que en general presentan la misma tendencia para machos y hembras, con m3ximas densidades para la Componente I de ejemplares inmaduros (< 22.17 mm) en el a3o 2003, mientras en el a3o 2005 se presentan niveles de densidad similares para todos los componentes menores a 26.04 mm (**Figura 75**).

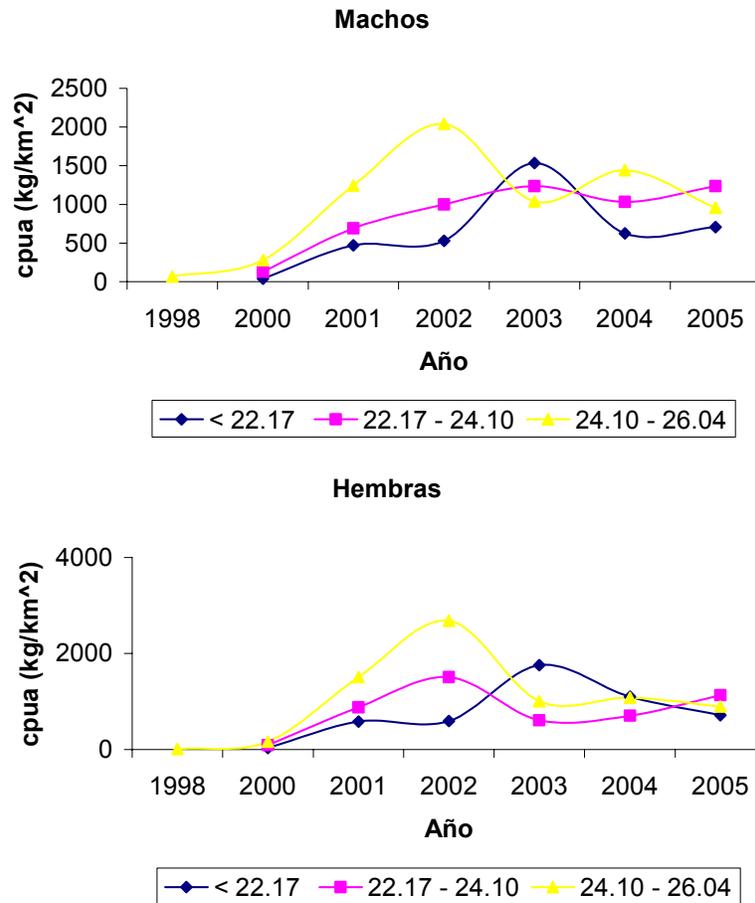


Figura 75: Series de densidades medias estimadas (kg/km²) para *P. monodon*, en la IV Regi3n segun sexo para las Componentes I, II y III.

Desde la relaci3n entre las densidades de las componentes poblacionales y su variabilidad en latitud y profundidad, se puede observar que para todas las componentes no habr3a cambios de importancia en las densidades a diferentes profundidades, pero s3 diferencias en una gradiente latitudinal. Efectivamente, el an3lisis muestra que la componente de ejemplares maduros (Componente IV) presenta un fuerte incremento entre los 29° 30' y 29° 45' LS, patr3n que es opuesto a las variaciones en las densidad de las Componentes II y III (ejemplares entre 22.17 y 26.04 mm) (**Figura 76 - 79**).

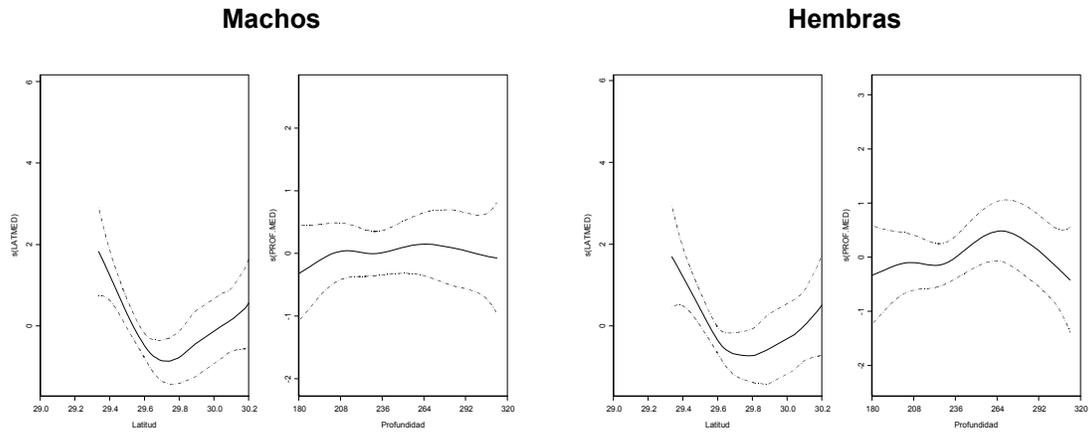


Figura 76: Diagramas mostrando la relaci3n entre la densidad (kg/km²) de la Componente I y las variaciones en latitud y profundidad, IV Regi3n per3odo 2000-2005.

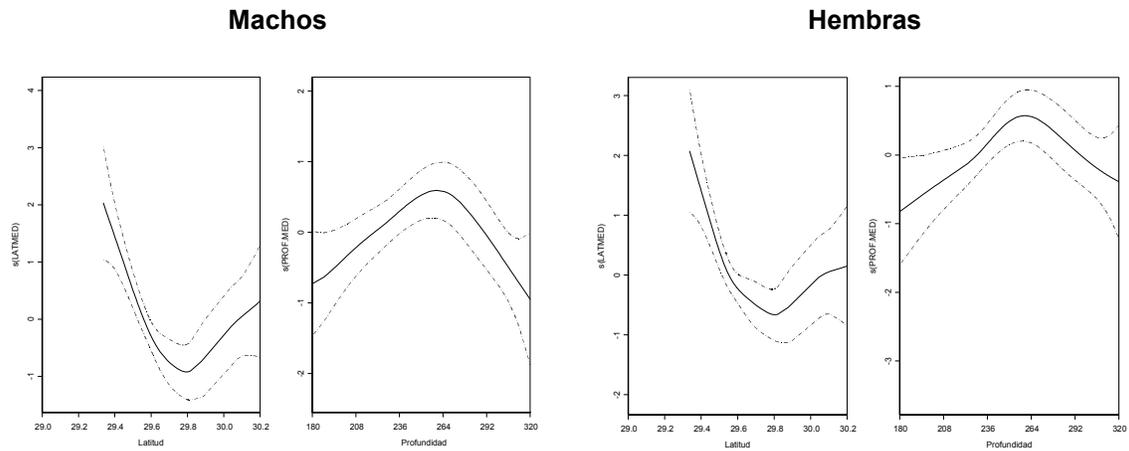


Figura 77: Diagramas mostrando la relaci3n entre la densidad (kg/km²) de la Componente II y las variaciones en latitud y profundidad, IV Regi3n per3odo 2000-2005.

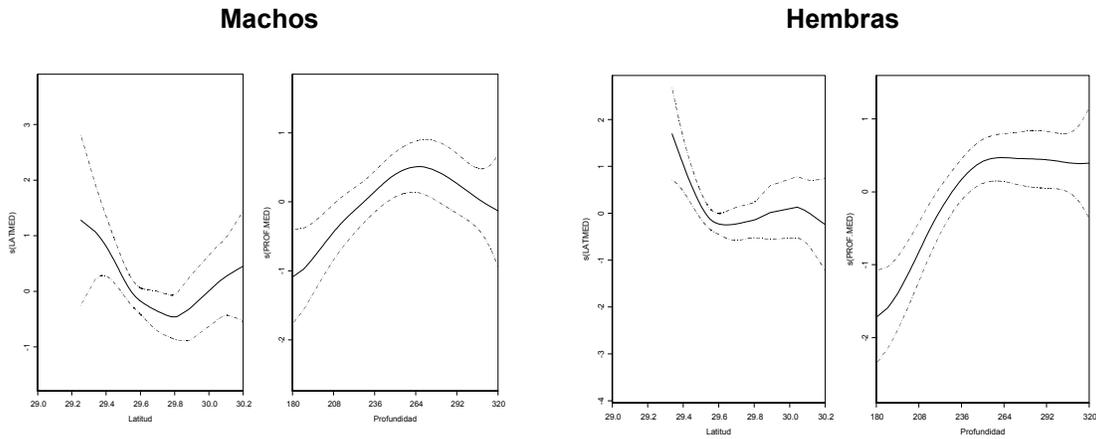


Figura 78: Diagramas mostrando la relaci3n entre la densidad (kg/km²) de la Componente III y las variaciones en latitud y profundidad, IV Regi3n per3odo 2000-2005.

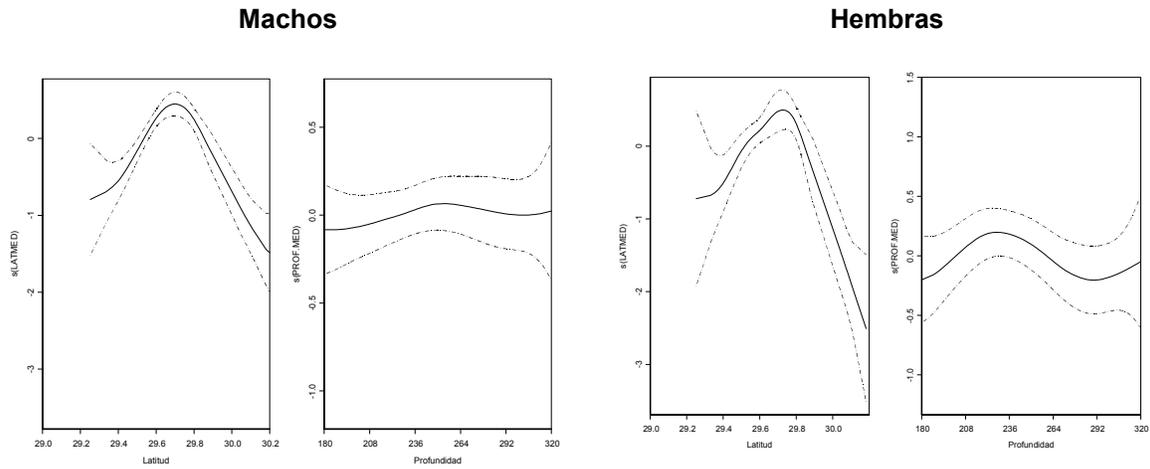


Figura 79: Diagramas mostrando la relaci3n entre la densidad (kg/km²) de la Componente IV y las variaciones en latitud y profundidad, IV Regi3n per3odo 2000-2005.



4.2. Segundo objetivo específico: Determinar y caracterizar aspectos relativos a la dinámica poblacional del langostino colorado entre la III y IV Regiones

4.2.1. Modelamiento espacial de la estructura poblacional

Los variogramas experimentales en diferentes direcciones de las variables edad modal, talla media y componente poblacionales agrupadas por trimestres (**Anexo D Figuras 126-131, códigos Anexo G**), son indicativos de una estructura espacial y apuntan a la existencia de un gradiente longitudinal. Con objeto de no obstaculizar la descripción de la estructura espacial de *P. monodon*, en esta sección se presentan únicamente los resultados obtenidos de la variable edad modal, que en los análisis exploratorios muestra la mayor correlación espacial.

Los variogramas omnidireccionales y direccionales (0, 45, 90 y 135 grados) para la edad modal de *P. monodon* al agrupar todos los registros entre el período 2001-2005 (**Figura 80**), muestran diferentes estructuras espaciales a diferentes direcciones angulares, con un menor sill (menor variabilidad) y un menor rango en la dirección de 45°, indicando una menor continuidad espacial. En la dirección angular de 90° se observó un comportamiento errático del variograma empírico exhibiendo posiblemente una anisotropía por sill. Sin embargo, en el variograma omnidireccional y en las direcciones angulares restantes (0° y 135°) se observó una similar estructura espacial (casi idénticos), con un mayor sill (mayor variabilidad) y con rangos similares entre los 15 y 20 kilómetros. De cualquier modo, el variograma empírico en los 45° sugiere que la estructura espacial, aunque con menor variabilidad y un rango de correlación (Fig. 1), presenta una combinación de anisotropía geométrica y zonal (Isaaks & Srivastava, 1989; Pebesma & Wesseling, 1998).

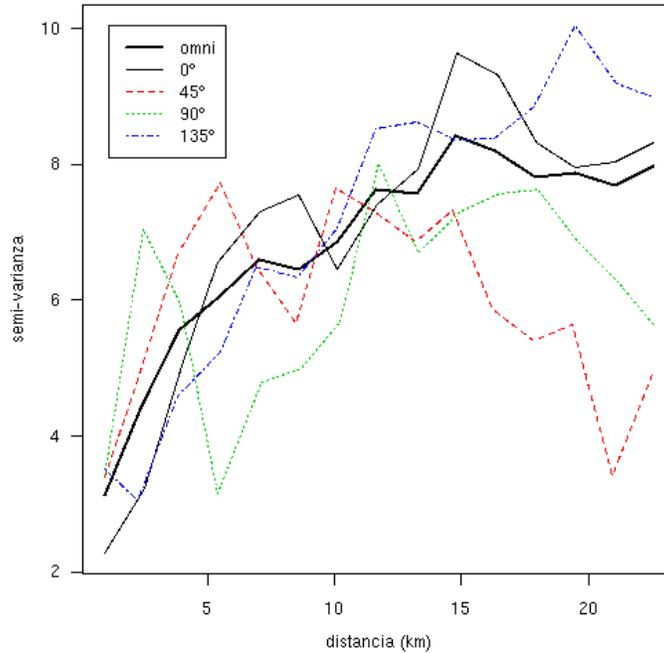


Figura 80: Variogramas direccionales de las edad modal de *P. monodon* para el periodo 2001-2005

Para soslayar las dificultades de obtener cuantitativamente el mejor ángulo que representa la continuidad espacial, se utilizó el método gráfico de contornos superficiales de los variogramas empíricos en el espacio bidimensional, que es más informativo para evaluar la anisotropía (Isaaks & Srivastava, 1989; Haining, 1990; Ecker & Gelfand, 1999). Contornos circulares indican isotropía mientras que contornos elípticos capturan la anisotropía geométrica (mayor continuidad espacial), la que fue observada en la dirección de 76° con una orientación noreste (**Figura 81**).

En esta dirección (76°), que representa el ángulo de máxima continuidad espacial el variograma direccional, fue ajustado un modelo esférico direccional (**Figura 82**). El procedimiento formal de estimación del variograma fue calculado usando el algoritmo iterativo de quasi-newton mediante la minimización de las distancias cuadradas entre el variograma teórico y el empírico.

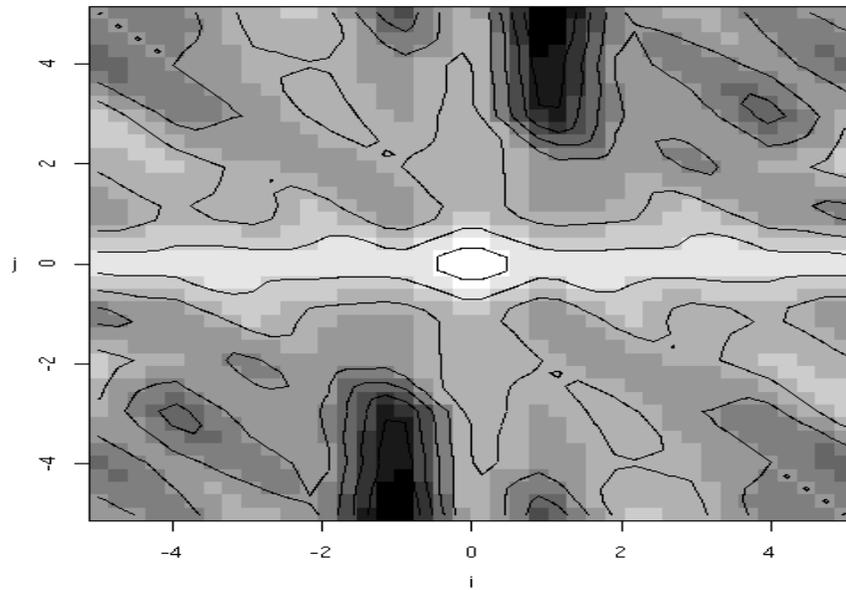


Figura 81: Gráfico de contornos superficiales de los variogramas empíricos direccionales para *P. monodon* en el período 2001-2005.

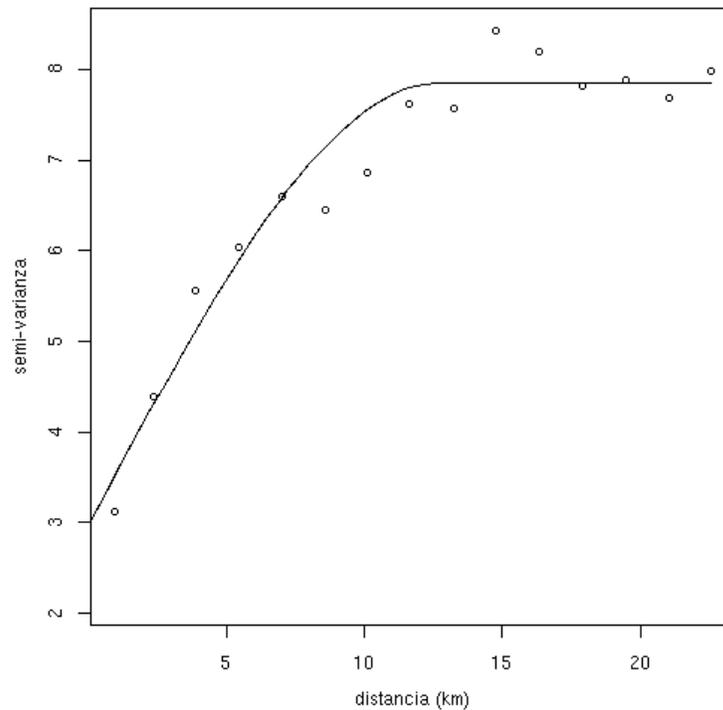


Figura 82: Modelo esférico ajustado al variograma empírico en la direcci3n de máxima continuidad espacial para *P. monodon* en el período 2001-2005.



El mapeo de la variable aleatoria edad modal fue realizado usando los parámetros encontrados en el ajuste del variograma empírico por medio de la técnica estadística kriging ordinario puntual, bajo una búsqueda circular de los vecinos cercanos a 13 km. Las edades modales mayores identificadas en el análisis parecen estar ordenadas de manera secuencial en el espacio desde una mayor profundidad (edades menores) a una menor profundidad (edades mayores) en una orientaci3n noreste (**Figura 83**) dado por la lnea de costa. Los mayores focos de concentraci3n estuvieron localizados entre Pta. Totalillo y Pta. Teatinos, donde es posible visualizar este gradiente creciente de las edades modales en direcci3n noreste. La aparente reducci3n de las edades modales en las vecindades cercanas a la costa, obedece a la perdida de continuidad espacial en el variograma y no a un gradiente detectado en los datos.

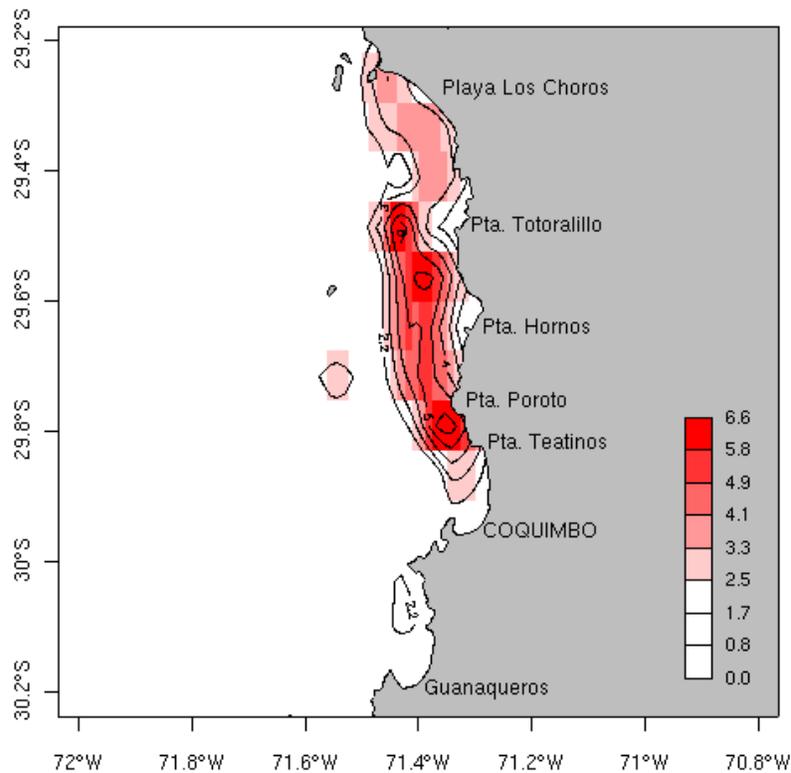


Figura 83: Mapa de la distribuci3n espacial de las edades modales de *P. monodon* por medio del kriging ordinario puntual para el per3odo 2001-2005.



Con objeto de verificar si esta estructura espacial es persistente a trav3s de a1o, los variogramas experimentales trimestrales en la direcci3n de m3xima continuidad fueron ajustados a un modelo esf3rico (**Anexo D Figuras 132 y 133**). El mapeo por medio del kriging muestra que durante el primer y 3ltimo trimestre se presenta una fuerte estructura espacial con gradiente en las edades modales desde aguas profundas a aguas someras (**Figura 84**). Estos resultados son altamente consistentes con los an3lisis multivariados.

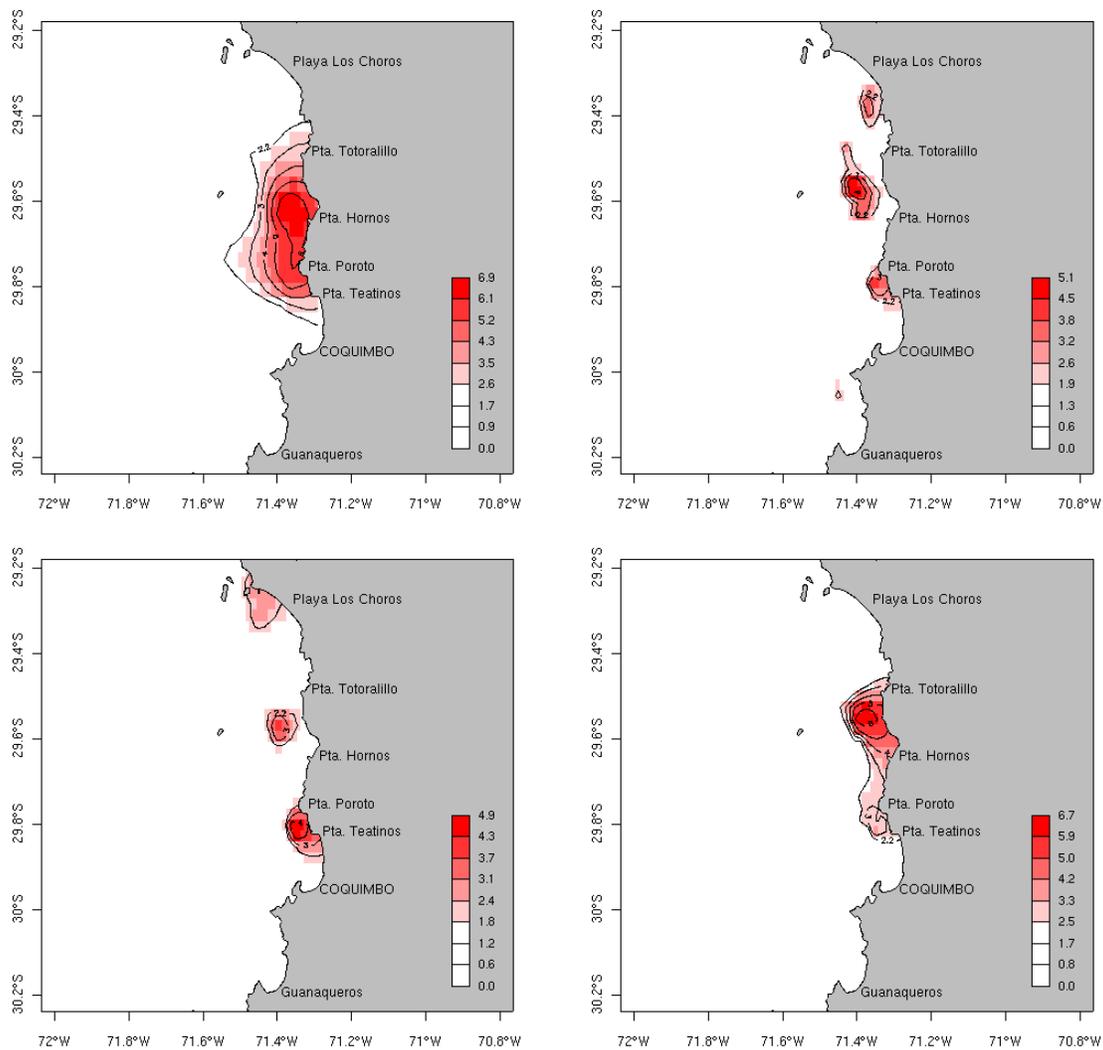


Figura 84: Mapa de la distribuci3n espacial de las edades modales de *P. monodon* para el primer (arriba-izquierda), segundo (arriba-derecha), tercer (abajo-izquierda) y cuarto (abajo-derecha) trimestre del per3odo 2001-2005, por medio del kriging ordinario puntual.



4.2.2. Etapas y distribución larvaria

La vida larvaria de *P. monodon* básicamente está integrada por cinco estadios zoeas (I-V), de los cuales en el estadio IV (**Figura 85**) se distinguen cinco subestadios (Estadios IVa, b, c, d, y e) y un subestadio en el estadio V (**Figura 86**). Las características morfológicas a nivel general de las especies de la familia Galatheidae fueron precisados por (Gurney 1942) y generalizados por (Baéz 1997) para las especies de la familia Galatheidae presentes en aguas chilenas.

Las características morfológicas que separan a las larvas de las especies Galatheidae de las zoeas de otras especies de decápodos presentes en aguas de Chile consisten, en términos muy generales, principalmente en: a) La forma del caparazón tendiente a ovalado; b) La ausencia en el caparazón de espinas cefálica o dorsal y laterales; c) Telson con márgenes distales redondeados o convexos y con una pequeña espina a cada lado; d) Margen posterior del caparazón aserrado y, d) Somitos abdominales sin espinas sobre los márgenes posteriores. A estos antecedentes hay que agregar que el borde posterior del caparazón a ambos lados, se observa tendiente a aguzado en vista dorsal. A nivel específico es posible diferenciar las larvas de otros decápodos galateidos, en base a las características señaladas en la TABLA 2 (Fagetti & Campodónico 1971; Palma 1994).

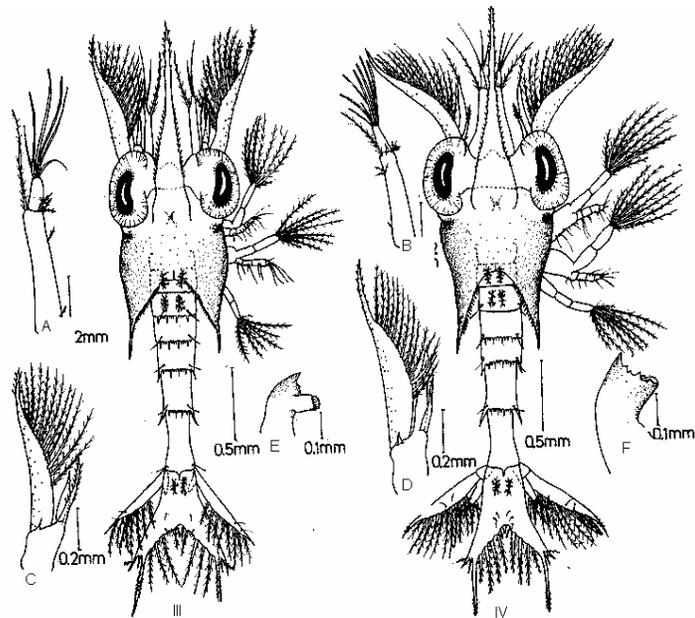


Figura 85: Larva de *Pleuroncodes monodon*. III y IV: Estadios 3 y 4; A y B: ant3nulas; C y D: antenas; E y F: Mand3bula.

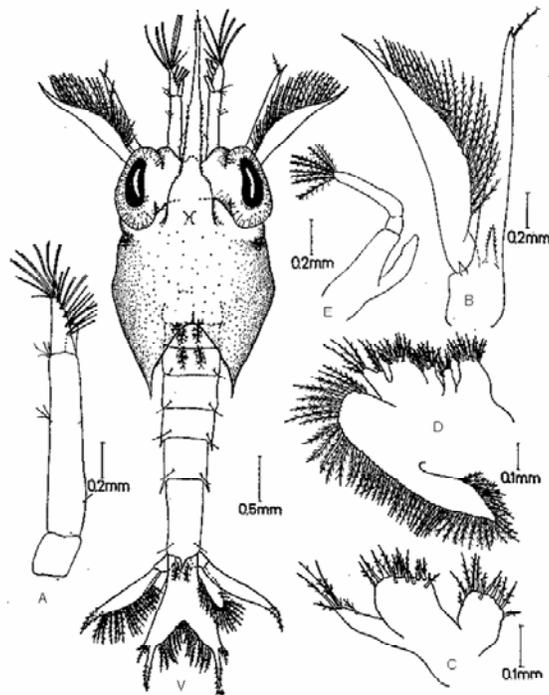


Figura 86: Larva de *Pleuroncodes monodon*. V: Estadio 5; A: Ant3nula; B: antena; C: Maxilula; D: maxila; E: tercer maxil3pedo.



4.2.1.1. *Consideraciones generales en torno a la diversidad planctónica de las muestras analizadas*

A través del análisis de las muestras de zooplancton recolectadas a través de los años, se encontró una amplia diversidad biológica, tanto en lo que se refiere a sus componentes holoplanctónicos como meroplanctónicos. En esta biodiversidad zooplanctónica se han observado variaciones temporales y espaciales, tanto en los distintos años como en rangos menores, razón por la cual, para los efectos del presente informe la variabilidad específica se sintetizó en 38 ítems, condición que representa los grupos y especies más conspicuos (**Tabla 10**). Aún considerando que el total de muestras de zooplancton analizadas se concentran en cruceros de invierno, la amplia variabilidad observada se extiende también a los valores de número de organismos, peso húmedo y volumen. El análisis del zooplancton, de las 258 muestras provenientes de los cruceros de invierno recolectados por IFOP, permitió apreciar una amplia diversidad de organismos, la que se ha resumido en alrededor de 40 especies y/o grupos. Este conjunto lo integran 15 tipos de organismos meroplanctónicos y 24 componentes holoplanctónicos, correspondiendo a la primera categoría larvas (zoeas y megalopas) de las familias: Alpheidae, Brachyura en general (zoeas y megalopas de Cancridae, Grapsidae, Xanthidae, Majidae y Atelecyclidae), Callianassidae, Crangonidae, Hippidae, Hoplophoridae, larvas Mysis (de varias familias), Paguridae, Porcellanidae, Stomatópodos, zoeas y megalopas de Pleuroncodes monodon y Galatheididae (otras especies, aparte del langostino colorado). Además se deben incluir algunos estadios juveniles de peracáridos (Isopoda Cirolanidae), que probablemente en etapas posteriores pasaran a formar parte del bentos. Las Larvas de Sergestidae darán origen a juveniles y adultos que continuarán en el ambiente planctónico-pelágico. Sin dejar de lado, como parte del meroplancton, a las larvas de cefalópodos, huevos y larvas de peces, los que en etapas posteriores formarán parte del necton, y finalmente a los nauplios y juveniles de cirripedios que junto a algunas larvas veliger y Ophiopluteus se integrarán al bentos.

También se encontraron abundantes larvas de Copépodos y Eufáusidos, éstos continuarán su ciclo de vida en el plancton y representan los organismos más conspicuos y abundantes dentro de los componentes holoplanctónicos. Otros Integrantes del



holoplancton son las apendicularias, Ctenóforos, Doliólidos, Foraminíferos, moluscos (Gastrópodos), Heterópodos, Anfípodos hipópidos, medusas, ostrácodos, poliquetos, quetognatos, salpas y sifonóforos.

Tabla 10:
Grupos y especies del zooplancton representados en las muestras.

Grupo zooplancton

Apendicularias (*Oikopleura* sp.)
Brachyuros (zoea): Cancridae, Xanthidae y Grapsidae
Brachyura (Megalopa): Cancridae y Grapsidae
Callianassidae (Zoea)
Cephalopoda (larva)
Copépodos adultos de pequeño tamaño: *Calanus chilensis*
Copépodos adultos grandes: *Labidocera acutifrons*
Copépodos (larvas): estadios copepoditos
Cranonidae (zoea)
Ctenóforos: *Beroe* sp.
Similar *Doliolum* (Salpa): *Salpa fusiformis*
Eufáusidos adultos: *Euphausia mucronata*
Eufáus. (est. larvarios): *Furcilia* y *Caliptopis*
Foraminíferos
Molusco Limacinidae: *Limacina trochiformis*
Hippidae (Zoea)
Hipéridos: *Eupronoe maculata*; *Phronima sedentaria* y *Lestigronus schizogeneios*
Hoplophoridae (Mysis)
Isopoda: Cirolanidae
Lepáridos: nauplius de cirripedios y juvenil
Medusas: Hidroimedusas; *Liriope tetraphyla*
Mysis
Ofiuroídeo (larva): *Ophiopluteus*
Ostrácodos: *Conchoecia* sp.
Paguridae (megalopa- juvenil)
Poliquetos: 4 especies
Porcellanidae (Zoea)
Peces (huevos)
Peces (larvas)
Pterópodos: *Atlanta lesueuri*
Quetognatos: *Sagitta enflata* (la mayor parte: 70% aprox.);
Salpas: *Thalia democratica*
Sergéstidos (Mysis)
Sifonóforos
Stomatópodos (larva Alima)
Pleuroncodes monodon
Galatheidae (otra(s) especie(s), diferentes de *Pleuroncodes monodon*)
Veliger



4.2.1.2. Clave dicotómica para estadíos larvarios de *Pleuroncodes monodon* basada sólo en los caracteres morfológicos externos

1. Rostro denticulado solo en su extremo distal. Fórmula del telson de 6+6 setas. Lámina antenal con 8 setas plumosas. Exopoditos del primer y segundo par de maxilípedos con 4 setas natatorias plumosas, respectivamente _____ Primera Zoea

___ Rostro denticulado en toda su extensión. Telson con siete setas plumosas a cada lado (fórmula 7+7). Lámina antenal con 10 setas plumosas. Exopoditos del primer y segundo par de maxilípedos con 7 setas natatorias plumosas, respectivamente _____ 2

2. Abdomen formado por cinco segmentos. Borde distal del último segmento del abdomen sin espina media dorsal. Anténula formada por un sólo segmento. Sin urópodos _____ Segunda Zoea

___ Abdomen formado por seis segmentos. Borde distal del último segmento del abdomen con espina media dorsal. Anténula formada por dos segmentos. Con urópodos _____ 3

3. Lámina o escama antenal con 12 setas. Espina interna de la antena reducida aún, más corta que el flagelo. Exopodito del tercer par de maxilípedos con 6 o 7 setas plumosas natatorias. Rama externa del urópodo rodeada por 8 setas y rama interna reducida y sin setas _____ Tercera Zoea

___ Lámina o escama antenal con 13 a 20 setas. La espina interna de la antena es más larga que el flagelo. Exopoditos del tercer par de maxilípedos con 8 setas plumosas natatorias. Rama externa del urópodo rodeada por más de 8 setas y rama interna desarrollada y setosa _____ 4

4. Cinco pares de apéndices ambulatorios bajo el caparazón aún rudimentarios y el primero aún en formación de la quela. Pleópodos birramosos en formación. Ramas externa e interna de los urópodos con 10-19 y 5-15 setas, respectivamente. Telson con 9 setas distales a cada lado, 3 externas y 6 internas (Fórmula 9+9 _____ Cuarta zoea



___ Cinco pares de apéndices ambulatorios bajo el caparazón bien desarrollados, el primero es quelado. Con 4 pares de pleópodos birramosos bien formados desde el segundo al quinto segmento del abdomen. Ramas externa e interna de los urópodos con 21 y 19 setas, respectivamente. Telson con 10 setas plumosas distales a cada lado, 3 externas y 7 internas (Fórmula 10+10)_____5

5. Caparazón cilíndrico ligeramente comprimido lateralmente. Apéndices ambulatorios aún no funcionales. Borde posterior del caparazón aún prolongado en una espina posterior a cada lado_____Quinta zoea

___ Caparazón de sección ovalada, deprimido dorso ventralmente. Apéndices ambulatorios funcionales. Borde posterior del caparazón parejo sin espinas posteriores _____Megalopa

4.2.1.3. Abundancia temporal de larvas de *Pleuroncodes monodon* frente a la III y IV Regiones

A partir de siete años de muestreos (zooplancton), se pudieron identificar larvas de *P. monodon* en 91 estaciones (32,2%) de un total de 258 (**Tabla 11**) Estas larvas corresponden a Zoeas desde los estadios I al V, megalopas y primer estadio juvenil. En total se recolectaron larvas de langostino en seis de los siete cruceros de invierno realizados (**Anexo B Tabla B1**).

En síntesis, en el material recolectado en los seis cruceros se obtuvieron alrededor de 814 larvas, de las cuales 792 son zoeas y 22 megalopas. El número de larvas por estación osciló entre 1 y 173. No obstante, los valores estandarizados a un volumen de 1.000 metros cúbicos de agua filtrada eleva el número total de larvas a 19.698.



Tabla 11
Número relativo de estaciones zooplanctónicas por crucero donde se recolectaron larvas de *Pleuroncodes monodon*

Estaciones	Total		Con larvas de <i>P. monodon</i>		% del total de estaciones con larvas
	Nº	%	Nº	(%)	
305/ 1986	6	2,3	1	16,6	1,1
311/ 1987	26	10,1	12	46,1	12,6
338/ 1991	37	14,3	12	32,4	12,6
370/ 1994	103	39,9	36	35	37,9
383/ 1995	2	0,8	0	0	0
471/ 2004	36	14	12	33,3	12,6
477/ 2005	48	18,6	22	45,8	23,2
Total	258	100	95	32,2	100

En lo que respecta a la abundancia temporal de los distintos estadios larvarios se hace necesario precisar que estas larvas proceden de cruceros de invierno, recolectadas en distintos meses, se debe tener en cuenta que se está comparando la existencia de larvas en diferentes años y en diferentes meses del invierno. En otras palabras, y considerando la extensión del desarrollo larvario de la especie, no es lo mismo recolectar megalopas que representan la finalización del desarrollo larvario, con estadios zoea I que proceden de huevos que eclosionaron probablemente en junio o a fines de mayo. Del mismo modo comparar megalopas obtenidas en agosto, las que proceden de un desarrollo larvario que comenzó en julio.

En todas las estaciones donde se recolectaron larvas de langostino colorado se observa una disminución en el número total de larvas desde los estadios Zoea I al V, como también en el número de megalopas obtenidas. Estos hallazgos de secuencia larvaria permiten apreciar, desde la perspectiva temporal, que efectivamente el desarrollo larvario de la especie se produce frente al litoral de la II, III y IV Regiones. Esto se puede corroborar en base a los siguientes argumentos: a) la presencia de secuencias de larvas a



través de todos los estadios de desarrollo, lo que avala que el proceso de muda y crecimiento de las larvas está ocurriendo frente a las citadas regiones; b) la disminución del número de larvas desde las Zoeas I y hasta la megalopa, lo que permite apreciar que frente a estas regiones existen “centros” o lugares de eclosión de huevos los cuales reflejan probablemente donde está concentrada parte de la población.

4.2.1.4. Distribución temporal de las larvas de *P. monodon* por estadio de desarrollo

Zoeas I. Las mayores concentraciones se obtuvieron en septiembre de 1994 (estaciones 3 y 21) (**Anexo B Tabla B1**), seguidas de muestras recolectadas en agosto del 2004.

Zoeas II. Existe coincidencia en la mayor abundancia de larvas en este estadio obtenidas en las estaciones 3 y 21 (1994) (**Anexo B Tabla B1**). Se observan abundancias menores en las estaciones 5 (2004), 9 y 17 de 2005.

Zoeas III. El número mayor se obtuvo en Julio de 1991 (estación 2 de 1991; **Anexo B Tabla B1**), seguidas de las estaciones 3, 15 y 31 de septiembre de 1994.

Zoea IV. Los valores más altos corresponden a las estaciones 3 y 22 de 1994 (**Anexo B Tabla B1**).

Zoeas V. Un número relativamente alto se obtuvo en la estación 15 de 2005, seguido de la estación 4 de 1991.

Megalopas. Éstas se obtuvieron sólo en las estaciones 9 de 1987 (**Anexo B Tabla B1**), 5 y 6 de 1991, 3, 15, 22, 32, 33 y 34 de 1994 y 14 de 2005.

4.2.1.5. Consideraciones en torno a la distribución geográfica de larvas de *P. monodon*

El crucero efectuado en Agosto de 1987 se concentró frente a la costa de la II Región, donde se recolectaron 606 larvas. Las mayores abundancias se observaron en las estaciones: 5 (25°00'S, 70°30 W; 125 larvas: Zoeas I, II y III), 8 (25°25'S, 70°33'W; 170 larvas: Zoeas I y II). En las estaciones 2, 4, 6, 7 y 10 se encontraron sólo un estadio zoea aislado. A pesar de la alta abundancia observada de los distintos estadios larvarios



recolectados en 1987, no se recolectaron megalopas frente al sector sur de la II Región y sector norte de la III.

Durante 1991 se encontraron larvas al sur de la II Región, y hasta el norte de la III. En este sector, durante el mes de agosto, en las estaciones 2, 4, 7, 8 y 9, se observó la más alta diversidad de estadios larvarios. En todo caso son más parecidas las estaciones 8 y 9, tanto por su alta diversidad y abundancia, incluidos estadios zoeas y megalopas, lo que permite apreciar que, entre la latitud $24^{\circ}35'S$ y $24^{\circ}59'S$, se concentra un foco de desarrollo larvario. Este foco de concentración no supera las 10 millas de la costa. No obstante, se puede apreciar que a partir de este centro existiría un área de distribución y/o dispersión larval mucho más amplia. En torno al citado foco, se ubicaría parte de la población que se encuentra en actividad reproductiva, con una secuencia que está dando como resultado megalopas y posteriormente juveniles en Julio/Agosto, seguidos de otras camadas con desarrollo larvario prácticamente completo durante agosto, lo que representara reclutamiento de juveniles, probablemente, a comienzos de septiembre.

El crucero 370 realizado a través de septiembre de 1994 arrojó un importante número estandarizado de larvas (5.136) que representan todo el desarrollo larvario, desde las etapas Zoea I a Megalopas. No obstante, es posible apreciar que, a medida que se avanza desde las latitudes más bajas, ubicadas al sur de la II Región y a través de la III, en esta época al menos, se encuentra un bajo número de larvas, las que además aparecen aisladas. Lo mismo ocurre en esta época en las estaciones ubicadas al Sur de la IV región (Estaciones 23, 25, 26, 30 y 32). Hacia el sector sur de la III Región, incrementa el número de estadios larvarios que se encuentran asociados, lo que reflejaría una proximidad a los centros de reproducción.

En el crucero 471 frente a la IV Región, realizado en agosto 2004, se observa una mayor abundancia de larvas en las estaciones 4 (170), 10 (221) En este crucero no se recolectaron megalopas, lo que lleva a suponer que, en agosto frente a la IV Región aún no se ha completado el desarrollo larvario y que probablemente éste ocurre en septiembre.



Finalmente en el 2005, las estaciones 15 (31°15'S, 72°24'W) y 17 (31°15'S, 71°40'W) presentan el mayor número de secuencia de estados zoea (I, II, III, IV y V), seguidos de las estaciones 2 (25°0,0'S, 70°39,2'W) y 10 (29°0,0'S, 71°41'W) con una secuencia de s3lo III estados zoea. Estos datos permiten suponer que existira otro centro de reproducci3n en las cercanías de las estaciones 15 y 17, a partir de la cual se produce la dispersi3n de larvas hacia sectores más alejados.

Las mayores concentraciones de larvas se encontraron en sectores que variaron entre 1 y 5 millas de la costa en el sector sur de la IV Regi3n y entre 1 y 10 millas al sur de la II y norte de la III (**Figura 87 - 89**). Estos centros estaran asociados a la existencia de zonas de surgencias. La distribuci3n y abundancia de los diferentes estados presentes en los citados sectores refleja una concentraci3n de las larvas sobre la plataforma continental del sector sur de la II y IV Regiones.

Con los antecedentes de la distribuci3n larvaria de *P. monodon* reunidos hasta la fecha se ha podido confirmar que la poblaci3n de langostino colorado en las Regiones III y IV se encuentra estructurada espacialmente a través de la plataforma continental con un gradiente latitudinal. Para esta estructura poblacional, se postula la existencia de, a los menos, una área de crianza donde se produce el asentamiento larval y comienza la expansi3n poblacional.

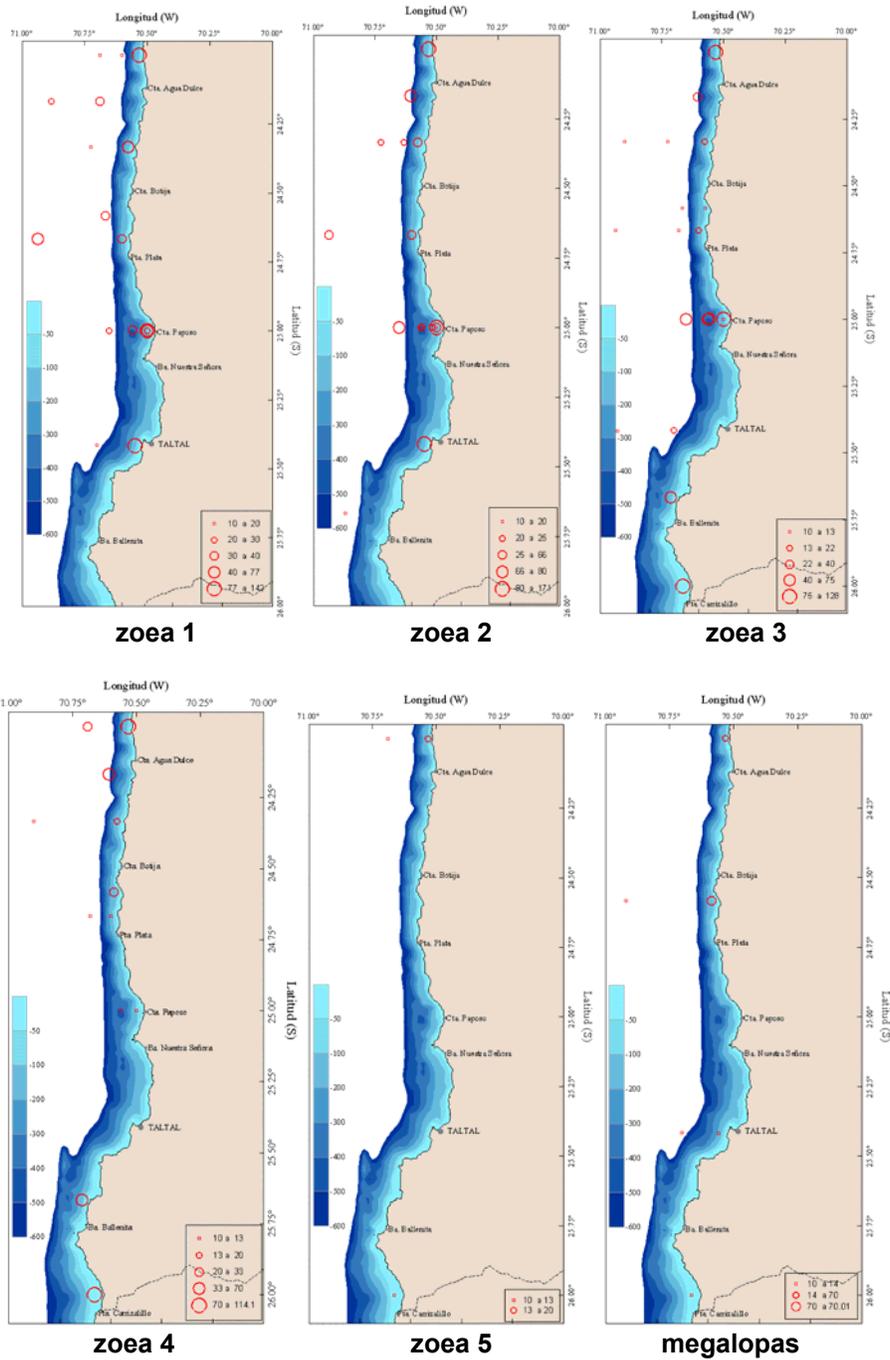


Figura 87: Distribuci3n espacial y n3mero de larvas de *P. monodon* por estado de desarrollo en la zona costera de la II Regi3n.

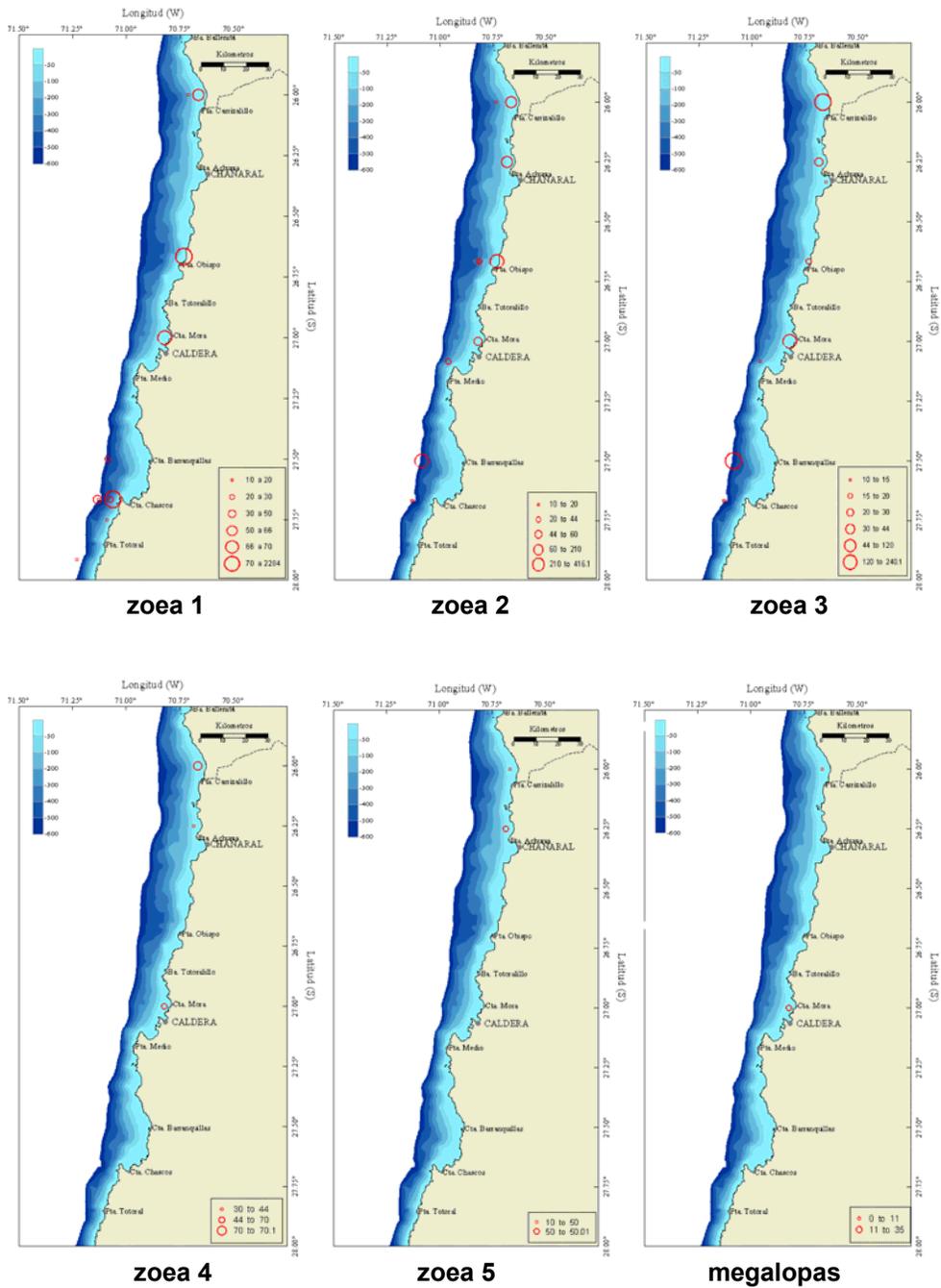


Figura 88: Distribuci3n espacial y n3mero de larvas de *P. monodon* por estado de desarrollo en la zona costera de la III Regi3n.

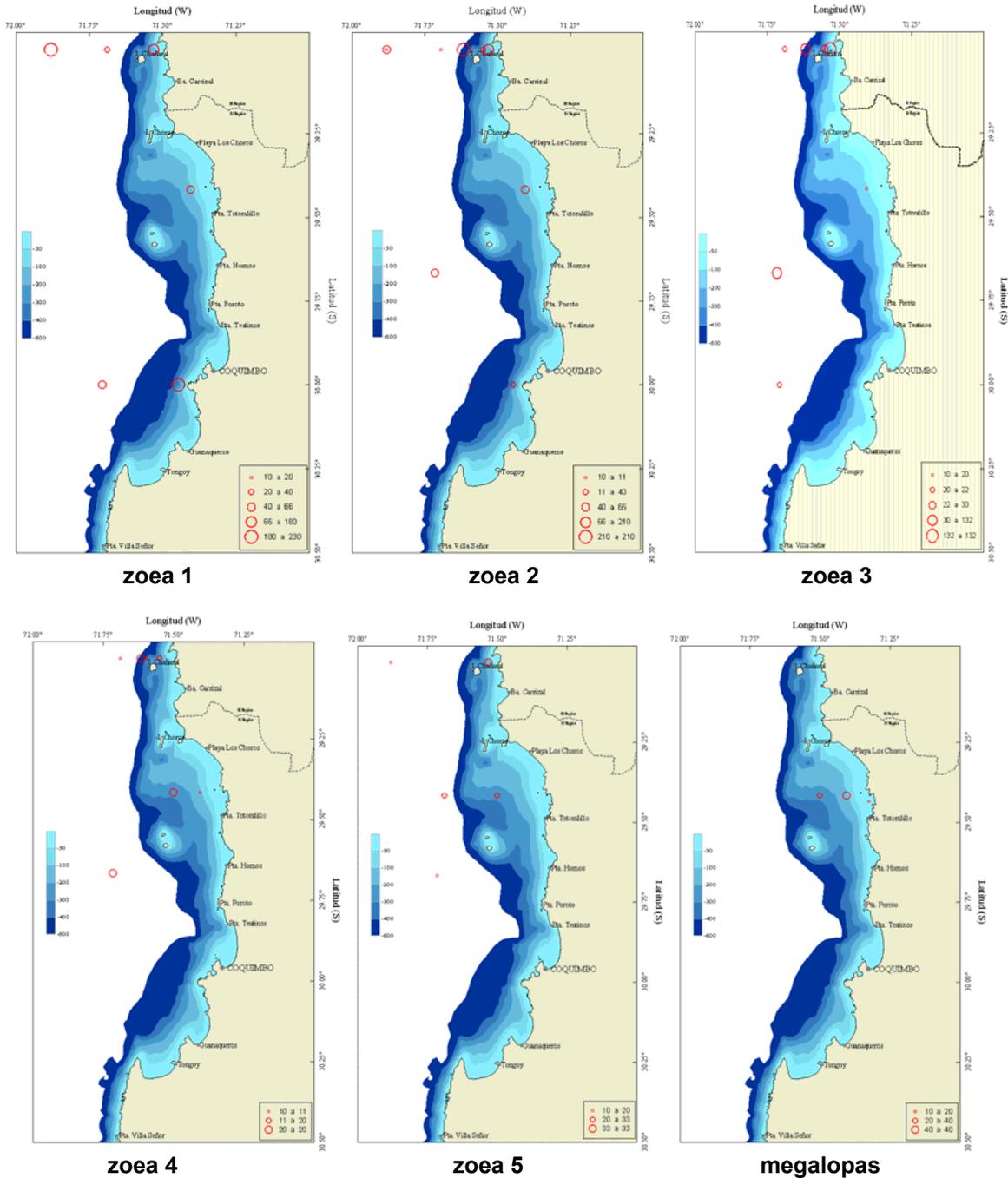


Figura 89: Distribuci3n espacial y n3mero de larvas de *P. monodon* por estado de desarrollo en la zona costera de la II Regi3n.



4.2.3. Ejemplares juveniles

Durante el per3odo de estudio se logr3 instalar los dispositivos de retenci3n en un total de 45 lances de pesca, desde donde se obtuvieron 63 ejemplares juveniles de *P. monodon* capturados en 8 lances de pesca (**Tabla 12**). No obstante el tama1o de muestra efectivo es reducido, se logr3 el objetivo planteado que fue la recolecci3n e identificaci3n de la fracci3n no vulnerable.

Uno de los puntos de inter3s en esta experiencia fue la distribuci3n en profundidad de los ejemplares juveniles. De acuerdo a las caracter3sticas operacionales de los lances (**Tabla 12**), las profundidades donde se encontraron individuos juveniles cubren un rango entre los 250 y 420 m, y fueron capturados principalmente en lances dirigidos a langostino amarillo (*Cervimunida johni*) o camar3n nailon (*Heterocarpus reedi*), especies que se capturan en un rango de profundidad mayor que *P. monodon*. Contrario a lo que se esperaba, un reducido n3mero de muestras fueron obtenidas en operaciones de pesca dirigidas a *P. monodon*, que son realizadas principalmente en profundidades menores a los 280 m. Esta caracter3stica en la presencia de los juveniles, nos refuerza nuestros resultados en cuanto a que la poblaci3n de *P. monodon* posee una estructura espacial explicada principalmente por las profundidades, con ejemplares de peque1os tama1os corporales confinados a aguas profundas.

Se evidenci3 la presencia de ejemplares juveniles con tallas modales en torno a los 9,4; 13,6 y 17,4 mm LC (**Figura 90**). Las primeras dos componente modales corresponden a ejemplares no vulnerados por las actividades pesqueras, mientras la tercera componente modal se encuentra parcialmente reclutada a la pesquer3a. En consistencia con el modelo de crecimiento obtenido en este estudio (secci3n 4.3.1) las dos primeras componentes modales representan individuos de edades 1 y 2, respectivamente. Algunos autores han indicado que es probable que las larvas de *P. monodon* se asienten al bentos en aguas someras (Roa *et al.* 1995; Palma & Arana 1997), no superando los 50-100 m. La presencia de ejemplares de clases anuales de edad 1 y 2 en profundidades sobre los 300 m sugiere que deber3a existir un mecanismo de migraci3n durante el crecimiento de los juveniles.



Tabla 12:
Características operacionales de los lances con presencia de juveniles de *P. monodon* en la fase piloto del muestreo específico.

Logística	Medida
Período	16/12/2005 – 31/05/2005
Numero de lances totales	45
Numero de lances con <i>P. monodon</i>	8
Región	IV
Latitud	29°08,6' – 30°12,2' S
Longitud	71°26,5' – 71°36,7' W
Profundidad (m)	249 – 440
Número de ejemplares medidos	63

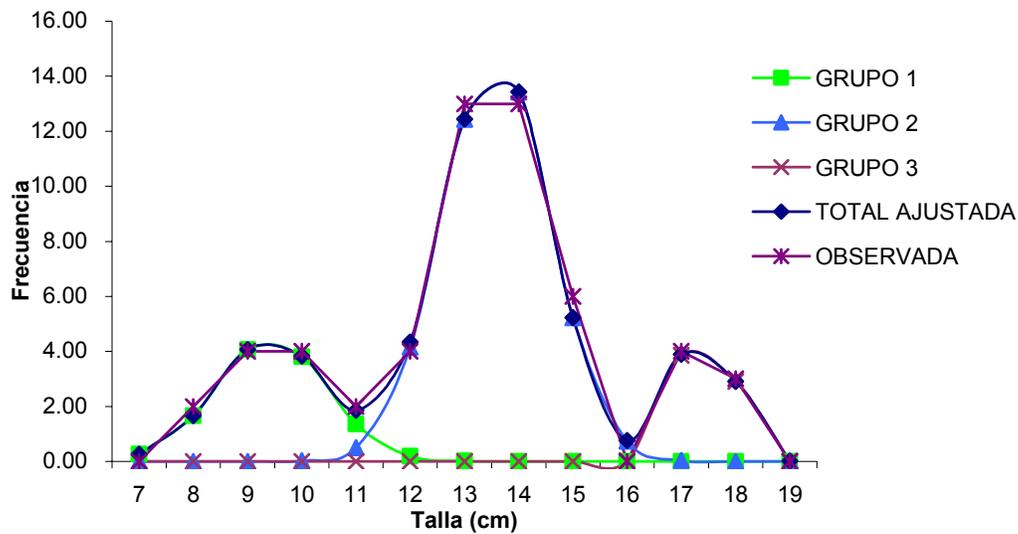


Figura 90: Composición de tamaños de las muestras obtenidas con dispositivos de retención de pre-reclutas de langostino colorado en la IV Región. Se muestran las componentes modales registradas en la fracción juvenil.



4.3. Tercer objetivo específico: Caracterizar los procesos de crecimiento, reproducción y mortalidad natural del langostino colorado entre la III y IV Regiones

4.3.1. Crecimiento

El procedimiento utilizado en la estimación de los parámetros de crecimiento considero el uso simultáneo de varias muestras de estructuras de tallas recopiladas en los cruceros de evaluación y pesquería, previamente seleccionadas sobre la base de los siguientes criterios:

- Su poli-modalidad
- El mayor rango de tallas observado
- Representatividad de las tallas/modas extremas
- Reproducibilidad de las clases modales en el tiempo

La base de datos empleada para el efecto consideró la información de estructuras de tamaños por región y sexo recopilada en los cruceros de evaluación entre el 2000 y el 2005, así como las frecuencias de tallas de las capturas y desembarques del período 1998-2005 que se indican en la **Tabla 13**. En términos generales, el análisis de las composiciones modales etáreas en hembras requirió un mayor número de muestras respecto de los machos, y en ambos casos, el grupo máximo de edades supuesta fue de 8 años, numero que se deduce del máximo número de clases “observadas” (6) mas 2 clases que pudieran complementar el segmento de mayor sobreposición de modas (clases mas longevas).

El resultados de los ajustes del modelo de crecimiento por región y sexo se muestran entre las **Figura 92 y 95**, destacándose en términos generales que el modelo se ajustó de buena forma a la información analizada y las clases modales etáreas fueron bien reproducidas por el mismo.



Tabla 13:
Años de informaci3n de estructuras de tallas consideradas para la estimaci3n de los parámetros de crecimiento.

Regi3n		III	IV
Flota	machos	2002-03	2004-05
	hembras	2001-03	2003-05
Cruceros	machos	2002-03	2000-2004
	hembras	2000-03	2000, 2004-05

Los modelos ajustados indican que los machos en la III Regi3n son mäs grandes que las hembras, tanto a nivel de talla asint3tica como de talla al primer grupo modal (**Tabla 14 y 15**). En la IV Regi3n la talla asint3tica es mayor en hembras (**Tabla 14 y 15**), sin embargo, en el intervalo de edades explotadas los ejemplares machos siempre son de tamaños mayores que las hembras (**Figura 91**). En la III regi3n los ejemplares comienzan a reclutar a la zona de pesca a tallas mas pequeñas respecto de la IV Regi3n. El coeficiente de variaci3n de la talla respecto de la edad fluctúa en torno a un 7% (**Tabla 14**).

Tabla 14:
Parámetros de crecimiento de *P. monodon*

	Machos		Hembras	
	III	IV	III	IV
L_∞ (cm)	47.532 (1.491)	46.395 (1.979)	47.103 (1.310)	50.336 (2.471)
k (1/año)	0.164 (0.013)	0.167 (0.019)	0.157 (0.010)	0.121 (0.013)
Lm₁ (cm)	16.037 (0.300)	18.430 (0.203)	14.259 (0.245)	17.616 (0.196)
cv	0.076 (0.003)	0.072 (0.003)	0.065 (0.002)	0.068 (0.002)



Tabla 15

Talla media (mm) de los grupos de edad de *P. monodon* identificados en el an3lisis del crecimiento. En cursiva (bajo el grupo de edad 2) se entregan las tallas medias retrocalculadas

G. edad	<i>machos III</i>	<i>machos IV</i>	<i>hembras III</i>	<i>hembras IV</i>
1	3.84	7.16	1.38	6.03
2	10.44	13.26	8.34	12.30
3	16.04	18.43	14.26	17.62
4	20.79	22.78	18.95	21.33
5	24.83	26.48	22.94	24.63
6	28.25	29.62	26.33	27.55
7	31.16	32.28	29.20	30.14
8	33.63	34.55	31.64	32.43
9	35.73	36.47	33.71	34.47
10	37.51	38.10	35.47	36.27

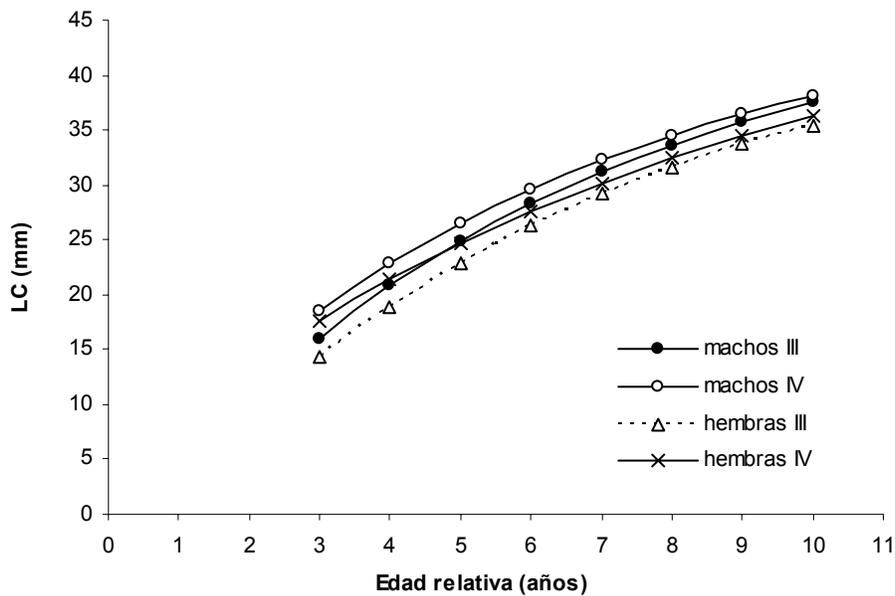


Figura 91: Modelo de talla a la edad del langostino colorado por regi3n y sexo. Los grupos de 1 y 2 aros corresponden a tallas medias retrocalculadas

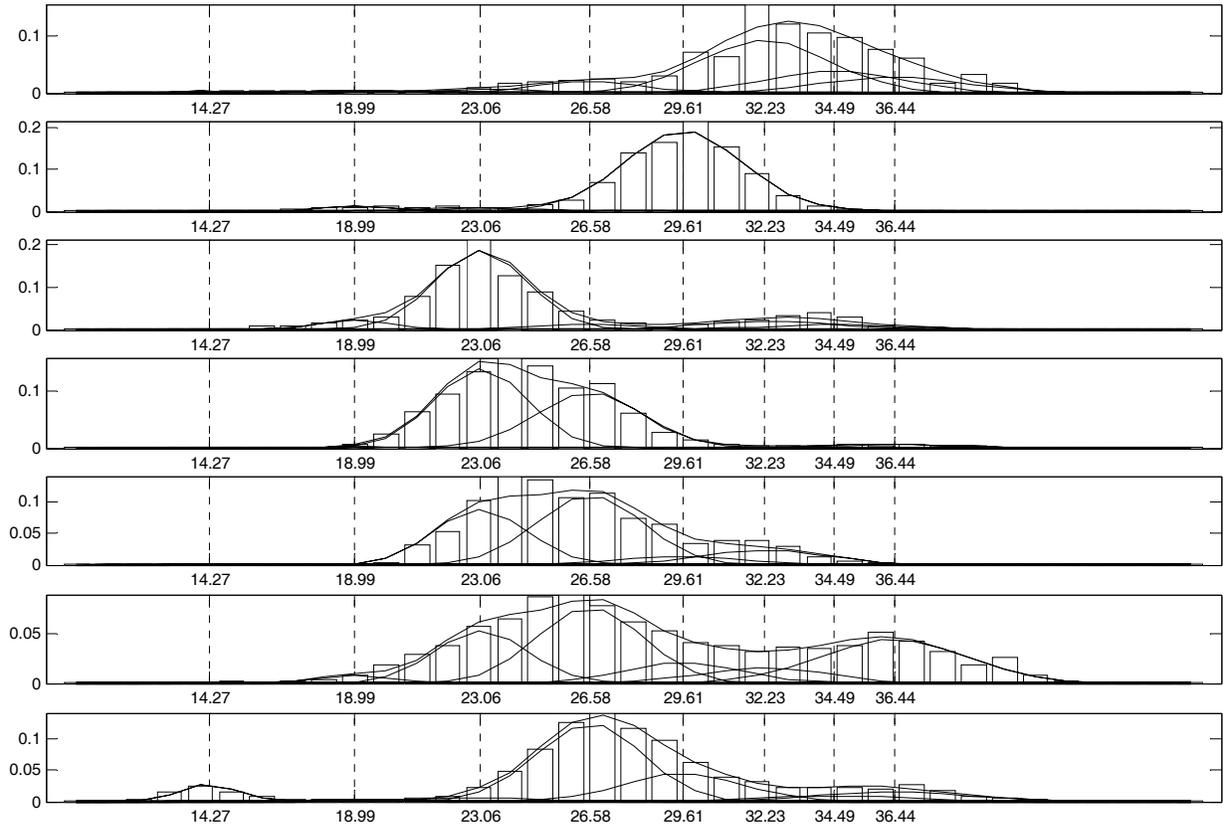


Figura 92: Ajuste de componentes modales a la informaci3n de estructuras de tallas de hembras de *P. monodon* en la III Regi3n (de arriba-abajo: cruceros 2000-2003 y flota 2001-2003)

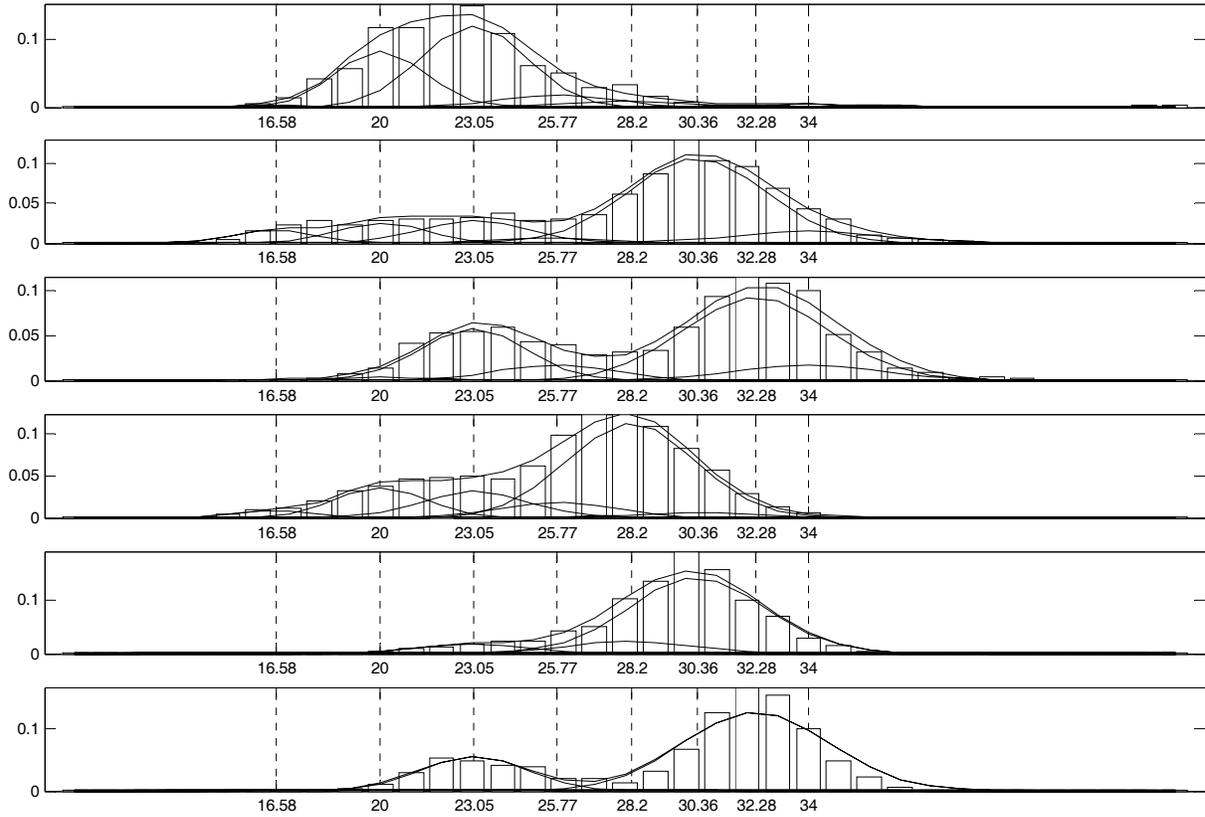


Figura 93: Ajuste de componentes modales a la informaci3n de estructuras de tallas de hembras de *P. monodon* en la IV Regi3n (de arriba-abajo: cruceros 2000, 2004-2005 y flota 2003-2005)

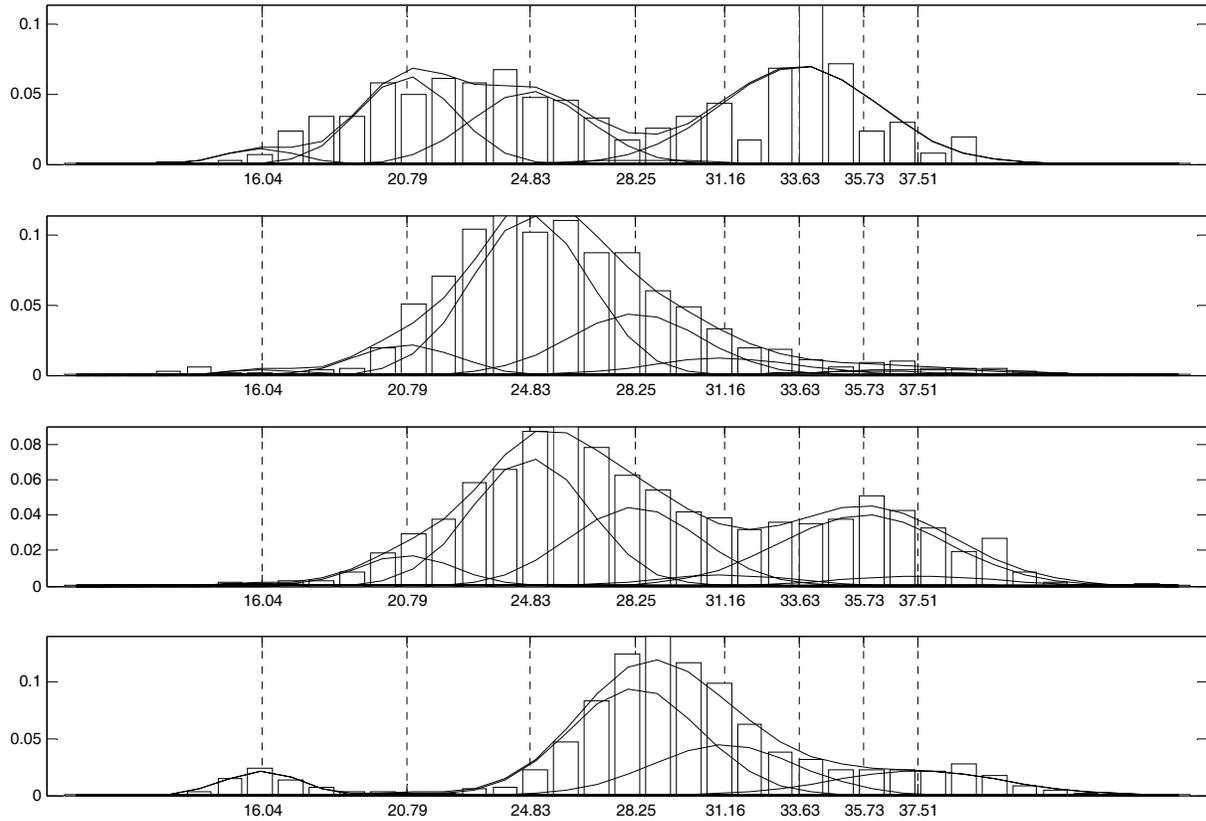


Figura 94: Ajuste de componentes modales a la informaci3n de estructuras de tallas de machos de *P. monodon* en la III Regi3n (de arriba-abajo: cruceros 2002-2003, y flota 2002-2003)

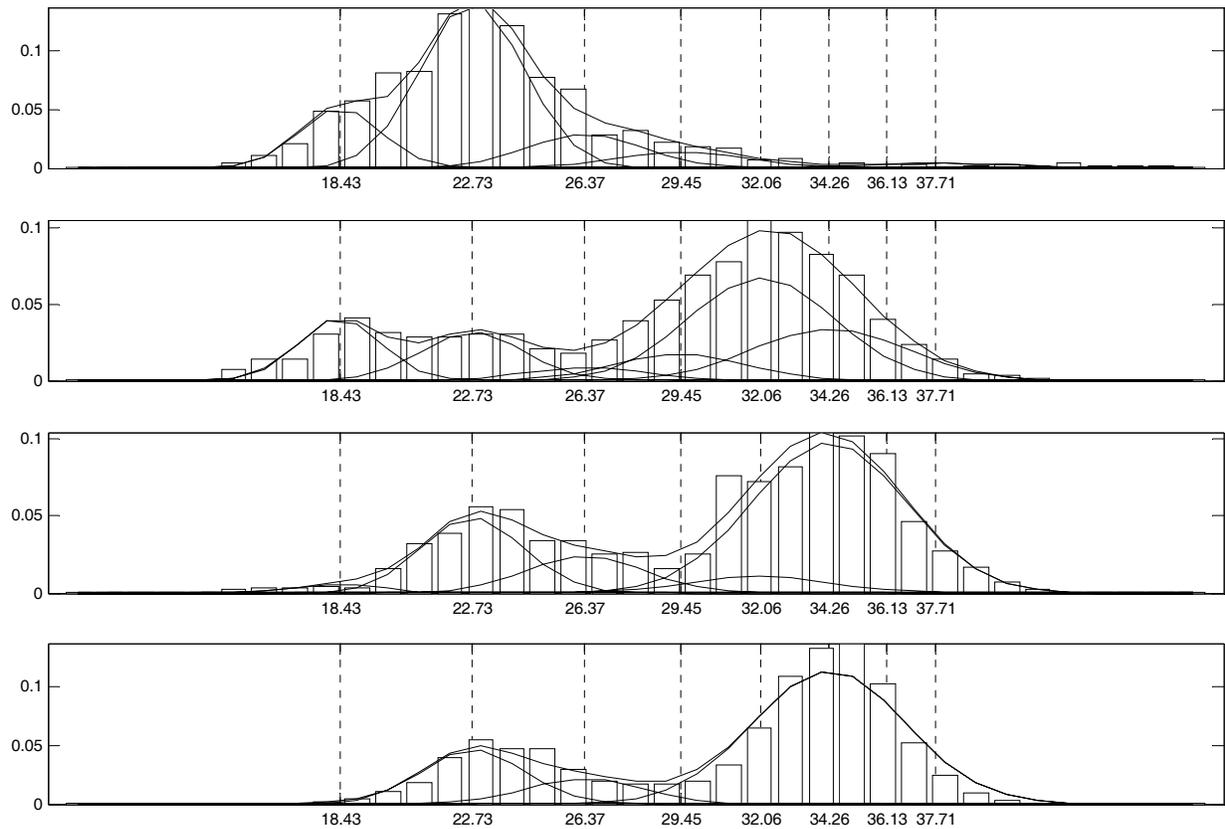


Figura 95: Ajuste de componentes modales a la informaci3n de estructuras de tallas de machos de *P. monodon* en la IV Regi3n (de arriba-abajo: cruceiros 2002 y 2003, y flota 2002-2003).



4.3.2. *Dinámica reproductiva y madurez sexual*

4.3.2.1 *Ciclo Reproductivo*

Se analizó el ciclo reproductivo de *P. monodon* a partir de la proporción de hembras portadoras en las capturas. Tal como se observa en la **Figura 96**, la proporción de hembras ovíferas presenta valores prácticamente nulos entre enero y abril en la III Región, para posteriormente en mayo observar al menos el 50% de las hembras portando huevos. Posteriormente entre los meses de junio y agosto, entre un 80% y 100% de las hembras portan huevos, marcando así el período de máxima presencia de hembras ovíferas. Desde el mes de octubre se observa una notoria baja de la proporción de hembras ovíferas (con estimados inferiores al 40%), llegando prácticamente a la ausencia de hembras portadoras en el mes de diciembre. En la IV Región se presenta un comportamiento similar (**Figura 96**), con valores mínimos entre enero y febrero (<10%) y máximos entre junio y agosto, para posteriormente registrar una tendencia decreciente con menos de un 5% de hembras portadoras en diciembre. Si bien, existe un marcado patrón estacional en la portación de huevos, se presentan importantes variaciones interanuales principalmente para el segundo semestre del año, particularmente los años 2004 y 2005 (**Figura 96**).

Los resultados obtenidos en el presente estudio son concordantes con los reportados por Palma y Arana (1997) para *P. monodon* de la costa de la VIII Región, quienes señalaron que no obstante registrarse la presencia de hembras ovíferas durante prácticamente todo el año, el período principal de portación comprende aproximadamente 6 meses y se extiende entre mayo y octubre, lo que permitiría reforzar que *P. monodon* probablemente posee un solo período de desove anual a lo largo de la costa chilena.

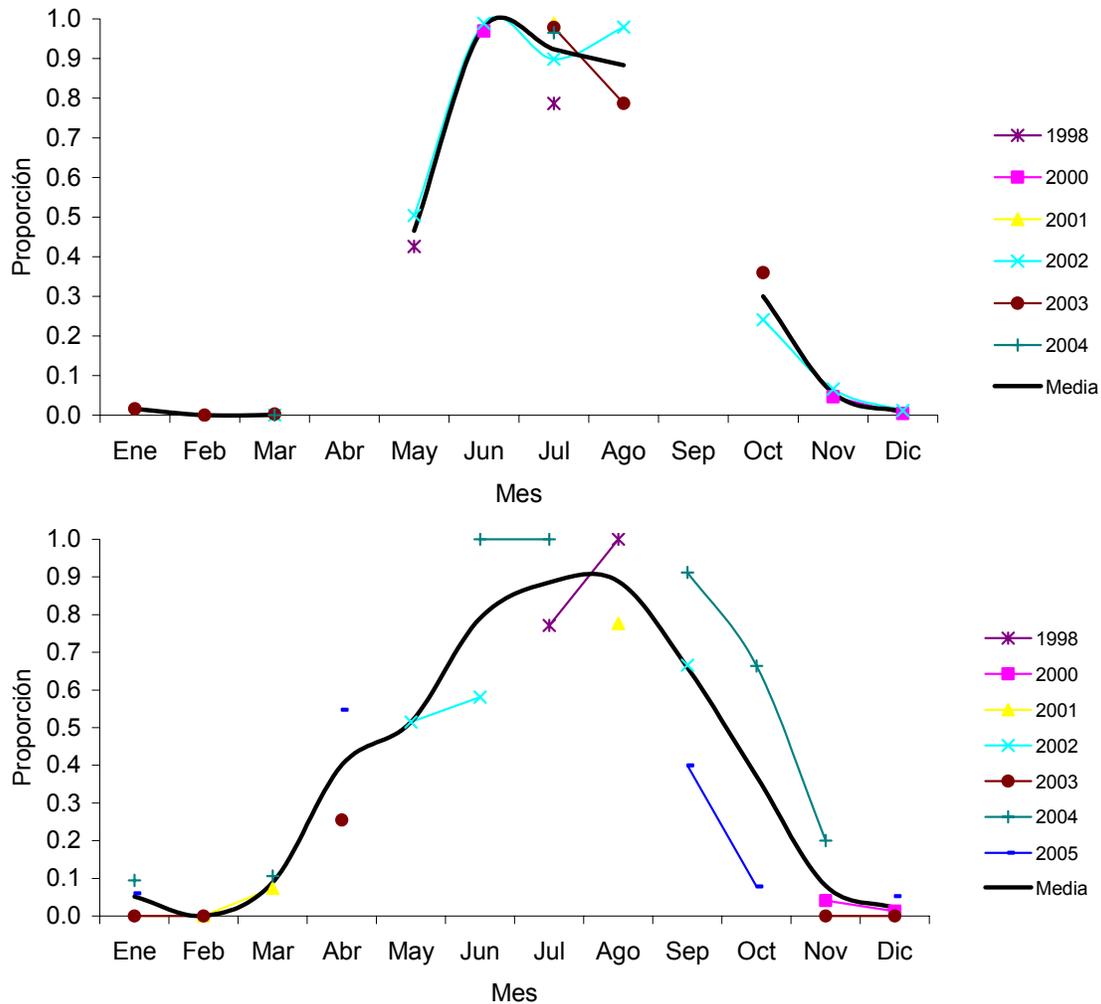


Figura 96: Proporci3n mensual de hembras ovigeras de langostino colorado per3odo 1998 a 2005, para la III Regi3n (arriba) y IV Regi3n (abajo). Fuente de datos: IFOP.

De acuerdo al per3odo de portaci3n analizado por Palma y Arana (1997), se deduce que la extrusi3n de los huevos ocurre principalmente entre abril y mayo, seguido por la presencia de hembras con huevos bien desarrollados a partir de junio, indicando un per3odo de incubaci3n de 2 a 3 meses aproximadamente. Al integrar los resultados de Palma y Arana (1997) con el m3ximo per3odo de hembras portadoras descrito anteriormente para la zona norte, es probable que el desove en la III y IV Regiones se efect3e principalmente entre



los meses de julio y noviembre. Seg3n Fagetti y Campod3nico (1971), en condiciones de laboratorio las larvas demoran aproximadamente 2 meses en alcanzar el 3ltimo estadio de desarrollo. Sin embargo, de acuerdo a Gallardo et al., (1994) el reclutamiento al bentos en la zona de Concepci3n ocurrir3a fines de verano y comienzo de oto3o, indicando que la vida larvaria de *P. monodon* podr3a extenderse por al menos 5 o 6 meses.

4.3.2.2 *Madurez sexual*

La selecci3n de la informaci3n para el ajuste del modelo log3stico es fundamental para obtener una talla de madurez sexual correcta. En efecto, en caso de crust3ceos es deseable contar con muestras de todas las clases de tallas durante el per3odo de m3xima portaci3n de huevos. Sin embargo, la actividad extractiva de *P. monodon* con redes de arrastre s3lo permite vulnerar una fracci3n de la poblaci3n, truncando las muestras a individuos mayores a 15 mm LC. Esto es com3n para las operaciones de pesca comercial como y los cruceros de evaluaciones directas, pues estos 3ltimos utilizan similares artes de pesca que la flota comercial. Adem3s, si se utilizan los primeros meses del per3odo de portaci3n, cuando la proporci3n de hembras portadoras bordea el 50%, no toda la composici3n de tama3os del stock se ha integrado a la fracci3n desovante. Con objeto de minimizar este sesgo, se seleccion3 la informaci3n de la III Regi3n para los meses de julio y agosto del a3o 2002 (n=3888 ejemplares hembras), mientras que en la IV Regi3n se seleccionaron los datos de agosto 2001, junio 2002 y septiembre-octubre del a3o 2004 (n=3.535 ejemplares hembras).

Se ajust3 el modelo log3stico, seg3n lo descrito en la secci3n metodol3gica. La talla de madurez sexual para *P. monodon* en la III Regi3n se estim3 en 19 mm, en tanto que en la IV Regi3n se estim3 en 24 mm. En la **Figura 97** se presentan las curvas ajustadas, las proporciones observadas y las tallas de madurez sexual estimadas. En la **Tabla 16** se presentan los par3metros estimados del modelo, verific3ndose que 3stos son significativos ($p < 0,01$).



En la zona norte se cuenta con dos estimaciones para la talla de madurez de *P. monodon*. La primera de estas estimaciones se reportó en el marco de un proyecto FIP (2002-06), donde se obtuvo una talla de madurez igual a 21,7 mm para ejemplares distribuidos en la III Región (Bahamonde *et al.*, 2003). Canales y Espejo (2001) estimaron una talla de madurez de 20,4 mm para ejemplares de *P. monodon* que habitan las aguas de la IV región. Ambos estimados son muy similares a los obtenidos en este estudio para la III Región, e inferiores que los estimados para la IV Región. Sin embargo, existen diferencias respecto a los meses que se utilizaron para la estimación de los parámetros. Por ejemplo, Bahamonde *et al.* (2003) utilizaron datos del período septiembre-octubre, posterior al período de máxima portación de huevos. Canales y Espejo (2001) utilizaron información recopilada en los meses de junio y julio, antes que *P. monodon* entre al período de máxima portación.

Tabla 16:

Parámetros estimados del modelo logístico utilizado para describir la portación de huevos a la talla para langostino colorado, según región. Talla de madurez y su intervalo de confianza ($\alpha=0,05$)

Región	Parámetro	Valor	Err. Std	Valor t	Valor p
III Región	β_0	-12.980	0.923	-14.068	< 0.01
	β_1	0.671	0.041	16.351	< 0.01
	Talla primera madurez sexual				
	$L_{0.5}$	$L_{0.5}$ (lim inf)	$L_{0.5}$ (lim sup)		
	19.34	19.04	19.63		
IV Región	Parámetro	Valor	Err. Std	Valor t	Valor p
	b_0	-13.717	0.539	-25.448	< 0.01
	b_1	0.569	0.021	26.768	< 0.01
	Talla primera madurez sexual				
	$L_{0.5}$	$L_{0.5}$ (lim inf)	$L_{0.5}$ (lim sup)		
	24.11	24.00	24.21		

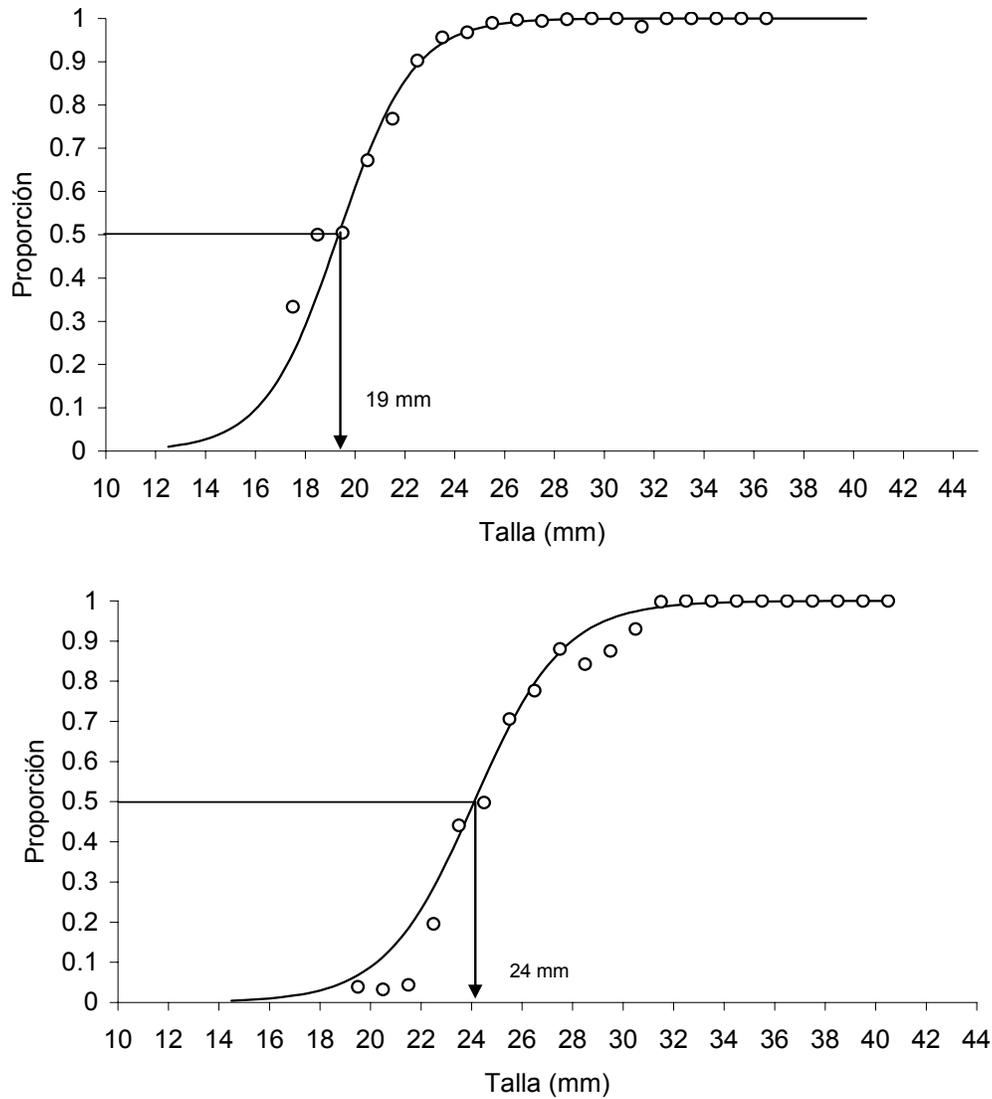


Figura 97: Ojivas de madurez para *P. monodon* en III Regi3n (arriba) y IV Regi3n (abajo). Proporción de hembras maduras a la talla estimadas por el modelo (—) y proporciones observadas (o). Se indica la talla de madurez sexual.



Al comparar los resultados obtenidos para la unidad de pesquería norte, en relación con los estimados para el langostino colorado de la Unidad de Pesquería V a VIII Región, se pueden apreciar notables diferencias. En efecto Roa (1993) estimó una talla de primera madurez de 27.2 milímetros. Posteriormente Roa y Tapia (1998) encontraron diferencias significativas en las estimaciones de tallas de primera madurez del langostino colorado presente en el sector norte de la unidad de pesquería sur, en relación con el recurso capturado en sector sur de dicha unidad de pesquería, con 22.74 mm para el sector norte y 27.19 mm para el sector sur. Estos antecedentes permiten señalar que la madurez a la talla puede presentar importantes variaciones en función de la latitud, lo que concuerda con los hallazgos presentados en este reporte, con una evidente mayor talla de primera madurez sexual en el sector sur de la unidad de pesquería norte y menor en el sector norte de esta unidad.

4.3.3. Mortalidad Natural

Las medianas de la mortalidad natural de *P. monodon* al considerar únicamente el EEPE (error de estimación de los parámetros de entrada) se distribuyen entre 0,22 y 0,36 año⁻¹ para ejemplares hembras, y entre 0,30 y 0,39 año⁻¹ para ejemplares machos (**Figura 98 y 99**). En términos generales, los modelos dependientes de K (métodos de Jensen y Rikhter & Efanov) entregan mayores valores de M (mediana) y menores intervalos de confianza (i.c. 95%). Al contrario, el método de Alverson & Carney dependiente de la tasa de crecimiento individual, reporta en ambos sexos los menores valores de M . A través, de los métodos dependientes de la edades del crecimiento y edad máxima (métodos de Pauly y Hoening respectivamente) se obtienen similares valores de M , sin embargo, se observa que el método que utiliza los parámetros de crecimiento incrementa la incertidumbre en los valores de M .



Al incorporar el EPME (error de predicci3n de los modelos empíricos), las medianas de las estimaciones de M son similares al escenario donde sólo se considera el EEPE (Figura 98 y 99). Sin embargo, cuando se incluye el EPME los análisis revelan notables diferencias a nivel de valores promedios (media geométrica), principalmente en los métodos dependientes de K y a_{max} . Por ejemplo, el método de Hoening muestra diferencias de hasta un 25% entre las medias de M bajo el supuesto de incluir EEPE y el supuesto de incluir el EEPE+EPME, así también, el método de Alverson y Carney incrementa el valor medio de M en un 15% por el sólo hecho de incorporar el EPME, indicando que es importante explorar la forma funcional de estas distribuciones. Esta característica es evidente al observar la asimetría en los i.c. obtenidos al incorporar el EPME, los cuales muestran una clara asimetría positiva en la distribución de M , que posiblemente es consecuencia de la concepci3n log-normal de los modelos empíricos utilizados.

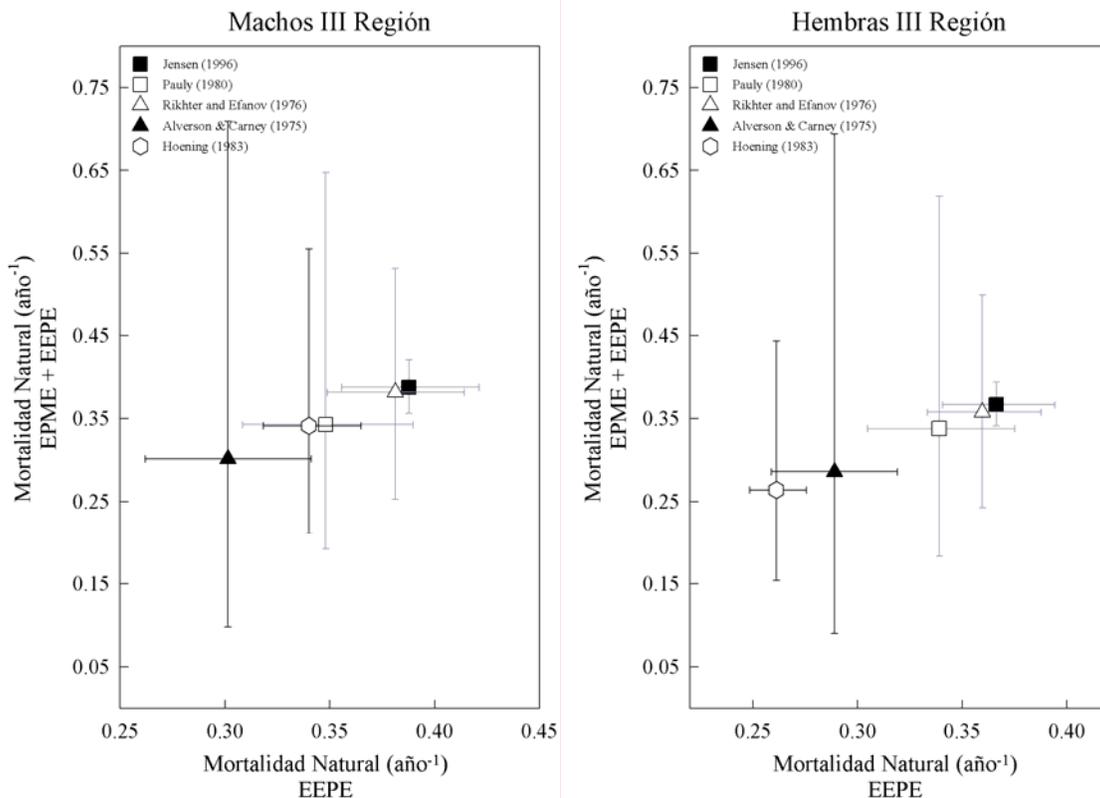


Figura 98: Estimaciones de mortalidad natural para *P. monodon* en la III región basadas en el error de estimaci3n de los parámetros de entrada (EEPE) y error de predicci3n de los modelos empíricos (EPME).

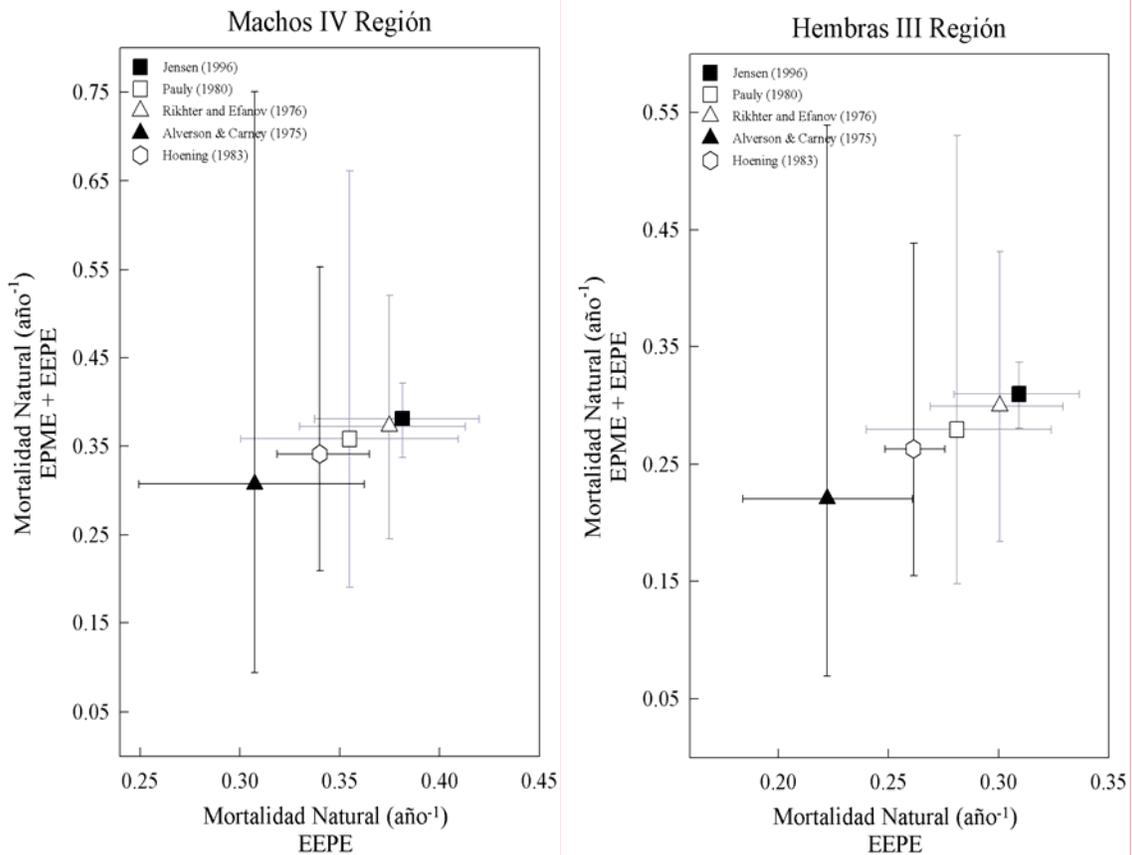


Figura 99: Estimaciones de mortalidad natural para *P. monodon* en la IV regi3n basadas en el error de estimaci3n de los par3metros de entrada (EEPE) y error de predicci3n de los modelos empíricos (EPME).

4.4. Caracterizaci3n oceanogr3fica del 3rea de estudio

4.4.1. Batimetría

De la informaci3n de batimetría de la III y IV Regi3n (**Figura 100**) se observa una plataforma continental angosta que, en general, no sobrepasa los 15 km de ancho, medido desde el borde costero en las zonas de bahía, y de 5 a 10 km en el resto de la costa. Esta plataforma tiene 200 m como profundidad m3xima, nivel desde el cual se presenta el talud continental



que llega a tener una extensión horizontal de 60 km y una profundidad en la fosa oceánica mayor a los 5000 m, con máximos que superan los 7000 m frente a Caldera. En la sección del talud continental que va desde el veril de 200 m hasta el de 1000 m, se presenta una pendiente igual o menor a 10° .

La plataforma continental a lo largo de la zona de estudio registra áreas de “discontinuidad” o donde el ancho de ésta se reduce considerablemente respecto a lo que se mide en las áreas adyacentes o en las bahías, encontrándose el talud continental más cercano a la costa, lo que no necesariamente significa una mayor pendiente en éste. Las más importantes disminuciones del ancho de la plataforma se encuentran en las latitudes: $26^\circ 30'$, $27^\circ 06'$ (Caldera), $27^\circ 55'$, $28^\circ 55'$ y $30^\circ 45'S$ (Rio Limarí), donde se alcanza un ancho que puede ir de menos de 1 km hasta los 2 km.

En las subzonas norte (Caldera) y sur (Coquimbo), se encuentran las bahías ubicadas entre Chañaral y Caldera ($26^\circ 20'S$ y $27^\circ S$), bahía de Copiapó a bahía Salada ($27^\circ 20'$ a $27^\circ 40'S$), y desde caleta Inglesa hasta punta Farellones (29° al $30^\circ 10'S$). Estas bahías tienen una plataforma continental más amplia que el resto del área de estudio (**Figura 101 y 102**). Esta plataforma más ancha se presenta también entre el puerto Carrisal y caleta Peña Blanca (28° a $28^\circ 40'S$) área que no está contemplada en las dos subzonas mencionadas.

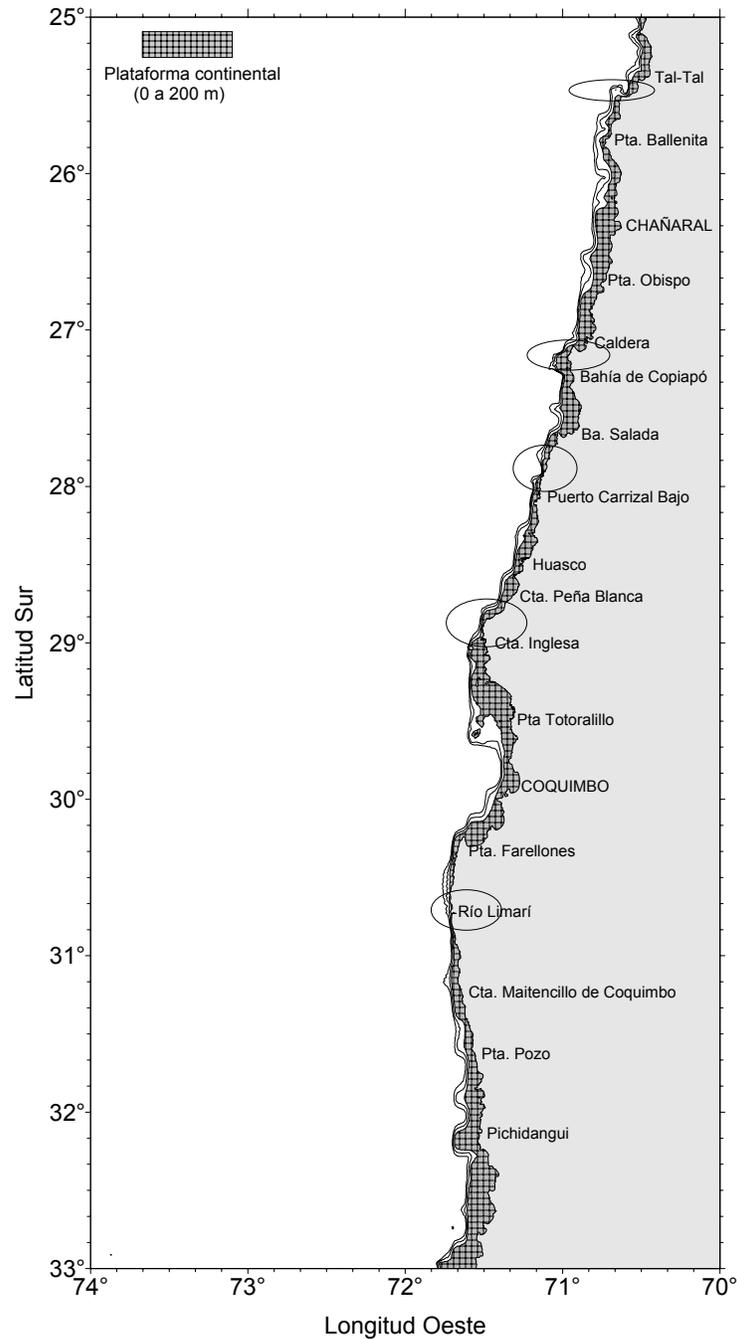


Figura 100: Batimetría de la zona de estudio (III y IV Región). El área achurada indica la plataforma continental que abarca los niveles de cero a 200 m de profundidad. Se muestran las isóbatas de 300 y 400 m para representar la pendiente sobre el talud continental hasta donde se ubica el recurso langostino colorado. Los círculos indican los sectores de discontinuidad de la plataforma señaladas en el texto.

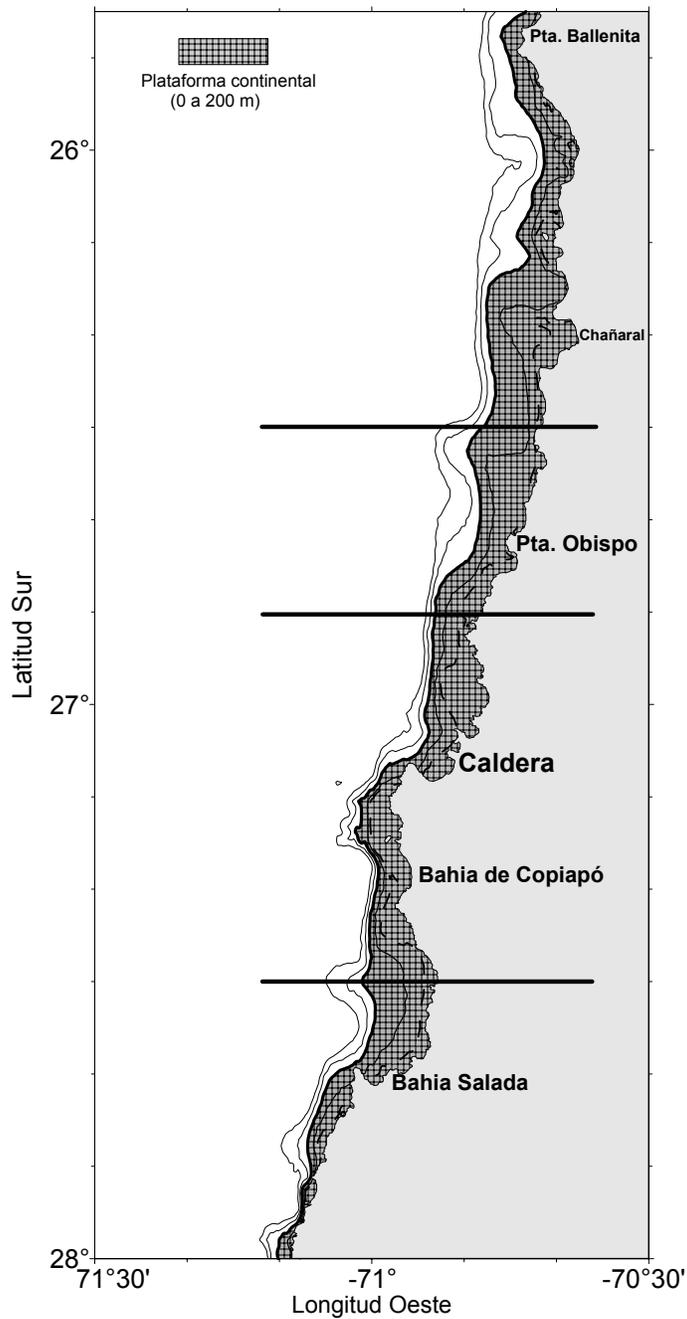


Figura 101: Batimetría de la subzona norte en la III Región. El área achurada indica la plataforma continental que abarca los niveles de cero a 200 m de profundidad. Se muestran las isóbatas de 300 y 400 m para representar la pendiente sobre el talud continental hasta donde se ubica el recurso langostino colorado. Las líneas horizontales señalan la posición y extensión de los cortes verticales del fondo (ver más adelante).

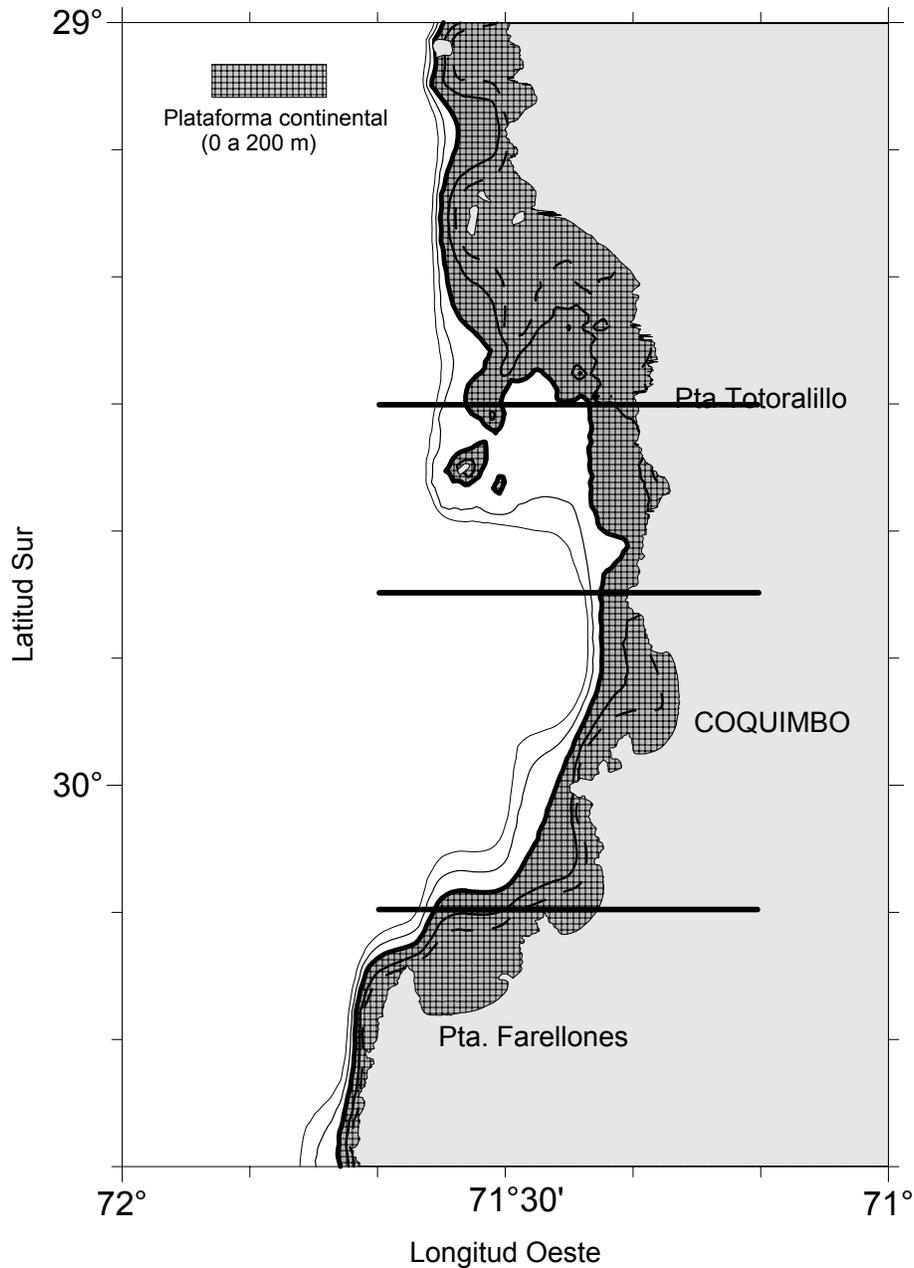


Figura 102: Batimetría de la subzona sur en la IV Región. El área achurada indica la plataforma continental que abarca los niveles de cero a 200 m de profundidad. Se señala el nivel de 50 m como línea segmentada y el nivel de 100 m como línea continua. Se muestran las isóbatas de 300 y 400 m para representar la pendiente sobre el talud continental hasta donde se ubica el recurso langostino colorado. Las líneas horizontales señalan la posición y extensión de los cortes verticales del fondo (ver más adelante).



Las bahías de la subzona norte tienen una plataforma amplia que llega hasta 20 km de la costa en algunos lugares, como ocurre en los 26°20', y 26°30' y 27°30'S. Sin embargo, en algunos sectores del área sur de la subzona, ésta tiende a ser muy delgada tal como se presenta en punta Morro (27°10'S) y en punta Pájaros (27°55'S) en donde tiene sólo 3,5 km de ancho, aproximadamente.

En la subzona sur, la bahía de Coquimbo se destaca por presentar una plataforma más ancha en el sector norte de ésta, la que supera los 40 km. Entre los 29°25'S y 29°35'S ésta es amplia también pero en profundidades que van de 200 a 300 m. El talud continental registra una fuerte pendiente en ambos extremos de la zona, entre el 29° y 29°20'S y al sur de los 30°15'S. En el centro de la bahía, en los 29° 50'S, la plataforma alcanza los 15 km, sin embargo, el talud que le sigue se puede indicar como de fuerte pendiente ya que posee una variación de profundidad de 200 m sólo en 2 a 3 km.

En las secciones 26°30' y 27°30'S de la subzona norte (**Figura 103**) se observa una plataforma y talud similar, tanto en la extensión de éstas como en su pendiente, ambas con una pequeña elevación en el área central. En estas secciones, el aumento de la pendiente sobre el talud es notorio desde los 400 m hacia abajo. En estos dos casos se puede indicar como una pendiente similar entre los niveles de 0 y 400 m. La sección 26°50'S, en cambio, tiene una menor extensión de la plataforma y también una menor profundidad, la que no supera los 100 m, con una fuerte pendiente desde el nivel de 100 m hacia abajo.

En la subzona sur (**Figura 104**), las secciones de 29°30' y 30°10'S tienen plataformas más anchas que la sección central de los 29°45'S, como también respecto a las secciones de la subzona norte señaladas anteriormente. El ancho de las plataformas de estas dos secciones es hasta 25 km, en cambio la sección central es sólo de 7 km. En las tres secciones graficadas, y a diferencia de lo encontrado en la subzona norte, las de la sur registraron un cambio de pendiente, o principio del talud, en el nivel de 200 m, siendo esta pendiente menor también comparativamente con ellas.

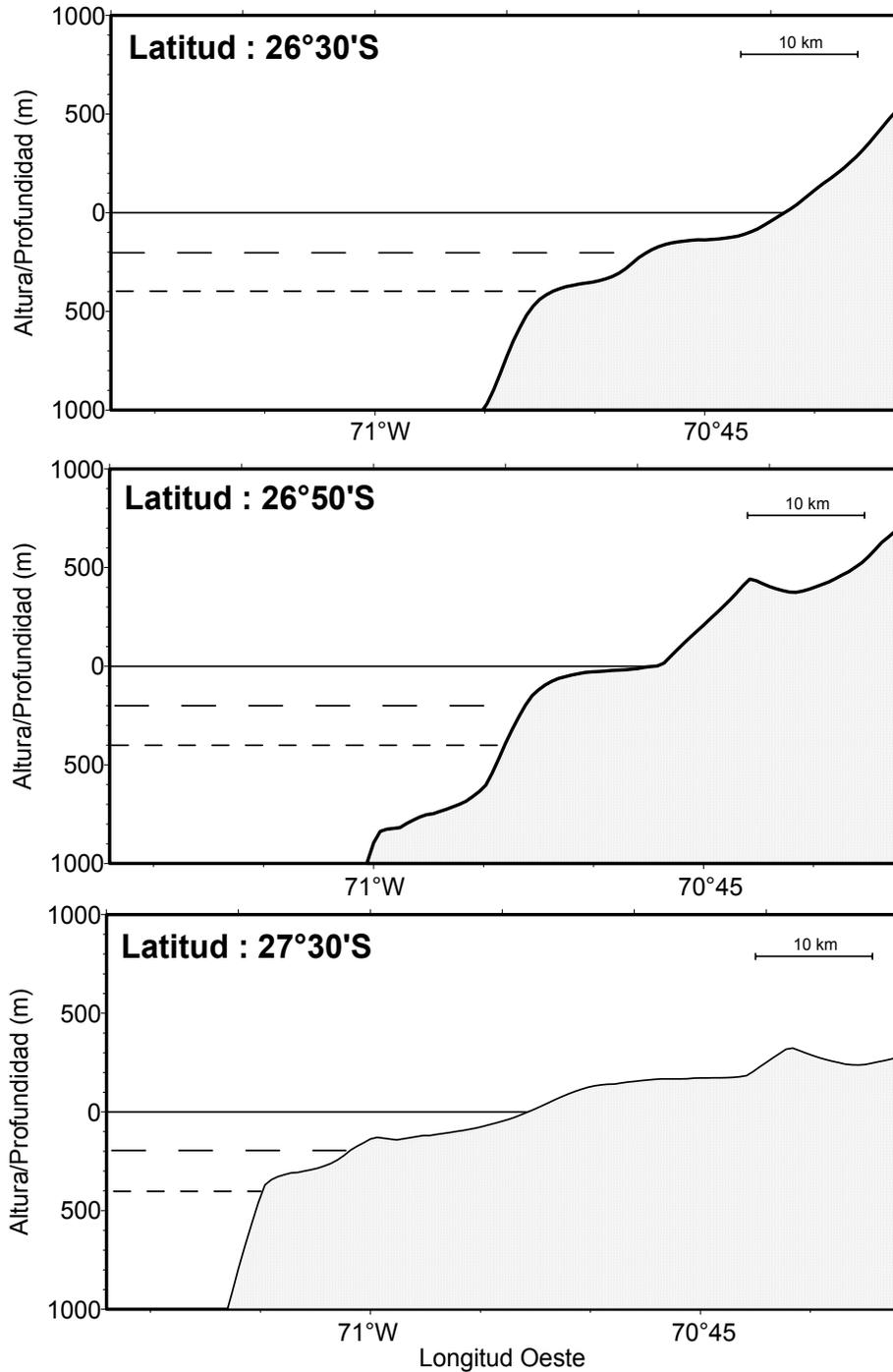


Figura 103: Corte vertical de la profundidad del fondo de tres secciones pertenecientes a la subzona norte en la III Regi3n. Se indican los niveles de 0, 200 y 400 m de profundidad.

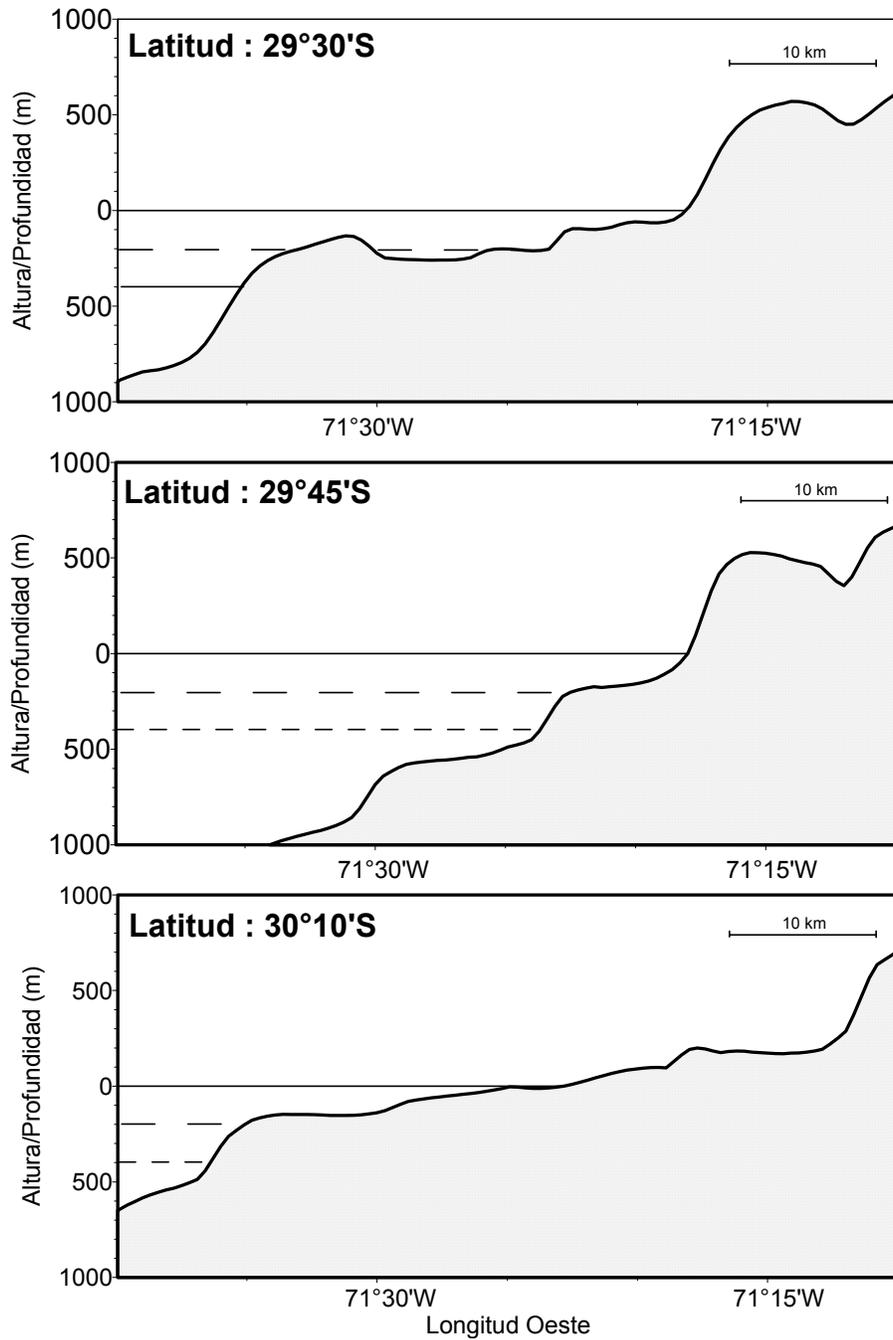


Figura 104: Corte vertical de la profundidad del fondo de tres secciones pertenecientes a la subzona sur en la IV Regi3n. Se indican los niveles de cero, 200 y 400 m de profundidad.

4.4.2. Circulaci3n general

En la circulaci3n en la zona central de Chile se distingue un flujo hacia el norte y dos hacia el sur (**Figura 105**). Los flujos hacia el norte corresponden al sistema de corrientes de Humboldt que consta de la rama costera y oceánica. En este caso se detallar3 la rama costera de la CH o corriente costera chilena (CCC) (Leth, 2000), debido a que es 3sta la que presenta influencia en el h3bitat del recurso en an3lisis. En el caso del flujo hacia el sur se encuentran la Contracorriente costera Per3-Chile (PCCC) a nivel superficial y la Contracorriente subsuperficial Per3-Chile (PCU).

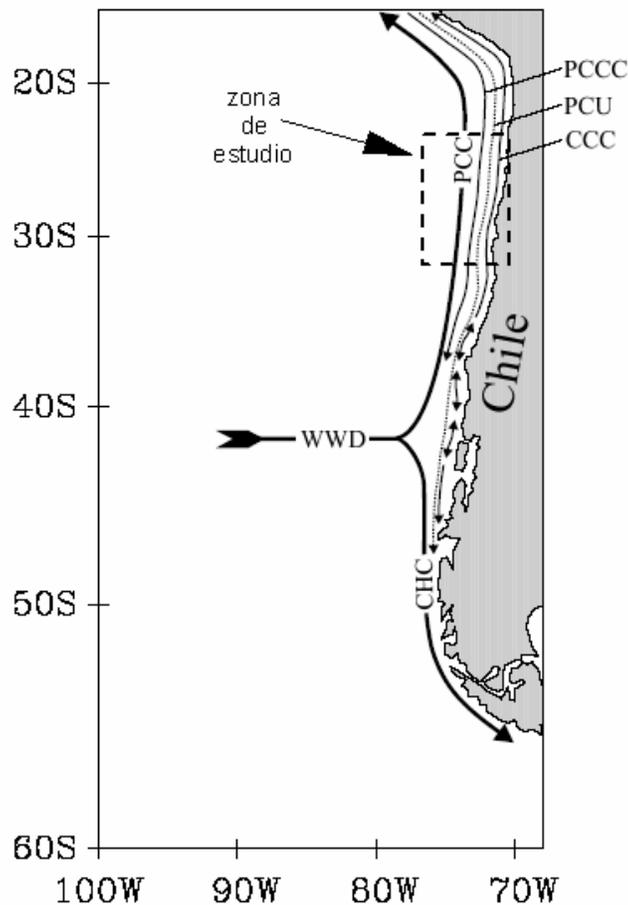


Figura 105: Esquema del sistema de corrientes de Chile (Leth, 2000). Las siglas de los flujos se indican en el texto. Las l3neas punteadas señalan corriente subsuperficial. El cuadro muestra el 3rea de la III y IV Regi3n.



La Rama costera de la Corriente de Humboldt (CH) o Corriente Costera Chilena (CCC), es un flujo continuo que se encuentra confinado entre los primeros 100 km de la costa. Desde los 42°S y hacia el norte, las aguas transportadas por la CCC aumentan suavemente su salinidad y temperatura por evaporación e insolación y por advección de aguas más cálidas y salinas de origen subtropical. Su flujo es principalmente en dirección norte, sin embargo la interacción con topografía local, tales como promontorios o bahías puede producir recirculación e inversiones de dirección de la corriente y también procesos de inestabilidad hidrodinámica dentro de los sistemas de corrientes, lo que a su vez puede llevar a la formación de meandros o giros del flujo básico. Variaciones del campo de viento en una localidad dada llevará a su vez a un cambio en el campo de velocidades superficiales, pero también los cambios asociados en la circulación de surgencia y ajustes dinámicos del campo de densidad, podrían afectar la circulación local como también provocar una dirección hacia el polo. Esto es también causado por algunas oscilaciones subinerciales que pueden propagarse hacia el polo como ondas atrapadas a la costa.

Así, en una corta escala de tiempo, diaria a semanal, las corrientes costeras pueden ser altamente variables en intensidad y su dirección se puede invertir a la habitual. La CCC se presenta más fuerte en primavera y verano, cuando los vientos hacia el norte están en su máximo. Algunas velocidades para esta corriente han sido reportadas en la zona norte de Chile de 10 a 15 cm/s. Los vientos costeros predominantemente hacia el ecuador son modulados por los ciclos diarios de la brisa tierra/mar dentro de los primeros 10 a 20 km de la costa, la cual puede producir reducción del viento durante la noche y la mañana o cambios en la dirección del viento dominante. En el área de estudio esto se puede traducir en vientos hacia la costa durante la noche y mañana debido a las fuertes variaciones de temperatura entre el día y la noche. La CCC se ubica centrada en los 73°W, alcanzando los 300 m de profundidad y tiene velocidades entre 11 y 14 cm/s. Leth, (2000) sugiere velocidades para esta corriente de 7,9-12,3 cm/s a profundidades entre 100 y 300 m.

En la zona centro-norte de Chile no se presenta en invierno una condición de vientos variables en fuerza y dirección, como ocurre principalmente al sur de los 35°S. Por lo tanto, en esta área no se presentan componentes del viento hacia el polo debido al paso de sistemas de baja presión que favorecerían procesos de hundimiento de aguas



(downwelling). Tales procesos son escasos en el área de Coquimbo, condición que se puede extrapolar también al área de la III región.

Respecto de la Contracorriente Costera Perú-Chile (PCCC), su flujo es hacia el sur y tiene su núcleo situado entre la costa y los 72°W y afecta en la vertical hasta los 150 m de profundidad. Se extiende hasta la latitud de los 35°S (Strub et al., 1998). Correspondería a un afloramiento de la Corriente Subsuperficial Perú-Chile. En relación a la Corriente Subsuperficial Perú-Chile (PCU), su flujo es hacia el sur y se ubica a nivel subsuperficial, manifestándose entre los 100 y 400 m de profundidad con velocidades de 4 a 10 cm/s, su núcleo se centra en los 72°W, angostándose al sur de los 27°S. Leth (2000) determinó que ésta corriente ubica su núcleo a una distancia promedio de 100 km de la costa desde las latitudes de 20°S a 42°S. Esta corriente está compuesta por Agua Ecuatorial Subsuperficial y su núcleo se encuentra típicamente en los 250 m. Se caracteriza por transportar aguas de alto contenido salino y bajo nivel de oxígeno disuelto. Esta agua viaja bajo la rama costera de la CH desde la región norte del Perú hasta la Latitud del Golfo de Penas (48° S). Sus velocidad es de 10 cm/s en Arica y de 2 cm/s en los 48°S. La velocidad de esta corriente no es constante en un mismo punto y se han detectado incluso reversiones en su dirección lo que estaría asociado a ondas atrapadas a la costa que viajan hacia el sur las que tienen períodos de semanas a meses.

4.4.2.1. La corriente subsuperficial Perú - Chile frente a la costa de Coquimbo.

Se ha documentado a la Corriente Subsuperficial Perú-Chile (PCU) frente a la costa de Coquimbo (30°S) en diversos trabajos, entre los cuales se destacan Castillo (2003), Hormazabal (1994), Pizarro et al, (2002); Shaffer et al., (1997) y Hormazabal et al., (2004). En estos se estudia la mencionada corriente ocupando, en forma parcial o completa, la serie de casi 10 años de datos medidos en el nivel de 220 m provenientes de un fondeo sobre la plataforma continental a una distancia de 12 km frente a Punta Lengua de Vaca (30°18'S), abarcando el período 1992 y 2001.



La serie de corrientes observada a 220 m (cerca del n3cleo de la PCU) en el per3odo 1992-2000 present3 un flujo promedio hacia el sur con una intensidad de 12,1 cm/s, con corrientes en direcci3n al Ecuador que s3lo se presentaron ocasionalmente y sin extenderse temporalmente por m3s de 3 3 4 d3as (Castillo, 2003). Diagramas de trazos de los promedios diarios de las series de corrientes filtradas indicaron que las corrientes tienen una orientaci3n predominante de acuerdo al 3ngulo de la costa (015° al este del norte) (**Figura 106**). Adem3s, se apreci3 la influencia de oscilaciones de baja frecuencia de escala intraestacional (oscilaciones entre 30 a 90 d3as) e interanual sobre la corriente, oscilaciones que fueron de mayor amplitud durante los eventos c3licos del fen3meno ENOS (Castillo, 2003).

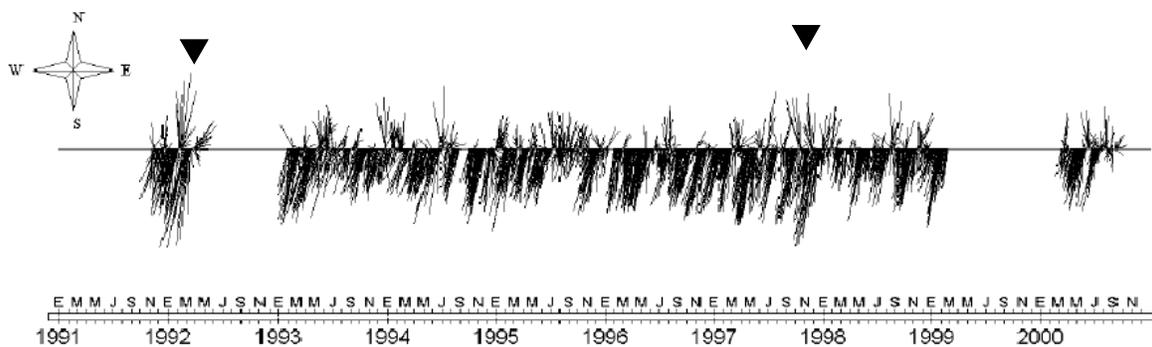


Figura 106: Diagramas de trazos de corrientes de observaciones diarias de corrientes (filtrada) medidas frente a la localidad de Coquimbo (30° S) a 220 m. (Castillo, 2003). Las flechas señalan el momento de las máximas velocidades medidas en la serie y que corresponden a los periodos El Niño 1991-92 y El Niño 1997-98.

4.4.3. Surgencia costera

El sistema de corrientes de Humboldt debe su productividad a la surgencia conducida por el viento, que fertiliza la zona euf3tica promoviendo altos niveles de nueva producci3n. Esta producci3n sostiene una rica variedad de poblaciones de plancton, que puede sustentar una de las pesquer3as m3s importantes del mundo (Escribano *et al.*, 2002). La estrecha plataforma continental y la fuerte pendiente orogr3fica a lo largo de la costa en el norte y centro de Chile proporcionan una combinaci3n 3nica de vientos favorables a la surgencia durante todo el año con pulsos de surgencia cuasi-semanales asociados con



perturbaciones atmosféricas atrapadas a la costa ("bajas costeras") (Rutllant y Montecinos, 2002).

En teoría la surgencia podría presentarse en toda la costa norte y central de Chile cuando el viento sople de SW, sin embargo, es usual que este proceso se presente localizado en puntos específicos, como bahías puntas y cabos (Fonseca y Farías 1987; Bello *et al.*, 2004). En el norte de Chile, incluyendo el sector de Coquimbo, la interacción local entre tierra-mar-aire produce una menor estacionalidad, con vientos que inducen surgencia débiles, pero que llegan a ser intensos durante primavera verano. Los vientos que inducen surgencia son intermitentes con periodos de 3-10 días, lo que produce un patrón de alternancia entre eventos de surgencia y relajación (Figuroa *et al.*, 1999).

Adicionalmente, otros procesos físicos asociados a la surgencia se presentan también, como son los remolinos y filamentos, jet costero, formación de frente térmicos costeros (Davis *et al.*, 1991). En este frente, próximo a la costa, es donde ocurre el ascenso de las aguas frías, observándose en la vertical que las isolíneas de temperatura y densidad se presentan verticales. A continuación del frente aparece una lengua más fría confinada a la superficie que se desplaza una gran extensión hacia el oeste, asociado al aumento del viento (Fonseca y Farías 1987). Todos estos factores pueden afectar la dispersión larval tanto en un sentido norte-sur como este-oeste repercutiendo, primeramente sobre los niveles de reclutamiento de organismos marinos, entre ellos algunos recursos pesqueros. Asimismo, la mezcla producida por el viento de la parte superior de la columna de agua durante la surgencia es otro proceso físico que puede ser beneficioso o perjudicial a la supervivencia larval dependiendo de la intensidad de la turbulencia (Davis *et al.*, 1991).

El forzamiento físico de la surgencia comprende una amplia gama de escalas temporales que configuran los cambios en la biomasa fitoplanctónica (Clorofila-a) y en la productividad primaria (fijación de carbono) sobre un intervalo de tiempo cualquiera (Rutllant y Montecinos, 2002). La mayor parte de la productividad biológica se da en una delgada banda a lo largo de la costa, en particular en áreas donde la surgencia activa es reconocida (Escribano *et al.*, 2002). En general, se han identificado "áreas" o más correctamente "centros" de surgencia, los cuales sostendrían la alta producción de peces



pelágicos y podría tener algún rol sobre la estructuración y funcionamiento de las comunidades bentónicas de la zona costera (Vasquez *et al.*, 1998).

4.4.3.1 Surgencia en la costa de la III y IV Región

La zona comprendida entre los 29 y 31°S, correspondiente al sistema de bahías de Coquimbo es un importante centro de surgencia, la que perdura la mayor parte del año (Fonseca y Farías 1987; Moraga *et al.*, 2001), al igual que el sistema de bahías de Caldera entre punta Morro (27°6'S) y punta Cabeza de Vaca (26°52'S) (Acuña *et al.*, 1989). Estas áreas de surgencia al estar asociadas con sistemas de bahías, las hacen sectores ideales para el reclutamiento de especies bentónicas. Un centro de surgencia adicional se ubica al norte del sector del borde costero de La Higuera, el que influencia el sector de Bahía Choros y sector de islas del sector norte de la bahía de Coquimbo. Este centro de surgencia se caracteriza por tener una menor intensidad de los procesos de afloramiento respecto de los demás centros de la región (Figueroa *et al.*, 1999).

En un análisis de temperaturas superficiales del mar (TSM) satelitales de primavera de 1985 y septiembre de 1987 correspondientes al sistema de surgencia de la bahía de Coquimbo, se observó que el núcleo de aguas más frías (< 11°C) se ubicó al sur de punta Lengua de Vaca, frente a la costa del parque Nacional Fray Jorge, sintiéndose el efecto de las bajas TSM en dirección noroeste hasta las 110 km de la costa, mientras que, en la parte norte frente al Tofo (29°26,6'S) se localizó una segunda zona de aguas frías (< 12°C) que abarcó una menor extensión que la anterior (**Figura 107**). Entre estas dos lenguas de aguas frías se encontró una zona central de aguas de mayor temperatura (> 13°C) (Fonseca y Farías 1987; Acuña *et al.*, 1989; Moraga *et al.*, 2001). Las aguas frías que emergen a la superficie durante el proceso de surgencia pertenecen a la masa de agua Ecuatorial Subsuperficial, la que incorpora grandes cantidades de nutrientes a esta capa (Alarcón, 1976; Moraga *et al.*, 2001). Uribe y Neshyba (1983) obtuvieron para la zona concentraciones de clorofila a través de imágenes del satélite Nimbus-7, reportando dos lenguas de agua con altas concentraciones (> 2 mgm³) que alcanzaron los 280 km de la costa, las que coincidieron con la distribución térmica ya mencionada, confirmando la

existencia regular de los procesos de surgencia y una alta productividad de sus aguas (Acuña *et al.*, 1989).

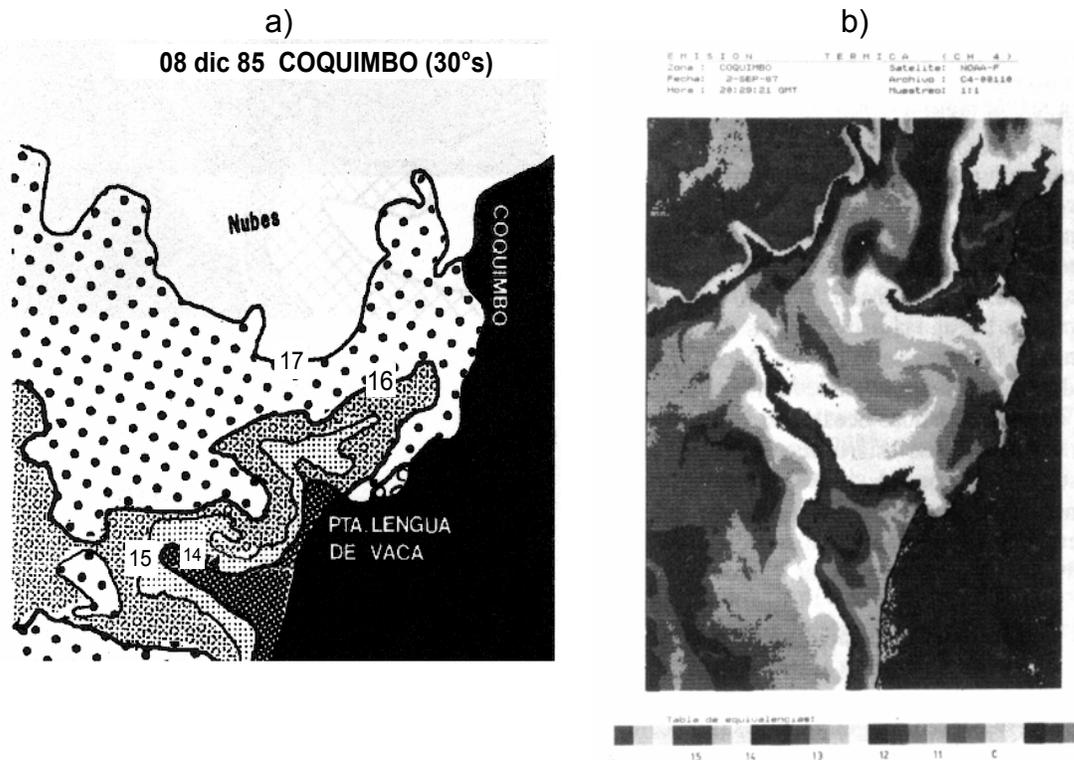


Figura 107: Imágenes de TSM satelital correspondientes al a) 8 de diciembre de 1985 (primavera) (Fonseca *et al.*, 1987) y b) 2 de septiembre de 1987 (invierno) (Acuña *et al.*, 1989).

Durante la relajaci3n de la surgencia o cuando la intensidad de ésta es muy baja, el agua ecuatorial subsuperficial no es transportada hacia la superficie del sector costero, participando en este caso agua subantártica que es pobre en nutrientes (Ortiz, 1998). Además, la variabilidad del sistema de surgencia en la zona norte es modulada por oscilaciones intraestacionales, tanto en la TSM como en la profundidad de la termo/nutriclina, producida por ondas oceánicas atrapadas a la costa, sobre las cuales se superponen los ciclos anuales (estaciones) e interanuales (ENOS) (Rutllant y Montecinos, 2002; Hormazabal *et al.*, 2001).



Durante el período El Niño 1982-1983 se indica un aumento en la temperatura superficial en la bahía la Herradura y alrededores, lo que afectó hasta los 30 m de profundidad, lo que provocó un hundiendo de la termoclina (Moraga *et al.*, 1994). Similar observación se realizó en el sector costero de Coquimbo (30°S), durante el evento de 1992, donde se profundizó la termoclina en aproximadamente 70 m más respecto a lo observado con anterioridad (Moraga *et al.*, 1994). Las zonas de surgencia también se ven afectadas por los eventos cálidos El Niño, ya que en noviembre de 1987, durante la fase cálida de 1997-1998, se observó que la surgencia, al pasar de la fase activa a la relajación, condicionó un aumento importante en la biomasa fitoplanctónica, con una leve disminución en la productividad primaria, mientras que en el sentido opuesto, el período La Niña noviembre de 1988, correspondiente la fase fría del ciclo, se caracterizó por cambios relativamente pequeños en la biomasa de la clorofila, con un aumento significativo en la productividad primaria (Rutllant y Montecinos, 2002). Escribano *et al.* (2002) señalan que la habitual capa de mínimo oxígeno disuelto cercana a la costa, puede profundizarse durante EL Niño, permitiendo la buena oxigenación de una ancha capa de agua superficial. Esto se traduce en la ausencia o presencia de débiles gradientes de temperatura y salinidad tanto en el plano vertical como horizontal. Comparativamente, durante la fase fría del ENOS, La Niña, las aguas subantárticas tienden a predominar en la zona costera, ocupando más del 80 % de la columna de agua.

En un período no Niño, los procesos de surgencia en esta zona se caracterizan por la presencia de lenguas de agua superficial de baja temperatura y mayor productividad que se desplazan hacia el noroeste de la costa debido a un efecto combinado de la circulación general y la topografía. El desplazamiento de las aguas superficiales hacia el noroeste se ve interrumpido por el debilitamiento del proceso de surgencia o por un proceso inverso como el hundimiento (Acuña *et al.*, 1989). Esta gran cantidad de agua de baja temperatura y alto contenido de nutrientes, al relajarse la acción de los vientos que le dieron origen, es llevada hacia la costa donde se incorpora a las cuatro bahías que completan el sistema, posiblemente a través de la actividad de dos giros. Los giros serían causados por la circulación geostrófica y la componente diurna de las mareas, reforzada en esta latitud por la componente inercial (Acuña *et al.*, 1989). Estas aguas llegarían primero a la bahía de Tongoy por su proximidad al núcleo de la surgencia, después a



Guaqueros y finalmente a la bahía de Coquimbo, la cual tiene una respuesta más lenta a los cambios, conservando un mayor tiempo las características oceánicas (Acuña *et al.*, 1989).

En punta Lengua de Vaca, la evolución del proceso de surgencia en invierno no debería ser muy diferente al observable en otras estaciones del año, pues la periodicidad de los vientos favorables a la surgencia es de 7-8 días. Los cambios en las masas de agua en estas bahías son causados parcialmente por la intrusión de aguas de características diferentes a las residentes desde la capa superficial de la columna de agua (150 m) y de entre 15 a 22 km de la costa (Moraga *et al.*, 2001). En un análisis de imágenes satelitales enfocado a describir la variabilidad espacial de la surgencia en la cuarta región y la localización de los principales centros de surgencia, se determinó que, en general, los rangos de temperatura fueron de 9° a 13° durante el invierno y entre 10° y 16° grados en épocas de verano, siendo las temperaturas más frías localizadas en los centros de surgencia, y las más cálidas asociadas a la zona de bahías (Figueroa *et al.*, 1999).

La zonificación del sector costero que influencia a la cuarta región ha sido clasificada en cuatro categorías (Figueroa *et al.*, 1999): (1) Zonas de surgencia costera (14-16°C): localizadas en todo el borde costero desde Los Vilos hasta más allá del límite norte de la región, lo cual indica una alta influencia de aguas frías frente a las costas de toda la cuarta región. (2) Zona frontal (16-17°C), que determina el choque de aguas oceánicas con las aguas de surgencia costera, las cuales penetran hacia la costa en sectores localizados en la tercera región. (3) Zona de influencia oceánica (17-18°C y más), que determina la penetración hacia la costa de aguas de mayor temperatura. Las cuales, debido al transporte costa afuera ejercido por la surgencia costera, mantiene esta masa de agua sin llegar a tener contacto con la zona litoral. (4) Sector de Bahías (16-17°C y 17-18°C), representada como una banda costera de influencia local, la cual puede ser interpretada como condiciones contrastantes a las observadas en las zonas de surgencia de costa abierta. Este patrón podría ser atribuido a condiciones de mayor retención de masa de agua (tiempo de residencia) y por lo tanto mayor calentamiento por procesos locales, y no a la influencia de aguas oceánicas.



Figuroa *et al.*(1999) se~alan que la intensidad de los centros de surgencia en el sector de costa abierta (no bahía) puede ser tan alta que puede llegar a formar un solo “cuerpo frío” y no un filamento frente a una determinada localidad. Lo anterior sugiere que la surgencia es un proceso que opera a meso-escala (i.e., 10-100 km), lo que es importante para entender la dinámica de los sistemas naturales de la IV Región. Los resultados indicados son relevantes al considerar la estructura de estos eventos y la manifestaci3n de sus características, como formaci3n de frentes de surgencia y transporte de larvas de organismos bent3nicos, entre otros. En estas condiciones de fuerte dinámica, los organismos pelágicos deben enfrentar varios procesos y fuerzas físicas para mantener sus poblaciones y completar sus ciclos de vida. En este sentido, un sistema de surgencia usualmente implica un hábitat muy advectivo, que puede afectar fuertemente la distribuci3n espacial del plancton, y posiblemente puede explicar los patrones de agregaci3n y dispersi3n, así como los mecanismos para la exportaci3n de carbono al océano abierto, o a las aguas profundas (Escribano *et al.*, 2002).

Escribano *et al.*, (2002) indican que, adicionalmente al efecto fertilizador que fomenta la producci3n primaria en la zona costera, la surgencia también causa cambios abruptos en los modelos de circulaci3n y en las condiciones oceanográficas tanto en el espacio como en el tiempo. El ascenso de aguas frías con bajo oxígeno disuelto a nivel subsuperficial altera la estratificaci3n de la columna de agua, resultando en un aumento en los ambientes heterogéneos. Los organismos pelágicos pueden aprovechar la alta productividad de los sitios de surgencia pero ellos también se enfrentan con los cambios de condiciones, como son las corrientes inducidas a lo largo de la costa o a través de ella. Uno de los procesos físicos fundamentales que dominan el sistema de surgencia es el transporte de Ekman, que induce advecci3n fuera de la costa. Las especies planctónicas deben enfrentar estas fuerzas advectivas para mantener la agregaci3n cerca del rico centro de surgencia y para esto se han propuesto varios mecanismos:

(1) Ajuste pasivo de la posici3n vertical en presencia de cambios de direcci3n y velocidad de la corriente en una distancia reducida (shear), debido a la migraci3n vertical. Este proceso puede resultar de una cierta preferencia de profundidad, causando diferentes modelos de distribuci3n horizontal o migraci3n vertical diaria y capa ontogénica, (2) nado



activo para usar el shear de la corriente para mantener la posición horizontal en un sistema de estratificación vertical, (3) presencia de corrientes a lo largo de la costa combinado con giros debidos a la intensificación de la surgencia en las puntas o salientes, puede producir áreas de retención y (4) presencia de frentes termales secundarios cerca de la costa (llamados también sombra de surgencia) pareciera acumular organismos planctónicos. Ello ha servido para explicar la inter-fase entre el evento de surgencia y el reclutamiento en la comunidad litoral.

Por lo tanto, la circulación de surgencia puede influenciar fuertemente la distribución espacial tanto del zooplancton pequeño como de los huevos y primeros estadios larvales. En un estudio realizado en el centro de surgencia de la península de Mejillones, 23° a 23°40'S, Escribano *et al.* (2002) indicaron que este proceso inducido por el viento puede ocurrir a través de todo el año, generando varios filamentos que pueden extenderse hasta los 100 km desde la costa. Señalan además que, en este sistema, la circulación clásica de Ekman está fuertemente modulada por una corriente que fluye al polo en los 200 m superiores. La interacción resultante, la cual depende en gran medida de la intensidad de la surgencia, puede originar una variedad de giros y componentes a lo largo de la costa y a través de la plataforma, que generan una mezcla de áreas eficientes para la retención y otras altamente advectivas. En el caso particular de Antofagasta, el flujo resultante muestra flujos reversos, pero el transporte neto es hacia la costa, tanto en condiciones de invierno como en verano. Esto puede influir en un largo tiempo de residencia para cualquier partícula pasiva.

En el sector costero del sistema de surgencia, las densas agregaciones de biomasa fitoplanctónica pueden ser una característica importante en la determinación de la dinámica de las poblaciones, y el éxito de especies pelágicas (Escribano *et al.*, 2002). En este trabajo se indica además, que una fracción de la población de organismos generada en las aguas someras del foco de surgencia de punta Angamos, puede ser advectada hacia el norte, introduciéndose a la bahía de Mejillones, donde finalmente se desarrolla. Esta retención puede ocurrir al entrar los organismos al giro que se genera en la bahía, o por ser atrapado en el frente costero lateral, que resulta de la interacción de las aguas frías de surgencia con las aguas residentes de mayor temperatura.



Extrapolando al sector de Coquimbo lo encontrado respecto al transporte de larvas entre punta Angamos y la bahía de Mejillones (Península de Mejillones, II regi3n), y considerando que se han encontrado importantes n3meros de larvas de langostino colorado en los 28°54'S correspondiente al sector norte de la bahía de Coquimbo, es posible plantear que una fracci3n de las larvas sea advectada hacia el sector m3s oceánico de la bahía de Coquimbo. Lo anterior sería a causa de la circulaci3n de la surgencia, quedando posteriormente éstos organismos dentro del área de su influencia, debido a los sectores de retenci3n que se generan en las bahías y áreas cercanas. Sin embargo, debido a la distancia que ello implica, es poco probable, que la circulaci3n pueda arrastrar las larvas desde la IV Regi3n a los sectores de hábitat de la III Regi3n, ubicados en los 26°S.



5. DISCUSIÓN

Este es el primer estudio que da cuenta de aspectos relacionados con la dinámica y estructura poblacional de *P. monodon* en la zona norte de Chile. Los resultados presentados muestran importantes características. Una de éstas revela considerables variaciones temporales y espaciales en la magnitud de las densidades de *P. monodon* obtenidas desde cruceros de evaluaciones directas y operaciones pesqueras comerciales. En términos generales las variaciones y magnitudes de las densidades son notoriamente más distinguibles en una escala temporal, que entre sectores geográficos. En efecto, las variaciones interanuales y estacionales para el período 1998-2005 muestran patrones disímiles entre las agregaciones de *P. monodon* detectadas en la III y IV Regiones, e inclusive las variaciones estacionales dentro de una misma Región son diferentes entre años (**Figura 7 y 8**). Para ilustrar las altas variaciones en las densidades ya sea a una escala estacional o espacial, fue posible georeferenciar las agregaciones de la III y IV Regiones y los niveles de sus densidades, mostrando variaciones en los niveles de densidad en torno a un 200% entre diferentes meses del año (**Figuras 9-10, 12**) y variaciones de hasta un 100% entre diferentes agregaciones (**Figuras 13-16, 19, 24, 25**). Este amplio dinamismo en las abundancias de *P. monodon*, que es necesario recordar son desprendidas principalmente desde operaciones pesqueras, es posible que esté dirigido por la dinámica reproductiva. En efecto, diferentes estudios de la dinámica poblacional de crustáceos han mostrado que patrones de reclutamiento constantes y distribuciones de frecuencias unimodales, que conducen a mantener patrones estacionales estables en las abundancia y densidades, son el resultado de una alta actividad reproductiva a lo largo de todo año que asegura un constante excedente larvario y un adecuado balance en las proporciones sexuales (Diaz and Conde, 1989; Litulo, 2005a). Sin embargo, este no es el caso de *P. monodon* donde es indistinguible un patrón estacional en las densidades en una misma Región, e inconsistencia en las variaciones interanuales entre Regiones, probablemente resultado del reducido período reproductivo acotado al último y primer trimestre de cada año que incidiría notablemente en la magnitud y periodicidad del reclutamiento y formación de agregaciones. Para reforzar este punto, es necesario destacar que probablemente el corto período reproductivo de *P. monodon* (proceso que incluiría la liberación larval y copula) determina



dos aspecto en la dinámica poblacional: (i) una alta variabilidad en los excedentes larvarios, que finalmente se traduce en variaciones en el reclutamiento, y (ii) la formación de densas agregaciones que posterior al período reproductivo son disipadas con objeto de reducir la mortalidad por predación y/o factores ambientales. Estos dos aspectos en la dinámica poblacional son evidentes desde las estructuras de tamaños de *P. monodon* en la III y IV Regiones, las que muestran un alto nivel de polimodalidad y cambios temporales bruscos en los tamaños medios (**Figuras 28, 32, 34**) que sólo podrían ser explicados por cambios en las agregaciones consecuencia de algún proceso poblacional como es la reproducción.

Tanto las variaciones en los reclutamientos, como también, el alto dinamismo en las agregaciones, potencialmente deberían estar influenciando las altas variaciones en las densidades dentro y entre la III y IV Regiones. En una escala espacial, las densidades de *P. monodon* presentan menor variación que en la escala espacial. Esta característica ha favorecido detectar una estructuración espacial en las densidades para sectores geográficos bien delimitados. Por ejemplo, en algunos años se presentan patrones que señalan mayores densidades asociadas a sectores costeros someros, principalmente frente a Pta. Hornos en la IV Región (29°30'S). En efecto, las densidades de las agregaciones detectadas por la flota comercial (**Figuras 13 y 19**), como también, por los cruceros de área barrida (**Figuras 24 y 25**), muestran que las densidades durante períodos de tiempo acotados tienden a ser mayores en sectores aledaños a la costa.

En el caso de las variables propuestas para identificar la estructura y dinámica poblacional de *P. monodon*, los resultados de los análisis de las estructuras de tamaños y edad revelan que la población presenta polimodalidad a través en todo el área de estudio, indicando que puntuales cohortes dominan la dinámica poblacional (**Figuras 28 y 60**). Tal estructura en la composición de edad o tamaños corporales, probablemente son consecuencia de patrones migratorios, desbalance en las proporciones sexuales (producto de aperiodicidad en los excedentes larvarios, como también, la explotación pesquera), y diferencias en las tasa de mortalidad y crecimiento. Nuestros resultados muestran una mayor presencia de machos, que sería explicada por las diferencias en las tasas de crecimiento entre sexos descritas en este estudio.



Los resultados de los modelos geoestadísticos y análisis multivariados aplicados sobre las diferentes variables poblacionales, muestran una separaci3n espacial en la poblaci3n que por lo visto esta asociada a un ciclo estacional en un gradiente en profundidad. En efecto, al agrupar las estructuras de tallas y edades a partir del análisis de clasificaci3n, es claro la existencia de agregaciones con diferencias en sus tamaños y edades, donde en la IV Regi3n se puede distinguir que los tamaños y edades mayores est3n distribuidos principalmente en aguas someras y confinados cerca de los límites costeros, en cambio, los ejemplares pequeños est3n distribuidos principalmente en aguas profundas por sobre los 260 m (**Figuras 48 y 65**). Sin embargo, esta estructuraci3n solo es evidente a inicios y fines de año, principalmente durante el período que ocurre la reproducci3n y se minimiza la portaci3n de huevos. Dos análisis refuerzan estos resultados, el primero corresponde a un análisis de correspondencia destendenciado (**Figuras 55 y 56, Figuras Anexo D 116-125**), que evidencia una configuraci3n de sitios de muestreo asociada a los tamaños corporales, como también, una fuerte asociaci3n con la direcci3n del máximo cambio en la profundidad y meses. El segundo análisis muestra la georeferenciaci3n de las tallas medias (**Figuras 43-46, Figuras Anexo D 108-115**), donde es notoria la presencia de ejemplares de mayor talla en aguas cercanas a la costa.

El análisis geoestadístico de la edad modal es indicativo de una estructura espacial y apuntan a la existencia de un gradiente longitudinal. El mapeo de esta variable muestra un ordenamiento secuencial en el espacio, desde una mayor profundidad (edades menores) a una menor profundidad (edades mayores) en una orientaci3n noreste, dado por la línea de costa (**Figura 83**). Además, el mapeo por medio del kriging muestra que durante el primer y último trimestre se presenta una fuerte estructura espacial con gradiente en las edades modales desde aguas profundas a aguas someras (**Figura 84**), resultado altamente consistente con los análisis multivariados discutidos anteriormente.

En consistencia con los resultados discutidos hasta este punto, se aprueba la hipótesis que señala que la poblaci3n de *P. monodon* estaría **Estructurada por focos de agregaci3n**. Esta hipótesis plantea que la poblaci3n de langostino colorado en las Regiones III y IV posee una estructura espacial delimitada principalmente por focos de agregaci3n. Por consiguiente, se espera que cada agregaci3n esté estructurada con



procesos biol3gicos propios, donde se produce el asentamiento larval y comienza la expansi3n poblacional a trav3s de la plataforma continental en un gradiente longitudinal.

Se postula que durante el primer y 3ltimo semestre del a3o, y una vez que se aproxima la liberaci3n larvaria, los individuos adultos se acercar3an a la costa para asegurar la mayor sobrevivencia larval y facilitar la posterior copula. Posterior a este per3odo, los ejemplares adultos se alejar3an de las zonas menos profundas mezcl3ndose con los restantes miembros de la poblaci3n, y a la vez, imposibilitando detectar alg3n patr3n espacial en su estructuraci3n. El an3lisis exploratorio de los componentes de la poblaci3n, segregados a partir del modelo de madurez sexual, confirma los resultados mencionados, quedando en evidencia la reducci3n de individuos maduros a medida que aumenta la profundidad y el aumento de las componentes que representan a los individuos inmaduros (**Figuras 70-71**). Los individuos maduros se observan en aguas someras principalmente durante los primeros y 3ltimos meses del a3o, con un leve gradiente desde aguas profundas a aguas someras a medida que transcurren los meses. Por el contrario, durante los meses de invierno cuando los ejemplares maduros no est3n presentes en aguas someras y probablemente migren a aguas m3s profundas, la estructura poblacional es escasamente detectable (**Figuras 72-73**). Este resultado confirma que la estructura espacial de *P. monodon* est3 condicionada a eventos reproductivos que ocurrir3an en aguas someras. Reforzando la hip3tesis de estructuraci3n por focos de agregaci3n, este an3lisis adem3s muestra que los individuos inmaduros son escasamente visibles en aguas someras durante la mayor parte del a3o.

Si bien, el an3lisis del ciclo de vida (crecimiento, madurez, mortalidad, etc.) de *P. monodon* tuvo como primera finalidad la construcci3n de las variables de poblacionales necesarias para la detecci3n de la estructura poblacional, permiti3o reforzar nuestra hip3tesis de estudio. En efecto, se obtuvo que los procesos poblacionales b3sicos de *P. monodon* (principalmente madurez y mortalidad natural, **Figuras 97 y 98**) presentan moderadas diferencias entre las agregaciones de la III y IV Regiones, indicando que nos extra3o observar diferencias poblacionales en la din3mica y estructura.



Además, la hipótesis central puede ser reforzada al revisar los patrones oceanográficos de la zona de estudio. La amplia plataforma continental encontrada en la gran bahía de la IV región es un factor que condiciona la mayor intensidad de los procesos de surgencia, los cuales aportan a la capa eufótica los nutrientes necesarios para la producción primaria, como también materia orgánica a los sedimento marinos. De esta forma, no es extraño pensar que los individuos adultos de *P. monodon* se encuentren en aguas más someras durante la liberación larval. Ciertamente, existen evidencias que la segregación espacial respondería principalmente a factores bióticos y abióticos, dentro de estos últimos destacan los tipos de sedimentos, topografía y sistemas de corrientes (Maynou *et al.* 1996; Sarda *et al.* 1997; Abello *et al.* 2002; Tully *et al.* 2003), variables que no fueron incluidas en este estudio

Otro punto importante de nuestros resultados es el análisis de la dinámica de larvas. Si bien, a la fecha no es posible describir adecuadamente la distribución de los diferentes estadios larvarios, es posible concluir que efectivamente el desarrollo larvario de *P. monodon* ocurre en aguas frente a la III y IV Regiones, aproximadamente al término del invierno (agosto) y comienzos de primavera (Septiembre). Sin embargo, debe destacarse que el aparente bajo número de larvas, en relación a los otros componentes planctónicos de cada muestra, así como la ausencia de larvas en una relativamente gran proporción de muestras, pudiera deberse no sólo a la ausencia de larvas por causas temporales, sino que pueden estar asociado a aspectos como el tipo de red de zooplancton empleado, el tipo de arrastre efectuado, e incluso la hora del día en que dichas muestras fueron recolectadas, las que serán ser discutidas con más detalles durante el transcurso del proyecto.

En cuanto a la distribución espacial de las larvas de langostino colorado, es posible plantear que en diferentes sectores del área de estudio, puede ocurrir el paso desde la Zoea V a estadio juvenil, con el consiguiente cambio de hábitos de las larvas de planctónicas a bentónicas (**Tabla 11, Anexo B**). Además, los resultados señalan que es probable definir sectores de “polarización” o agrupamiento de larvas, observables en torno a las latitudes de 24°, 26° y 29°S (**Figuras 87-89**). En este contexto, existe la probabilidad que esta mayor concentración de larvas este regulada por las condiciones del régimen oceanográfico del sector, el cual pudiera contribuir no sólo a la dispersión de algunas larvas, sino más bien a la concentración de éstas facilitando los procesos de alimentación



y muda de los diferentes estadios larvarios. Respecto de la identificaci3n de las larvas, se ha observado una secuencia de estadios larvarios (Zoeas II aV) en el 3rea de estudio, lo que parece indicar en forma preliminar que todo el desarrollo larvario proveniente de la reproducci3n de ejemplares adultos que habitan el sector.

Recientes estudios han mostrado que la poblaci3n del *P. monodon* que habita la plataforma continental en las Regiones VII y VIII, poseen una estructura poblacional segregada espacialmente sobre los grupos de edad (Roa & Tapia, 2000), con una 3nica 3rea de crianza (zona de asentamiento larval) emplazada en la plataforma continental fuera de la Bahía de Concepci3n (Gallardo *et al.*, 1994, Roa *et al.*, 1995), desde donde dos ramas con diferentes tasas de crecimiento y madurez sexual se bifurcan hacia el sur y norte a trav3s de la plataforma continental (Roa & Tapia, 1998). Estos estudios que describen la din3mica poblacional de *P. monodon* en la zona centro-sur de Chile, han dejado en evidencia la presencia de una din3mica espacial en la distribuci3n de las cohortes y procesos vitales asociados al reclutamiento, madurez y crecimiento. Sin embargo, los resultados de este estudio indican que la poblaci3n de *P. monodon* presenta un patr3n espacial en direcci3n longitudinal y estratificado por profundidades que es explicado principalmente por procesos reproductivos, situaci3n que es contradictoria con los patrones descritos para la zona centro-sur. Sin embargo, las clasificaciones biogeogr3ficas de las zonas costeras de Chile (Camus 2001) indican que las condiciones topogr3ficas (la plataforma continental en la III y IV Regiones es extremadamente estrecha) y las asociaciones comunitarias son diferentes, sugiriendo que disimilitudes en la din3mica espacial podrían ser plausibles. Asimismo, los mismo autores que describieron la din3mica latitudinal de *P. monodon* en las Regiones VII y VIII han sugerido que las poblaciones de galateidos son extremadamente flexibles para adaptarse a cambios en sus condiciones de habitat y procesos poblacionales. Adem3s, existen antecedentes sobre poblaciones bent3nicas donde la din3mica y estructura espacial est3 orientada principalmente a trav3s de la plataforma continental (Walters *et al.* 1993; Maynou *et al.* 1996; Sarda *et al.* 1997; Maynou *et al.* 1998; Walters & Wilderbuer 2000; Taylor & Collie 2003).



6. CONCLUSIONES

- De lo observado tanto en los registros de pesca comercial como de los cruceros de 3rea barrida, se desprende que las densidades poblacionales en las agregaciones de *P. mondon* en la III y IV Regiones, presentan importantes fluctuaciones interanuales y entre regiones durante los a1os 1998-2005.
- Las variaciones en las densidades de *P. mondon* pueden ser observadas en las estructuras de tama1os y edades, las que si bien poseen similar dispersi3n, presentan un alto nivel de polimodalidad que podr3a ser explicado por las variaciones en los excedentes larvarios (resultando en variaciones en los reclutamientos) y el desbalance en las proporciones sexuales producto de la formaci3n de agregaciones con prop3sitos reproductivos.
- Al margen de la alta variabilidad en las densidades, es posible detectar para algunos per3odos de a1o (Noviembre-Abril) una significativa tendencia en la poblaci3n de *P. mondon* a concentrar mayores densidades en sectores contiguos a la costa. Esta caracter3stica es cierta tanto en los registros pesqueros, como en los cruceros de 3rea barrida.
- La variabilidad espacio-temporal de los atributos poblacionales de *P. mondon* (tama1os corporales, grupos de edad y componentes poblacionales), analizada a trav3s de m3todos multivariados, es concluyente en corroborar diferencias significativas en estos atributos a trav3s de un gradiente en profundidad. En efecto, se observa que Individuos de tama1os corporales peque1os, principalmente inmaduros y de edades <4-5 a1os habitan aguas profundas entre los 200 y 320 m. En contraste, individuos adultos en proceso de madures o totalmente maduros, habitan aguas someras entre los 150 y 260 m de profundidad. El an3lisis de correspondencia refuerza esta conclusi3n, mostrando una configuraci3n de sitios de muestreo asociada a los tama1os corporales, como tambi3n, una fuerte asociaci3n con la direcci3n del m3ximo cambio en la profundidad y meses.



- El gradiente en profundidad detectado en los atributos poblacionales, y que es evidente entre los meses de noviembre a abril, estaría condicionado a eventos reproductivos que ocurrirían en aguas someras. Para estos eventos, los individuos maduros se agruparían en aguas someras principalmente durante los primeros y últimos meses del año, con un leve gradiente desde aguas profundas a aguas someras a medida que transcurren los meses.
- El análisis geoestadístico de los atributos poblacionales confirma una estructura espacial en un gradiente longitudinal. El mapeo de esta variable muestra un ordenamiento secuencial en el espacio, desde una mayor profundidad (edades menores) a una menor profundidad (edades mayores) en una orientación noreste, dado por la línea de costa.
- Efectivamente el desarrollo larvario de *P. monodon* ocurre en aguas frente a la III y IV Regiones, aproximadamente al término del invierno (agosto) y comienzos de primavera (Septiembre). En cuanto a la distribución espacial de las larvas de *P. monodon*, es posible indicar que en sectores norte de Chile, aproximadamente a los 24°30'S, pueda ocurrir el paso desde la Zoea V a estadio juvenil, con el consiguiente cambio de hábitos de las larvas de planctónicas a bentónicas.
- El diseño y análisis de cruceros de investigación orientados a la detección de estos patrones es un tarea de importancia y prioritaria (Legendre *et al.* 2002), sin embargo, en crustáceos decapados de aguas profundas, como es el caso de *P. monodon*, el diseño de cruceros demanda extensos sistemas logísticos y elevados costos de operación. Una adecuada forma de sortear este problema es la utilización de datos biológicos, pesqueros y ambientales, recopilados por diferentes diseños de muestreos, que permitan esclarecer los patrones espaciales y modelos conceptuales de la dinámica poblacional.
- En este contexto, los datos biológicos y pesqueros de *P. monodon*, disponibles desde diversos proyectos de investigación, son auspiciosos para desarrollar un primer acercamiento que esclarezca los patrones espaciales y la dinámica poblacional de *P. monodon* en el norte de Chile, y a la vez, proporcionar una base científica para posteriores investigaciones.



7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abello P., Abella A., Adamidou A., Jukic-Peladic S., Maiorano P. & Spedicato M.T. (2002) Geographical patterns in abundance and population structure of *Nephrops norvegicus* and *Parapenaeus longirostris* (Crustacea: Decapoda) along the European Mediterranean coasts. *Scientia Marina (Barcelona)*, 66, suppl. 2, 125-141.
- Acuña E., J. Moraga & E. Uribe. (1989). La zona de Coquimbo: Un sistema nerítico de surgencia de alta productividad. Com. Perm. Pacífico Sur (Número Especial): 145-157.
- Acuña E., Alarcón R., Arancibia H., Cid L., Cubillos L., Martínez G. & Cortés A. (2005) Evaluación directa de langostino colorado y langostino amarillo entre la II y VIII regiones, año 2004. In, p. 292. Universidad Católica del Norte, Valparaíso
- Acuña E., González M. & González M. (2003) Pesquerías de langostinos y camarón nailon en el norte de Chile. In: *Actividad pesquera y de acuicultura en Chile* (ed. Yañez E), pp. 263-287. Ediciones Universitarias de Chile, Valparaíso
- Alverson D.L. & Carney M.J. (1975) A graphic review of the growth and decay of population cohorts. *J. Cons. Int. Explor. Mer*, 36, 133-143
- Arana P. (1990) Crecimiento del langostino colorado (*Pleuroncodes monodon*) en la zona Centro-Sur de Chile. In, p. 80. Universidad Católica de Valparaíso
- Arana P. & Arredondo M. (1993) Dinámica de los focos de abundancia del langostino colorado (*Pleuroncodes monodon*) frente a la Región del Bío-Bío. In, p. 105. Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso
- Arana P. & Pizarro M.F. (1970) Análisis de los Parámetros biométricos de langostino amarillo (*Cervimunida johni*) y zanahoria (*Pleuroncodes monodon*) de la costa de Valparaíso. *Investigaciones marinas*, 1, 285-336



- Ba3ez P. (1997) Key to the families of decapod crustacean larvae collected off northern Chile during an El Ni3o event. *Investigaciones marinas*, 25, 167-176
- Bahamonde R., Canales C., Barbieri M.A., Leiva B., Arana P., Guerrero A., Ahumada M., Melo T., Queirolo D., Hurtado C. & Galvez P. (2003) Evaluaci3n directa del langostino colorado y langostino amarillo entre la II y VIII Regiones, a3o 2002. In, p. 229. Instituto de Fomento Pesquero, Valpara3so
- Bahamonde R., Canales C., Barbieri M.A., Leiva B., Arana P., Palma S. & Melo T. (2002) Evaluaci3n directa de langostino colorado y langostino amarillo entre la II y VIII Regiones, a3o 2001. In, p. 202. Instituto de Fomento Pesquero, Valpara3so
- Bahamonde R., Leiva B., Canales C., Barbieri M.A., Cort3s J., Quiroz J., Arana P., Guerrero A., Ahumada M., Melo T., Queirolo D., Hurtado C. & Galvez P. (2004) Evaluaci3n directa de langostino colorado y langostino amarillo entre la II y VIII Regiones, a3o 2003. In, p. 287. Instituto de Fomento Pesquero, Valpara3so
- Bahamonde R., Rodriguez L., P3rez L., Chomali S., Badilla M. & Kleiman J. (1986) Explotaci3n del recurso langostino de las aguas interiores, Regiones XI y XII - Prefactibilidad. In. Instituto de Fomento Pesquero, Valpara3so.
- Bello, M., M^a A. Barbieri, S. Salinas y L. Soto. 2004. Surgencia costera en la zona central de Chile, durante el ciclo El Ni3o-La Ni3a 1997-1999. El Ni3o-La Ni3a 1997-2000. Sus Efectos en Chile. S. Avaria, J. Carrasco, J. Rutllant y E. Ya3nez. (eds.). CONA, Chile, Valpara3so. pp. 77-94.
- Bozdogan H. (2004) *Statistical data mining and knowledge discovery*. Chapman & Hall, London.
- Bustos H., Aracena O., Mora S. & Palma W. (1982) Estudio de crecimiento y edad en el langostino colorado (*Pleuroncodes monodon* H. Milne Edwards, 1837). In, p. 120. Instituto de Fomento Pesquero, Valpara3so



- Butler M. (2003) Incorporating ecological process and environmental change into spiny lobster population models using a spatially-explicit, individual-based approach. *Fisheries Research (Amsterdam)*, 65, 63-79
- Camus P. (2001) Biogeografía marina de Chile continental. *Revista Chilena de Historia Natural*, 74, 587-617.
- Canales, C. & V. Espejo. (2001). Informe Final. Proyecto Investigación CTP Langostino colorado 2002.
- Canales C. & Montenegro C. (2005) Investigación y evaluación Captura Total Permisible (CTP) langostino colorado, 2004. In, p. 33. Instituto de Fomento Pesquero, Valparaíso.
- Castillo M. (2003). Influencia de oscilaciones oceánicas de origen ecuatorial en las fluctuaciones de baja frecuencia de las corrientes y nivel del mar a lo largo de la costa de Chile central. Tesis para optar al título de oceanógrafo. Universidad Católica de Valparaíso, 103 pp.
- Chambers R.G. & Strand I.E., Jr. (1986) Estimating parameters of a renewable resource model without population data. *Marine Resource Economics*, 2, 263-274
- Colpo K.D. & Negreiros-Fransozo M.L. (2004) Comparison of the population structure of the fiddler crab *Uca vocator* (Herbst, 1804) from three subtropical mangrove forests. *Scientia Marina (Barcelona)*, 68, 139-146
- Cressie N.A.C. (1993). Statistics for spatial data. John Wiley & Sons, New Cork.
- Cubillos L.A., R. Alarcón & A. Brante. 1999. Empirical estimates of natural mortality for the Chilean hake (*Merluccius gayi*): evaluation of precision. *Fisheries Research* 42:147-153.
- Davis C., G. Flierl, P. Wiebe & P. Franks. (1991). Micropatchiness, turbulence and recruitment in plankton, *J. Mar. Res.*, 49, 109--151, 1991.



- Defeo O. & Cardoso R.S. (2002) Macroecology of population dynamics and life history traits of the mole crab *Emerita brasiliensis* in Atlantic sandy beaches of South America. *Marine ecology progress series*, 239, 169-179
- DeMartini E.E., DiNardo G.T. & Williams H.A. (2003) Temporal changes in population density, fecundity, and egg size of the Hawaiian spiny lobster (*Panulirus marginatus*) at Necker Bank, Northwestern Hawaiian Islands. *Fishery Bulletin*, 101, 22-31.
- Dobson A. (2002). An introduction to Generalized Linear Models. Chapman & Hall/CRC.
- Dulvy N.K., Ellis J.R., Goodwin N.B., Grant A., Reynolds J.D. & Jennings S. (2004) Methods of assessing extinction risk in marine fishes. *Fish and Fisheries*, 5, 255-276.
- Ecker, M.D. & A.E. Gelfand. (1999). Bayesian modeling and inference for geometrically anisotropic spatial data. *Mathematical Geology*, 31, 67-83.
- Eggleston D.B., Lipcius R.N., Marshall L.S., Jr. & Ratchford S.G. (1998) Spatiotemporal variation in postlarval recruitment of the Caribbean spiny lobster in the central Bahamas: Lunar and seasonal periodicity, spatial coherence, and wind forcing. *Marine Ecology Progress Series*, 174, 33-49.
- Escribano, R., V. Marín, P. Hidalgo & G. Olivares. 2002. Physical-Biological interactions in the Pelagic Ecosystem of the Nearshore zone of the Northern Humboldt Current System. *The Oceanography and Ecology of the Nearshore and Bays in Chile*. Juan C. Castilla & Jhon L. Largier (eds). Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile, p. 145-175.
- Fagetti E. & Campodonico I. (1971) Larval development of the crab *Pleuroncodes monodon* (Decapoda: Anomura, Galatheidae) under laboratory conditions. *Mar. Biol*, 8, 70-81.



- Figuroa, D., A. Wilson, J. González, D. Boré, V. Catasti, J. Garrido, M. Nilo, C. Fonfach, I. Barrías, N. Lagos y P. Carvajal. 1999. Investigación e identificación de usos del borde costero de la IV Región. Informe Final FNDR – IV Región / 20092663-0, 175p + tablas y figuras.
- Fonseca, T. y M. Farías. 1987. Estudio del proceso de surgencia en la costa chilena utilizando percepción remota. *Invest. Pesq., Chile*, 34: 33-46.
- Fournier D.A., Hampton J. & Sibert J.R. (1998) MULTIFAN-CL: A length-based, age-structured model for fisheries stock assessment, with application to South Pacific albacore, *Thunnus alalunga*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci./J. Can. Sci. Halieut. Aquat.*, 55, 2105-2116
- Frisk M.G., Miller T.J. & Fogarty M.J. (2001) Estimation and analysis of biological parameters in elasmobranch fishes: a comparative life history study. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 58, 969-981
- Gallardo V.A., Canete J.I., Roa R., Enriquez-Briones S. & Baltazar M. (1994) Recruitment of the squat lobster *Pleuroncodes monodon* on the continental shelf off Central Chile. *Journal of crustacean biology. Washington DC*, 14, 665-669
- Giske J. (1998) *Evolutionary models for fisheries management*. Kluwer Academic, Dordrecht (The Netherlands).
- Giske J., Huse G. & Berntsen J. (2001) Spatial modelling for marine resource management, with a focus on fish. *Sarsia*, 86, 405-410
- Giske J., Huse G. & Fiksen O. (1998) Modelling spatial dynamics of fish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 8, 57-91
- Gurney R. (1942) *Larvae of decapod crustacea*. London Royal Society.
- Haining R. (1990). *Spatial Data Analysis in the Social and Environmental Sciences*. Cambridge: Cambridge University Press.



- Hoening J.M. (1983). Empirical use of longevity data to estimate mortality rates. *Fish. Bull.* US 82, 898-902.
- Hormazábal, S. 1994. Características de la circulación oceánica y costera frente a Coquimbo Chile (30°S). Tesis para optar al título de Oceanógrafo, Universidad Católica de Valparaíso, 131 pp.
- Hormazabal, S., G. Shaffer, J. Letelier & O. Ulloa. 2001. Local and remote forcing of surface temperatura in the costal upwelling system off Chile. *Journal of Geophysicla Research*, 106: 16657-16671.
- Hormazábal S., G. Shaffer & O. Leth. 2004. Coastal transition zone off Chile. *J. Geophys. Res.*, 109: C01021, doi:10.1029/2003JC001956
- Huse G. & Giske J. (1998a) Ecology in Mare Pentium: an individual-based spatio-temporal model for fish with adapted behaviour. *Fisheries Research (Amsterdam)*, 37, 163-178
- Huse G. & Giske J. (1998b) *Individual based spatial models with evolved fish behaviour*. ICES, Copenhagen (Denmark).
- Isaaks, E.H. & R.M. Srivastava. (1989). An introduction to applied geostatistics. Oxford University Press, New Cork.
- Jensen AL. (1996). Beverton and Holt life history invariants result from optimal trade-off of reproduction and survival. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 53:820-822.
- Jurado-Molina J. & Livingston P. (2002) Multispecies Perspectives on the Bering Sea Groundfish Fisheries Management Regime. *North American Journal of Fisheries Management*, 22, 1164-1175.
- Journel A. & C.H. Huijbregts. (1978). Mining geostatistics. Academia Press, London.
- Krzanowski, W. (1998). An Introduction to Statistical Modelling. Arnold, London.



- Legendre P., Dale M., Fortin M., Gurevitch J., Hohn M. & Myers D. (2002) The consequences of spatial structure for the design and analysis of ecological field surveys. *Ecography*, 25, 601-615.
- Leth O. (2000). Ocean Circulation in the Eastern South Pacific: an observational and numerical modelling study. tesis Ph. D. Niels Bohr Institute for astronomy, Physics and Geophysics, University of Ciopenhagen.
- Lindegarth M., Valentinsson D., Hansson M. & Ulmestrand M. (2000) Effects of trawling disturbances on temporal and spatial structure of benthic soft-sediment assemblages in Gullmarsfjorden, Sweden. *ICES Journal of Marine Science*, 57, 1369-1376
- Litulo C. (2005a) Population structure and reproduction of the hermit crab *Dardanus deformis* (Anomura: Diogenidae) in the Indian Ocean. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 85, 883-887
- Litulo C. (2005b) Population structure and reproductive biology of the fiddler crab *Uca urvillei* (Brachyura: Ocypodidae) in Maputo Bay (south Mozambique). *Journal of Natural History*, 39, 2307-2318
- McCullagh P. & J.A. Nelder. (1989). *Generalized Linear Models*, Chapman and Hall, London.
- Mar E.d.C.d. (2000) Evaluación directa de camarón nailon, langostino amarillo y langostino colorado, año 2000. In, p. 315. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso
- Maynou F., Conan G.Y., Cartes J.E., Company J.B. & Sarda F. (1996) Spatial structure and seasonality of decapod crustacean populations on the northwestern Mediterranean slope. *Limnology and Oceanography*, 41, 113-125



- Maynou F.X., Sarda F. & Conan G.Y. (1998) Assessment of the spatial structure and biomass evaluation of *Nephrops norvegicus* (L.) populations in the northwestern Mediterranean by geostatistics. *ICES J. Mar. Sci*, 55, 102-120
- Metaxas A., Hunt H.L. & Scheibling R.E. (1994) Spatial and temporal variability of macrobenthic communities in tidepools on a rocky shore in Nova Scotia, Canada. *Marine ecology progress series. Oldendorf*, 105, 89-103
- Mohan R. (1997) Size structure and reproductive variation of the spiny lobster *Panulirus homarus* over a relatively small geographic range along the Dhofar coast in the Sultanate of Oman. *Marine & Freshwater Research*, 48, 1085-1091
- Montenegro C., Arriagada G. & Zilleruelo M. (2004) Seguimiento de Estado de Situación de las principales Pesquerías Nacionales. *Pesquería Crustáceos, 2004. Informe de Avance, Fase II*. In. Instituto de Fomento Pesquero, Valparaíso
- Montenegro C., Arriagada G., Zilleruelo M., Nilo M., Palta E., Toledo C. & Galvez P. (2005) Seguimiento del estado de situación de las principales pesquerías nacionales. *Pesquería Crustáceos, 2004*. In, p. 239. Instituto de Fomento Pesquero, Valparaíso.
- Moraga, J., A. Valle-Levinson & J.L. Blanco. (1994). Hidrografía y dinámica de la capa superior del océano en la zona costera del Pacífico Suroriental (30°S). *Invest. Pesq. Chile*. 38: 55-73.
- Moraga J., V. Valdebenito & J. Rutllant. (2001). Condiciones oceanográficas durante la fase de relajación de un evento de surgencia invernal frente a Punta Lengua de Vaca, Coquimbo. *Invest. Mar. Valparaíso*, 29(1): 59-71.
- Mujica A. & Bahamonde N. (1990) Larvas de Galatheididae en el plankton marino del área de Talcahuano (Crustacea, Decapoda, Anomura). In, p. 15, Santiago
- Natunewicz C.C. & Epifanio C.E. (2001) Spatial and temporal scales of patches of crab larvae in coastal waters. *Marine Ecology Progress Series*, 212, 217-222



- Neter J., W. Wasserman, M. Kutner. (1990). Applied linear statistical models. 3rd ed. Burr Ridge: R. D. Irwin, 1181 p.
- Ortiz P. (1998). Fluctuaciones espacio temporales de las características físicas y químicas del agua de mar frente a Coquimbo. (30°S). Tesis para optar al título de oceanógrafo. Universidad Católica de Valparaíso, 86 pp.
- Palma S. (1994) Distribución y abundancia de larvas de langostino colorado *Pleuroncodes monodon* frente a la costa de Concepción, Chile. *Investigaciones marinas*, 22, 13-29
- Palma S. & Arana P. (1997) Aspectos reproductivos del langostino colorado (*Pleuroncodes monodon* H. Milne Edwards, 1837), frente a la costa de Concepción, Chile. *Investigaciones marinas*, 25, 203-221
- Palma S. & Kaiser K. (1993) *Plancon marino de aguas chilenas*. UCV, Valparaíso.
- Pauly D. (1980) On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *J. Cons. CIEM*, 39, 175-192.
- Pebesma E.J. & C. G. Wesseling. (1998). GSTAT: a program for geostatistical modelling, prediction and simulation. *Computers & Geosciences* Vol. 24, No. 1, pp. 17-31.
- Perez-Castaneda R. & Defeo O. (2003) A reciprocal model for mortality at length in juvenile pink shrimps (*Farfantepenaeus duorarum*) in a coastal lagoon of Mexico. *Fisheries Research (Amsterdam)*, 63, 283-287
- Perry J.N., Liebhold A., Rosenberg M., Dungan J., Miriti M., Jakomulska A. & Citron-Pousty S. (2002) Illustration and guidelines for selecting statistical methods for quantifying spatial patterns in ecological data. *Ecography*, 25, 578-600
- Petitgas P. (1993). Geostatistics for fish stock assessments: a review and an acoustic application. *ICES J. Mar. Sci.* 50: 285-298.



- Pizarro O., G. Shaffer, B. Dewitte & M. Ramos. (2002). Dynamics of seasonal and interannual variability of the Peru-Chile undercurrent. *Geophys. Res. Letter*, 29 (12): 22-1-22-4.
- Pope J., Large P. & Jakobsen T. (2001) Revisiting the influences of parent stock, temperature, and predation on the recruitment of the Northeast Arctic cod stock, 1930-1990. *ICES Journal of Marine Science*, 58, 967-972
- Quinn T.J., II, Turnbull C.T. & Fu C. (1998) *A length-based population model for hard-to-age invertebrate populations*. American Fisheries Society, 5410 Grosvenor Ln. Ste. 110 Bethesda MD 20814-2199.
- Rasmussen O.I. & Giske J. (1994) Life-history parameters and vertical distribution of *Maurolicus muelleri* in Masfjorden in summer. *Marine biology , Heidelberg*, 120, 649-664.
- Rikhter V.A. & V.N. Efanov. (1976). On one of the approaches to estimation of natural mortality of fish populations. *ICNAF Res. Doc. 76/VI/8*, 12 pp.
- Roa, R. (1993). Annual growth and maturity function of the squat lobster *Pleuroncodes monodon* in central Chile. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 97:157-166.
- Roa R., Gallardo V.A., Ernst B., Baltazar M., Canete J.I. & Enriquez-Brionnes S. (1995) Nursery ground, age structure and abundance of juvenile squat lobster *Pleuroncodes monodon* on the continental shelf off Central Chile. *Marine ecology progress series. Oldendorf*, 116, 47-54
- Roa R. & Tapia F. (1998) Spatial differences in growth and sexual maturity between branches of a large population of the squat lobster *Pleuroncodes monodon*. *Marine Ecology Progress Series*, 167, 185-196
- Roa R. & Tapia F. (2000) Cohorts in space: geostatistical mapping of the age structure of the squat lobster *Pleuroncodes monodon* population off central Chile. *Marine Ecology Progress Series*, 196, 239-251



- Rutllant J. & Montecinos V. (2002) Ciclos multiescala en el forzamiento de la surgencia y respuesta biológica en el centro-norte de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 75, 217-231
- Sarda F., Maynou F. & Tallo L. (1997) Seasonal and spatial mobility patterns of rose shrimp *Aristeus antennatus* in the Western Mediterranean: Results of a long-term study. *Marine Ecology Progress Series*, 159, 133-141.
- Shaffer G., O. Pizarro, L. Djurfeldt, S. Salinas & J. Rutllant. (1997). Circulation and low-frequency variability near the Chilean coast: remotely forced fluctuations during the 1991-92 El Niño. *J. Phys. Oceanogr.*, 27: 217-235.
- Siegel V., Bergstroem B., Muhlenhardt-Siegel U. & Thomasson M. (2002) Demography of krill in the Elephant island area during summer 2001 and its significance for stock recruitment. *Antarctic science*, 14, 162-170
- Simard Y., Brunel P. & Lacelle J. (1990) Distribution and growth of pre-recruit cohorts of the northern shrimp (*Pandalus borealis*) in the western Gulf of St. Lawrence as related to hydrographic conditions. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 47, 1526-1533
- Simard Y. & Savard L. (1990) Variability, spatial patterns and scales of similarity in size-frequency distributions of the northern shrimp (*Pandalus borealis*) and its migrations in the Gulf of St. Lawrence. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 47, 794-804
- Sparre P. & Venema S. (1995) Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. In, p. 440. FAO, Roma.
- Strub T., J. Mesias, V. Montecinos, J. Rutllant & S. Salinas. (1998). Coastal Ocean Circulation off western South America. En . The Sea, vol II, cap 10. A. Robinson and Kenneth H. Brink Editores. John Wiley & Sons.



- Taylor D.L. & Collie J.S. (2003) A temperature- and size-dependent model of sand shrimp (*Crangon septemspinosa*) predation on juvenile winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 60, 1133-1148
- Tully O., Freire J. & Addison J. (2003) Crustacean fisheries. *Fisheries Research (Amsterdam)*, 65, 1-2.
- Uribe E. & S Neshyba. (1983). Phytoplankton pigments from NIMBUS-7 coastal zone color scanner: coastal waters of Chile from 18° to 40° S. En: Arana P (ed) Marine resources of the Pacific: 33-40. Ediciones Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, Chile.
- Vasquez J., P. Camus & F.P. Ojeda (1998) Diversidad, estructura y funcionamiento de ecosistemas costeros rocosos del norte de Chile. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 71: 479-499.
- Walters C.J., Hall N., Brown R. & Chubb C. (1993) Spatial model for the population dynamics and exploitation of the western Australian rock lobster, *Panulirus cygnus*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 50, 1650-1662
- Walters G.E. & Wilderbuer T.K. (2000) Decreasing length at age in a rapidly expanding population of northern rock sole in the eastern Bering Sea and its effect on management advice. *Journal of Sea Research*, 44, 17-26

A N E X O S

ANEXO A

**Sistema de Información del
Proyecto**



A.1. Sistema de Informaci3n del Proyecto

En esta secci3n se presentan los contenidos detallados del Sistema de Informaci3n del Proyecto, que tiene como objeto recopilar y sistematizar los registros biol3gicos y pesqueros de *P. monodon* recogidos por diferentes fuentes y proyectos de investigaci3n. Los datos que constituyen el Sistema de Informaci3n est3n sistematizados en un administrador de bases de datos que proporciona flexibilidad para la selecciones de subconjuntos de datos con diferentes resoluciones espaciales y temporales. Los datos almacenados incluyen caracteristicas operacionales de las flotas o embarcaciones involucradas, registros de captura y esfuerzo, como tambi3n, registro biol3gicos.

A.1.1. Subsistema de informaci3n biol3gico-pesquera disponible

A.1.1.1 Datos Proyecto Investigaci3n Situaci3n Pesquerias Crustaceos

El Instituto de Fomento Pesquero, en su rol asesor para la administraci3n de las pesquerias por parte del Estado, ha realizado el levantamiento de datos primarios de la actividad pesquera de los recursos hidrobiol3gicos del pa3s desde hace m3s de 40 a3os. *P. monodon* no ha sido la excepci3n. En efecto, IFOP cuenta con una base de datos que incluye tanto la pesqueria de la zona norte, como la pesqueria de la zona centro sur. Dicha base de datos ha sido construida en el marco de los Programas de Seguimiento del Estado de Situaci3n de las Principales Pesquerias Nacionales, encargado por la SUBPESCA a IFOP desde el a3o 1995 a la fecha, y anteriormente en el contexto del Programa de Diagn3stico de las Principales Pesquerias Nacionales, financiado por la CORFO.

Los datos disponibles de *P. monodon* se pueden clasificar en dos grandes grupos: datos de la actividad extractiva de la pesca comercial (bit3coras de pesca) y registros biol3gicos, principalmente asociados a la composici3n de tama3os de las capturas. Del primer grupo, es decir los datos de la actividad de pesca comercial, se pueden distinguir al menos dos fuentes: datos entregados por los armadores pesqueros directa o indirectamente a IFOP (Tabla A1) y datos recopilados a bordo por observadores cientificos de IFOP (Tabla A2). Esta distinci3n permite diferenciar distintas estrategias de captaci3n de datos, orientadas a diferentes



objetivos. En efecto, los datos recolectados por IFOP incluyen variables que no son incorporadas en las bitácoras de pesca entregadas por los armadores. Esta última información, que constituye la información de mejor calidad, corresponde sólo a un 6% del total de registros.

Tabla A1.

Número de registros (lances) con captura de *P. monodon*, base de datos pesquera actualizada a octubre 2005, según año y región. Incluye bitácoras de pesca IFOP y bitácoras confeccionadas por los armadores pesqueros.

ANO	REGION			
	2	3	4	Zona Norte
1995			6	6
1996				0
1997			15	15
1998	8	34	364	406
1999	4	324	63	391
2000	1	1327	417	1745
2001	180	234	756	1170
2002	14	68	550	632
2003	22	88	569	679
2004		14	500	514
2005		12	341	353
TOTAL	229	2101	3581	5911

Tabla A2.

Número de registros (lances) captura de *P. monodon*, base de datos pesquera actualizada a octubre 2005, según año y región. Incluye exclusivamente bitácoras de pesca IFOP. No todos los lances tienen registros biológicos.

ANO	REGION			
	2	3	4	Zona Norte
1995				0
1996				0
1997				0
1998			1	1
1999				0
2000		20	7	27
2001	3	9	28	40
2002	14	30	37	81
2003	19	46	79	144
2004		13	82	95
2005		4	101	105
TOTAL	36	122	335	493



En relaci3n a los registros biol3gicos de *P. monodon*, tambi3n se deben realizar algunas consideraciones del origen de las muestras. En efecto, a medida que la evaluaci3n de la condici3n de explotaci3n del recurso ha presentado tendencias negativas, los requerimientos de datos han aumentado en cantidad y calidad. Es as3 como en los 3ltimos a3os progresivamente se ha avanzado desde una estrategia de muestreo orientada a obtener muestras de los desembarques (desde donde es imposible diferenciar el lance de pesca muestreado) (Tabla A3), a un dise3o de muestreo que contempla la obtenci3n de muestras directas de las faenas de pesca, a bordo de las naves de pesca comercial (Tabla A4 y A5). Las ventajas de esta 3ltima sobre la anterior estrategia, son notables dado que permiten tener datos biol3gicos georeferenciados y adem3s se encuentran libres del sesgo de descarte. En las Tablas 3 y 4 se resume el n3mero de ejemplares muestreados, seg3n la fuente de las muestras.

Tabla A3.

N3mero de ejemplares con muestreo de longitud de *P. monodon*. Incluye muestreos a bordo y del desembarque. Datos actualizados a octubre del 2005, seg3n a3o y regi3n.

ANO	REGION			
	2	3	4	Zona Norte
1998		1637	2416	4053
1999		288	725	1013
2000		14871	2834	17705
2001	650	1570	5777	7997
2002	2971	18272	14745	35988
2003		14418	18482	32900
2004		1912	10650	12562
2005		324	9943	10267
TOTAL	3621	53292	65572	122485



Tabla A4.

Número de ejemplares con muestreo de longitud de *P. monodon*. Incluye exclusivamente muestreos realizados a bordo (muestreos de las capturas). Datos actualizados a octubre del 2005, según año y región.

ANO	REGION			
	2	3	4	Zona Norte
1998		670	1149	1819
1999				0
2000		5647	1879	7526
2001	650	924	5114	6688
2002	2971	5147	7492	15610
2003		11234	15076	26310
2004		1912	9833	11745
2005		324	9302	9626
TOTAL	3621	25858	49845	79324

Tabla A5.

Número de ejemplares con muestreo de longitud de *P. monodon*. Incluye exclusivamente muestreos realizados a bordo (muestreos de las capturas). Datos actualizados a octubre del 2005, según año, mes y región.

REGION	AÑO	MES											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
II	2001							650					
II	2002			402				2569					
II	2003							1408	1091				
III	1998					670							
III	2000											5647	
III	2001							924					
III	2002			526				2420	957			1244	
III	2003		1294	1041				2651	929		3515	251	
III	2004	168		748				1491			178		
III	2005			324									
IV	1998								840				309
IV	2000												1879
IV	2001		2100	1729						1285			
IV	2002					5293	920	1279					
IV	2003	3035	4896		2079							2485	1635
IV	2004	1006		279			389	2154		2720	2259	353	
IV	2005	2515	732	323	2285	1279	1072			1096			



A.1.1.2 Datos proyectos financiados por el FIP

El Fondo de Investigaci3n Pesquera (FIP) ha financiado en los 3ltimos siete a1os diversos proyectos de investigaci3n que incluyen a *P.monodon* como especie principal de an3lisis. De estos proyectos, los principales dicen relaci3n con la evaluaci3n de la poblaci3n por medio del m3todo de 3rea barrida. Hasta la fecha de redacci3n de este informe, el Sistema de Informaci3n del proyecto ha sistematizado los registros biol3gicos y pesqueros presentados en la Tabla A6.

Tabla A6.

Proyectos financiados por el FIP que a enero del 2006 han sido incluidos en el Sistema de Informaci3n del Proyecto.

Proyecto	T3tulo	Ejecutor	Referencias
FIP 2001-06	Evaluaci3n directa de langostino colorado y langostino amarillo entre la II y VIII Regiones, a1o 2001	Instituto de Fomento Pesquero	(Bahamonde <i>et al.</i> 2002)
FIP 2002-06	Evaluaci3n directa de langostino colorado y langostino amarillo entre la II y VIII Regiones, a1o 2002	Instituto de Fomento Pesquero	(Bahamonde <i>et al.</i> 2003)
FIP 2003-31	Evaluaci3n directa de langostino colorado y langostino amarillo entre la II y VIII Regiones, a1o 2003	Instituto de Fomento Pesquero	(Bahamonde <i>et al.</i> 2004)
FIP 2004-11	Evaluaci3n directa de langostino colorado y langostino amarillo entre la II y VIII Regiones, a1o 2004	Universidad Cat3lica del Norte	(Acu1a <i>et al.</i> 2005)

Respecto de las actividades pesqueras, se han recopilado un total de 721 lances de pesca con captura de *P. monodon*. Del total de lances, un 37% fueron reportados por el crucero de evaluaci3n directa del a1o 2004 (Acu1a *et al.* 2005), mientras que el restante 67% de los lances con captura de *P. monodon* fueron reportado en similares proporciones por los cruceros de evaluaci3n directa ejecutados entre los a1os 2001 y 2003 (Bahamonde *et al.* 2002; Bahamonde *et al.* 2003; Bahamonde *et al.* 2004) . Las diferencias en el n3mero de lances exitosos no son consecuencia de diferencias en el n3mero total de lances realizados por cada crucero, m3s bien, esto fue consecuencia del



cambio en el dise1o de muestreo realizado el a1o 2004 (Acu1a *et al.* 2005). Este punto debe ser considerado al momento del an1lisis de los lances, pues, los registros del a1o 2004 presentan mayor agregaci3n que en los restantes a1os.

Durante los cruceros de evaluaciones directas, la totalidad de los lances son muestreados con objeto de recopilar datos biol3gicos de la especie en cuesti3n. No obstante, a la fecha s3lo contamos con los registros biol3gicos reportados por los proyectos FIP 2002-6 y FIP 2003-31. En el proyecto FIP 2003-6 se midieron sobre 29 mil ejemplares de *P. monodon* de los cuales 47% fueron hembras y 53% machos. Los muestreos de longitud identifican la condici3n reproductiva de las hembras, a trav3s, de la presencia o ausencia de huevos en sus ple3podos (Tabla A7).

Tabla A7.

N3mero de ejemplares con muestreo de longitud de *P. monodon* en el proyecto FIP 2003-6.

FIP 2003-6 Muestreo de Longitud			
Machos	Hembras con huevos	Hembras sin huevos	Total de hembras
15664	11378	2570	13948

En el proyecto FIP 2002-6 se midieron aproximadamente 60 mil ejemplares de *P. monodon* de los cuales 46% fueron hembras y 54% machos. La Tabla A8 muestra un sumario del muestreo.

Tabla A8.

N3mero de ejemplares con muestreo de longitud de *P. monodon* en el proyecto FIP 2002-6.

FIP 2002-6 Muestreo de Longitud			
Machos	Hembras con huevos	Hembras sin huevos	Total de hembras
15664	14250	13606	27856

Los restantes componentes (registros de la distribuci3n y temporalidad de larvas de *P. monodon*; como tambi3n, antecedentes oceanogr1ficos y atmosf3ricos del 1rea de



estudio) de este subsistema a3n no han sido rigurosamente validados como para describirlos en esta secci3n de resultados.

A.1.2. Subsistema de recopilaci3n de datos

Para la instalaci3n de las bolsas de escape en las redes de los barcos arrastreros, se realizaron reuniones con los gerentes de las empresas pesqueras de Coquimbo, incluyendo Pesquera Artic (Sr. Alex Lesser), Guidomar (Sr. Guillermo Donoso) y Bracpesca (Sr. Claudio Velásquez). En dichas reuniones se les present3 el proyecto, destacando su relevancia para mejorar el conocimiento de la dinámica poblacional del langostino colorado en la III y IV Regiones. Todas las empresas, con las cuales IFOP lleva trabajando en el Programa de Seguimiento por más de 10 años, dieron su total respaldo a la actividad de instalaci3n de dispositivos de escape. No obstante lo anterior, las empresas durante la duraci3n del estudio dedicaron muy bajo nivel de esfuerzo de pesca de *P. monodon*, de forma tal que no fue posible levantar un muestreo extensivo.

A.1.3. Subsistema antecedentes bibliográficos

A la fecha se han revisado un total de 23 reportes técnicos y 32 publicaciones científicas que dicen relaci3n con la dinámica y estructura poblacional de poblaciones de crustáceos decápodos. Estos antecedentes son fundamentales en la etapa de discusi3n y síntesis de los resultados del proyecto.

ANEXO B

Registros y análisis larvarios



Tabla B1. Abundancia larval de *P. monodon*. Por estación de muestreo frente a las Regiones III y IV

Nº relativo	Año	Año	Mes	Día	Crucero/ Estación	Latitud	Longitud	Zoea I	Zoea II	Zoea III	Zoea IV	Zoea V	Megalop.	Nº ejempl./ 1.000 m3	Valores centrales (métrica log 2)	Total de larvas/año
1	01-09-1986	1986	9	1	305/192	29°40'	71°43'	0	40	30	20	10	0	100	105	105
Subtotal año								0	40	30	20	10	0	100	105	105

Nº relativo	Año	Año	Mes	Día	Crucero/ Estación	Latitud	Longitud	Zoea I	Zoea II	Zoea III	Zoea IV	Zoea V	Megalop.	Nº ejempl./ 1.000 m3	Valores centrales (métrica log 2)	Total de larvas/año
1	22-08-1987	1987	8	22	310/174	24°10'	70°36,4'	0	66	22	33	0	0	121	105	671
2	22-08-1987	1987	8	22	310/176	24°10'	70°53'	20	0	0	0	0	0	20	37	
3	24-08-1987	1987	8	24	310/186	24°35'	70°40'	30	0	10	0	0	0	40	37	
4	24-08-1987	1987	8	24	310/187	24°35'	70°34,5'	0	0	10	0	0	0	10	8	
5	25-08-1987	1987	8	25	310/189	25°00'	70°30'	25	25	75	0	0	0	125	105	
6	25-08-1987	1987	8	25	310/181	25°00'	71°14'	0	10	0	0	0	0	10	8	
7	26-08-1987	1987	8	26	310/197	25°25'	70°55,8'	0	0	10	0	0	0	10	8	
8	26-08-1987	1987	8	26	310/199	25°25'	70°33'	90	80	0	0	0	0	170	250	
9	28-08-1987	1987	8	28	310/210	26°15'	71°45'	50	20	10	0	0	10	90	105	
10	28-08-1987	1987	8	28	310/212	26°40'	70°49'	0	10	0	0	0	0	10	8	
Subtotal año								215	211	137	33	0	10	606	671	671

Nº relativo	Año	Año	Mes	Día	Crucero/ Estación	Latitud	Longitud	Zoea I	Zoea II	Zoea III	Zoea IV	Zoea V	Megalop.	Nº ejempl./ 1.000 m3	Valores centrales (métrica log 2)	Total de larvas/año
1	25-07-1991	1991	7	25	338/2	27°54,9'	71°13,8'	10	0	0	0	0	0	10	8	1225
2	26-07-1991	1991	7	26	338/14	27°30'	71°5,2'	20	210	240	0	0	0	470	525	
3	27-07-1991	1991	7	27	338/16	27°5'	70°57,7'	0	20	10	0	0	0	30	37	
4	29-07-1991	1991	7	29	338/31	26°15'	70°41,2'	0	60	20	30	50	0	160	105	
5	31-07-1991	1991	7	31	338/43	25°24,9'	70°42,1'	10	0	20	0	0	10	40	37	
6	31-07-1991	1991	7	31	338/45	25°25'	70°33,6'	0	0	0	0	0	10	10	8	
7	01-08-1991	1991	8	1	338/52	25°00'	70°30'	40	160	10	10	0	0	220	250	
8	01-08-1991	1991	8	1	338/53	24°59,8'	70°33,6'	30	20	40	10	0	0	100	105	
9	02-08-1991	1991	8	2	338/57	24°35'	70°35,2'	0	0	0	30	20	70	120	105	
10	02-08-1991	1991	8	2	338/58	24°35'	70°55,3'	0	0	0	0	0	10	10	8	
11	03-08-1991	1991	8	3	338/68	24°10'	70°41,4'	30	0	0	0	0	0	30	37	
Subtotal año								140	470	340	80	70	100	1200	1225	1225



N° relativo	Año	Año	Mes	Día	Crucero/ Estaci3n	Latitud	Longitud	Zoea I	Zoea II	Zoea III	Zoea IV	Zoea V	Megalop.	N° ejempl./ 1.000 m3	Valores centrales (métrica log 2)	Total de larvas/año
1	13-09-1994	1994	9	13	370/124	24°00'	70°41,4'	10	0	0	20	10	0	40	37	
2	13-09-1994	1994	9	13	370/125	24°00'	70°36'	10	0	0	0	0	0	10	8	
3	13-09-1994	1994	9	13	370/126	24°00'	70°31,9'	142	171	128	114	13	14	582	525	
4	14-09-1994	1994	9	14	370/127	24°20'	70°43,6'	10	20	10	0	0	0	40	37	
5	14-09-1994	1994	9	14	370/128	24°20'	70°38'	0	20	0	0	0	0	20	37	
6	14-09-1994	1994	9	14	370/129	24°20'	70°34,6'	40	26	13	13	0	0	92	105	
7	14-09-1994	1994	9	14	370/130	24°20'	70°54,1'	0	0	10	10	0	0	20	37	
8	15-09-1994	1994	9	15	370/137	24°40'	70°56,2'	50	30	10	0	0	0	90	105	
9	15-09-1994	1994	9	15	370/139	24°40'	70°40,9'	0	0	10	10	0	0	20	37	
10	15-09-1994	1994	9	15	370/140	24°40'	70°36'	30	30	20	10	0	0	90	105	
11	16-09-1994	1994	9	16	370/143	25°00'	70°31'	0	20	0	0	0	0	20	37	
12	18-09-1994	1994	9	18	370/155	25°40'	70°42,8'	0	0	40	40	0	0	80	105	
13	18-09-1994	1994	9	18	370/157	25°40'	70°52,3'	0	10	0	0	0	0	10	8	
14	19-09-1994	1994	9	19	370/167	26°00'	70°44,2'	0	10	0	0	0	0	10	8	
15	19-09-1994	1994	9	19	370/168	26°00'	70°39,9'	50	110	120	70	10	10	370	525	
16	20-09-1994	1994	9	20	370/171	26°20'	70°39,1'	0	0	10	0	0	0	10	8	
17	20-09-1994	1994	9	20	370/172	26°20'	71°00'	0	10	0	0	0	0	10	8	
18	20-09-1994	1994	9	20	370/173	26°20'	71°22,2'	0	10	0	0	0	0	10	8	
19	21-09-1994	1994	9	21	370/179	26°40'	71°5,5'	10	10	0	0	0	0	20	37	
20	21-09-1994	1994	9	21	370/181	26°40'	70°49'	0	20	0	0	0	0	20	37	
21	21-09-1994	1994	9	21	370/182	26°40'	70°44'	2283	416	15	0	0	0	2714	3250	
22	23-09-1994	1994	9	23	370/184	27°00'	70°49,3'	66	44	44	44	0	33	231	250	
23	26-09-1994	1994	9	26	370/195	27°45'	71°5,4'	10	0	0	0	0	0	10	8	
24	26-09-1994	1994	9	26	370/196	27°45'	71°27,4'	0	10	0	0	0	0	10	8	
25	27-09-1994	1994	9	27	370/201	28°10'	72°29,4'	0	0	0	10	0	0	10	8	
26	28-09-1994	1994	9	28	370/207	28°35'	71°29,6'	10	0	0	0	0	0	10	8	
27	28-09-1994	1994	9	28	370/211	28°35'	72°3,4'	0	0	0	10	0	0	10	8	
28	29-09-1994	1994	9	29	370/215	29°00'	72°49,9'	0	10	0	0	0	0	10	8	
29	29-09-1994	1994	9	29	370/217	29°00'	71°52,9'	0	10	0	0	10	0	20	37	
30	29-09-1994	1994	9	29	370/218	29°00'	71°41,7'	0	10	0	0	0	0	10	8	



Continuación

31	29-09-1994	1994	9	29	370/220	29°00'	71°31,9'	66	66	132	0	33	0	297	250	
32	30-09-1994	1994	9	30	370/221	29°25'	71°30'	0	0	0	20	20	20	60	37	
33	30-09-1994	1994	9	30	370/222	29°25'	71°24,3'	50	40	10	10	0	40	150	105	
34	30-09-1994	1994	9	30	370/223	29°26,1'	71°19,5'	0	0	0	0	0	10	10	8	
35	30-09-1994	1994	9	30	370/224	29°25'	71°41,3'	0	0	0	0	20	0	20	37	5844
Subtotal año								2837	1103	572	381	116	127	5136	5844	5844

Nº relativo	Año	Año	Mes	Día	Crucero/ Estación	Latitud	Longitud	Zoea I	Zoea II	Zoea III	Zoea IV	Zoea V	Megalop.	Nº ejempl./ 1.000 m3	Valores centrales (métrica log 2)	Total de larvas/año
1	23-08-2004	2004	8	23	471/5	30°00,0'	71°26,9'	230	20	0	0	0	0	250	250	
2	23-08-2004	2004	8	23	471/7	30°00,0'	71°35,6'	0	10	0	0	0	0	10	8	
3	24-08-2004	2004	8	24	471/9	30°00,0'	72°11,0'	10	10	20	0	0	0	40	37	
4	25-08-2004	2004	8	25	471/12	29°00,0'	72°16,5'	90	40	40	0	0	0	170	250	
5	25-08-2004	2004	8	25	471/15	29°00,0'	71°37,0'	0	210	40	20	0	0	270	250	
6	25-08-2004	2004	8	25	471/16	29°00,0'	71°33,0'	0	11	22	11	0	0	44	37	
7	25-08-2004	2004	8	25	471/17	27°40,0'	71°3,8'	70	0	0	0	0	0	70	105	
8	26-08-2004	2004	8	26	471/18	27°40,0'	71°8,1'	30	10	10	0	0	0	50	37	
9	26-08-2004	2004	8	26	471/20	27°40,0'	71°24,5'	0	0	10	0	0	0	10	8	
10	28-08-2004	2004	8	28	471/24	26°00,0'	70°39,8'	144	44	33	0	0	0	221	250	
11	28-08-2004	2004	8	28	471/25	26°00,0'	70°42,8'	10	0	0	0	0	0	10	8	
12	31-08-2004	2004	8	31	471/30	25°00,0'	70°30,0'	77	11	0	0	0	0	88	105	1345
Subtotal año								661	366	175	31	0	0	1233	1345	1345

A N E X O C

Personal participante por actividad (HH)



C.1. COMPOSICIÓN Y ORGANIZACIÓN DEL EQUIPO DE TRABAJO

NOMBRE	TITULO/GRADO	FUNCION EN EL PROYECTO
Juan Carlos Quiroz	Ingeniero Pesquero Magíster en Ciencias mención Pesquerías (C)	Jefe de proyecto, coordinación científica, análisis multivariados, estimaciones de mortalidad natural.
Cristian Canales	Ingeniero Pesquero Ingeniero Civil Industrial	Modelo de crecimiento, descomposición de grupos modales y modelo de dinámica poblacional.
Carlos Montenegro	Tecnólogo en Recursos del Mar Postítulo Estadística	Sistema de información, madurez sexual, análisis densidades y modelamiento estadístico.
Hernán Reyes	Oceanógrafo	Análisis oceanográfico
Roberto Bahamonde	Ingeniero Pesquero	Dispositivos de captura ejemplares de tallas bajas
Fernando Espíndola	Ingeniero Pesquero Magíster en Ciencias mención Pesquerías (C)	Modelamiento espacial y data mining
Pedro Báez	Biólogo Marino Msc, Phd	Análisis de larvas de crustáceos
Patricio Gálvez	Biólogo Marino	Mapeo y GIS
Gloria Arriagada	Biólogo Marino	Estructuración de datos
Omar Yáñez	Observador científico	Recopilación de datos
Juan Tapia	Observador científico	Recopilación de datos
Odette Magnere	Técnico museólogo	Análisis en laboratorio muestras de plancton

C.2. HORAS HOMBRE TOTALES UTILIZADAS

Personal	Puesta en marcha del proyecto	Sistema de información	Subsistema de recopilación de datos	Análisis exploratorio de datos	Modelamiento	Presentación de resultados	Elaboración de informes	Total
Juan Carlos Quiroz	42	80	46	235	122	34	108	667
Cristian Canales R.	5	60	0	0	208	25	39	337
Carlos Montenegro S.	43	80	46	235	204	34	111	753
Hernán Reyes	5	60	0	0	0	25	90	180
Roberto Bahamonde	5	60	46	0	0	25	0	136
Fernando Espíndola	5	60	0	235	372	25	111	808
Pedro Báez	5	432	0	0	0	25	0	462
Patricio Gálvez	5	0	0	40	164	25	0	234
Gloria Arriagada	5	96	46	37	168	25	0	377
Omar Yáñez	5	0	720	0	0	25	0	750
Juan Tapia	5	0	720	0	0	25	0	750
Odette Magnere	5	648	0	0	0	25	0	678
Total	135	1576	1624	782	1238	318	459	6132

C.3. HORAS HOMBRE UTILIZADAS, OBJETIVO 1

Personal	Puesta en marcha del proyecto	Sistema de información	Subsistema de recopilación de datos	Análisis exploratorio de datos	Modelamiento	Presentación de resultados	Elaboración de informes	Total
Juan Carlos Quiroz	42	20	14	138	26	11	36	287
Cristian Canales R.	5	15	0	0	45	8	13	86
Carlos Montenegro S.	43	20	14	138	44	11	37	307
Hernán Reyes	5	15	0	0	0	8	30	58
Roberto Bahamonde	5	15	14	0	0	8	0	42
Fernando Espíndola	5	15	0	138	80	8	37	283
Pedro Báez	5	108	0	0	0	8	0	121
Patricio Gálvez	5	0	0	23	35	8	0	71
Gloria Arriagada	5	24	14	22	36	8	0	109
Omar Yáñez	5	0	216	0	0	8	0	229
Juan Tapia	5	0	216	0	0	8	0	229
N.N. Asist. Laborat.	5	162	0	0	0	8	0	175
Odette Magnere	135	394	488	459	266	102	153	1997



C.4. HORAS HOMBRE UTILIZADAS, OBJETIVO 2

	Puesta en marcha del proyecto	Sistema de información	Subsistema de recopilación de datos	Análisis exploratorio de datos	Modelamiento	Presentación de resultados	Elaboración de informes	Total
Personal								
Juan Carlos Quiroz	0	40	14	46	72	12	36	220
Cristian Canales R.	0	30	0	0	122	9	13	174
Carlos Montenegro S.	0	40	14	46	120	12	37	269
Hernán Reyes	0	30	0	0	0	9	30	69
Roberto Bahamonde	0	30	14	0	0	9	0	53
Fernando Espíndola	0	30	0	46	219	9	37	341
Pedro Báez	0	216	0	0	0	9	0	225
Patricio Gálvez	0	0	0	8	97	9	0	114
Gloria Arriagada	0	48	14	7	99	9	0	177
Omar Yáñez	0	0	216	0	0	9	0	225
Juan Tapia	0	0	216	0	0	9	0	225
Odette Magnere	0	324	0	0	0	9	0	333
Total	0	788	488	153	729	114	153	2425

C.5. HORAS HOMBRE UTILIZADAS, OBJETIVO 3

	Puesta en marcha del proyecto	Sistema de información	Subsistema de recopilación de datos	Análisis exploratorio de datos	Modelamiento	Presentación de resultados	Elaboración de informes	Total
Personal								
Juan Carlos Quiroz	0	20	18	51	24	11	36	160
Cristian Canales R.	0	15	0	0	41	8	13	77
Carlos Montenegro S.	0	20	18	51	40	11	37	177
Hernán Reyes	0	15	0	0	0	8	30	53
Roberto Bahamonde	0	15	18	0	0	8	0	41
Fernando Espíndola	0	15	0	51	73	8	37	184
Pedro Báez	0	108	0	0	0	8	0	116
Patricio Gálvez	0	0	0	9	32	8	0	49
Gloria Arriagada	0	24	18	8	33	8	0	91
Omar Yáñez	0	0	288	0	0	8	0	296
Juan Tapia	0	0	288	0	0	8	0	296
Odette Magnere	0	162	0	0	0	8	0	170
Total	0	394	648	170	243	102	153	1710

ANEXO D

Figuras complementarias

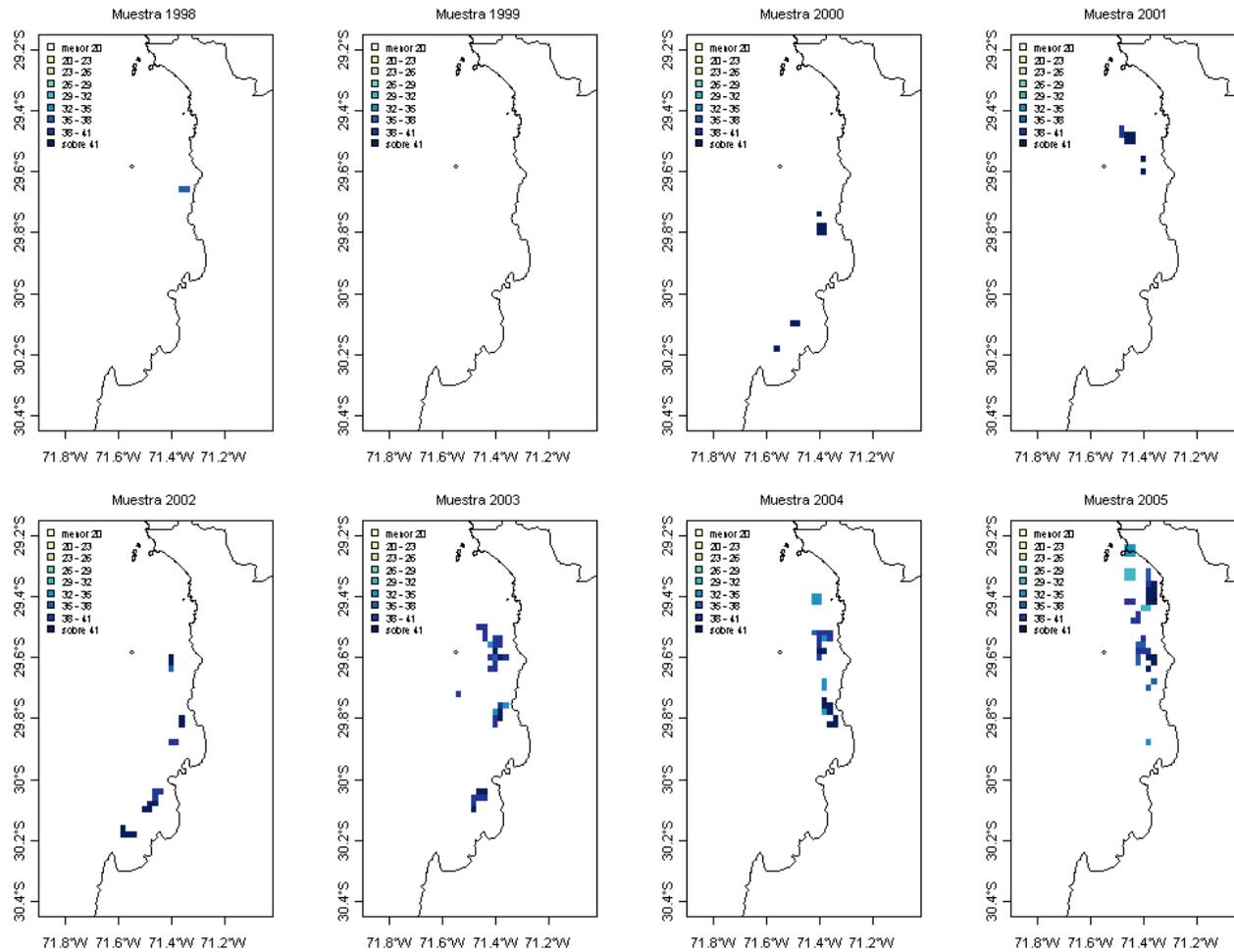


Figura 108: Georeferenciación anual de las tallas máximas (mm) para las hembras de *P. monodon* en la IV Región, a partir de la información biológica recopilada en los lances de pesca de la flota comercial entre los años 1998 y 2005.

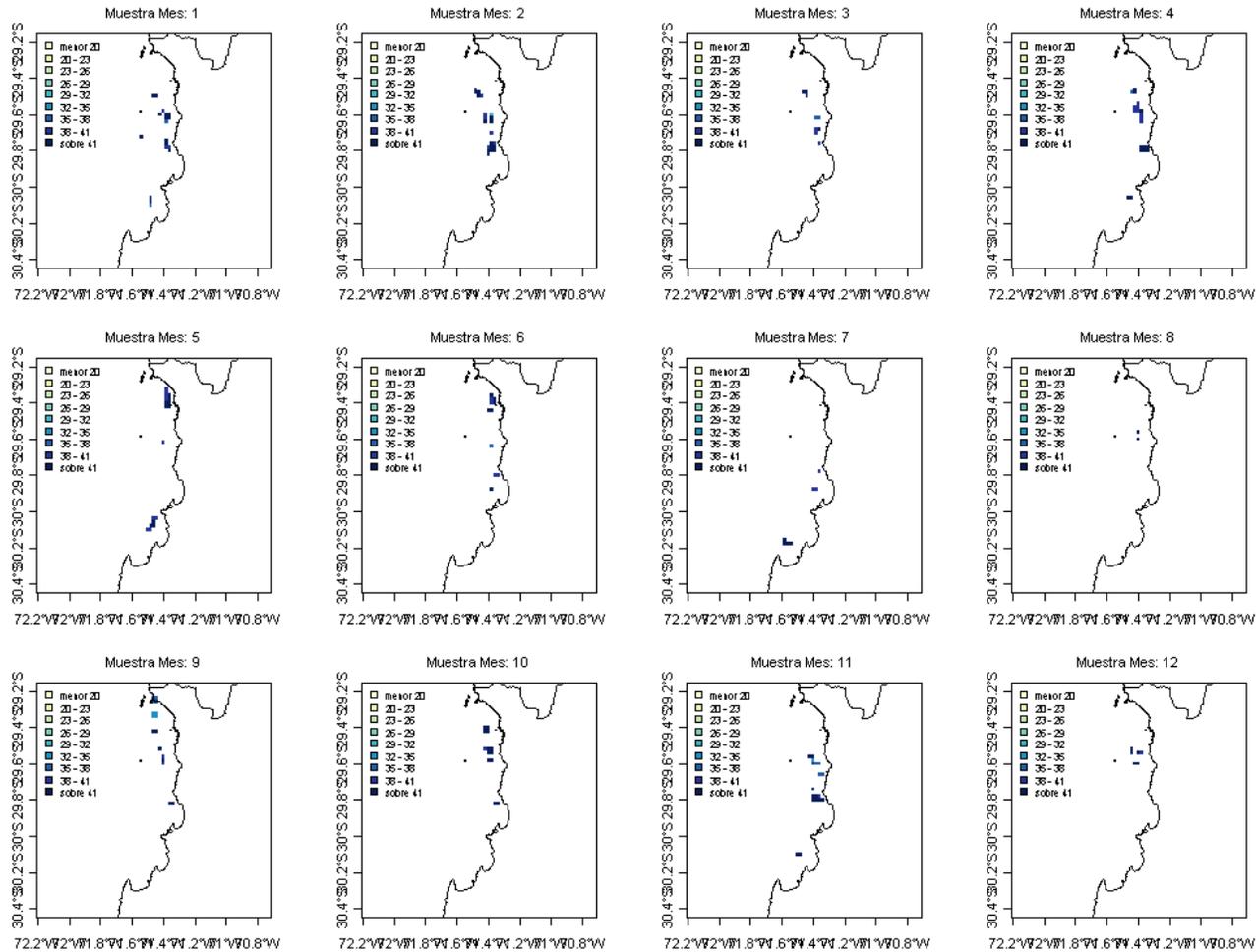


Figura 109: Georeferenciación mensual de las tallas máximas (mm) para las hembras *P. monodon* en la IV Región, a partir de la información biológica recopilada en los lances de pesca de la flota comercial entre los años 2001 y 2005.

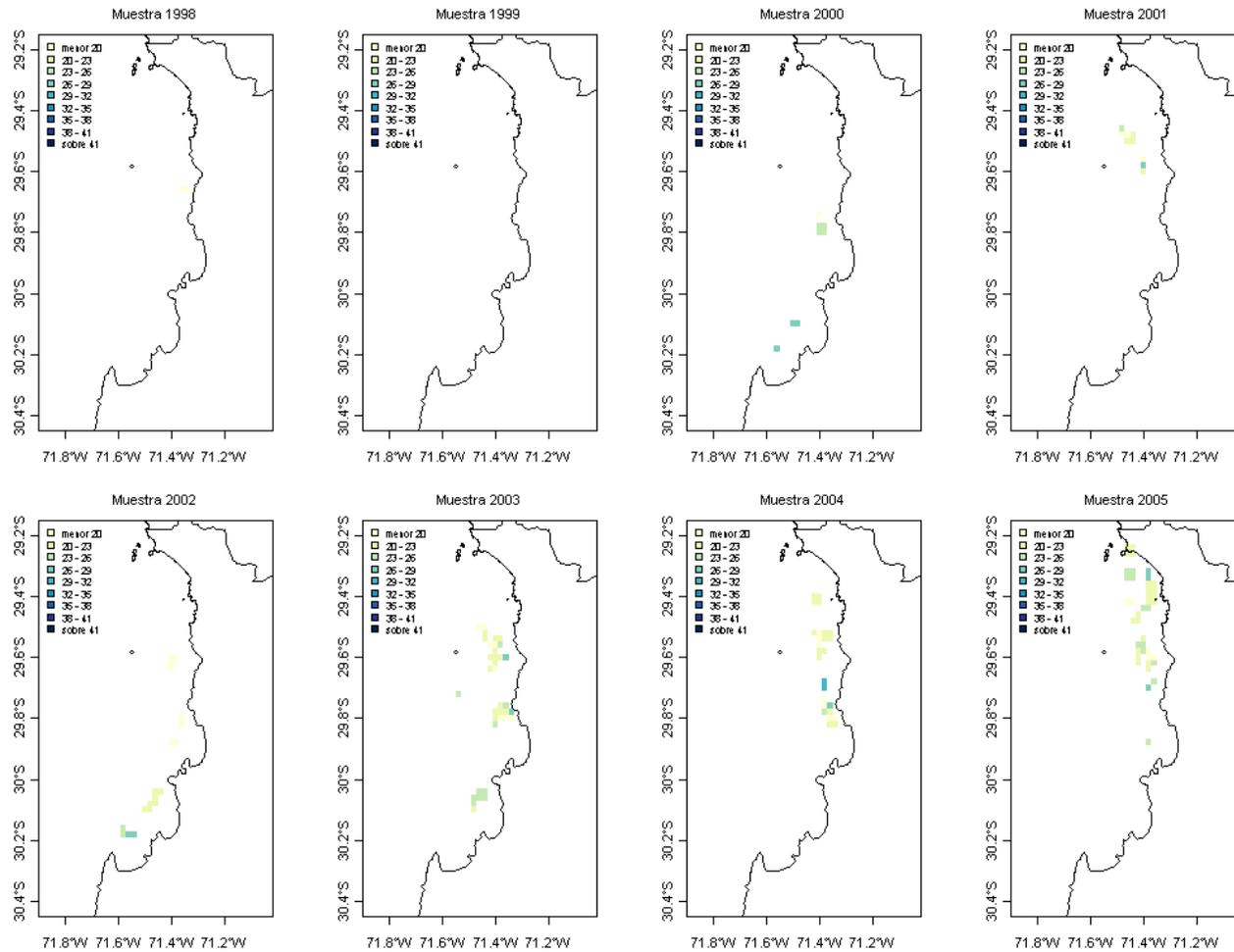


Figura 110: Georeferenciación anual de las tallas mínimas (mm) para las hembras de *P. monodon* en la IV Región, a partir de la información biológica recopilada en los lances de pesca de la flota comercial entre los años 1998 y 2005.

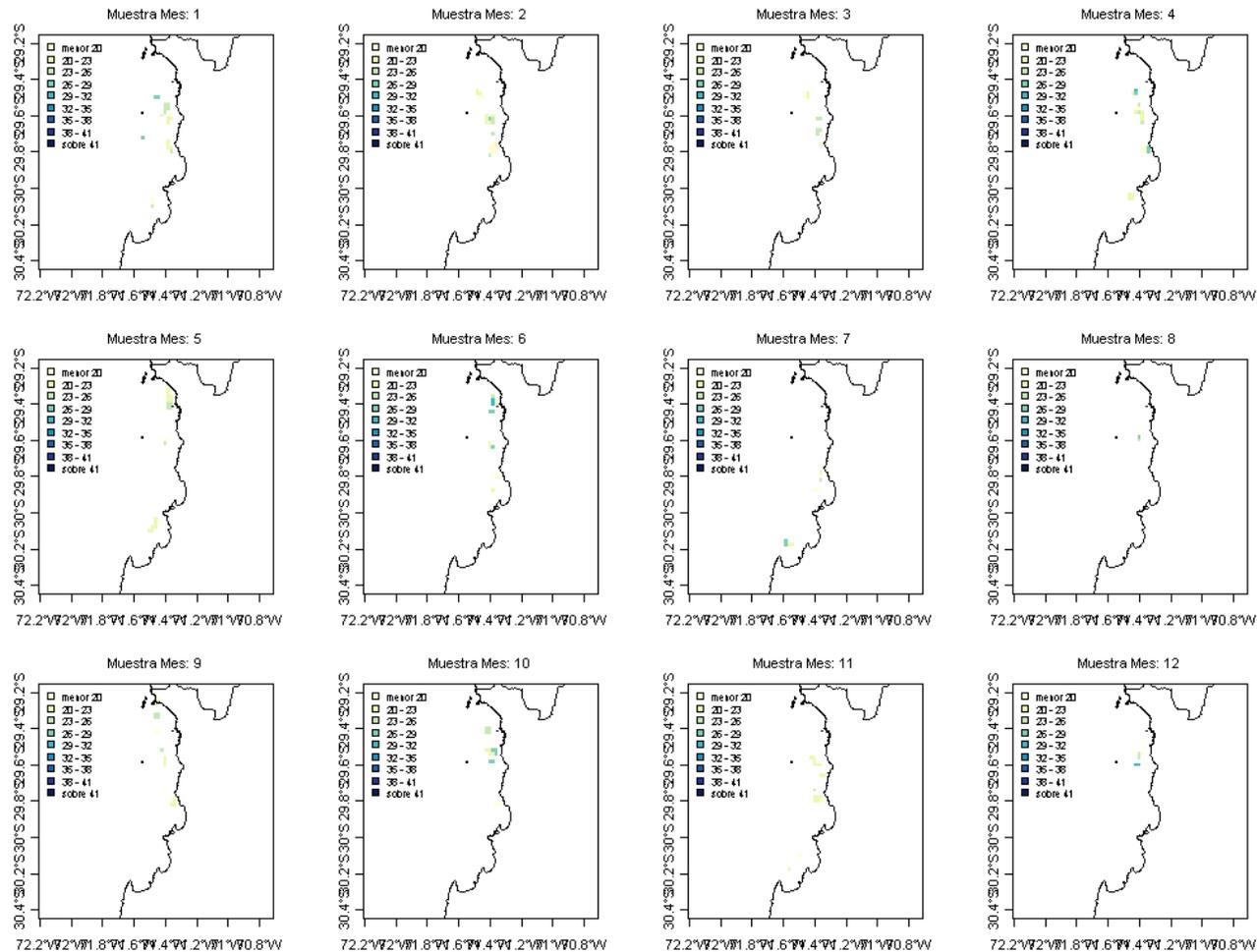


Figura 111: Georeferenciación mensual de las tallas mínimas (mm) para las hembras *P. monodon* en la IV Región, a partir de la información biológica recopilada en los lances de pesca de la flota comercial entre los años 2001 y 2005.

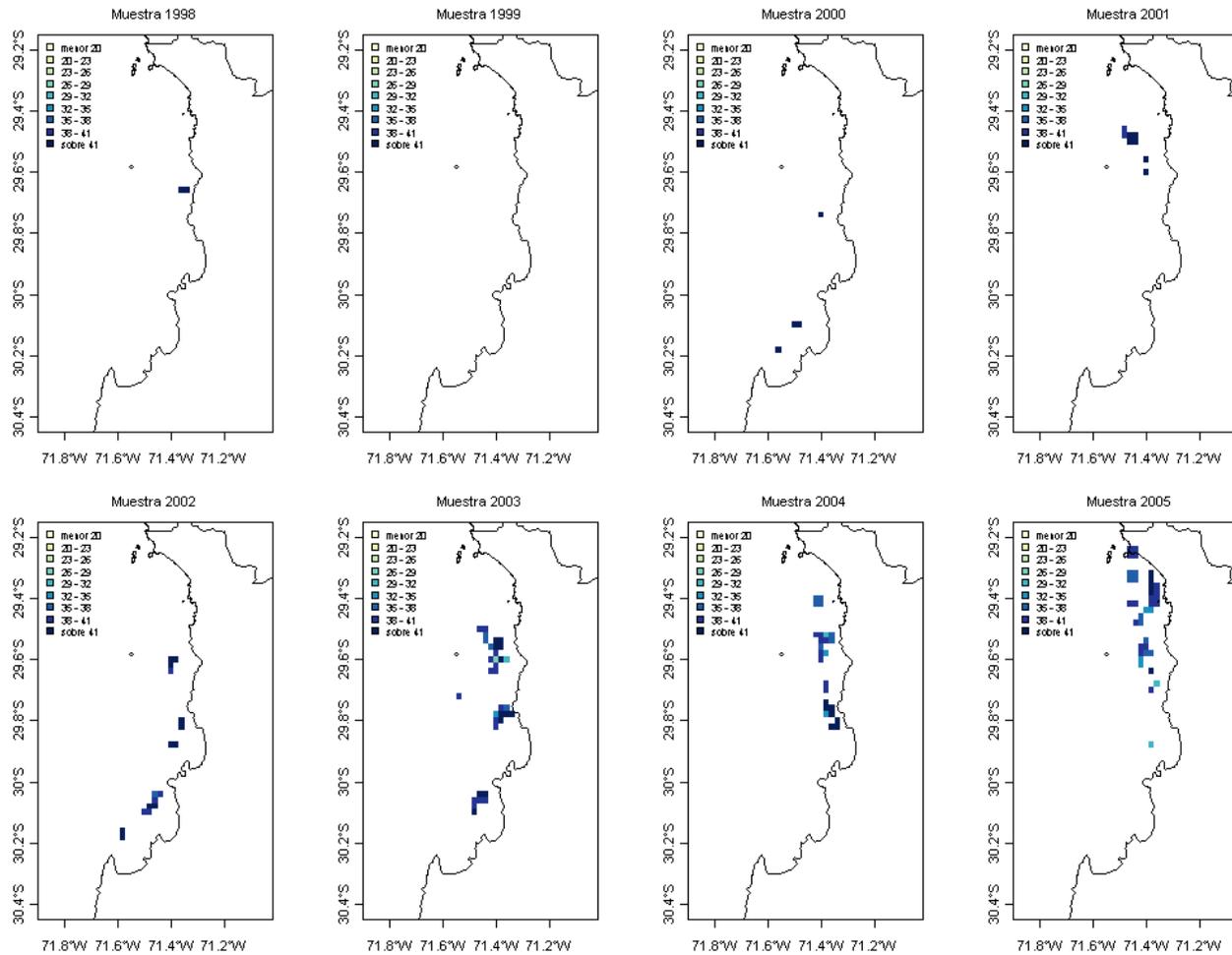


Figura 112: Georeferenciación anual de las tallas máximas (mm) para los machos de *P. monodon* en la IV Región, a partir de la información biológica recopilada en los lances de pesca de la flota comercial entre los años 1998 y 2005.

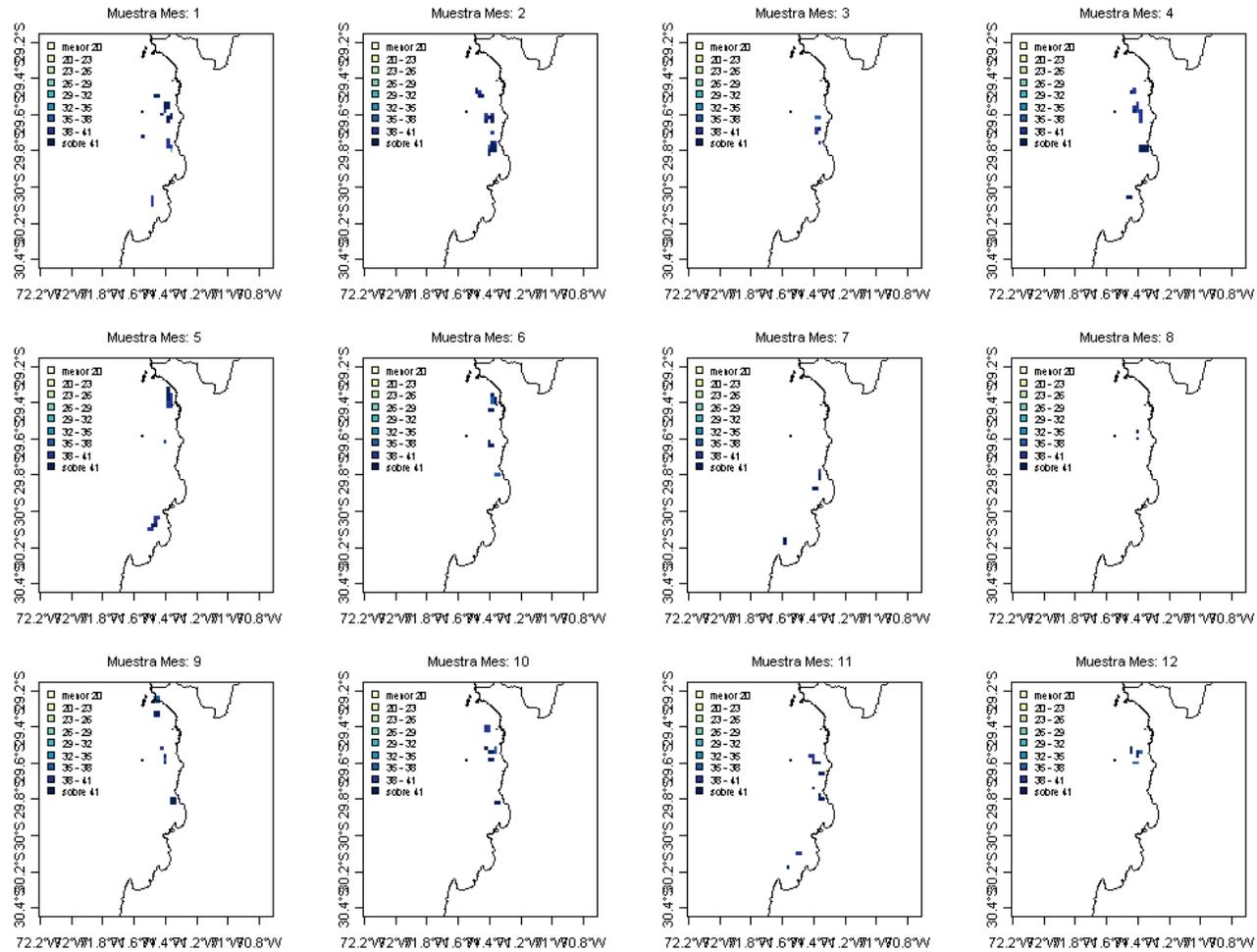


Figura 113: Georeferenciación mensual de las tallas máximas (mm) para los machos de *P. monodon* en la IV Región, a partir de la información biológica recopilada en los lances de pesca de la flota comercial entre los años 2001 y 2005.

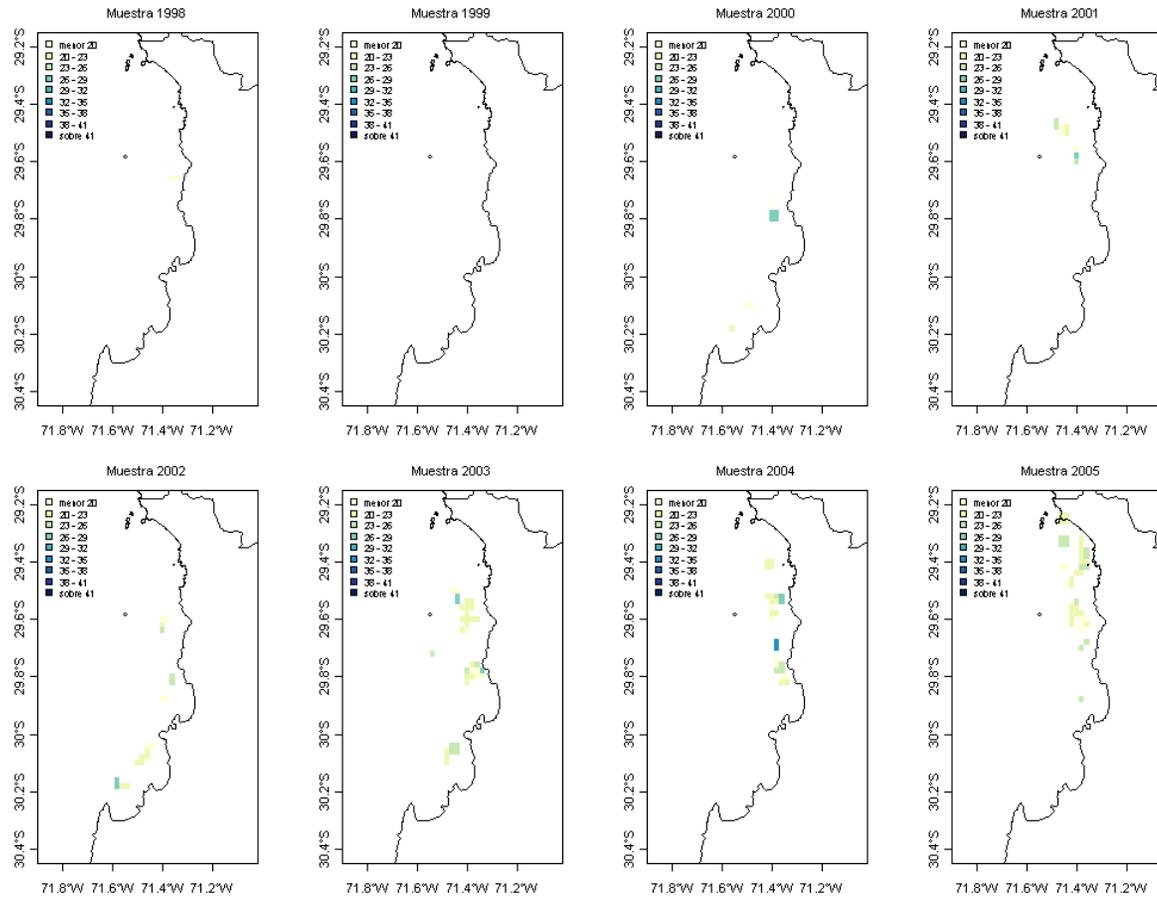


Figura 114: Georeferenciación anual de las tallas mínimas (mm) para los machos de *P. monodon* en la IV Región, a partir de la información biológica recopilada en los lances de pesca de la flota comercial entre los años 1998 y 2005.

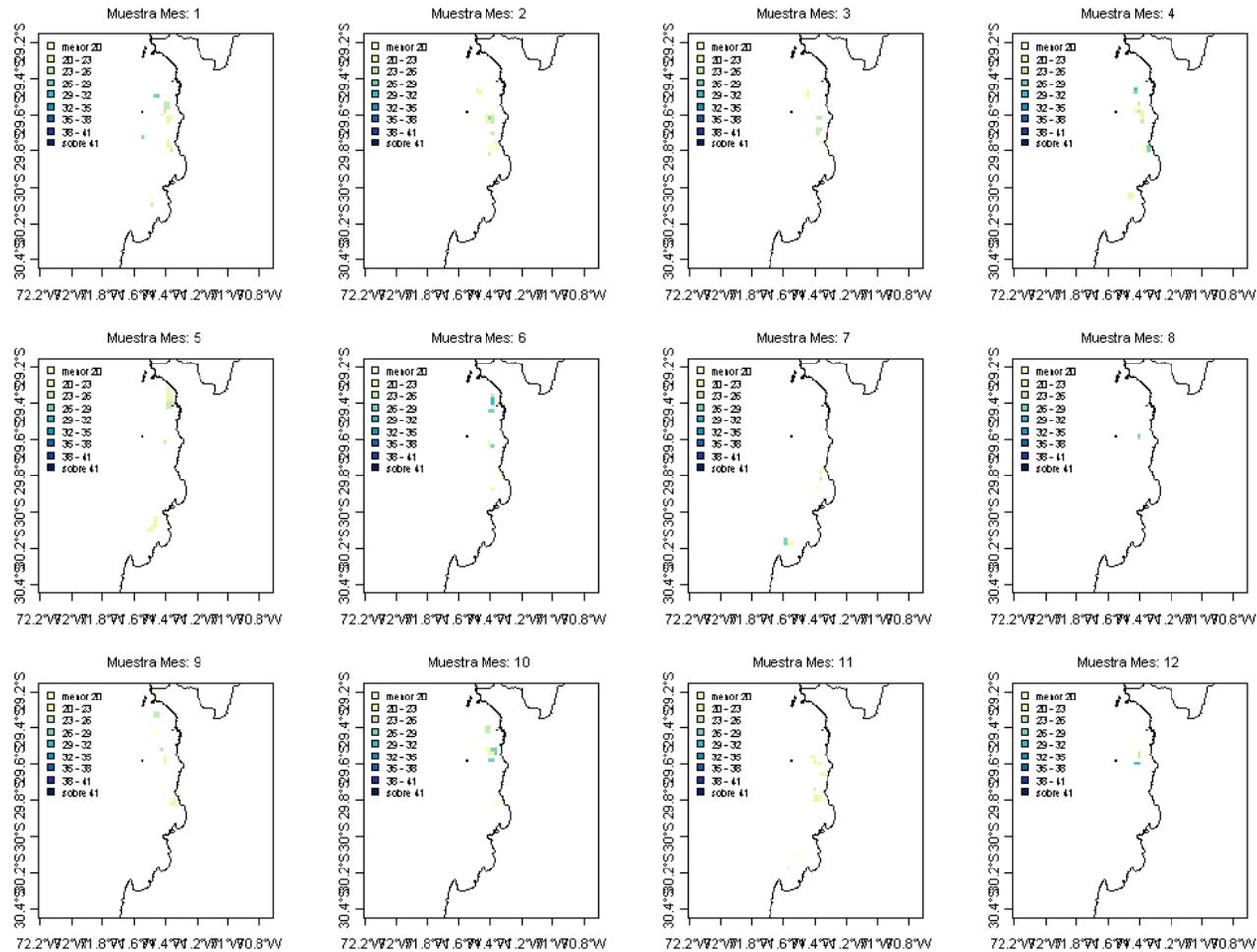


Figura 115: Georeferenciaci3n mensual de las tallas m3nimas (mm) para los machos de *P. monodon* en la IV Regi3n, a partir de la informaci3n biol3gica recopilada en los lances de pesca de la flota comercial entre los a1os 2001 y 2005.

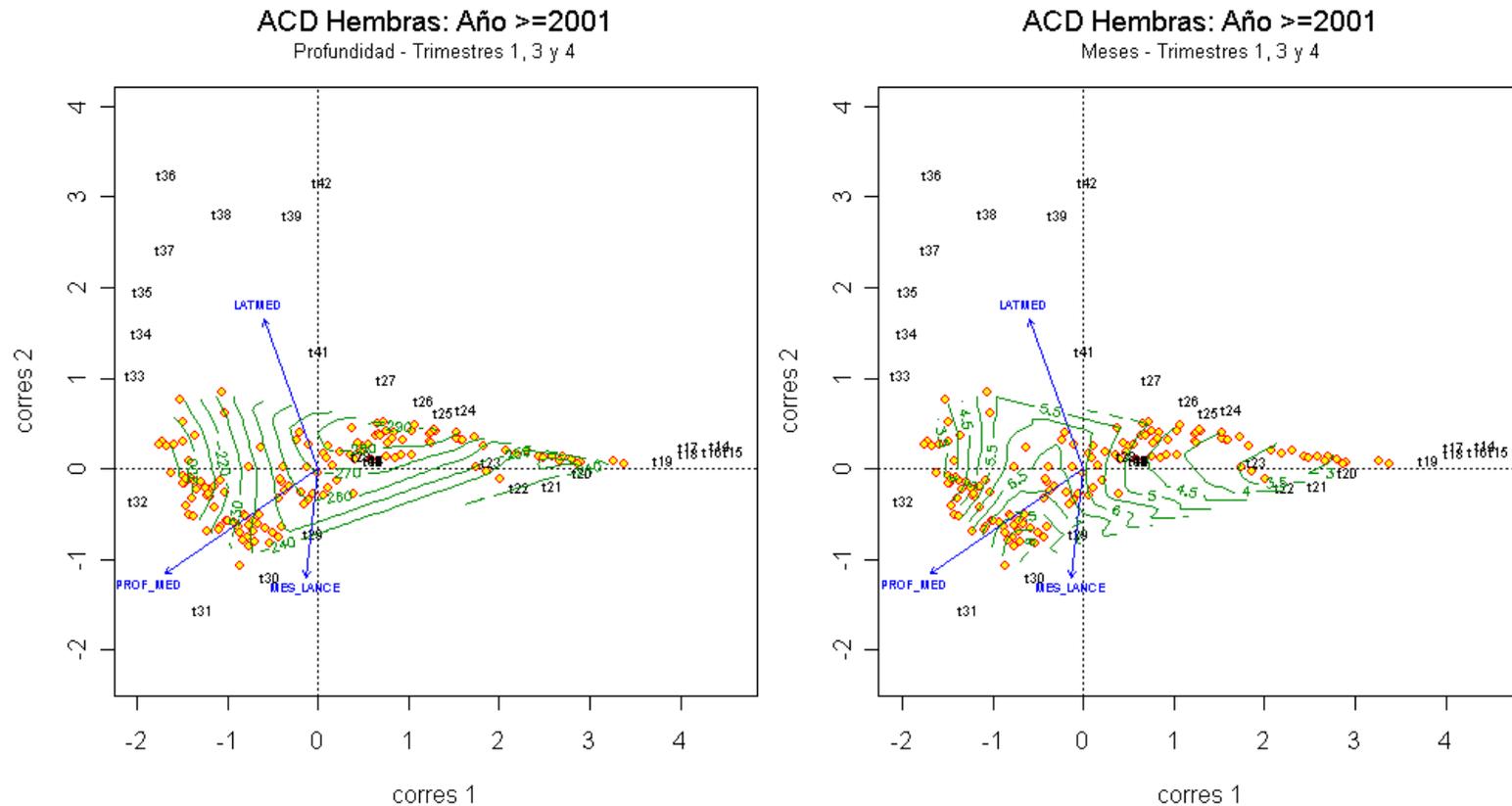


Figura 116: Primer y segundo eje del ACD mostrando la posici3n (puntaje) de los sitios de muestreo (o) y tama1os corporales de hembras (t) entre el per3odo 2001-2005. Las flechas representan la direcci3n del m1ximo cambio de las variables ex3genas profundidad, latitud y meses a lo largo de los dos principales ejes. Las l3neas curvas representan los contornos de profundidad y meses como variables predictivas del ordenamiento de las tallas.

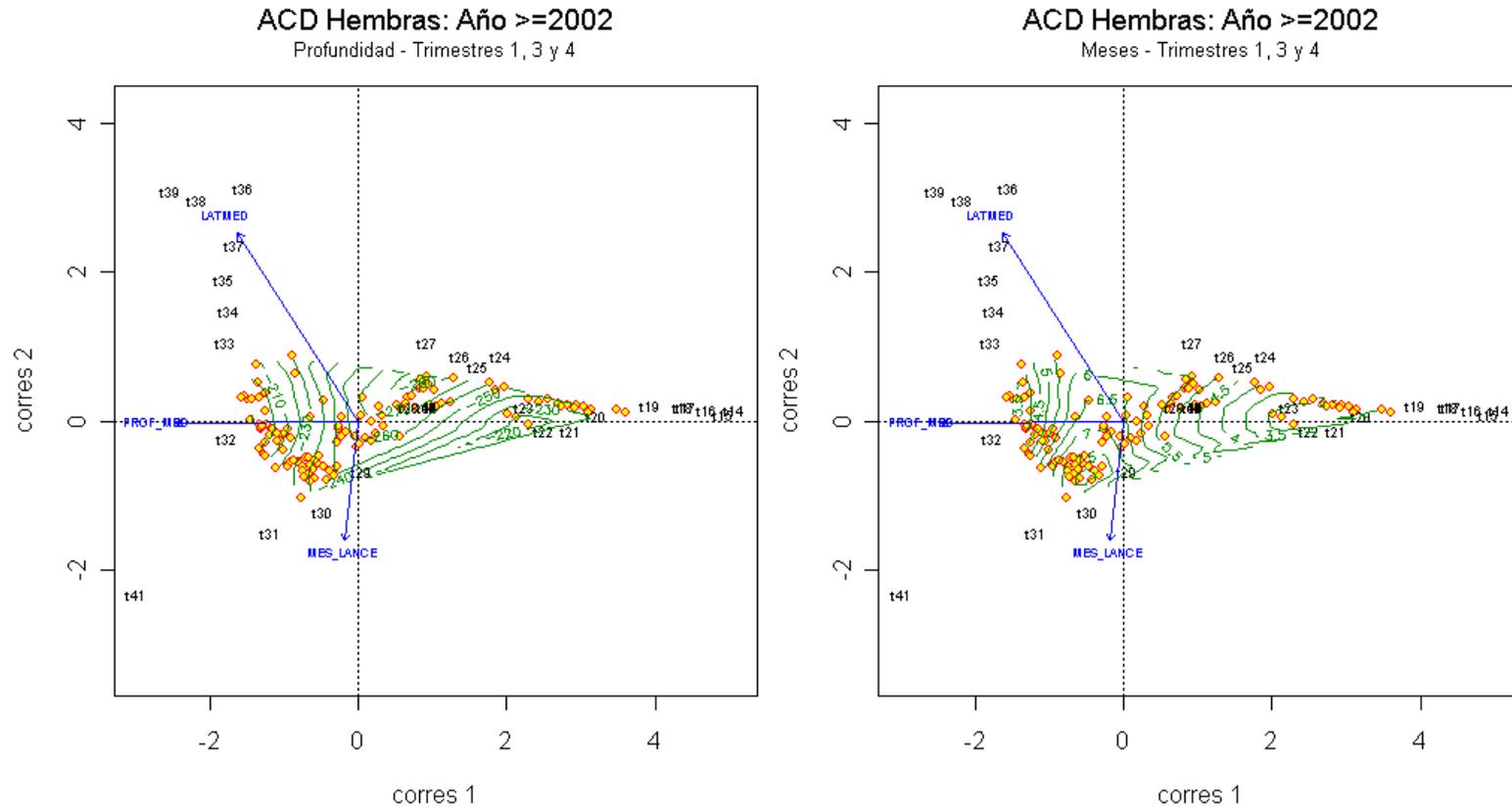


Figura 117: Primer y segundo eje del ACD mostrando la posici3n (puntaje) de los sitios de muestreo (o) y tama1os corporales de hembras (t) entre el per3odo 2002-2005. Las flechas representan la direcci3n del m1ximo cambio de las variables ex3genas profundidad, latitud y meses a lo largo de los dos principales ejes. Las l3neas curvas representan los contornos de profundidad y meses como variables predictivas del ordenamiento de las tallas.

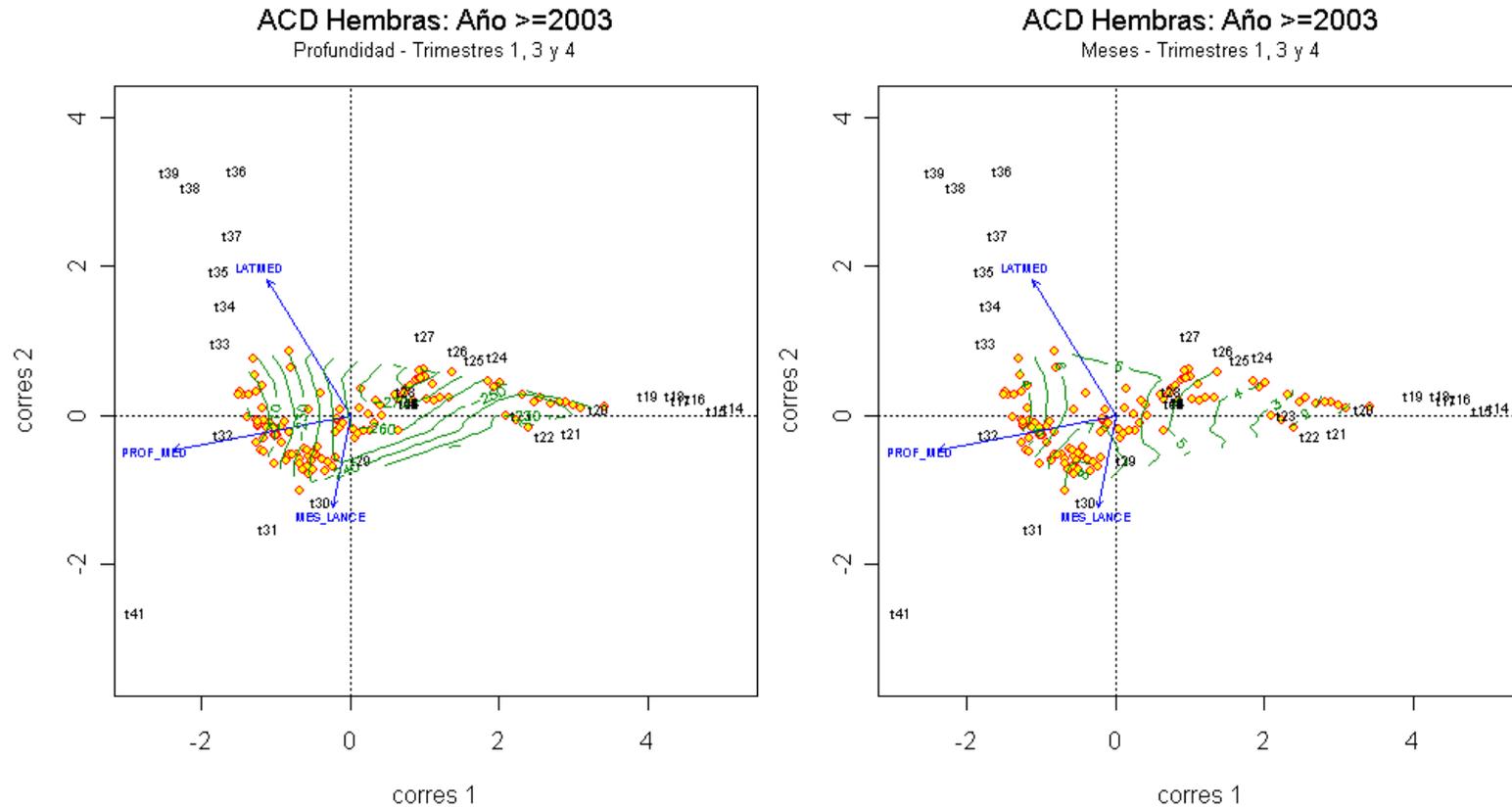


Figura 118: Primer y segundo eje del ACD mostrando la posici3n (puntaje) de los sitios de muestreo (o) y tama1os corporales de hembras (t) entre el per3odo 2003-2005. Las flechas representan la direcci3n del m1ximo cambio de las variables ex3genas profundidad, latitud y meses a lo largo de los dos principales ejes. Las l3neas curvas representan los contornos de profundidad y meses como variables predictivas del ordenamiento de las tallas.

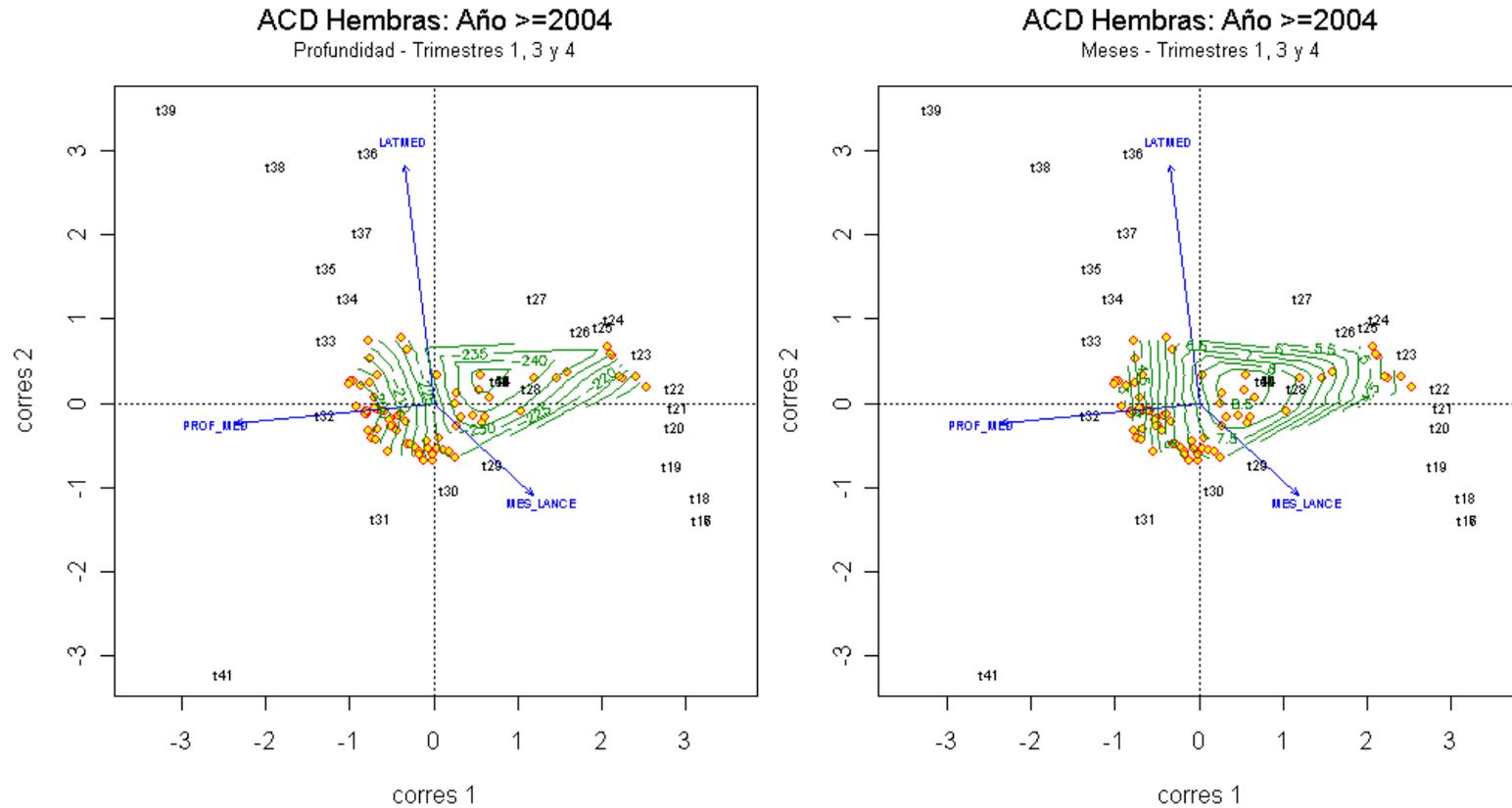


Figura 119: Primer y segundo eje del ACD mostrando la posici3n (puntaje) de los sitios de muestreo (o) y tama1os corporales de hembras (t) entre el per3odo 2004-2005. Las flechas representan la direcci3n del m1ximo cambio de las variables ex3genas profundidad, latitud y meses a lo largo de los dos principales ejes. Las l3neas curvas representan los contornos de profundidad y meses como variables predictivas del ordenamiento de las tallas.

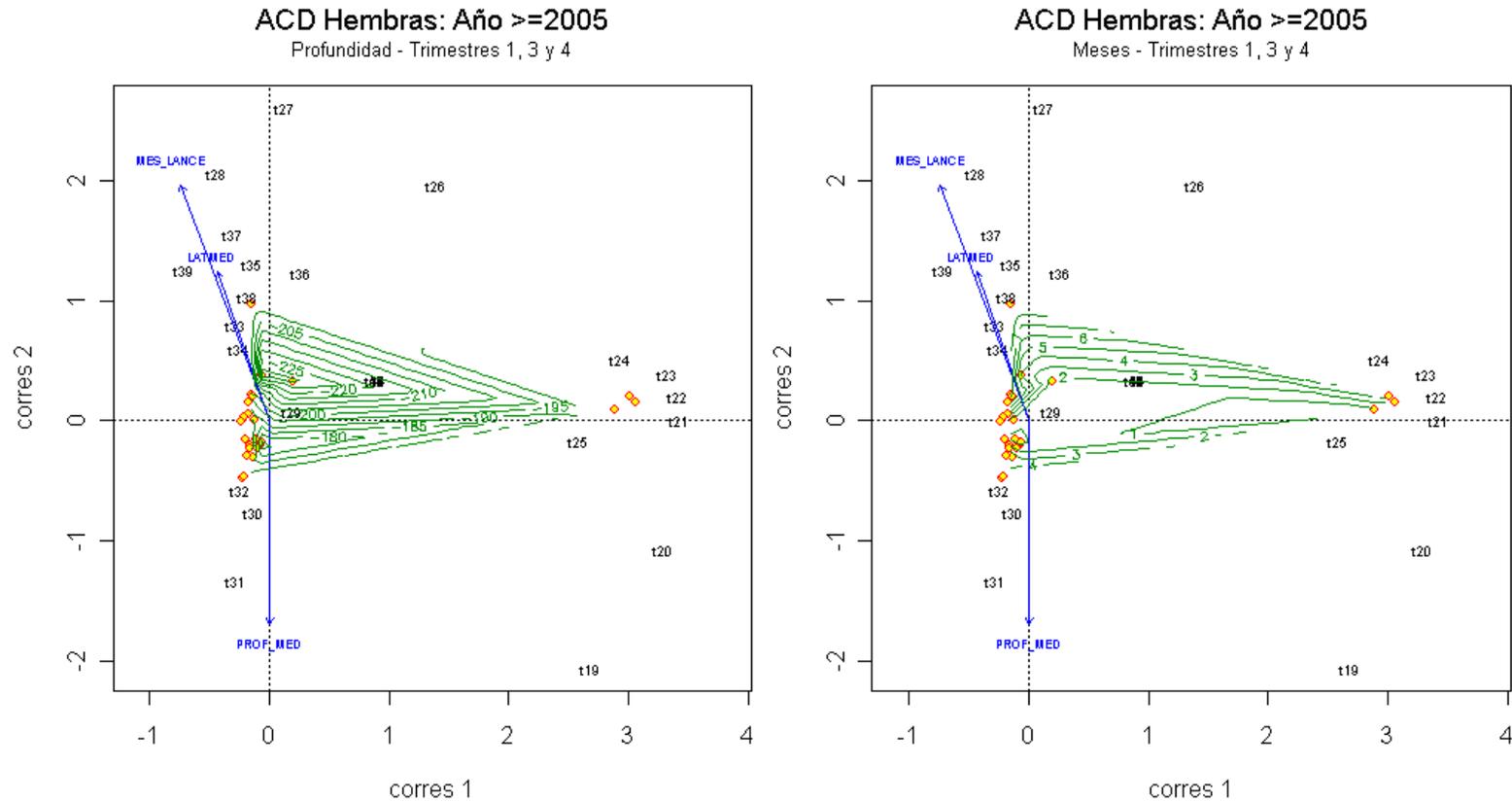


Figura 120: Primer y segundo eje del ACD mostrando la posici3n (puntaje) de los sitios de muestreo (o) y tama1os corporales de hembras (t) entre el per3odo 2005-2005. Las flechas representan la direcci3n del m1ximo cambio de las variables ex3genas profundidad, latitud y meses a lo largo de los dos principales ejes. Las l3neas curvas representan los contornos de profundidad y meses como variables predictivas del ordenamiento de las tallas.

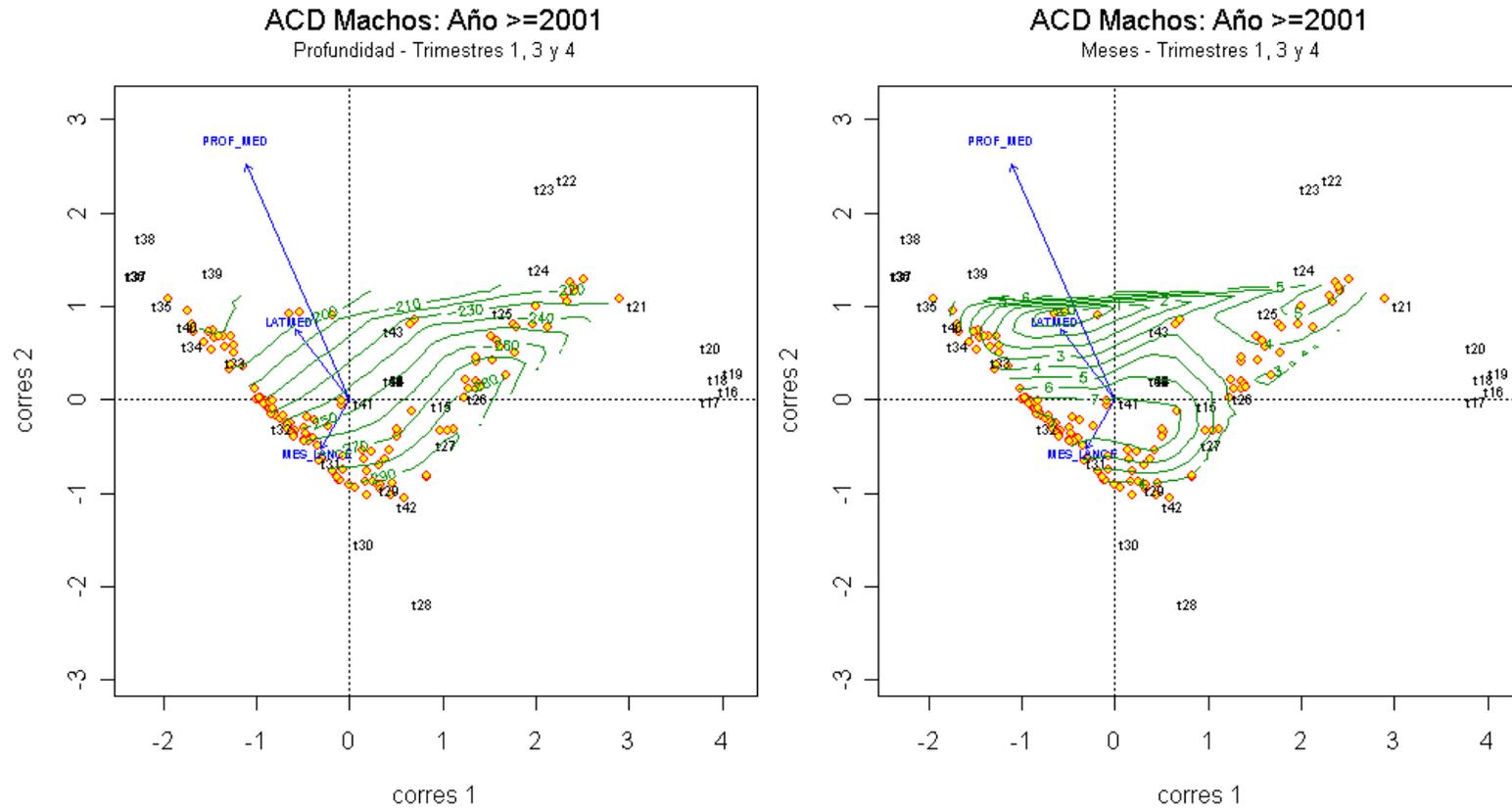


Figura 121: Primer y segundo eje del ACD mostrando la posici3n (puntaje) de los sitios de muestreo (o) y tama1os corporales de hembras (t) entre el per3odo 2001-2005. Las flechas representan la direcci3n del m1ximo cambio de las variables ex3genas profundidad, latitud y meses a lo largo de los dos principales ejes. Las l3neas curvas representan los contornos de profundidad y meses como variables predictivas del ordenamiento de las tallas.

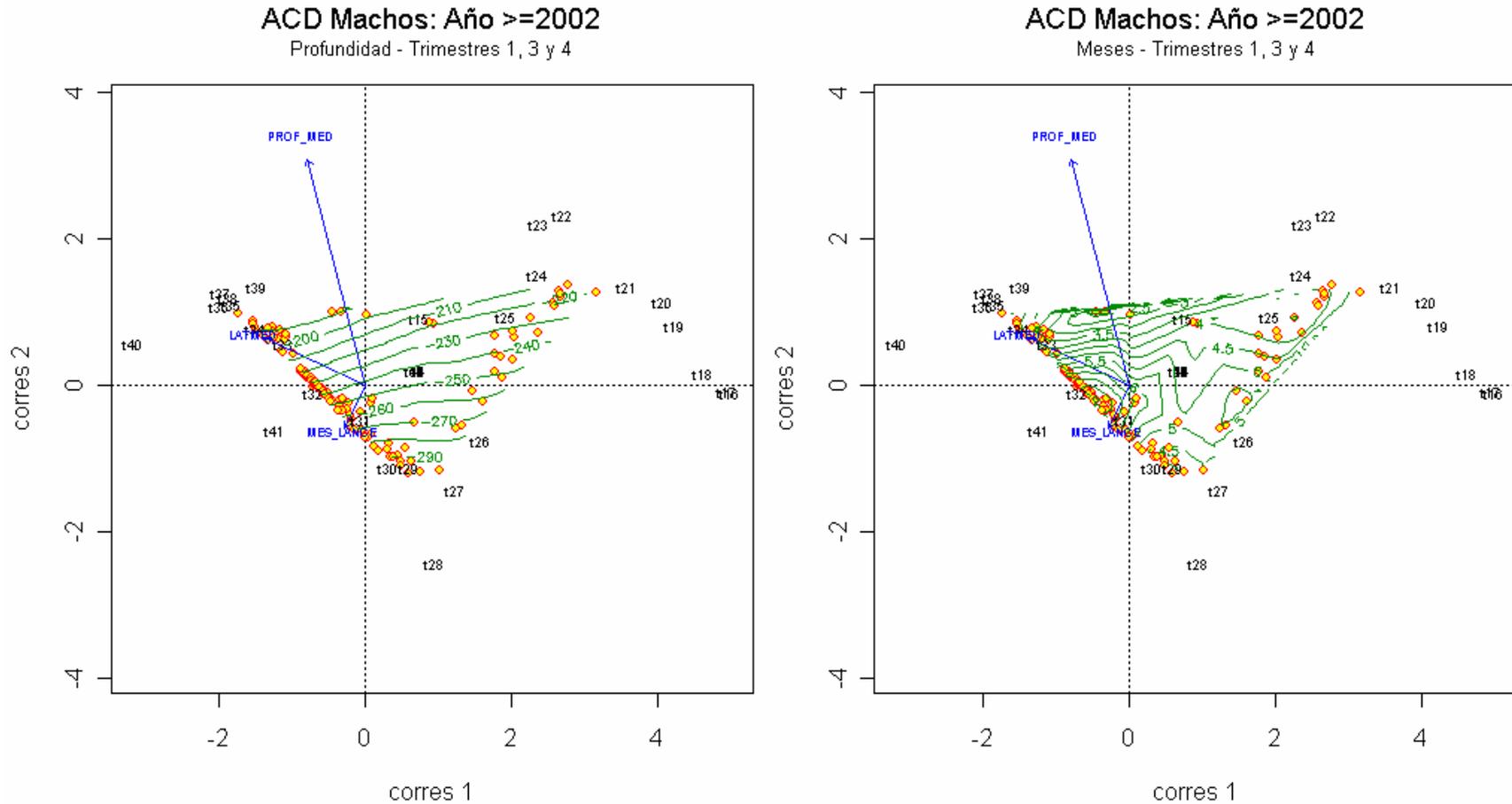


Figura 122: Primer y segundo eje del ACD mostrando la posici3n (puntaje) de los sitios de muestreo (o) y tama1os corporales de hembras (t) entre el per3odo 2002-2005. Las flechas representan la direcci3n del m1ximo cambio de las variables ex3genas profundidad, latitud y meses a lo largo de los dos principales ejes. Las l3neas curvas representan los contornos de profundidad y meses como variables predictivas del ordenamiento de las tallas.

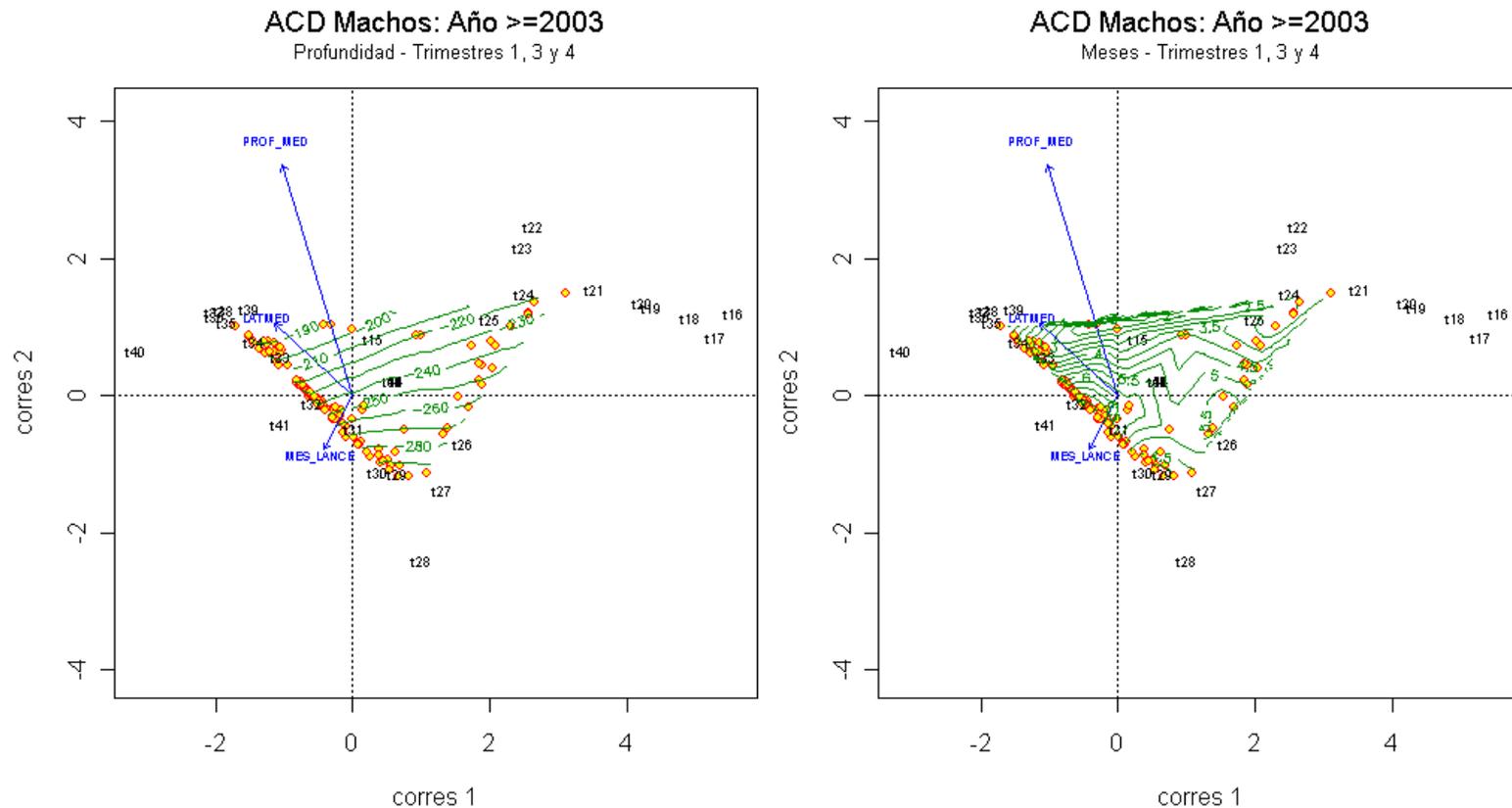


Figura 123: Primer y segundo eje del ACD mostrando la posición (puntaje) de los sitios de muestreo (o) y tamaños corporales de hembras (t) entre el período 2003-2005. Las flechas representan la dirección del máximo cambio de las variables exógenas profundidad, latitud y meses a lo largo de los dos principales ejes. Las líneas curvas representan los contornos de profundidad y meses como variables predictivas del ordenamiento de las tallas.

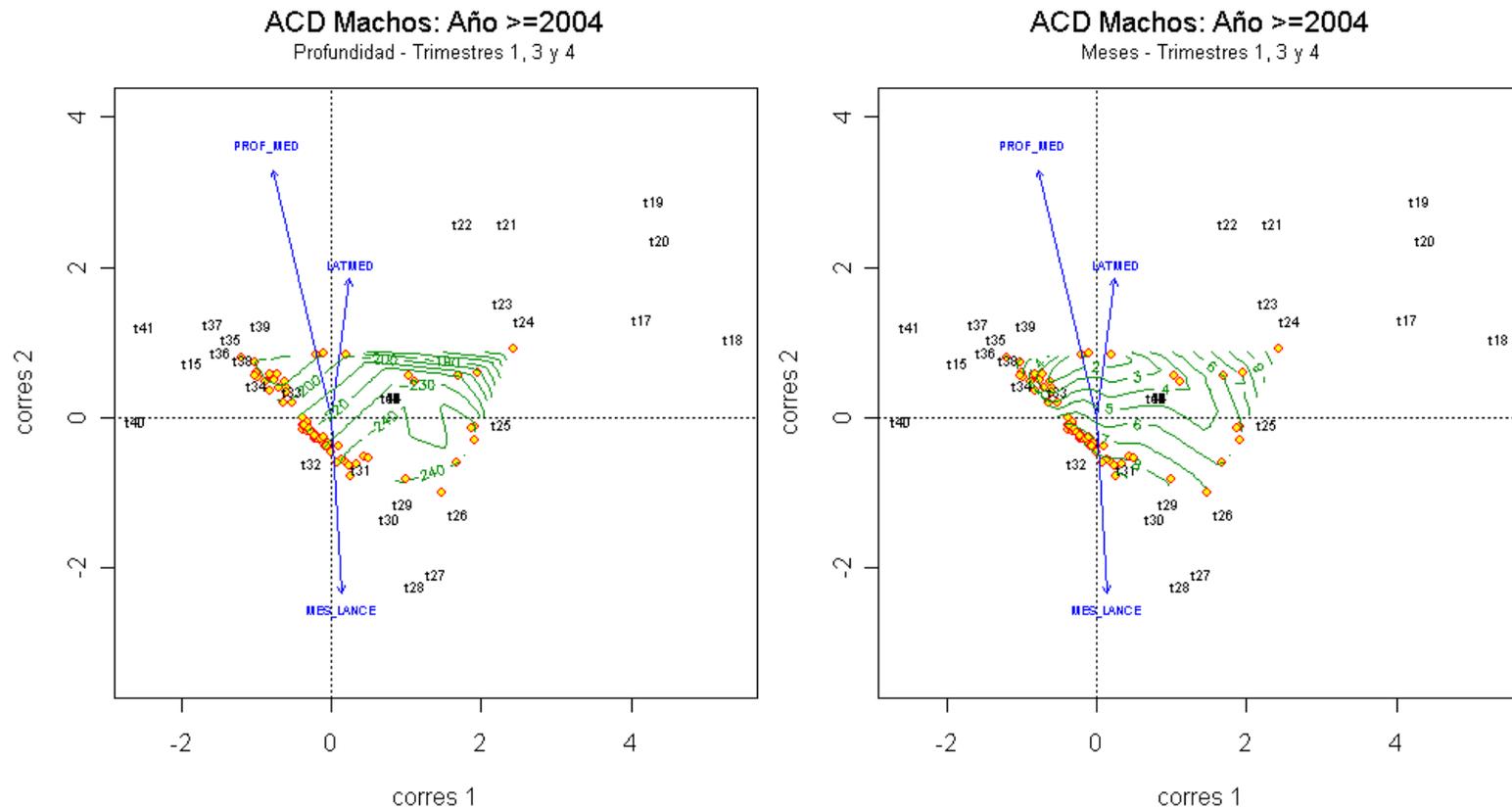


Figura 124: Primer y segundo eje del ACD mostrando la posici3n (puntaje) de los sitios de muestreo (o) y tama1os corporales de hembras (t) entre el per3odo 2004-2005. Las flechas representan la direcci3n del m1ximo cambio de las variables ex3genas profundidad, latitud y meses a lo largo de los dos principales ejes. Las l3neas curvas representan los contornos de profundidad y meses como variables predictivas del ordenamiento de las tallas.

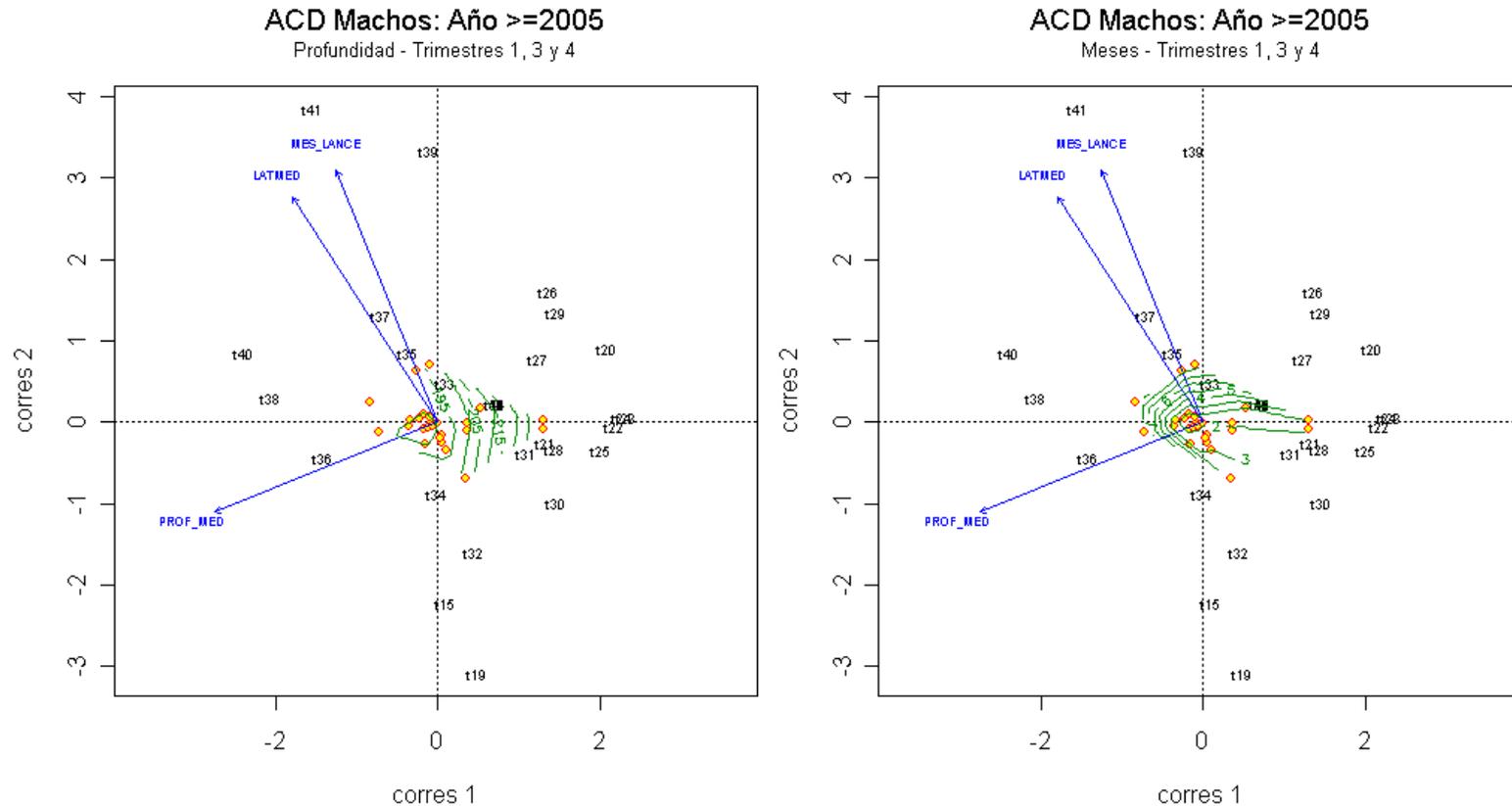


Figura 125: Primer y segundo eje del ACD mostrando la posici3n (puntaje) de los sitios de muestreo (o) y tama1os corporales de hembras (t) entre el periodo 2005-2005. Las flechas representan la direcci3n del m1ximo cambio de las variables ex3genas profundidad, latitud y meses a lo largo de los dos principales ejes. Las l1neas curvas representan los contornos de profundidad y meses como variables predictivas del ordenamiento de las tallas.

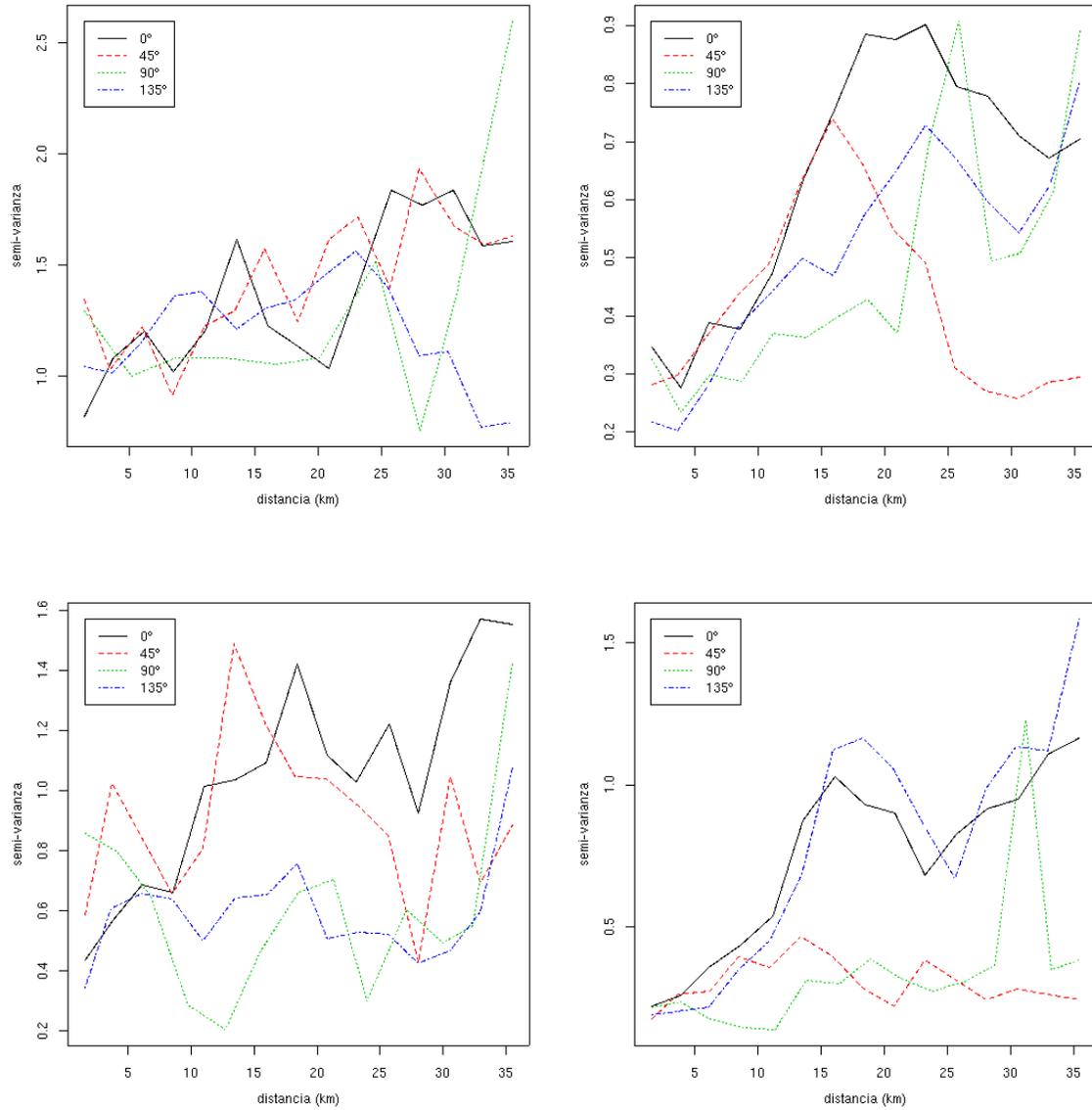


Figura 126: Variogramas direccionales de las componentes poblacionales de *P. monodon* para el primer (arriba-izquierda), segundo (arriba-derecha), tercer (abajo-izquierda) y cuarto (abajo-derecha) trimestre del periodo 2001-2005.

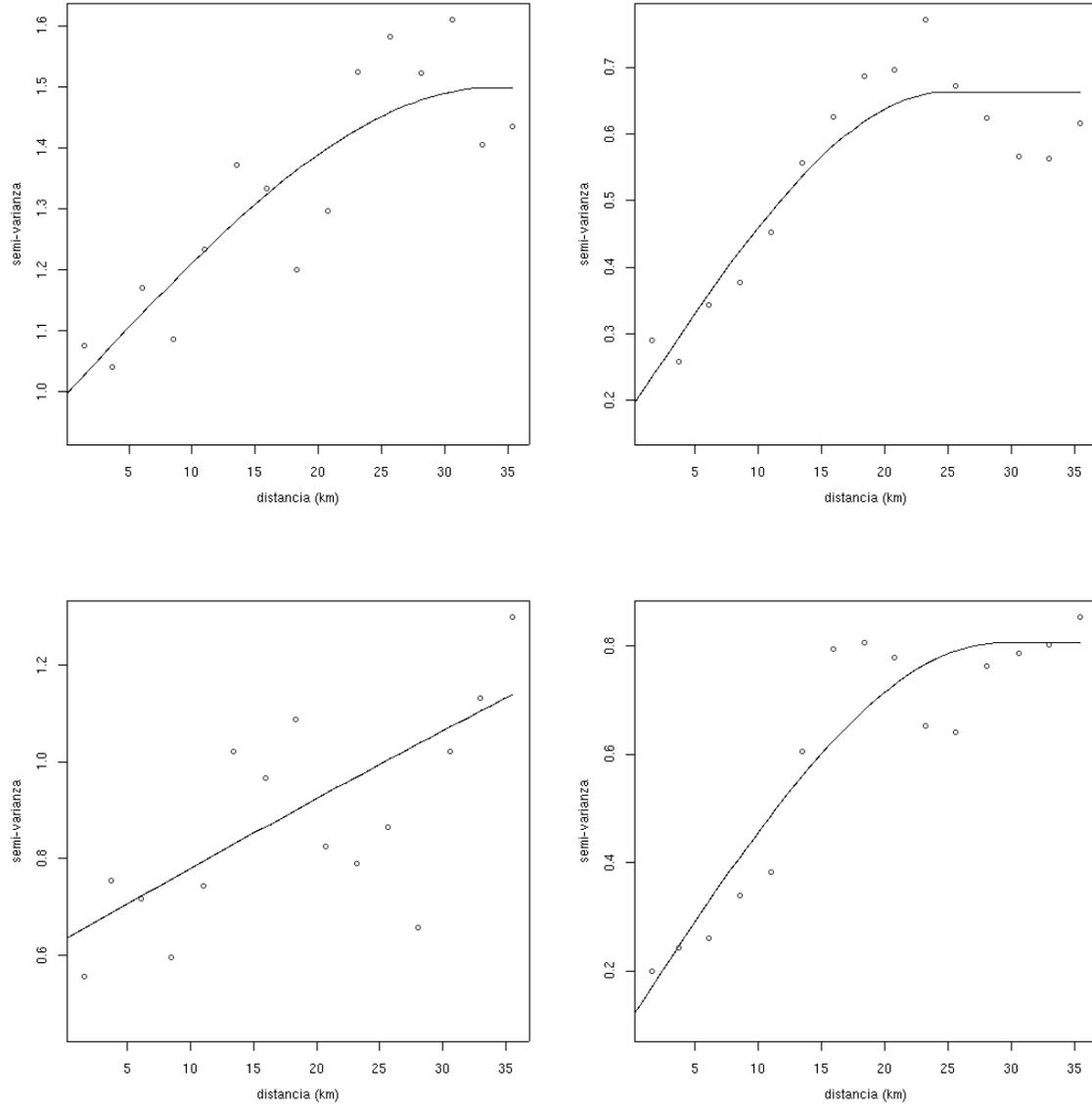


Figura 127: Modelo esférico ajustado al variograma empírico en la direcci3n de máxima continuidad espacial de las componentes poblacionales de *P. monodon* para el primer (arriba-izquierda), segundo (arriba-derecha), tercer (abajo-izquierda) y cuarto (abajo-derecha) trimestre del período 2001-2005.

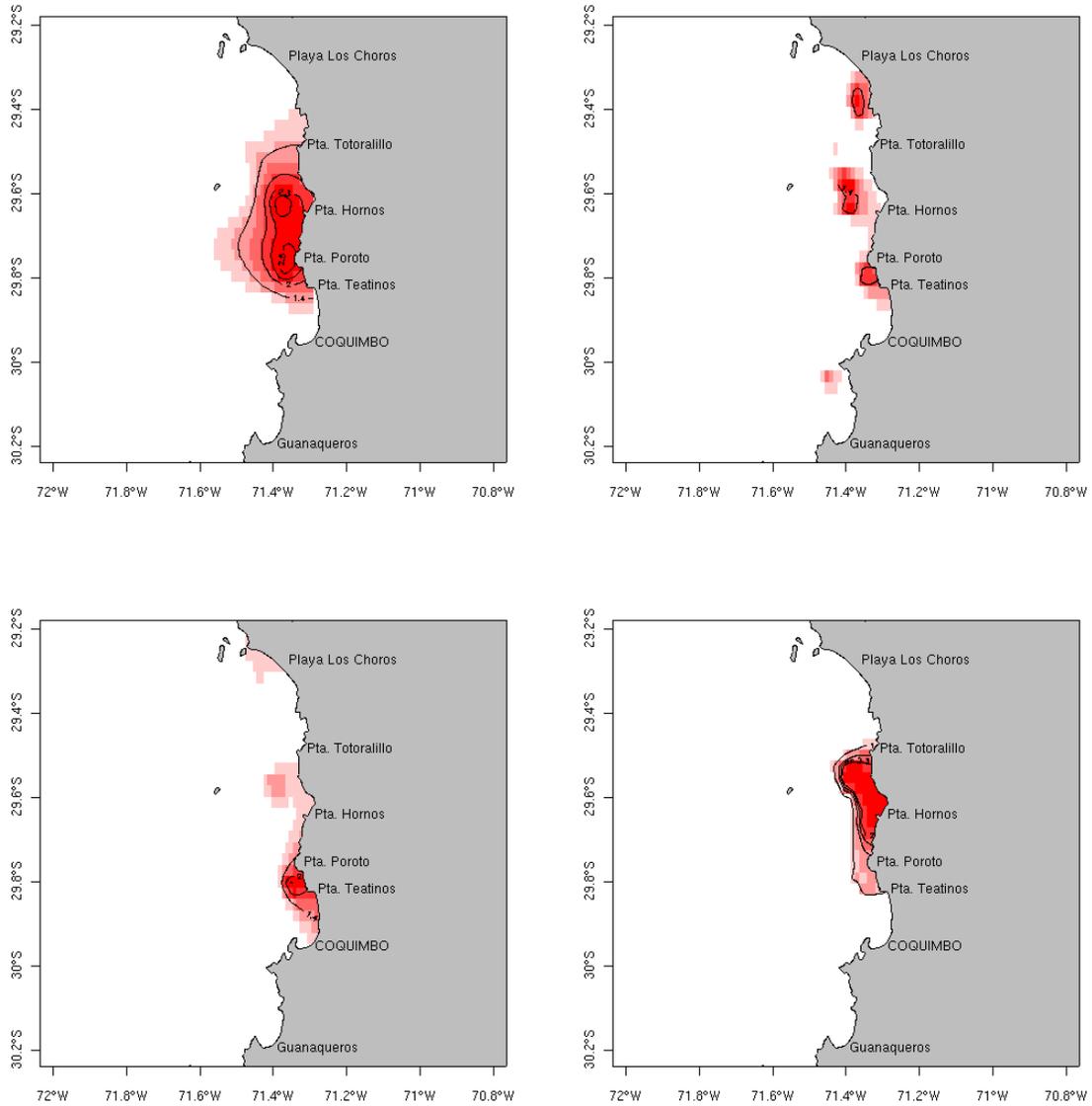


Figura 128: Mapa de la distribuci3n espacial de las componentes poblacionales de *P. monodon* para el primer (arriba-izquierda), segundo (arriba-derecha), tercer (abajo-izquierda) y cuarto (abajo-derecha) trimestre del periodo 2001-2005, por medio del kriging ordinario puntual.

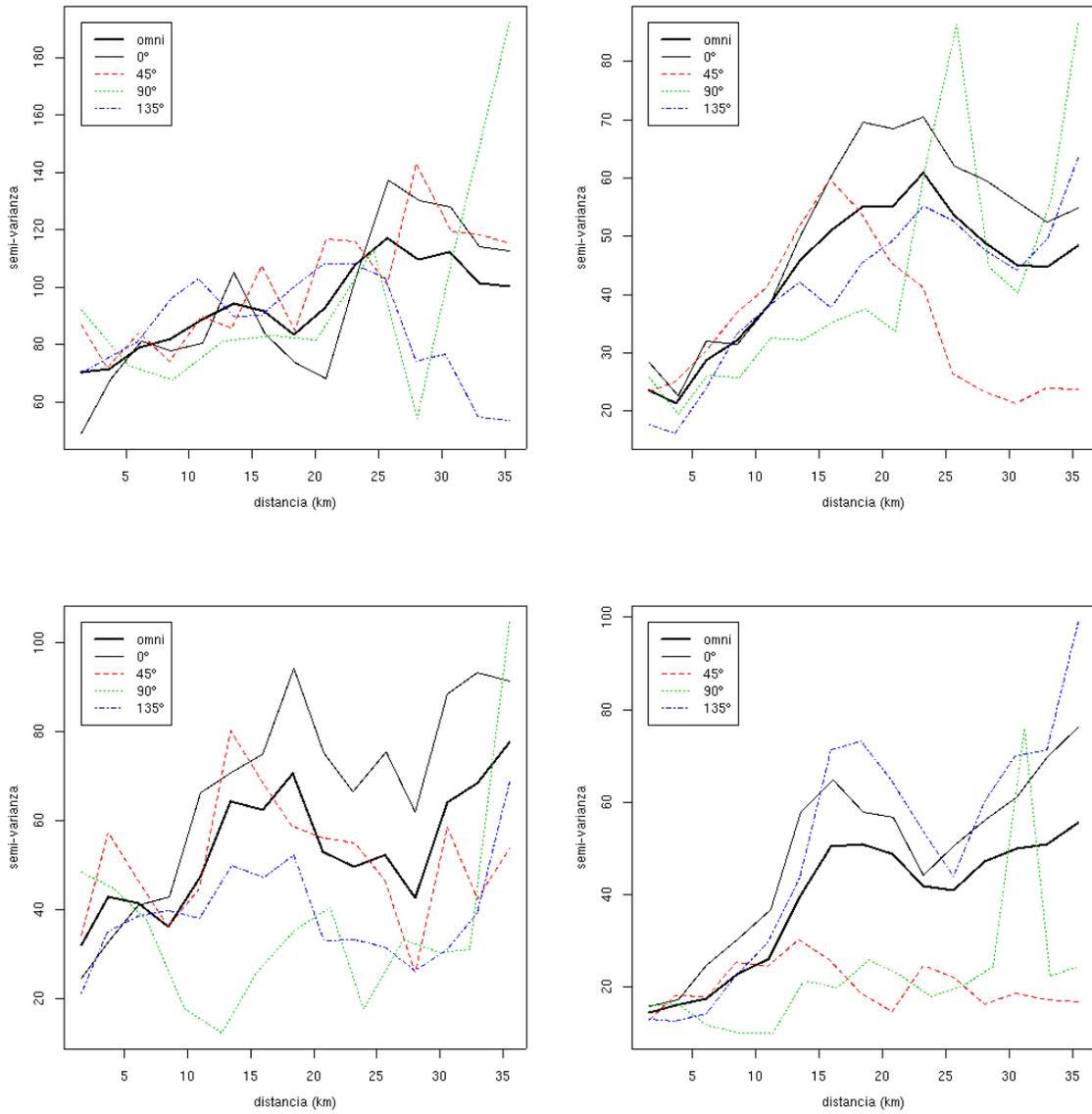


Figura 129: Variogramas direccionales de las tallas medias de *P. monodon* para el primer (arriba-izquierda), segundo (arriba-derecha), tercer (abajo-izquierda) y cuarto (abajo-derecha) trimestre del periodo 2001-2005.

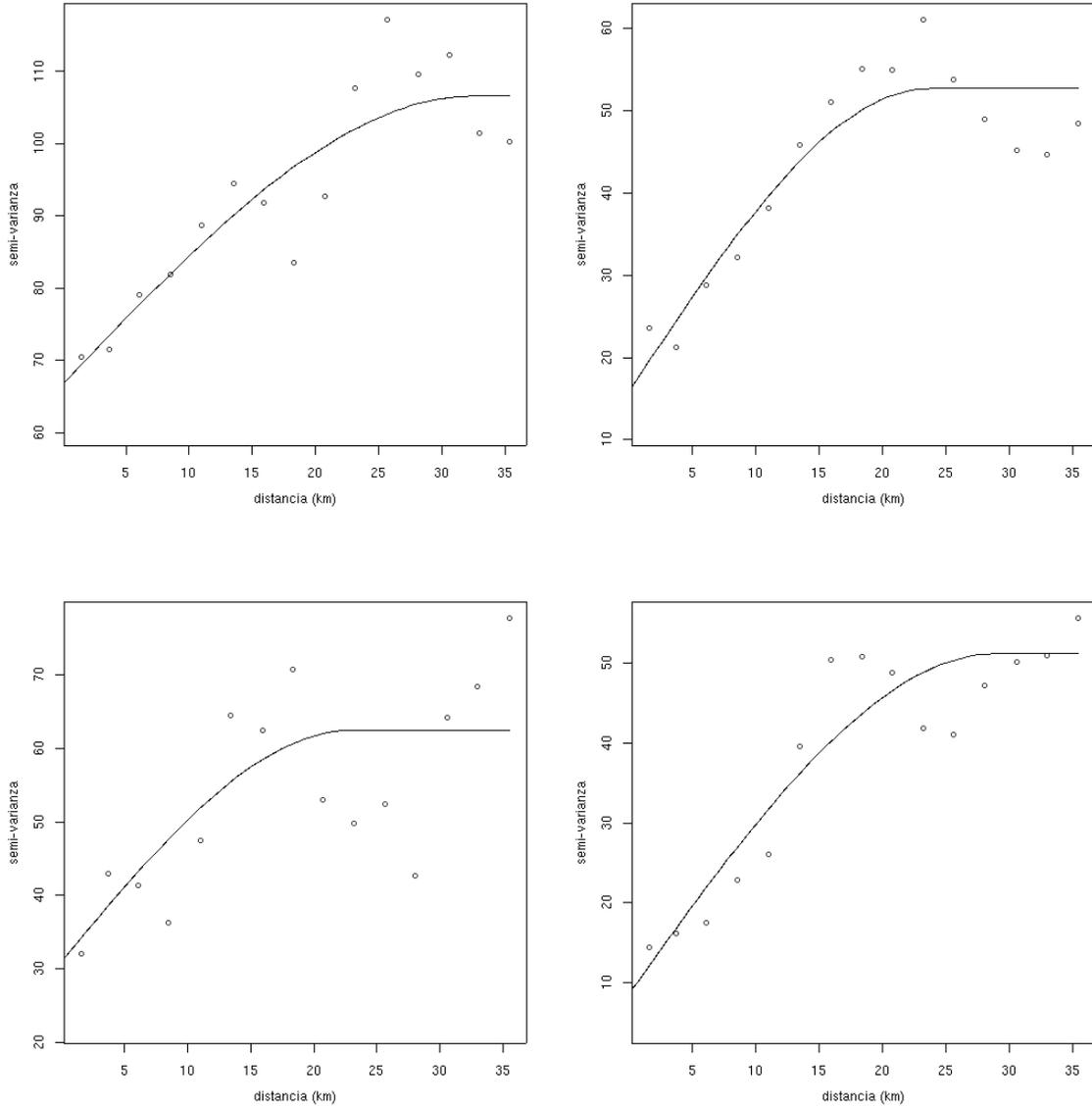


Figura 130: Modelo esférico ajustado al variograma empírico en la direcci3n de máxima continuidad espacial de las tallas medias de *P. monodon* para el primer (arriba-izquierda), segundo (arriba-derecha), tercer (abajo-izquierda) y cuarto (abajo-derecha) trimestre del periodo 2001-2005.

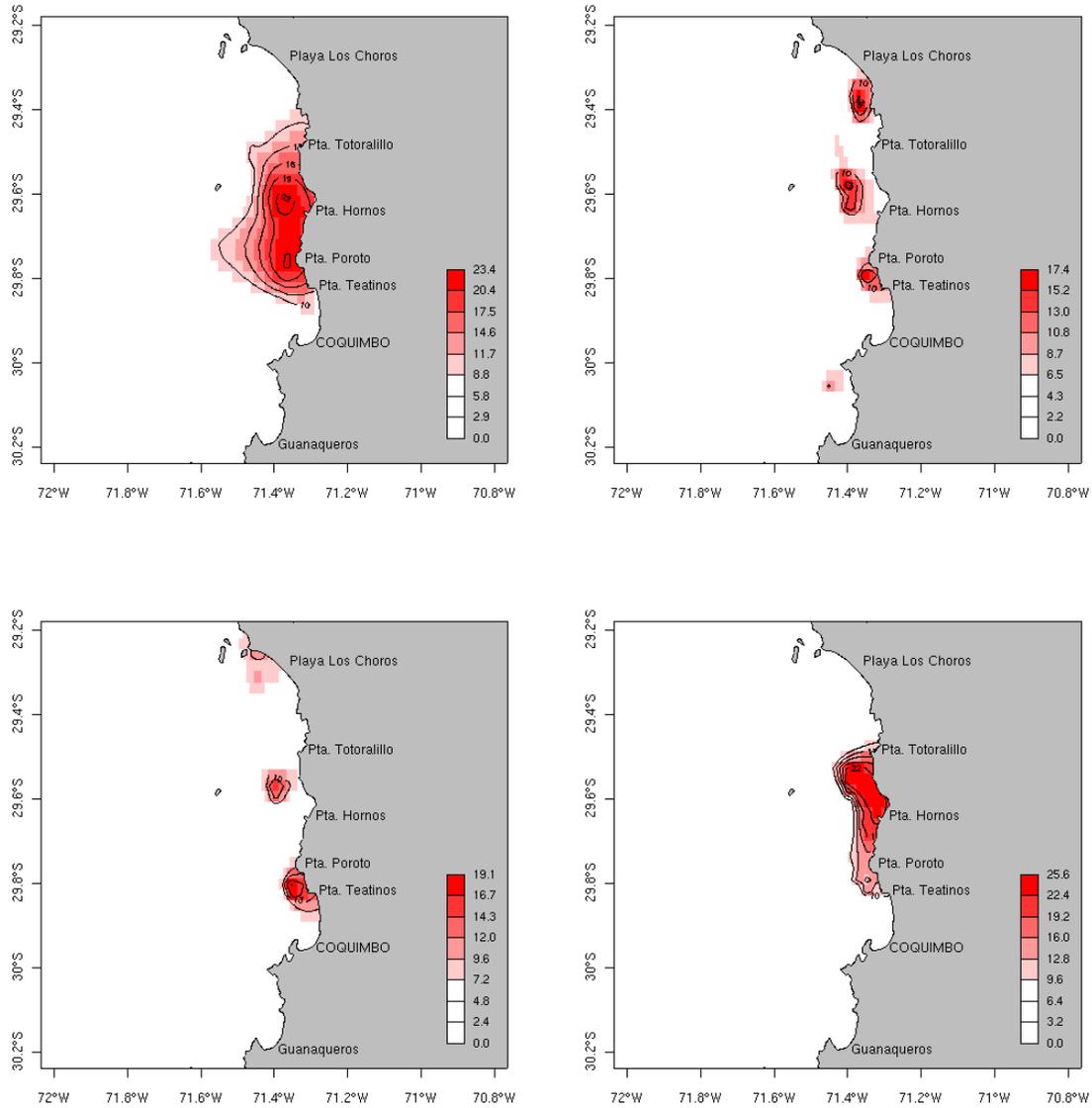


Figura 131: Mapa de la distribuci3n espacial de las tallas medias de *P. monodon* para el primer (arriba-izquierda), segundo (arriba-derecha), tercer (abajo-izquierda) y cuarto (abajo-derecha) trimestre del periodo 2001-2005, por medio del kriging ordinario puntual.

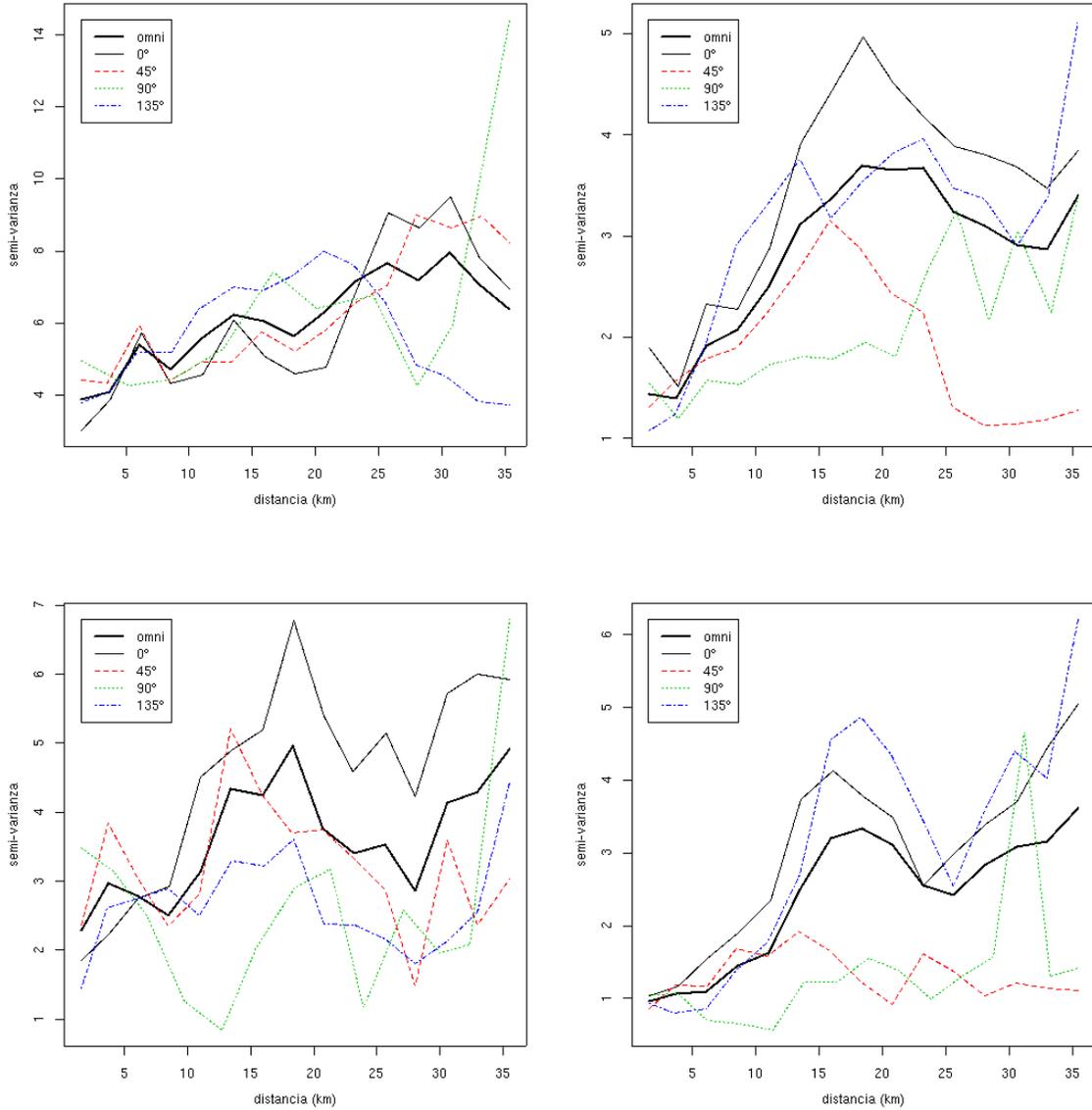


Figura 132: Variogramas direccionales de las edades modales de *P. monodon* para el primer (arriba-izquierda), segundo (arriba-derecha), tercer (abajo-izquierda) y cuarto (abajo-derecha) trimestre del periodo 2001-2005.

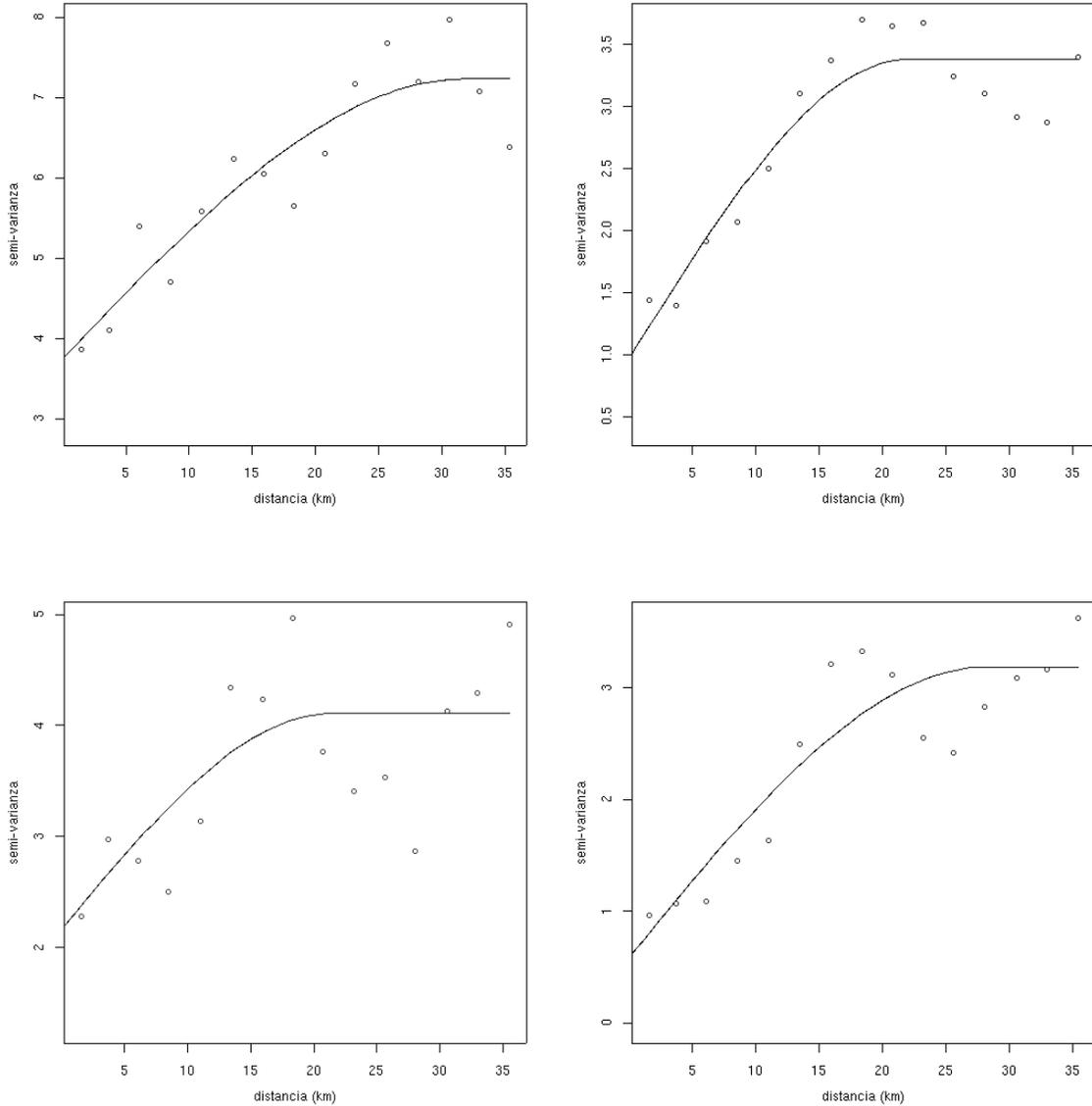


Figura 133: Modelo esférico ajustado al variograma empírico en la dirección de máxima continuidad espacial de las edades modales de *P. monodon* para el primer (arriba-izquierda), segundo (arriba-derecha), tercer (abajo-izquierda) y cuarto (abajo-derecha) trimestre del período 2001-2005.

A N E X O E

**Primer y segundo taller de
discusión metodológica**



Primer Taller de Discusi3n Metodol3gica

Dinámica y estructura poblacional del langostino colorado III y IV Regiones Proyecto FIP 2005-41

Esta iniciativa busca por una parte, analizar y discutir la calidad de los resultados que se han obtenidos en la primera parte de la ejecuci3n del proyecto FIP 2005-41, y por otra, exponer y mejorar los posteriores acercamiento metodol3gicos necesarios para la finalizaci3n del proyecto. En tal sentido y con el objeto de enriquecer la opini3n, discusi3n y el análisis, los resultados serán expuestos de la siguiente manera:

	Exposici3n	Relator
09:00 — 09:30	Recepci3n y presentaci3n del Taller	Juan Carlos Quiroz
09:30 — 10:00	Variabilidad espacio temporal de las densidades de langostino colorado registradas en las operaciones de pesca	Carlos Montenegro
10:00 — 10:30	Variabilidad espacio temporal de las densidades de langostino colorado registradas en los cruceros de área barrida	Fernando Espíndola
10:30 — 11:00	Café	
11:00 — 11:30	Variabilidad espacio temporal de los tamaños corporales de langostino colorado	Juan Carlos Quiroz
11:30 — 12:00	Etapas y distribuci3n de larvas de langostino colorado	Pedro Báez
12:00 — 12:30	Etapas y distribuci3n de juveniles de langostino colorado	Juan Carlos Quiroz
12:30 — 13:00	Discusi3n de resultados y alcances metodol3gicos	



Invitados Taller de Discusi3n Metodol3gica

Dinámica y estructura poblacional del langostino colorado III y IV Regiones
Proyecto FIP 2005-41

Instituto de Fomento Pesquero

- Roberto Bahamonde Forde
- Maria Angela Barbieri Bellolio
- Claudio Bernal Larrondo
- Cristian Canales Ram3rez
- Guillermo Moreno Paredes
- Mauricio Braun Alegr3a
- Maximiliano Zilleruelo
- Carlos Montenegro Silva
- Fernando Esp3ndola R
- Hernan Reyes
- Bernardo Leiva P3rez

Universidad Cat3lica del Norte

- Enzo Acuña Soto
- Juan Carlos Villaroel

Museo de Historia Natural

- Pedro B3ez R.

Pontificia Universidad Cat3lica de Valpara3so

- Patricio Arana Espina
- Sergio Palma Gonz3lez
- Teofilo Melo Fuentes
- Aurora Guerrero Correa
- Mauricio Ahumada Escobar

Subsecretar3a de Pesca

- Vilma Correa Rojas



- Italo Campodónico Gamboa
- Alejandro Karstegl Silva

Universidad de Concepción

- Hugo Arancibia Farias
- Ruben Roa Ureta
- Luis Cubillos Santander

Fondo de Investigación Pesquera

- Ruben Pinochet Pollastri
- Consejeros

Industriales

- Alex Lesser Bazan (Elaboradora Artic S.A.)
- Jorge Arévalo (Pesquera Playa Blanca)
- Klaus Kunde Herrera (Sociedad Pesca Marina Ltda.)
- Andres Quintanilla Goubet (Pesquera Quintero S.A.)
- Mario Morozin Yurazec (Pesquera Quintero S.A.)
- Guillermo Donoso (Guidomar Ltda.)
- Claudio Velásquez (BracPesca)
- Víctor Olivares (Pesquera Amancay Ltda.)



Dinámica y estructura poblacional del langostino colorado III y IV Regiones Proyecto FIP 2005-41



Taller de Discusi3n Metodol3gica

Marzo, 2006

Equipo de trabajo

- Juan Carlos Quiroz . □ Jefe de proyecto, coordinaci3n científfica
- Cristian Canales . □ Dinámica de la poblaci3n
- Carlos Montenegro □ Sistema de informaci3n y data mining
- Hernán Reyes. □ Análisis oceanográfico
- Roberto Bahamonde □ Dispositivos de captura
- Fernando Espíndola □ Modelamiento espacial y data mining
- Pedro Báez . □ Análisis de larvas de crustáceos
- Patricio Gálvez. □ GIS
- Gloria Arriagada. □ Estructuraci3n de bases de datos
- Omar Yáñez □ Recopilaci3n de datos
- Juan Tapiá □ Recopilaci3n de datos

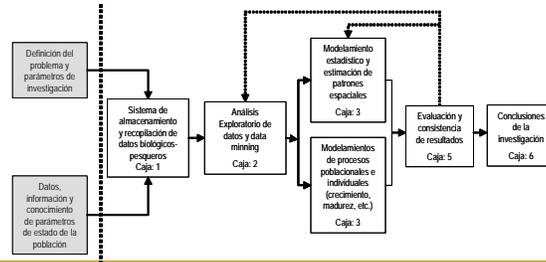


Objetivos

- Caracterizar espacio temporalmente aspectos relativos a la din3mica, estructura y par3metros poblacionales del langostino colorado entre la III y IV Regiones
 - Determinar y caracterizar aspectos relativos a la distribuci3n y estructura poblacional, en el tiempo y espacio, del langostino colorado
 - Determinar y caracterizar aspectos relativos a la din3mica poblacional del langostino colorado entre la III y IV Regiones
 - Caracterizar los procesos de crecimiento, reproducci3n y mortalidad natural del langostino colorado entre la III y IV Regiones

Enfoque metodol3gico general

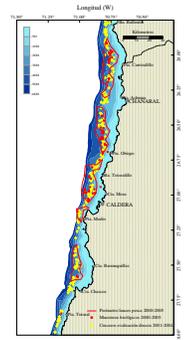
- El proceso de investigaci3n contemplo la organizaci3n de datos biol3gicos-pesqueros en un sistema de informaci3n, desde donde se estructuran diversos los siguientes procesos de investigaci3n:





Hip3tesis de trabajo (H-1)

- “Estructura poblacional a lo largo de la plataforma continental”
 - Esta hip3tesis plantea que la poblaci3n de langostino colorado en las Regiones III Y IV se encuentra estructurada espacialmente a lo largo de la plataforma continental en un gradiente latitudinal. Para esta estructura poblacional, se postula la existencia de a los menos una 1rea de crianza donde se produce el asentamiento larval y comienza la expansi3n poblacional



Hip3tesis de trabajo (H-2)

- “Estructura poblacional por focos de agregaci3n”
 - Esta hip3tesis plantea que la poblaci3n de langostino colorado en las Regiones III Y IV posee una estructura espacial delimitada principalmente por focos de agregaci3n. Por consiguiente, se espera que cada agregaci3n est3 estructurada con procesos biol3gicos propios y 1rea de crianza independiente, donde se produce el asentamiento larval y comienza la expansi3n poblacional a trav3s de la plataforma continental, en un gradiente longitudinal

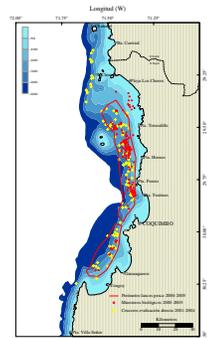
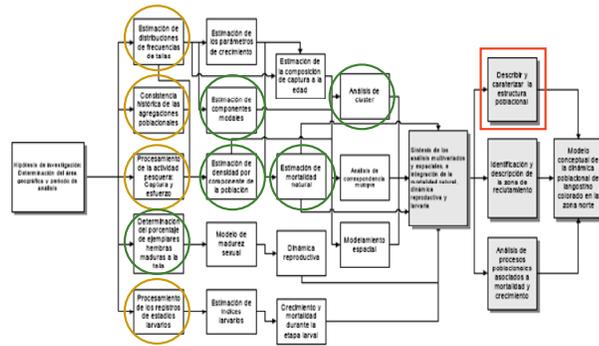
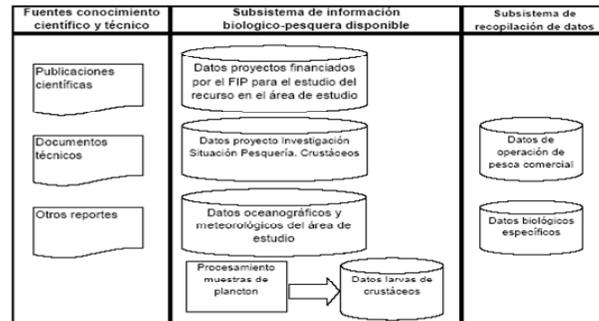




Diagrama de actividades



Sistema de informaci3n del proyecto





Presentaciones

Exposici3n	Relator	
09:30 — 10:00	Variabilidad espacio-temporal de la densidad de langostino colorado, a partir de datos de pesca comercial entre la III y IV Regi3n	Carlos Montenegro
10:00 — 10:30	Variabilidad espacio-temporal de la densidad de langostino colorado, a partir de evaluaciones directas entre la III y IV Regi3n	Fernando Esp3ndola
10:30 — 11:00	Caf3	
11:00 — 11:30	Variabilidad espacio-temporal de los tama1os corporales de langostino colorado	Juan Carlos Quiroz
11:30 — 12:00	Etapas y distribuci3n de larvas de langostino colorado	Pedro B3ez
12:00 — 12:30	Etapas y distribuci3n de juveniles de langostino colorado	Roberto Bahamonde
12:30 — 13:00	Discusi3n de resultados y alcances metodol3gicos (caf3)	

PROYECTO FIP N° 2005 - 41
“Din3mica y estructura poblacional del
Langostino Colorado
III y IV Regiones”

Variabilidad espacio-temporal de la densidad de langostino colorado, a partir de datos de pesca comercial de la III y IV Regi3n

Carlos Montenegro Silva
Departamento Evaluaci3n de Recursos
IFOP



Datos y m3todos

Los registros de pesca comercial de *P. monodon* recopilados en la III y IV regiones totalizan 5682 lances de pesca efectuados entre 1998 y 2005, de los cuales, un 63% fueron realizados en las agregaciones de la IV Regi3n. En cada uno de estos lances se determin3 la densidad en peso (t km⁻²).

El an3lisis exploratorio de las densidades fue circunscrito en escalas temporales que incluyeron las variaciones anuales, mensuales y semanales, en conjunto con escalas espaciales que incluyeron las regiones y sus agregaciones de pesca.

Las densidades medias en peso, fueron representadas por la captura por unidad de 3rea de arrastre, de la forma:

$$\bar{y}_{ij} = cpua_{ij} = \frac{c_{ij}}{a_i v_j t_j}$$

donde \bar{y} es equivalente a la *cpua* (captura por unidad de 3rea), *c* es la captura, *a* es la abertura de punta de alas de la red, *v* es la velocidad del lance, *t* es la duraci3n del lance, *i* indexa al lance, *j* al barco.

Las pruebas de hip3tesis realizadas para probar si las covariables (que representan las dimensiones espaciales y temporales), tiene efectos significativos sobre las densidades, se realizaron por medio de modelos de an3lisis de varianza.

Variaciones interanuales y regionales

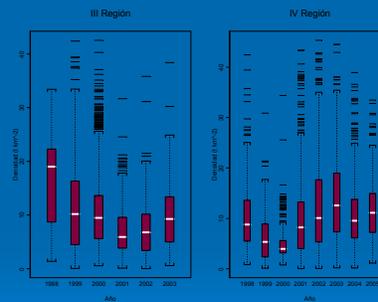


Figura 1: Box-plot de la densidad (t km⁻²) de *P. monodon*, seg3n regi3n y a3o. Datos pesca comercial, fuente: IFOP.



Variaciones interanuales y regionales

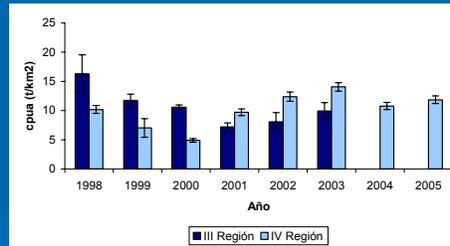


Figura 2: Serie temporal de la densidad media (t km⁻²) de *P. monodon* entre 1998 y 2005, según región. Intervalo de confianza para la media estimada del 95%. Datos pesca comercial, fuente: IFOP.

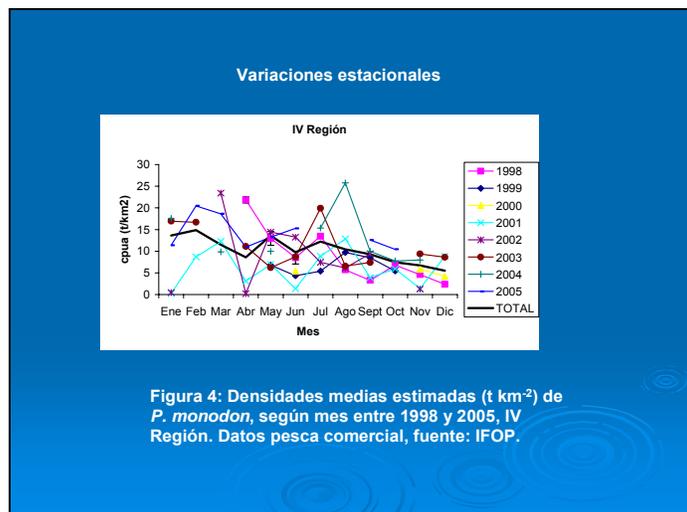
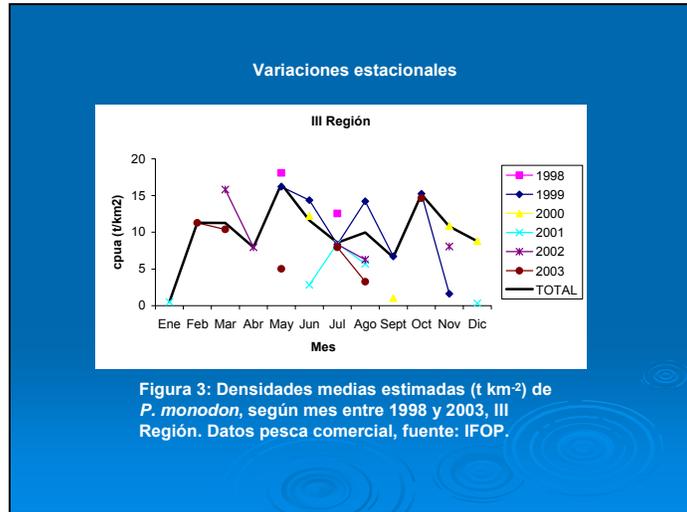
Variaciones interanuales y regionales + interacción

Tabla 1: Resultados modelo de análisis de varianza ajustado a las densidades (en escala log) de *P. monodon* explicadas por los factores año, región e interacción. Período entre los años 1998 y 2005, III y IV regiones.

Factor	GL	SC	CM	Valor F	Pr(F)
Año	7	165.565	23.652	31.684	0
Región	1	56.892	56.892	76.211	0
Año:Región	5	159.639	31.928	42.770	0
Residuos	5407	4036.351	0.747		



No solo existen diferencias en magnitudes entre regiones o agregaciones de pesca, sino que también, las tendencias interanuales en las densidades son diferentes ($p < 0,05$).





Variaciones estacionales y regionales + interacci3n

Tabla 2: Resultados modelo de an3lisis de varianza ajustado a las densidades (en escala log) de *P. monodon* explicadas por los factores a3o, mes, regi3n e interacci3n. Per3odo entre los a3os 1998 y 2005, III y IV regiones. Datos pesca comercial, fuente: IFOP.

Factor	GL	SC	CM	Valor F	Pr(F)
A3o	7	165.565	23.652	43.657	0
Mes	11	334.988	30.453	56.211	0
Regi3n	1	18.058	18.058	33.331	0
A3o:Mes	57	881.027	15.457	28.530	0
A3o:Regi3n	5	73.951	14.790	27.300	0
Mes:Regi3n	11	34.543	3.140	5.796	0
A3o:Mes:Regi3n	10	29.193	2.919	5.388	0
Residuos	5318	2881.122	0.542		



Los resultados del an3lisis de las variaciones estacionales en las densidades, confirman diferencias significativas a nivel mensual ($p < 0,05$), tanto dentro, como entre las regiones de pesca. La significancia de la interacci3n mes:regi3n confirma que la estacionalidad en las densidades es notoriamente diferente seg3n regi3n de pesca.

Variaciones intra-anales

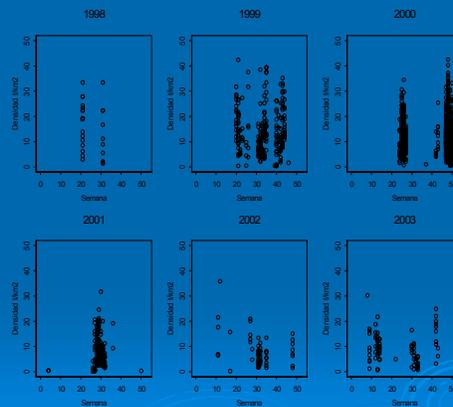
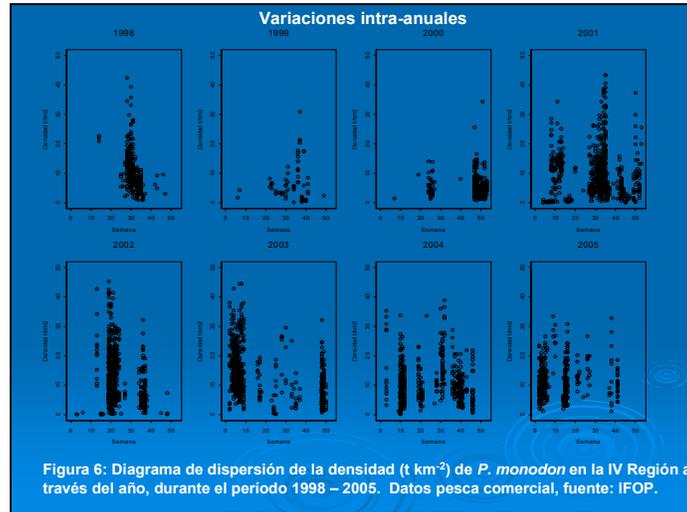


Figura 5: Diagrama de dispersi3n de la densidad ($t\ km^{-2}$) de *P. monodon* en la III Regi3n, a trav3s del a3o durante el per3odo 1998 – 2003. Datos pesca comercial, fuente: IFOP.



Variaciones interanuales, regionales, intra-anales + interacciones

Tabla 3: Resultados modelo de an3lisis de varianza ajustado a la densidad (en escala log) factores a1o, semana, regi3n e interacciones. *P. monodon* entre los a1os 1998 y 2005, III y IV Regi3n. Datos pesca comercial, fuente: IFOP.

Factor	GL	SC	CM	Valor F	Pr(F)
A1o	7	165.565	23.652	51.354	0
Semana	51	594.076	11.649	25.291	0
Regi3n	1	24.225	24.225	52.598	0
A1o:Semana	146	1102.652	7.552	16.398	0
A1o:Regi3n	5	70.501	14.100	30.615	0
Semana:Regi3n	26	63.077	2.426	5.267	0
A1o:Semana:Regi3n	4	12.579	3.145	6.828	0
Residuos	5180	2385.771	0.461		

➡ Se verifican diferencias significativas en las densidades a estas escalas ($p < 0,05$), lo que permite plantear la existencia de procesos desconocidos que afectan los focos de agregaci3n del recurso, a escala semanal.



Tabla 4: Resultados modelo de an3lisis de varianza ajustado a la densidad (en escala log) factores a3o, semana, latitud e interacciones. *P. monodon* entre los a3os 1998 y 2003, III Regi3n. Datos pesca comercial, fuente: IFOP.

Factor	GL	SC	CM	Valor F	Pr(F)
A3o	5	48.499	9.700	26.932	0
Semana	36	260.405	7.233	20.084	0
Latitud	6	59.217	9.869	27.403	0
A3o:Latitud	21	69.365	3.303	9.171	0
A3o:Semana	18	54.319	3.018	8.379	0
Semana:Latitud	68	125.849	1.851	5.139	0
Residuos	1791	645.056	0.360		

Tabla 5: Resultados modelo de an3lisis de varianza ajustado a la densidad (en escala log) factores a3o, semana, latitud e interacciones. *P. monodon* entre los a3os 1998 y 2005, IV Regi3n. Datos pesca comercial, fuente: IFOP.

Factor	GL	SC	CM	Valor F	Pr(F)
A3o	7	315.567	45.081	124.773	0
Semana	51	505.226	9.906	27.418	0
Latitud	4	109.514	27.379	75.777	0
A3o:Latitud	22	140.393	6.382	17.662	0
A3o:Semana	114	684.600	6.005	16.621	0
Semana:Latitud	117	185.783	1.588	4.395	0
Residuos	3082	1113.541	0.361		

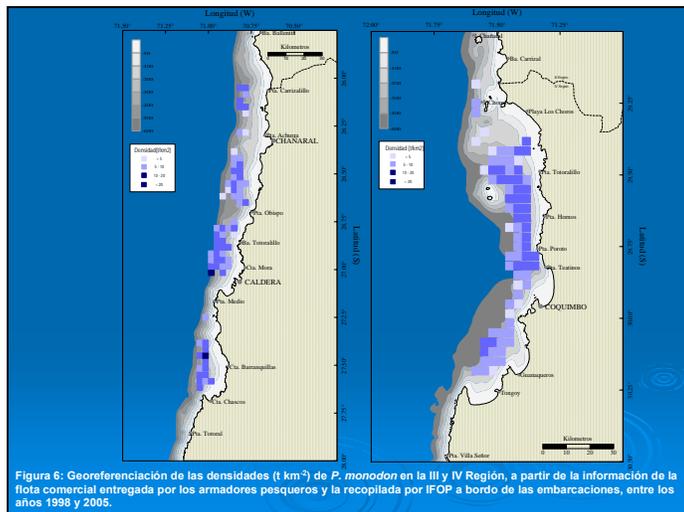
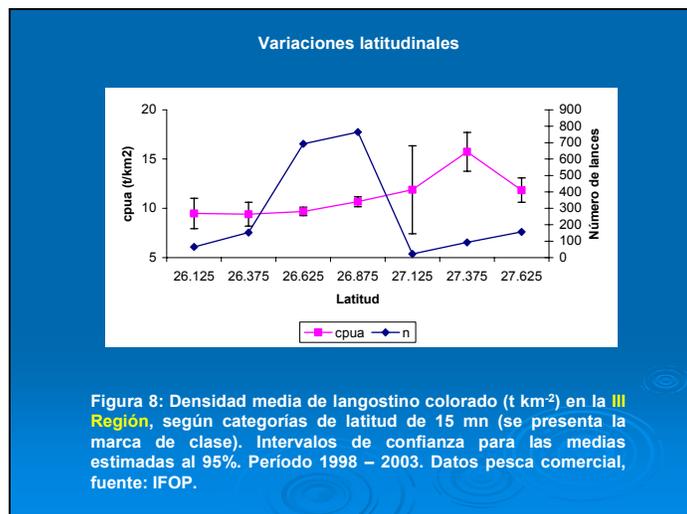
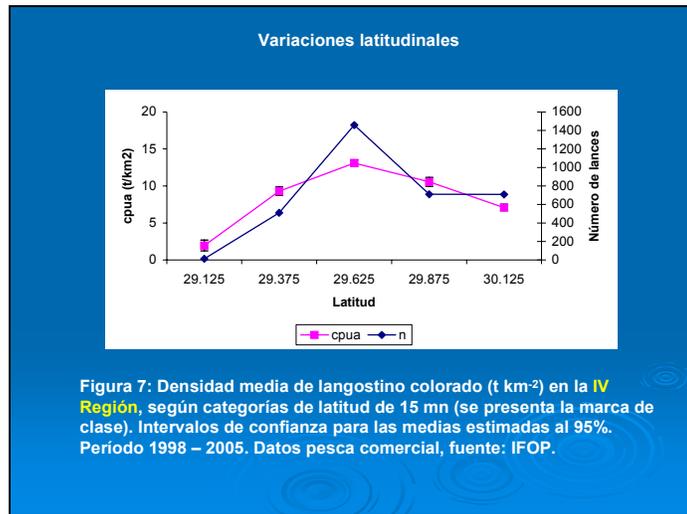


Figura 6: Georeferenciación de las densidades (t km⁻²) de *P. monodon* en la III y IV Regi3n, a partir de la informaci3n de la flota comercial entregada por los armadores pesqueros y la recopilada por IFOP a bordo de las embarcaciones, entre los a3os 1998 y 2005.



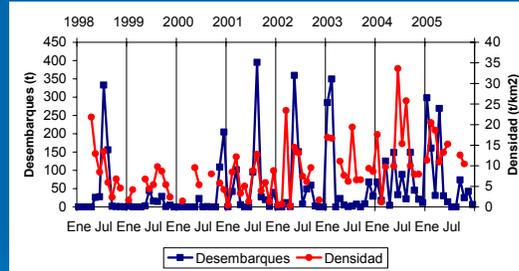


Figura 9: Desembarques (t) y densidades medias estimadas ($t\ km^{-2}$) de *P. monodon* en la IV Regi3n, entre 1998 y el 2005. Fuente datos desembarques: SERNAPESCA, densidades: IFOP.

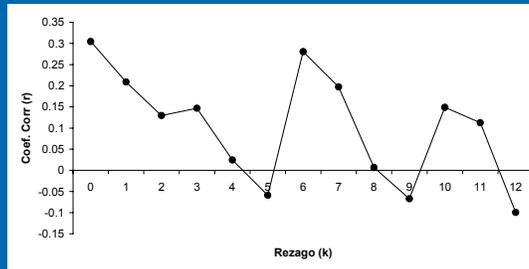
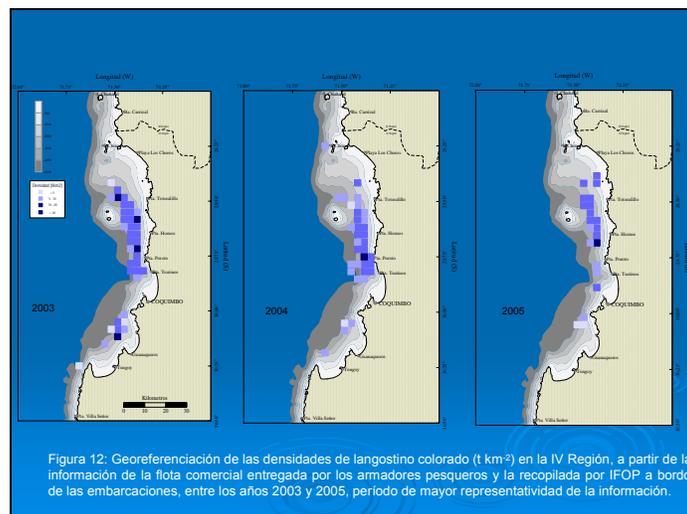
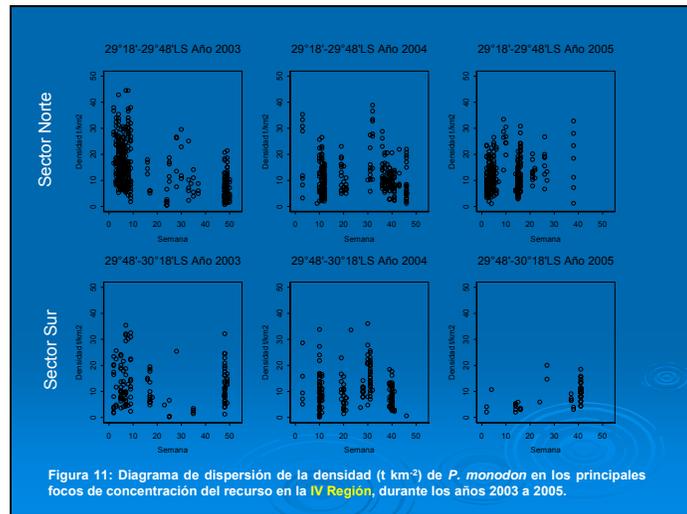


Figura 10: Correlaci3n cruzada entre los desembarques y las densidades de *P. monodon* en la IV Regi3n, entre el per3odo 1998 al 2005, a escala mensual. Los meses sin informaci3n de densidades fueron omitidos del an3lisis. Fuente datos desembarques: SERNAPESCA, densidades: IFOP.





Fin
Muchas gracias

Proyecto FIP N° 2005-41
Dinámica y Estructura Poblacional del
Langostino Colorado III y IV Regiones

Variabilidad espacial-temporal de la densidad de
langostino colorado, a partir de evaluaciones
directas entre la III y IV Región

Fernando Espíndola Rebolledo
Dpto. de Evaluación de Recursos
IFOP



Proyectos Financiados por el FIP

Proyecto	Título	Ejecutor	Referencias
FIP 2001-06	Evaluaci3n directa de langostino colorado y langostino amarillo entre la II y VIII Regiones, a1o 2001	Instituto de Fomento Pesquero	(Bahamonde <i>et al.</i> 2002)
FIP 2002-06	Evaluaci3n directa de langostino colorado y langostino amarillo entre la II y VIII Regiones, a1o 2002	Instituto de Fomento Pesquero	(Bahamonde <i>et al.</i> 2003)
FIP 2003-31	Evaluaci3n directa de langostino colorado y langostino amarillo entre la II y VIII Regiones, a1o 2003	Instituto de Fomento Pesquero	(Bahamonde <i>et al.</i> 2004)
FIP 2004-11	Evaluaci3n directa de langostino colorado y langostino amarillo entre la II y VIII Regiones, a1o 2004	Universidad Cat3lica del Norte	(Acuña <i>et al.</i> 2005)

Proyectos Financiados por el FIP

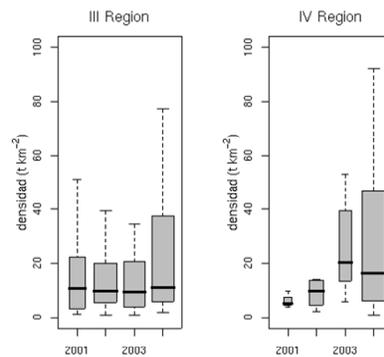
- Se recopilaron un total de 721 lances de pesca con captura de langostino colorado.
- Un 37% fueron reportados por el crucero del a1o 2004.
- El 67% restante fueron reportados en similar proporci3n por los cruceros entre los a1os 2001 y 2003.
- La diferencia observa se debe a un cambio en el dise1o de muestreo realizado el a1o 2004.

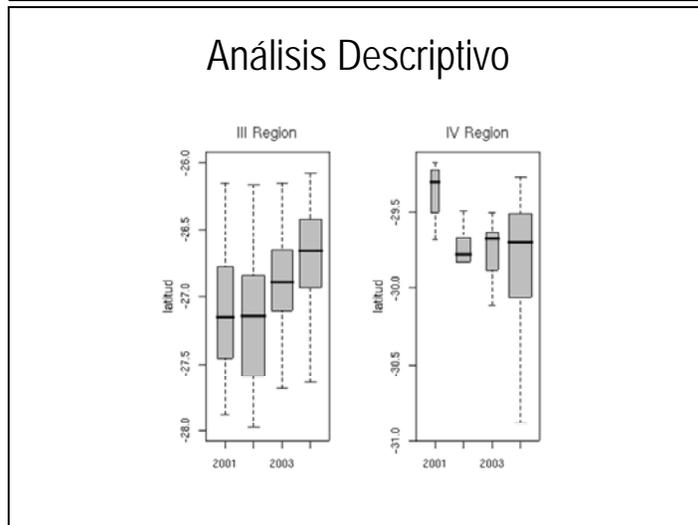
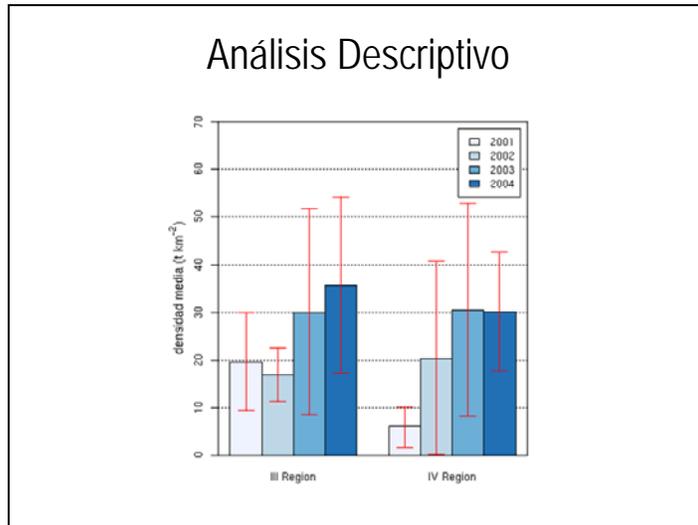


Análisis de Datos

- Análisis descriptivo de las densidades.
- Análisis descriptivo de la componente latitud, longitud y profundidad.
- Identificar los polígonos que definen la región de interés.
- Estimar imágenes de densidades suavizadas por medio del modelo de regresión local (Chambers & Hastie, 1991).

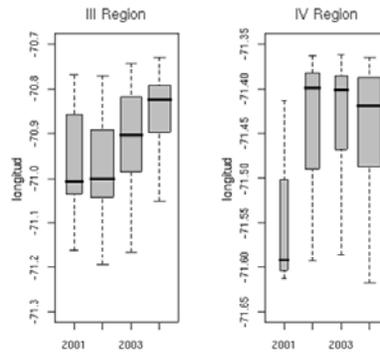
Análisis Descriptivo



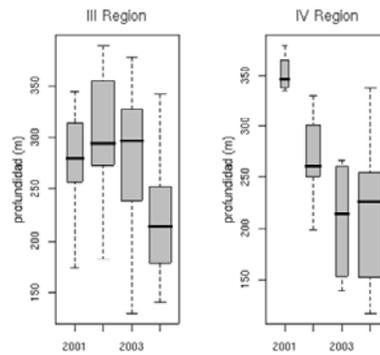




Análisis Descriptivo

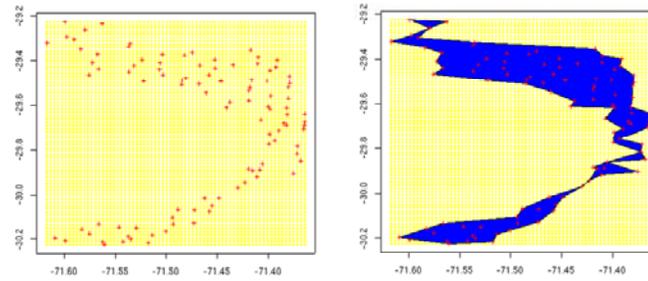


Análisis Descriptivo

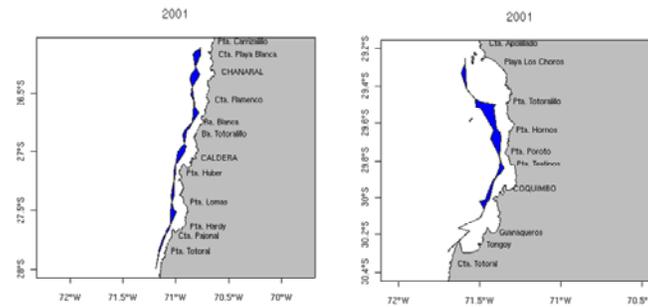


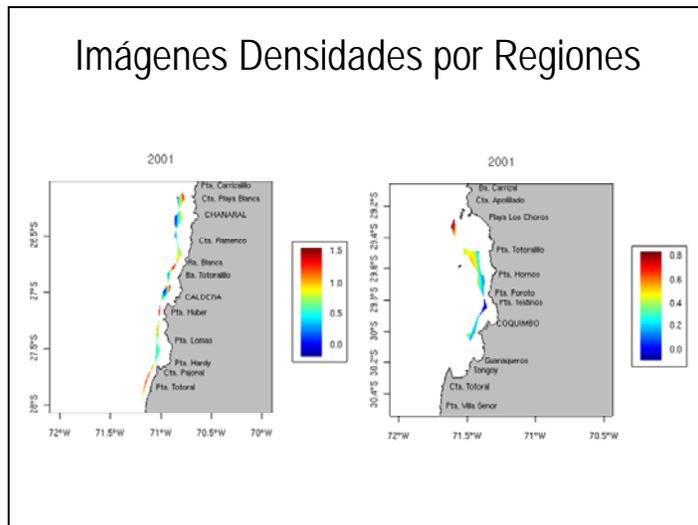
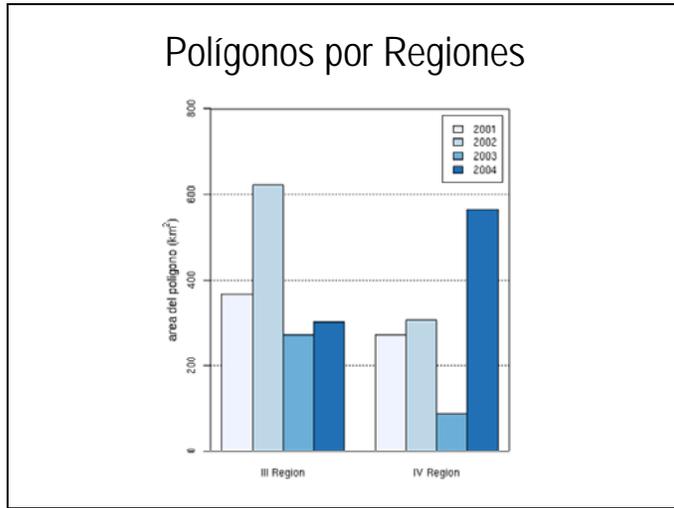


Construcci3n de Pol3gonos



Pol3gonos por Regiones







FIN



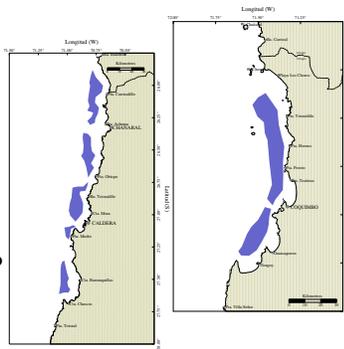
Variabilidad espacio-temporal de los tama1os corporales de langostino colorado

Juan Carlos Quiroz
Divisi3n de Investigaci3n Pesquera
Instituto de Fomento Pesquero
jquiroz@ifop.cl



Objetivo

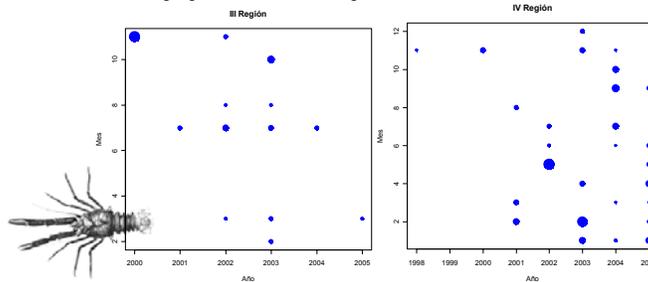
- Revelar la distribuci3n y estructura espacial de la poblaci3n de langostino colorado, a trav3s, del an3lisis exploratorios de los tama1os corporales presentes en las agregaciones de la III y IV regiones.
- Esto viene a complementar el Primer objetivo espec3fico: **Determinar y caracterizar aspectos relativos a la distribuci3n y estructura poblacional, en el tiempo y espacio, del langostino colorado**



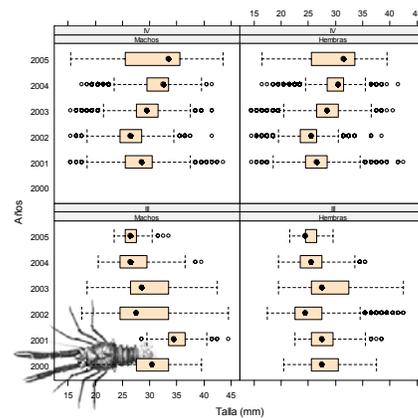


Tamaños de muestra

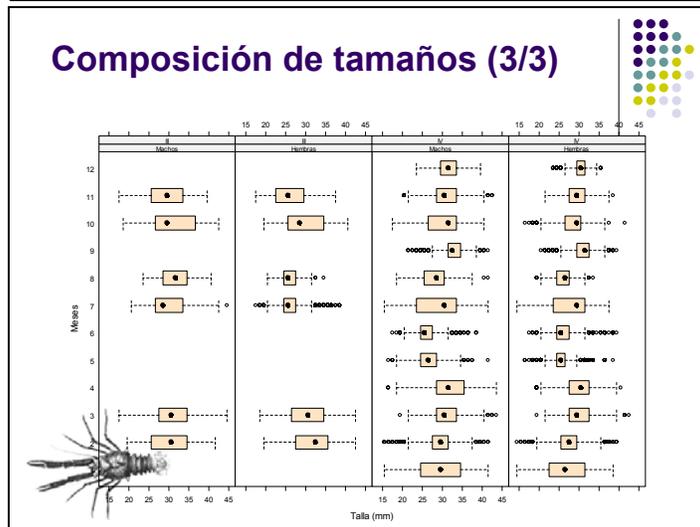
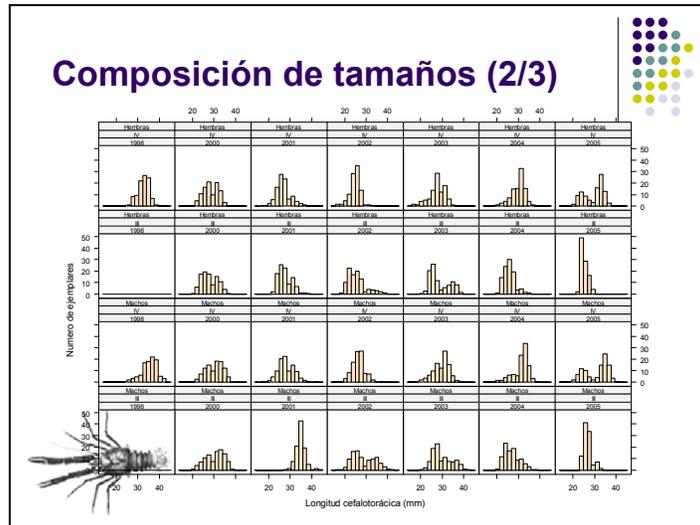
- El Sistema de Informaci3n, entre el per3odo 1998-2005, recopila 287 lances de pesca de la flota comercial con registros biol3gicos de longitud. Esto significa un esfuerzo de muestreo por sobre 75000 ejemplares medidos, de los cuales 66% fueron capturados en las agregaciones de la IV Regi3n y 34% en las agregaciones de la III Regi3n



Composici3n de tamaños (1/3)



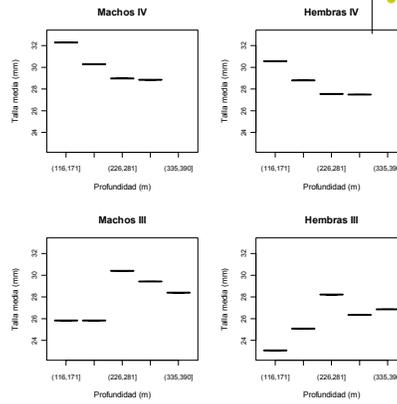
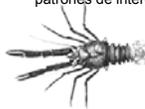
- Las tallas por sexo entre las regiones III y IV no muestran drásticas diferencias, aunque algunos años las tallas de las hembras tienden a ser relativamente más pequeñas en la III Regi3n
- la sobreposici3n de los cuartiles, nos indican que no existen diferencias estructurales de esta variable (a una escala anual) en las agregaciones detectadas en las regiones III y IV



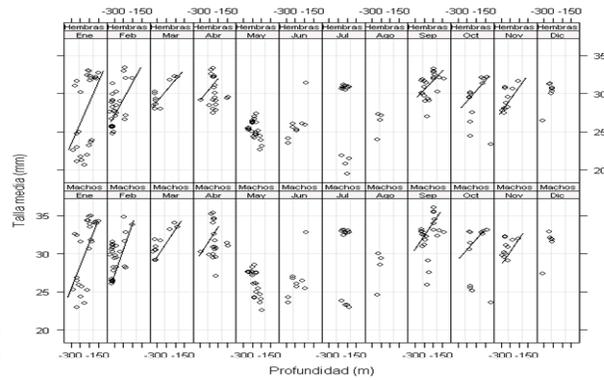


Tamaños v/s profundidad

- Hasta acá, los resultados indican que es poco probable detectar diferencias estructurales en las composiciones de tamaños entre regiones durante el periodo 1998-2004.
- Esta observación, es planteada al agrupar los tamaños corporales para toda el área de las agregaciones.
- Sin embargo, al clasificarlos por estratos de profundidad se detectan algunos patrones de interés.



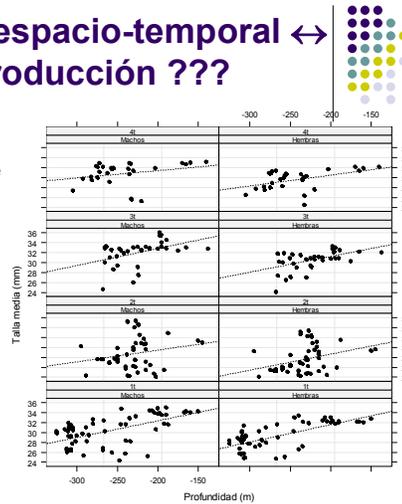
Variabilidad espacio-temporal de las tallas en la IV región



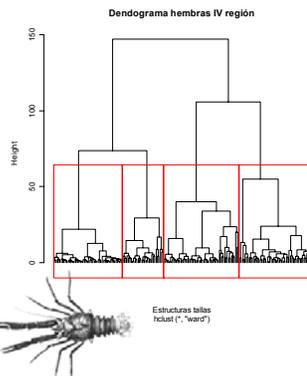


Distribuci3n espacio-temporal ↔ Procesos reproducci3n ???

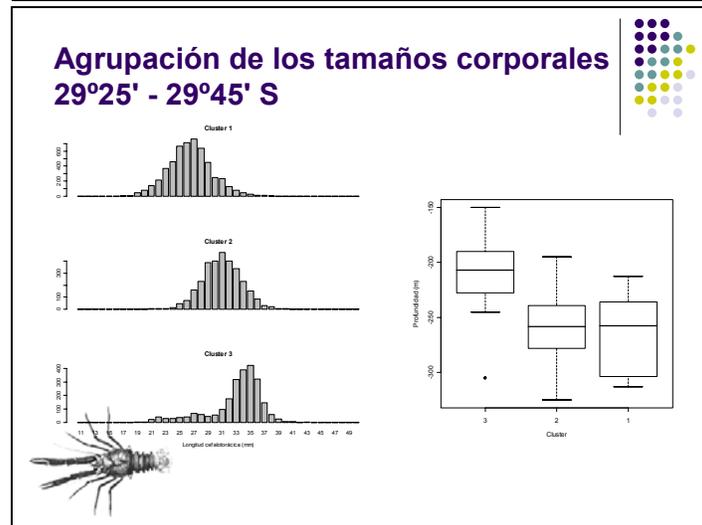
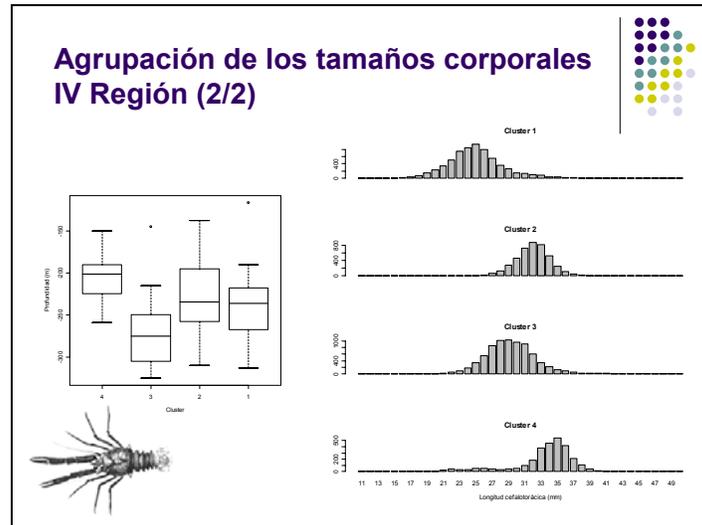
- En efecto, desde el comienzo de la primavera (septiembre) hasta finales de verano (marzo) es evidente que los mayores tamaños medios se encuentran en aguas menos profundas.
- Otra característica importante de este análisis, es la ausencia de este patr3n de agregaci3n entre mayo y agosto, periodo que justamente coincide con la m3xima portaci3n de huevos



Agrupaci3n de los tamaños corporales IV Regi3n (1/2)



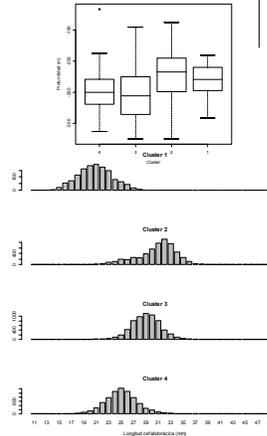
- El primer cluster agrupa los individuos m3s pequeos que poseen longitud cefalotor3cica (LC) en torno a los 25 mm LC; estos tamaos son incrementados a medida que se estructuran los restantes clusters, incluyendo en el cluster 4 a individuos que poseen 35 mm LC
- Estos cluster corresponden a lances realizados principalmente en un gradiente longitudinal, donde el primer cluster lo estructuran individuos capturados en aguas profundas entre los 200 y 320 m. En contraste, el cluster 4 esta estructurado por individuos de grandes tamaos que fueron capturados en aguas someras, entre los 150 y 260 m de profundidad





Agrupaci3n en machos ...???

- En el caso de los machos, el agrupamiento no es un patr3n evidente.
- En efecto, son reconocibles 4 clusters que escasamente est3n asociados a cambios en las profundidades de captura.
- Sin embargo, la estructura de tallas de cada cluster identificado se3ala diferencias significativas .



Discusi3n

- En el caso de los tama3os corporales, los resultados muestran una separaci3n espacial estratificada principalmente por niveles de profundidad y que es evidente en la fracci3n de hembras que habitan la IV Regi3n.
- En efecto, los ejemplares de tama3os mayores est3n distribuidos principalmente en aguas someras y confinados cerca de los l3mites costeros, en cambio, los ejemplares peque3os est3n distribuidos principalmente en aguas profundas por sobre los 260 m.
- Esta separaci3n espacial en los tama3os corporales de *P. mondon* puede ser atribuible a diversos factores, de los cuales, el m3s probable es el proceso reproductivo.
- Sin perjuicio de lo anterior, es necesario verificar si estas diferencias son consecuencia de diferentes niveles de esfuerzo de pesca, aunque, existen evidencias que la segregaci3n espacial en las tallas responder3a principalmente a factores bi3ticos y abi3ticos.





**Vida larvaria de *Pleuroncodes monodon*
frente al litoral de las Regiones III y IV**

**Pedro B3ez R.,
Museo Nacional de Historia Natural**



Objetivos

General:

Determinar y caracterizar aspectos relativos a la distribuci3n y estructura poblacional, en el tiempo y espacio, de larvas de langostino colorado

Específicos:

Cuantificaci3n e identificaci3n taxon3mica de larvas de crustáceos distribuidas en la zona de estudio

Identificaci3n de los distintos estadios de desarrollo larvario para la especie en estudio (*Pleuroncodes monodon*)

Determinaci3n de la biomasa y densidad larvaria de la especie en estudio y su asociaci3n espacio-temporal

Metodologí

Identificaci3n de las larvas en base a literatura existente. Básicamente Fagetti & Campod3nico (1971)

La abundancia larvaria relativa del langostino colorado (*Pleuroncodes monodon*) en las Regiones III-IV se ha determinado mediante:

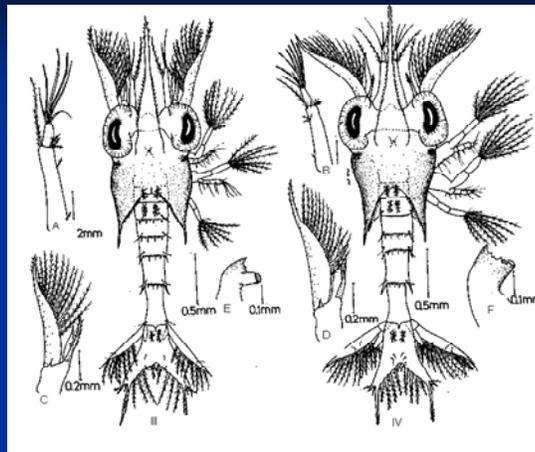
- a) n3mero de organismos, incluidas zoeas de langostino colorado (*Pleuroncodes monodon*),
- (b) peso húmedo y
- (c) volumen de biomasa zooplanct3nica,

Hasta la fecha en 52 muestras de zooplanton seleccionadas aleatoriamente de 258 recolectadas por IFOP (1986-2005).



Crucero	Año	Nº Estaci3n	Total
305	1986	176, 177, 179, 181, 189, 192	6 (1)
310	1987	174, 176, 177, 180, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 189, 190, 191, 193, 194, 197, 198, 199, 201, 202, 205, 208, 210, 212, 213, 214	26 (7)
338	1991	2, 3, 5, 12, 14, 15, 16, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 31, 34, 35, 37, 39, 43, 44, 45, 47, 48, 52, 53, 55, 57, 58, 60, 61, 65, 66, 68	37 (4)
370	1994	120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 153, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227	103 (31)
383	1995	170, 178	2
471	2004	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36	36 (5)
477	2005	55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102	48 (4)
		Total de muestras destinadas al estudio de las larvas de <i>P. monodon</i>	258
		Submuestra aleatoria para el presente informe de Avance	(52)

Estadios larvrios (Zoeas III y IV) de *Pleuroncodes monodon*





Estadío Zoea V (previa al juvenil)

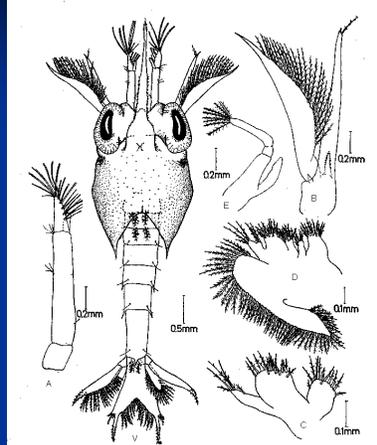


Tabla 2: Estaciones frente a la III y IV Regiones en que se recolectaron muestras de zooplancton que contenían zoeas de *Pleuroncodes monodon*. (—) sin informaci3n.

Crucero y Estaci3n	Fecha	Latitud (S)	Longitud (W)	Hora	Red	Estadios larvales de Zoea
310/187	24/08/87	24°35'	70°34,5'	19:27	WP-2	1(III)
310/197	26/08/87	25°25'	70°55,8'	17:24	WP-2	1(III)
310/212	08-09/87	26°40'	70°49'	—	—	1(II)
370/139	15/09/94	24°40'	70°40,9'	21:00	03-297	2(III, V)
370/155	18/09/94	25°40'	70,42,8'	08:39	03-297	8:(4:III; 4: IV)
370/167	19/09/94	26°0'	70°44,2'	20:01	03-297	1(II)
370/171	20/09/94	26°20'	70°39,1'	02:42	03-297	1(III)
370/215	29/09/94	29°0'	72°49,9'	09:53	—	1(II)
370/218	29/09/94	29°0'	71°41,7'	19:38	03-297	1(II)
471/15	25/08/04	29°0'	71°37,0'	16:00	WP-2	27(21:II; 4:III; 2:IV)
471/16	25/08/04	29°0'	71°33,0	17:08	—	4(1:II; 2:III; 1:IV)
Total de estadios						48 (26:II; 14:III; 7:IV; 1:V)



Resultados

- Se obtuvieron 48 zoeas de *Pleuroncodes monodon* distribuidas en los estadios II–V, (cruceros 1986, 1994 y 2004; 11 estaciones), la mayoría (22 zoeas II, 6 zoeas III y 3 zoeas IV) concentrada en dos estaciones situadas al norte de Bahía Carrizal (29°S) durante el 2004.
- Seguido en importancia, en 1994 se obtuvieron 14 larvas de *P. monodon* (zoeas II al V), donde los estadios mayores (zoeas IV y V) fueron registrados al norte de Taltal (24°30'–25°20'S).

Discusión

- 1) Existen larvas de *P. monodon* frente a Regiones III y IV,
- 2) Mayor presencia de larvas a fines de invierno y comienzos de primavera,
- 3) En la ausencia y bajo número de larvas por muestra influyen: la red de zooplancton empleada, el tipo de arrastre y, hora de recolección,
- 4) Probable paso de zoea V a juvenil cerca de Cta. Colorado (24°30'S);
- 5) Se presentan concentraciones de zoeas en torno a latitudes 24°30'S, 26°S y 29°S y,
- 6) Estas concentraciones dependen del régimen oceanográfico del sector.



Conclusiones a la fecha

- 1) Existen larvas de *P. monodon* frente a las Regiones III y IV,
- 2) El desarrollo larvario de la especie ocurre también en esos sectores y,
- 3) Éste proviene de poblaciones de adultos que habitan sectores próximos



Etapas y distribuci3n de juveniles de langostino colorado

Juan Carlos Quiroz
Divisi3n de Investigaci3n Pesquera
Instituto de Fomento Pesquero
jquiroz@ifop.cl

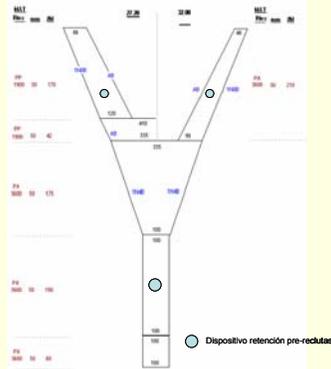
Recopilaci3n de datos

- El progreso en la identificaci3n de la estructura espacial y caracteristicas fisiol3gicas de la poblaci3n de langostino colorado, posiblemente es entorpecido por la deficiencia de caracterizar a la poblaci3n de tallas bajas, principalmente ejemplares juveniles de clase de edad 0 y 1.





Ubicaci3n de dispositivos



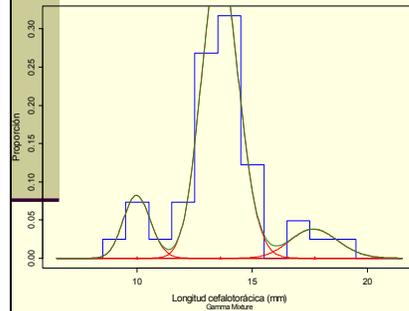
Resultados preliminares

- Los resultados preliminares indican que los dispositivos logran la retenci3n de ejemplares juveniles de *P. monodon*. En efecto, en las pruebas iniciales se registr3 la presencia de juveniles de *P. monodon* (3 lances), langostino amarillo, *Cervimunida johni* (1 lance) y *H. reedi* (2 lances).

Logistica	Medida
Peri3do	16/12/2005 – 17/12/2005
Numero de lances totales	12
Numero de lances con <i>P. monodon</i>	3
Regi3n	IV
Latitud	29°25,7' – 29°40,5' S
Longitud	71°26,5' – 71°31,7' W
Profundidad (m)	335 – 370
Número de ejemplares medidos	63



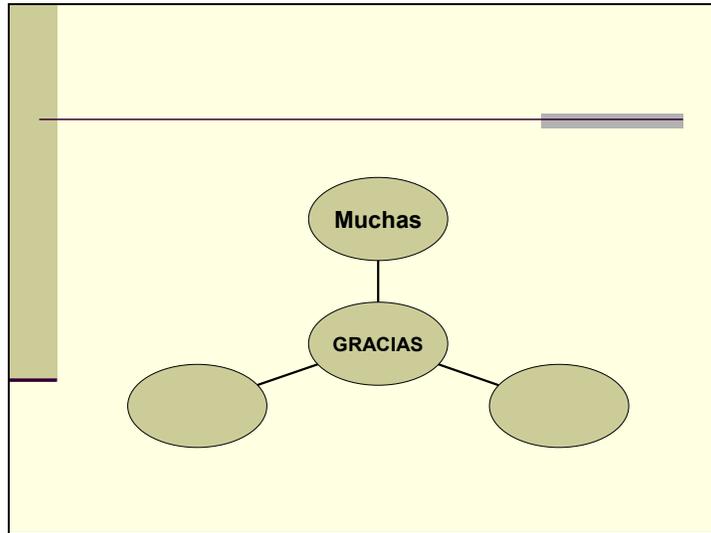
Resultados preliminares



- Se evidenci3 la presencia de ejemplares juveniles con tallas modales en torno a los 9,7, 13,5 y 17,2 mm de longitud cefalotor3xica.
- Las modas registradas entre los 9 y 14 mm corresponden a ejemplares no vulnerados por la pesquer3a.
- De acuerdo a los modelos de crecimiento planteados para, estas clases anuales deber3an representar individuos de edades 1 y 2, respectivamente

Discusi3n

- La presencia de juveniles de *P. monodon* en aguas profundas es un punto importante de an3lisis.
- En efecto, algunos autores han indicado que es probable que las larvas de *P. monodon* se asienten al bentos en aguas someras (como tambi3n los sugieren nuestros resultados), no superando los 50-100 m.
- La presencia de ejemplares de clases anuales de edad 1 y 2 en profundidades sobre los 330 m sugiere que deber3a existir un mecanismo de migraci3n durante el crecimiento de los juveniles.



Segundo Taller

Dinámica y estructura poblacional del
langostino colorado III y IV Regiones

Proyecto FIP 2005-41

Contenidos

Agenda
Presentaciones



P R O G R A M A

Taller Difusión y Discusión Resultados :
**“Dinámica y estructura poblacional del langostino
colorado III y IV Regiones”**
(Proyecto FIP 2005-41)

*Jueves 10 de agosto, Auditorium IFOP “Marcos Espejo Vidal”
Blanco 839, Subterráneo, Valparaíso, Chile.*

09:15 — 09:30	<i>Recepción y entrega de antecedentes</i>	
09:30 — 10:00	Presentación del Taller	Juan Carlos Quiroz-IFOP
10:00 — 11:00	Crecimiento, reproducción y mortalidad de langostino colorado - Discusión	Cristián Canales-IFOP Carlos Montenegro-IFOP
11:00 — 11:30	<i>Café</i>	
11:30 — 12:00	Variabilidad espacio-temporal de las densidades de langostino colorado	Carlos Montenegro-IFOP
12:00 — 12:30	Variabilidad espacio-temporal de de atributos poblacionales de langostino colorado	Juan Carlos Quiroz-IFOP
12:30 — 13:00	Etapas y distribución de juveniles de langostino colorado	Juan Carlos Quiroz-IFOP
13:00 — 15:00	<i>Almuerzo</i>	
15:00 — 15:30	Modelamiento espacial de atributos poblacionales de langostino colorado	Fernando Espíndola-IFOP
15:30 — 16:00	Etapas y distribución de larvas de langostino colorado	Pedro Báez-MNHN
16:00 — 16:30	<i>Café</i>	
16:30 — 17:00	Antecedentes oceanográficos	Hernán Reyes-IFOP
17:00 — 18:00	Discusión de resultados y alcances metodológicos	Participantes
	<i>Cierre del Taller</i>	



Dinámica y estructura poblacional del langostino colorado III y IV Regiones Proyecto FIP 2005-41



Taller Difusi3n y Discusi3n Resultados

Agosto, 2006

Equipo de trabajo

- Juan Carlos Quiroz Jefe de proyecto, coordinaci3n científica
- Cristian Canales Dinámica de la poblaci3n
- Carlos Montenegro Sistema de informaci3n y data mining
- Hernán Reyes Análisis oceanográfico
- Roberto Bahamonde Dispositivos de captura
- Fernando Espíndola Modelamiento espacial y data mining
- Pedro Báez Análisis de larvas de crustáceos
- Patricio Gálvez GIS
- Gloria Arriagada Estructuraci3n de bases de datos
- Omar Yáñez Recopilaci3n de datos
- Juan Tapia Recopilaci3n de datos

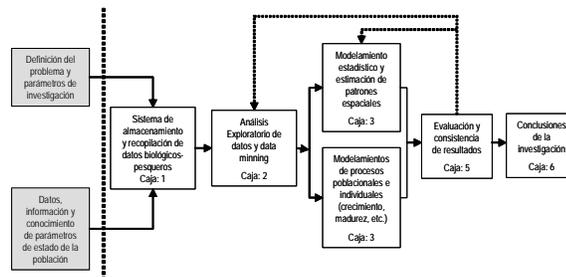
- Milena Pizarro / Francisco Contreras / Elson Leal (colaboradores)

Objetivos

- Caracterizar espacio temporalmente aspectos relativos a la dinámica, estructura y parámetros poblacionales del langostino colorado entre la III y IV Regiones
 - Determinar y caracterizar aspectos relativos a la distribución y estructura poblacional, en el tiempo y espacio, del langostino colorado
 - Determinar y caracterizar aspectos relativos a la dinámica poblacional del langostino colorado entre la III y IV Regiones
 - Caracterizar los procesos de crecimiento, reproducción y mortalidad natural del langostino colorado entre la III y IV Regiones

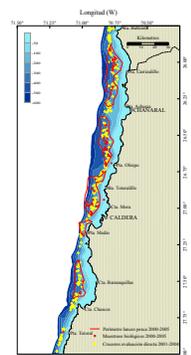
Enfoque metodol3gico general

- El proceso de investigaci3n contemplo la organizaci3n de datos biol3gicos-pesqueros en un sistema de informaci3n, desde donde se estructuran diversos los siguientes procesos de investigaci3n:

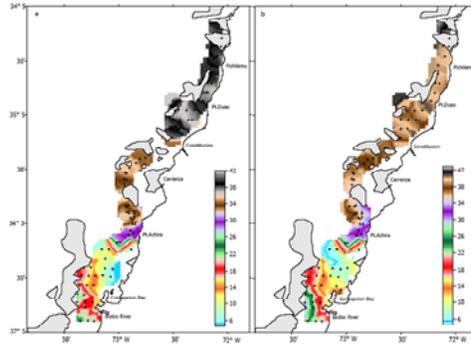


Hip3tesis de trabajo (H-1)

- “Estructura poblacional a lo largo de la plataforma continental”
 - Esta hip3tesis plantea que la poblaci3n de langostino colorado en las Regiones III Y IV se encuentra estructurada espacialmente a lo largo de la plataforma continental en un gradiente latitudinal. Para esta estructura poblacional, se postula la existencia de a los menos una área de crianza donde se produce el asentamiento larval y comienza la expansi3n poblacional



Hipótesis de trabajo (H-1)



Roa y Tapia (2000)

Hipótesis de trabajo (H-2)

- “Estructura poblacional por focos de agregación”
 - Esta hipótesis plantea que la población de langostino colorado en las Regiones III y IV posee una estructura espacial delimitada principalmente por focos de agregación. Por consiguiente, se espera que cada agregación esté estructurada con procesos biológicos propios y área de crianza independiente, donde se produce el asentamiento larval y comienza la expansión poblacional a través de la plataforma continental, en un gradiente longitudinal

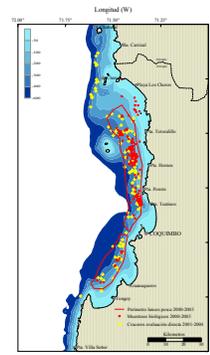
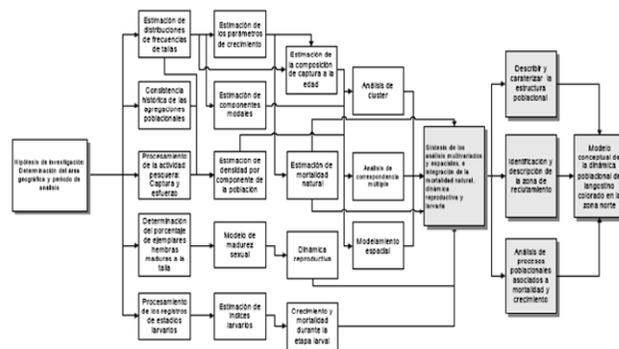
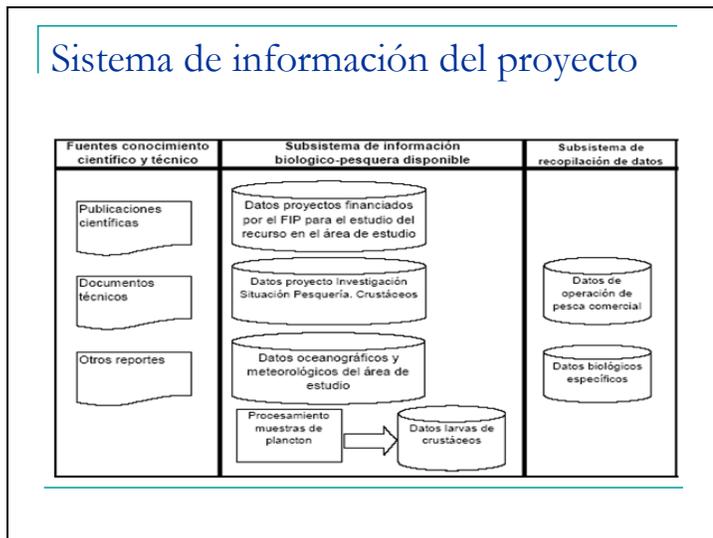


Diagrama de actividades





Sistema de informaci3n del proyecto





PROYECTO FIP N° 2005 - 41
“Dinámica y estructura poblacional del
Langostino Colorado
III y IV Regiones”

Crecimiento, reproducción y mortalidad natural de
Pleuroncodes monodon

Carlos Montenegro, Cristian Canales & Juan Carlos Quiroz
Departamento Evaluación de Recursos
IFOP

I. Motivación

Con el objetivo de contar con información de los parámetros vitales de langostino colorado en la zona norte (III y IV Región), se estudió el crecimiento, ciclo reproductivo, madurez sexual y mortalidad natural.

Gran parte de los estudios que se han realizado sobre esta especie han abordado la fracción de la población que habita al sur de los 32° 10' L.S. (Bahamonde et al., 1986; Roa & Bahamonde, 1993; Roa, 1993; Gallardo et al., 1994; Palma, 1994; Roa et al., 1995; Palma & Arana, 1997; Roa & Tapia, 1998; Roa & Tapia, 2000) y que en efecto, sostuvo la pesquería del recurso hasta fines de la década de los noventa.

Los resultados que se presentan corresponden a la estimación de los parámetros de crecimiento, madurez sexual y mortalidad. Para esto se utiliza el modelo de crecimiento de von Bertalanfy, los modelos logísticos de madurez y los métodos indirectos de mortalidad. Además, con objeto de robustecer el conocimiento en los procesos de reproducción, se han incluido algunos análisis relativos a la dinámica reproductiva, específicamente la estacionalidad y tendencia en la proporción de hembras portadoras

1. Crecimiento

1.1 Materiales y métodos

Se implementó un análisis estadístico para descomponer las frecuencias de tamaños (longitud cefalotorácica) en composiciones modales, siguiendo el modelo de crecimiento de Von Bertalanfy.

Para estos efectos, se trabajó bajo el supuesto que cada componente modal de tallas identificado responde a una clase de edad anual y puede ser representada con una distribución normal de la forma:

$$p(l_a) \sim N(L_a; \sigma_a^2)$$

donde la talla modal se modela según Ford-Waldford de la forma:

$$L_a = L_0(1 - e^{-k}) + e^{-k}L_{a-1}$$

Por su parte la desviación estándar se supone proporcional a esta talla a través del coeficiente de variación $\sigma_a = cvL_a$.



La proporci3n de individuos a la talla predicha del a1o t, se modela como la sumatoria de cada una de las clases anuales en la forma:

$$\hat{f}_{i,t} = \sum_r \frac{p^{(i)} \ln \pi_{r,t}}{\sum_r p^{(i)}}$$

donde π es un vector de parámetros a resolver y representa la proporci3n de individuos que pertenecen al grupo de edad a-ésimo, en tanto que n es el número total de ejemplares medidos (tamaño muestral) en el t-ésimo a1o.

Por su parte, la proporci3n de individuos a la talla observada del a1o t se estima como:

$$f_{i,t} = \frac{F_{i,t}}{\sum_r F_{i,t}}$$

donde F es la frecuencia (número) de ejemplares en el intervalo de tallas l-ésimo observada el a1o t-ésimo.

El procedimiento de estimaci3n consider3 una aproximaci3n bayesiana en términos de fijar a priori una distribuci3n de probabilidad de la longitud asint3tica y de un estimador de máxima verosimilitud con distribuci3n de probabilidad multinomial para la proporci3n de ejemplares según rango de tallas.

En efecto, la funci3n de log verosimilitud para la proporci3n de ejemplares a la talla se plante3 de la forma:

$$\ln L(p | \theta) = 200 \sum_r \sum_t f_{i,t} \ln(\hat{f}_{i,t})$$

y la distribuci3n *a priori* de la talla asint3tica de la forma:

$$\ln p(L_{00}) = -\frac{1}{2\sigma^2} (L_{00} - 45)^2, \quad \sigma = 4,5$$

De esta forma, la estimaci3n de los parámetros pasa por maximizar la distribuci3n *a posteriori* conjunta de los parámetros, expresada como:

$$\max\{\ln(p(\theta | X)) = \ln L(p | \theta) + \ln p(L_{00})\}$$

sujeta a $\theta \geq 0, \sum_r \pi_{r,t} = 1.$

✓El procedimiento utilizado en la estimaci3n de los parámetros de crecimiento considero el uso simultáneo de varias muestras de estructuras de tallas recopiladas en los cruceros de evaluaci3n y pesquería, previamente seleccionadas sobre la base de los siguientes criterios:

- Su poli-modalidad
- El mayor rango de tallas observado
- Representatividad de las tallas/modas extremas
- Reproducibilidad de las clases modales en el tiempo

✓La base de datos empleada para el efecto consider3 la informaci3n de estructuras de tama1os por regi3n y sexo recopilada en los cruceros de evaluaci3n entre el 2000 y el 2005, así como las frecuencias de tallas de las capturas y desembarques del periodo 1998-2005.

✓El análisis de las composiciones modales etáreas en hembras requiri3 un mayor número de muestras respecto de los machos y en ambos casos, el grupo máximo de edades fue de 8, valor que se obtuvo a partir del análisis del comportamiento del AIC del modelo, en funci3n de las hipótesis respecto del número de edades presentes en el stock.



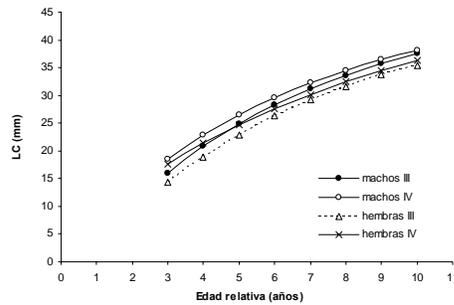
1.2 Resultados - Crecimiento

Parámetros de crecimiento estimados

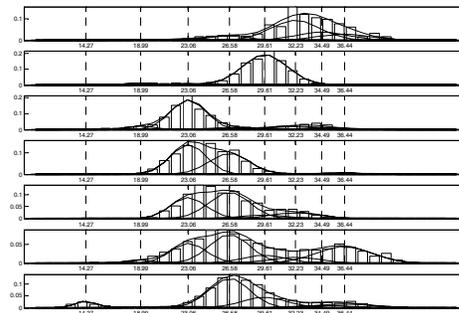
	Machos		Hembras	
	III	IV	III	IV
L_{∞} (cm)	47.532 (1.491)	46.395 (1.979)	47.103 (1.310)	50.336 (2.471)
k (1/año)	0.164 (0.013)	0.167 (0.019)	0.157 (0.010)	0.121 (0.013)
L_m (cm)	16.037 (0.300)	18.430 (0.203)	14.259 (0.245)	17.616 (0.196)
cv	0.076 (0.003)	0.072 (0.003)	0.065 (0.002)	0.068 (0.002)

Talla media de los grupos de edad

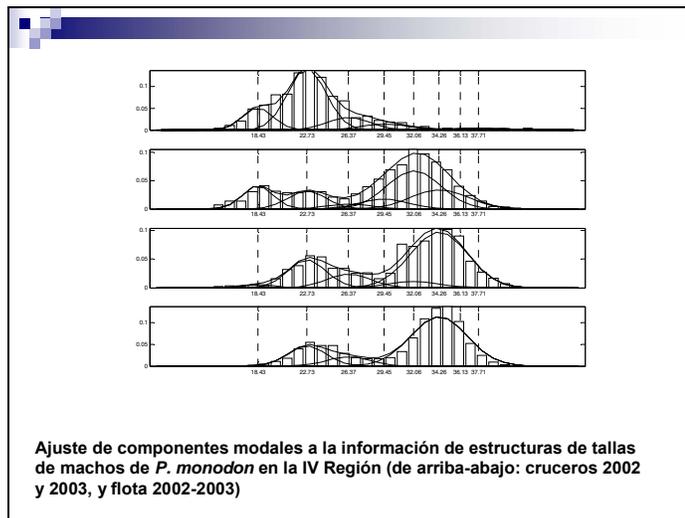
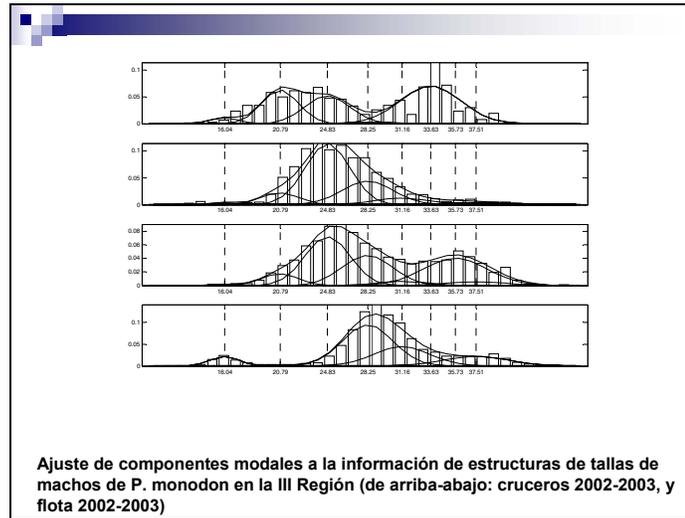
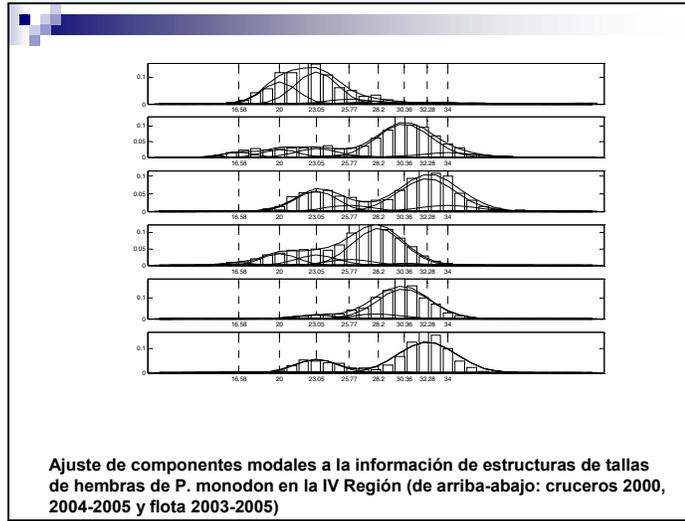
G. edad	machos III	machos IV	hembras III	hembras IV
1	3.84	7.16	1.38	6.03
2	10.44	13.26	8.34	12.30
3	16.04	18.43	14.26	17.62
4	20.79	22.78	18.95	21.33
5	24.83	26.48	22.94	24.63
6	28.25	29.62	26.33	27.55
7	31.16	32.28	29.20	30.14
8	33.63	34.55	31.64	32.43
9	35.73	36.47	33.71	34.47
10	37.51	38.10	35.47	36.27



Curvas de crecimiento para langostino colorado según región y sexo



Ajuste de componentes modales a la información de estructuras de tallas de hembras de *P. monodon* en la III Región (de arriba-abajo: cruces 2000-2003 y flota 2001-2003)





2. Dinámica reproductiva y madurez sexual

2.1 Materiales y métodos

Para modelar la proporci3n de hembras maduras en funci3n de su tamaño corporal, se utiliz3 un modelo lineal generalizado, donde la variable respuesta tiene distribuci3n de probabilidad binomial y la funci3n de enlace es la logito.

El modelo se presenta de la forma:
$$\pi(L) = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1 L}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 L}}$$

donde π es la probabilidad de madurez a la talla y β_0 y β_1 son los parámetros del modelo.

La talla de primera madurez a partir de los parámetros del modelo se estima de la forma:

$$\hat{L}_{0.5} = \frac{1}{\beta_1} \log\left(\frac{1}{0.5} - 1\right) - \frac{\beta_0}{\beta_1} = -\frac{\beta_0}{\beta_1}$$

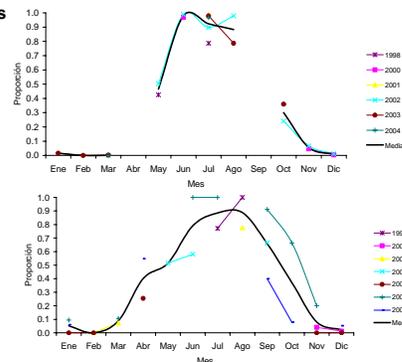
La varianza se estim3 de acuerdo a McCullagh y Nelder (1989), a trav3s del estimador:

$$\hat{v}(\hat{L}_{0.5}) = v(\hat{\beta}_0) + 2\hat{L}_{0.5} \text{cov}(\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1) + \hat{L}_{0.5}^2 v(\hat{\beta}_1)$$

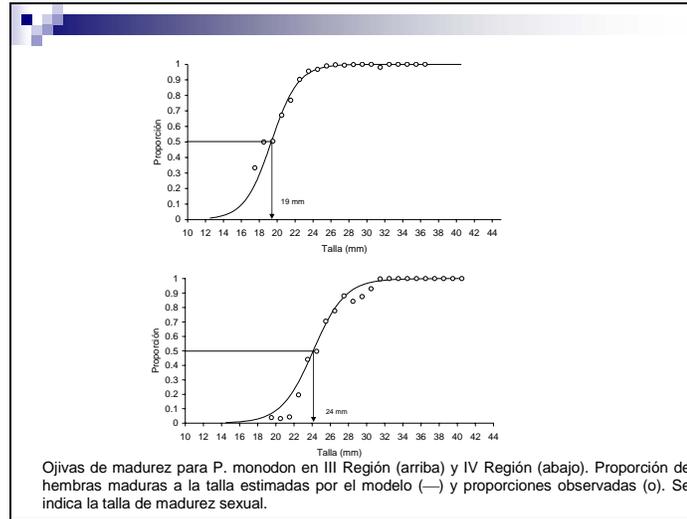
Los datos utilizados para el estudio de madurez sexual provienen del sistema de levantamiento de datos implementado por IFOP, como parte del Programa de Seguimiento de las Principales Pesquerías Nacionales, encargado a esta instituci3n por la Subsecretaría de Pesca.

Se analiz3 la informaci3n disponible entre el año 2000 y 2005, estudiándose el ciclo de portaci3n de huevos de las hembras, con el objeto de definir el periodo 3ptimo para ajustar la funci3n de madurez a la talla.

2.2 Resultados



Proporci3n mensual de hembras ovíferas de langostino colorado periodo 1998 a 2005, para la III Regi3n (arriba) y IV Regi3n (abajo). Fuente de datos: IFOP



Parámetros estimados del modelo logístico utilizado para describir la portaci3n de huevos a la talla para langostino colorado, seg3n regi3n. Talla de madurez y su intervalo de confianza ($\alpha=0,05$)

Regi3n	Parámetro	Valor	Err. Std	Valor t	Valor p
III Regi3n	β_0	-12,980	0,923	-14,069	< 0,01
	β_1	0,671	0,041	16,351	< 0,01
	Talla primera madurez sexual				
	$L_{-0,5}$	$L_{-0,5}$ (lim inf)	$L_{-0,5}$ (lim sup)		
		19,34	19,04	19,63	
IV Regi3n	β_0	-13,717	0,539	-25,448	< 0,01
	β_1	0,569	0,021	26,768	< 0,01
	Talla primera madurez sexual				
	$L_{-0,5}$	$L_{-0,5}$ (lim inf)	$L_{-0,5}$ (lim sup)		
		24,11	24,00	24,21	

3. Mortalidad Natural

3.1 Materiales y métodos

Las estimaciones de mortalidad natural (M) fueron obtenidas a través de cinco modelos empíricos seleccionados en consistencia con la disponibilidad y calidad de los parámetros de crecimiento y reproducci3n.

Los modelos empíricos corresponde a:

- > Alverson & Carney 1975
- > Pauly 1980
- > Hoenig (1983)
- > Jensen (1996)
- > Ricker & Efanov (1976)

Los parámetros de los modelos de crecimiento y madurez, como también los errores estándar y correlaci3n de los parámetros de *P. monodon*, fueron obtenidos durante esta investigaci3n y se reportados en las secciones anteriores.



La incertidumbre en las estimaciones de M fue obtenida a trav3s de la incorporaci3n del error de estimaci3n de los par3metros de entrada (EEPE) y el error de estimaci3n en los par3metros de los modelos (EPEM).

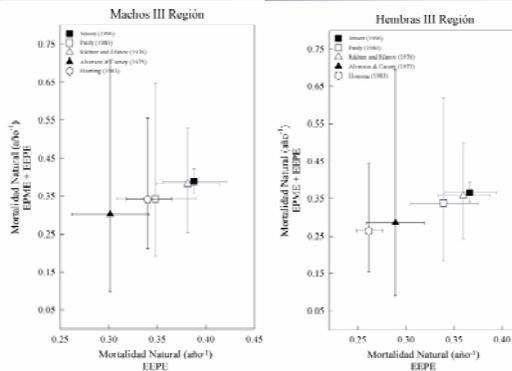
Para esto, se realiz3 una simulaci3n de Monte Carlo (10000 replicas) de los par3metros de crecimiento, longitud de madurez, temperatura promedio del fondo y sobre los par3metros de los modelos emp3ricos seleccionados.

Con objeto de incluir la correlaci3n de los par3metros de crecimiento, se utiliz3 una distribuci3n normal multivariada que incorpora las matrices de varianza-covarianza del modelo de crecimiento.

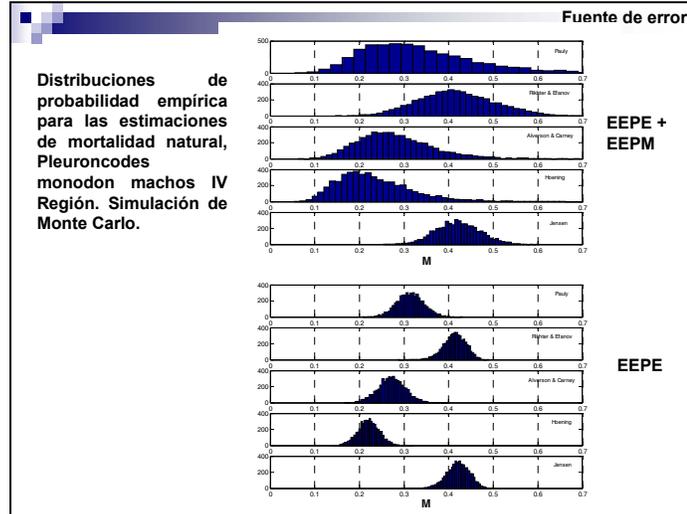
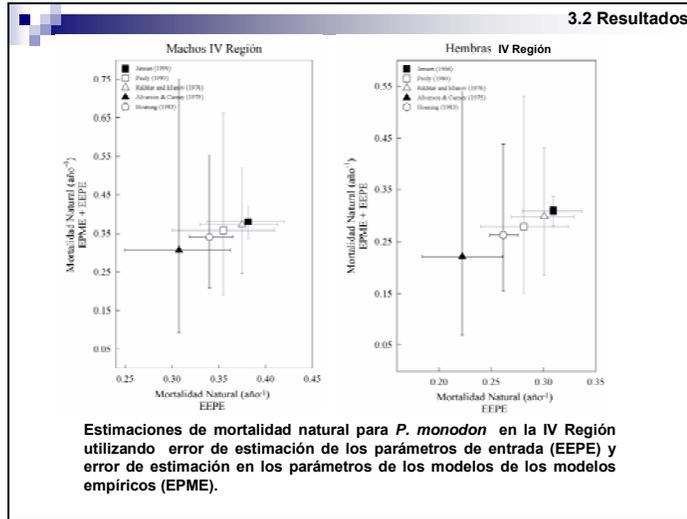
M3todo	Formulaci3n	Coefficientes (CV)	Referencia CV proporcionado por
Alverson & Carney (1975)	$M = 3K(1-\alpha_1)/\alpha_1$	$\alpha_1=0,62$ (22%)	Cubillos (2003)
Pauly (1980)	$\log_{10}(M) = -\alpha_2 - \beta_2 \log_{10}(L_{\infty}) + \delta_2 \log_{10}(K) + \gamma_2 \log_{10}(T)$	$\alpha_2=0,0066$ $\beta_2=0,2790$ (24%) $\delta_2=0,6543$ (11%) $\gamma_2=0,4634$ (18%)	Pauly (1980)
Rikhter and Efanov (1976)	$M = (\alpha_3 / a_{max}^{0,72}) - \beta_3$	$\alpha_3=1,521$ (20%) $\beta_3=0,155$ (20%)	*
Jensen (1996)	$M = \alpha_4 / a_{max}$	$\alpha_4=1,65$ (20%)	*
Hoening (1983)	$\ln(Z) = \alpha_5 - \beta_5 \ln(a_{max})$	$\alpha_5=1,440$ (20%) $\beta_5=0,982$ (20%)	*

en ausencia de informaci3n, se asume un CV de 20% para todos los coeficientes

3.2 Resultados



Estimaciones de mortalidad natural para *P. monodon* en la III Regi3n utilizando error de estimaci3n de los par3metros de entrada (EEPE) y error de estimaci3n en los par3metros de los modelos de los modelos emp3ricos (EPME).





PROYECTO FIP N° 2005 - 41
“Dinámica y estructura poblacional del
Langostino Colorado
III y IV Regiones”

Variabilidad espacio-temporal de la densidad de
langostino colorado, a partir de datos de pesca
comercial de la III y IV Regi3n

Carlos Montenegro Silva
Departamento Evaluaci3n de Recursos
IFOP

Datos y métodos

Los registros de pesca comercial de *P. monodon* recopilados en la III y IV regiones totalizan 5682 lances de pesca efectuados entre 1998 y 2005, de los cuales, un 63% fueron realizados en las agregaciones de la IV Regi3n. En cada uno de estos lances se determin3 la densidad en peso ($t\ km^{-2}$).

El análisis exploratorio de las densidades fue circunscrito en escalas temporales que incluyeron las variaciones anuales, mensuales y semanales, en conjunto con escalas espaciales que incluyeron las regiones y sus agregaciones de pesca.

Las densidades medias en peso, fueron representadas por la captura por unidad de área de arrastre, de la forma:

$$\bar{y}_j = cpua_j = \frac{c_j}{a_j v_j t_j}$$

donde y es equivalente a la $cpua$ (captura por unidad de área), c es la captura, a es la abertura de punta de alas de la red, v es la velocidad del lance, t es la duraci3n del lance, i indexa al lance, j al barco.

Las pruebas de hipótesis realizadas para probar si las covariables (que representan las dimensiones espaciales y temporales), tiene efectos significativos sobre las densidades, se realizaron por medio de modelos de análisis de varianza.



Variaciones interanuales y regionales

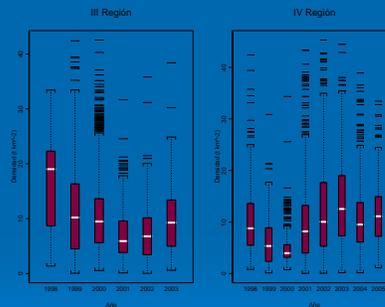


Figura 1: Box-plot de la densidad ($t\ km^{-2}$) de *P. monodon*, segun regi3n y a3o. Datos pesca comercial, fuente: IFOP.

Variaciones interanuales y regionales

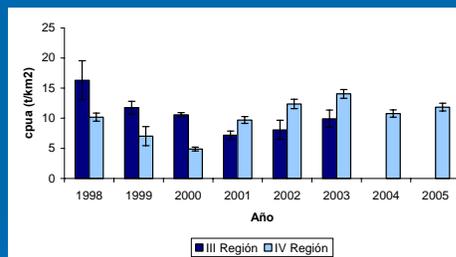


Figura 2: Serie temporal de la densidad media ($t\ km^{-2}$) de *P. monodon* entre 1998 y 2005, segun regi3n. Intervalo de confianza para la media estimada del 95%. Datos pesca comercial, fuente: IFOP.

Variaciones interanuales y regionales + interacci3n

Tabla 1: Resultados modelo de an3lisis de varianza ajustado a las densidades (en escala log) de *P. monodon* explicadas por los factores a3o, regi3n e interacci3n. Per3odo entre los a3os 1998 y 2005, III y IV regiones.

Factor	GL	SC	CM	Valor F	Pr(F)
A3o	7	165.565	23.652	31.684	0
Regi3n	1	56.892	56.892	76.211	0
A3o:Regi3n	5	159.639	31.928	42.770	0
Residuos	5407	4036.351	0.747		



No solo existen diferencias en magnitudes entre regiones o agregaciones de pesca, sino que tambi3n, las tendencias interanuales en las densidades son diferentes ($p < 0,05$).



Variaciones estacionales

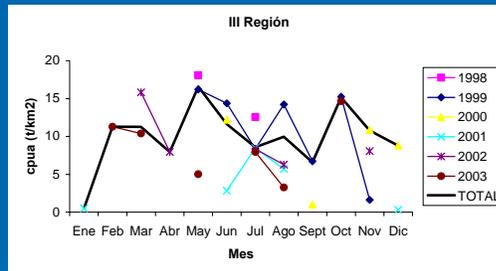


Figura 3: Densidades medias estimadas (t km⁻²) de *P. monodon*, según mes entre 1998 y 2003, III Región. Datos pesca comercial, fuente: IFOP.

Variaciones estacionales

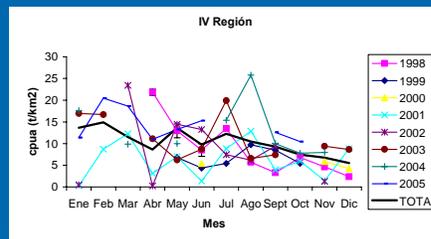


Figura 4: Densidades medias estimadas (t km⁻²) de *P. monodon*, según mes entre 1998 y 2005, IV Región. Datos pesca comercial, fuente: IFOP.

Variaciones estacionales y regionales + interacción

Tabla 2: Resultados modelo de análisis de varianza ajustado a las densidades (en escala log) de *P. monodon* explicadas por los factores año, mes, región e interacción. Período entre los años 1998 y 2005, III y IV regiones. Datos pesca comercial, fuente: IFOP.

Factor	GL	SC	CM	Valor F	Pr(F)
Año	7	165.565	23.652	43.657	0
Mes	11	334.988	30.453	56.211	0
Región	1	18.058	18.058	33.331	0
Año:Mes	57	881.027	15.457	28.530	0
Año:Región	5	73.951	14.790	27.300	0
Mes:Región	11	34.543	3.140	5.796	0
Año:Mes:Región	10	29.193	2.919	5.388	0
Residuos	5318	2881.122	0.542		



Los resultados del análisis de las variaciones estacionales en las densidades, confirman diferencias significativas a nivel mensual ($p < 0,05$), tanto dentro, como entre las regiones de pesca. La significancia de la interacción mes:región confirma que la estacionalidad en las densidades es notoriamente diferente según región de pesca.

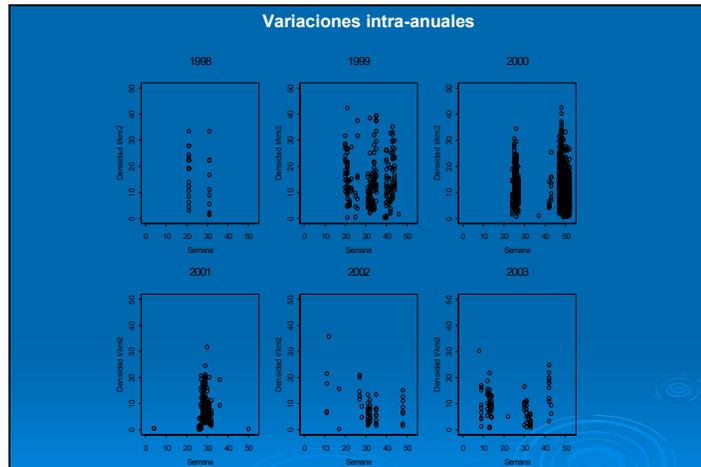


Figura 5: Diagrama de dispersi3n de la densidad ($t\ km^{-2}$) de *P. monodon* en la III Regi3n, a trav3s del a3o durante el periodo 1998 – 2003. Datos pesca comercial, fuente: IFOP.

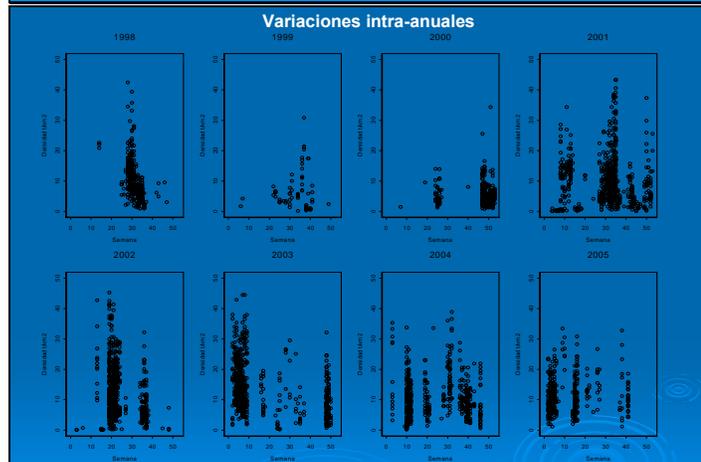


Figura 6: Diagrama de dispersi3n de la densidad ($t\ km^{-2}$) de *P. monodon* en la IV Regi3n a trav3s del a3o, durante el periodo 1998 – 2005. Datos pesca comercial, fuente: IFOP.

Variaciones interanuales, regionales, intra-anales + interacciones

Tabla 3: Resultados modelo de an3lisis de varianza ajustado a la densidad (en escala log) factores a3o, semana, regi3n e interacciones. *P. monodon* entre los a3os 1998 y 2005, III y IV Regi3n. Datos pesca comercial, fuente: IFOP.

Factor	GL	SC	CM	Valor F	Pr(F)
A3o	7	165.565	23.652	51.354	0
Semana	51	594.076	11.649	25.291	0
Regi3n	1	24.225	24.225	52.598	0
A3o:Semana	146	1102.652	7.552	16.398	0
A3o:Regi3n	5	70.501	14.100	30.615	0
Semana:Regi3n	26	63.077	2.426	5.267	0
A3o:Semana:Regi3n	4	12.579	3.145	6.828	0
Residuos	5180	2385.771	0.461		

➔ Se verifican diferencias significativas en las densidades a estas escalas ($p < 0.05$), lo que permite plantear la existencia de procesos desconocidos que afectan los focos de agregaci3n del recurso, a escala semanal.



Tabla 4: Resultados modelo de an3lisis de varianza ajustado a la densidad (en escala log) factores a3o, semana, latitud e interacciones. *P. monodon* entre los a3os 1998 y 2003, III Regi3n. Datos pesca comercial, fuente: IFOP.

Factor	GL	SC	CM	Valor F	Pr(F)
A3o	5	48.499	9.700	26.932	0
Semana	36	260.405	7.233	20.084	0
Latitud	6	59.217	9.869	27.403	0
A3o:Latitud	21	69.365	3.303	9.171	0
A3o:Semana	18	54.319	3.018	8.379	0
Semana:Latitud	68	125.849	1.851	5.139	0
Residuos	1791	645.056	0.360		

Tabla 5: Resultados modelo de an3lisis de varianza ajustado a la densidad (en escala log) factores a3o, semana, latitud e interacciones. *P. monodon* entre los a3os 1998 y 2005, IV Regi3n. Datos pesca comercial, fuente: IFOP.

Factor	GL	SC	CM	Valor F	Pr(F)
A3o	7	315.567	45.081	124.773	0
Semana	51	505.226	9.906	27.418	0
Latitud	4	109.514	27.379	75.777	0
A3o:Latitud	22	140.393	6.382	17.662	0
A3o:Semana	114	684.600	6.005	16.621	0
Semana:Latitud	117	185.783	1.588	4.395	0
Residuos	3082	1113.541	0.361		

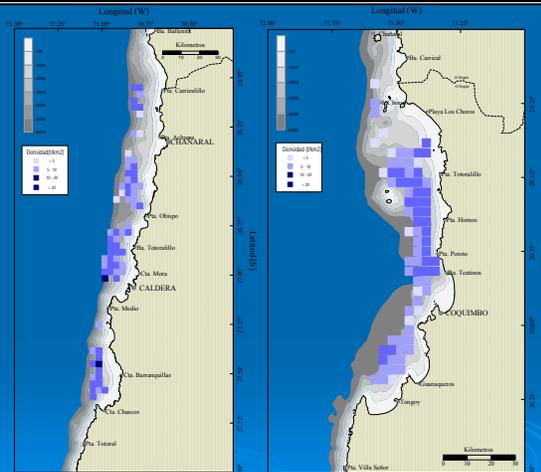


Figura 6: Georeferenciación de las densidades ($t\ km^2$) de *P. monodon* en la III y IV Regi3n, a partir de la informaci3n de la flota comercial entregada por los armadores pesqueros y la recopilada por IFOP a bordo de las embarcaciones, entre los a3os 1998 y 2005.

Variaciones latitudinales

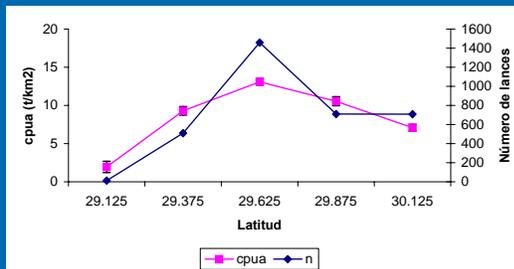


Figura 7: Densidad media de langostino colorado ($t\ km^2$) en la IV Regi3n, según categorías de latitud de 15 mn (se presenta la marca de clase). Intervalos de confianza para las medias estimadas al 95%. Período 1998 – 2005. Datos pesca comercial, fuente: IFOP.

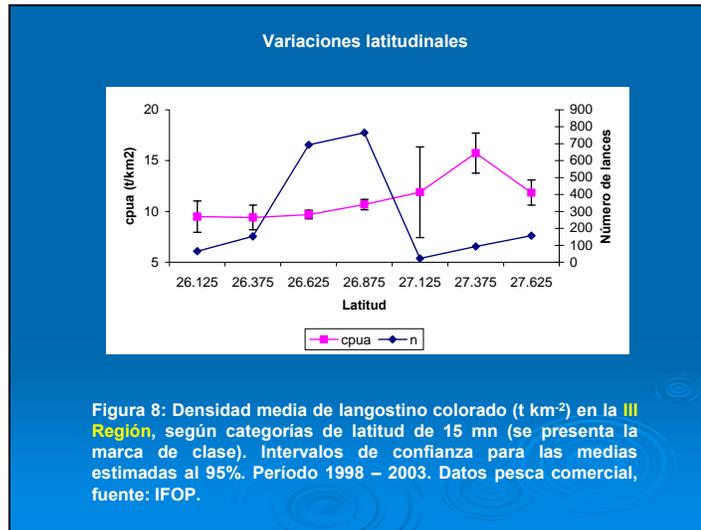


Figura 8: Densidad media de langostino colorado (t km⁻²) en la III Regi3n, segun categorías de latitud de 15 mn (se presenta la marca de clase). Intervalos de confianza para las medias estimadas al 95%. Período 1998 – 2003. Datos pesca comercial, fuente: IFOP.

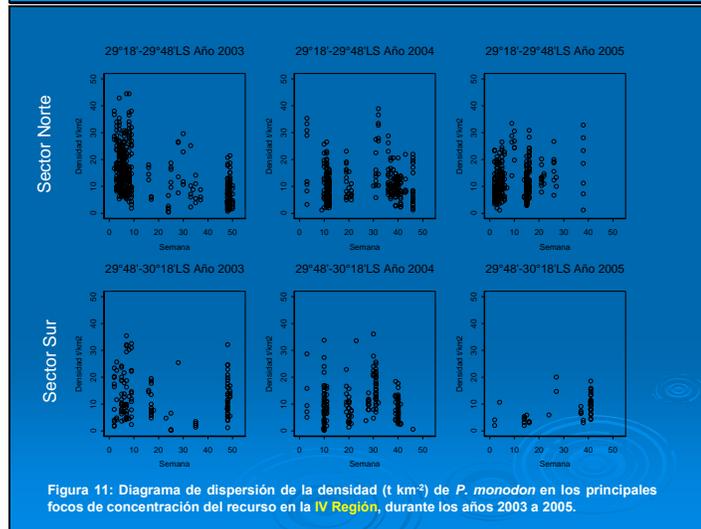


Figura 11: Diagrama de dispersi3n de la densidad (t km⁻²) de *P. monodon* en los principales focos de concentraci3n del recurso en la IV Regi3n, durante los ańos 2003 a 2005.

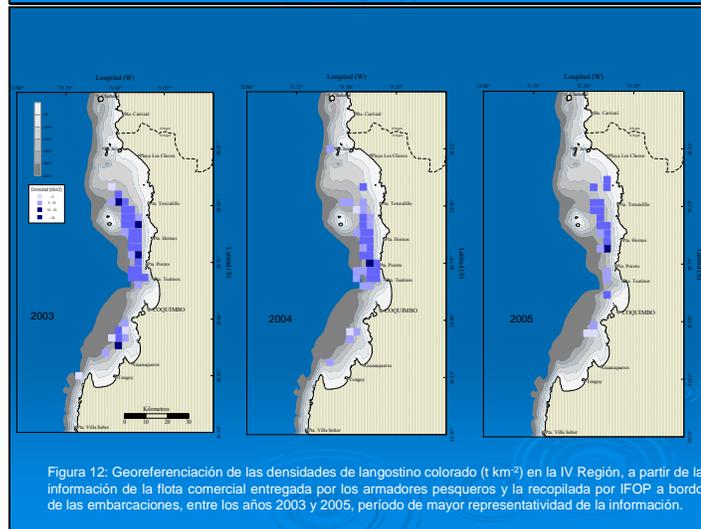


Figura 12: Georeferenciación de las densidades de langostino colorado (t km⁻²) en la IV Regi3n, a partir de la informaci3n de la flota comercial entregada por los armadores pesqueros y la recopilada por IFOP a bordo de las embarcaciones, entre los ańos 2003 y 2005, período de mayor representatividad de la informaci3n.



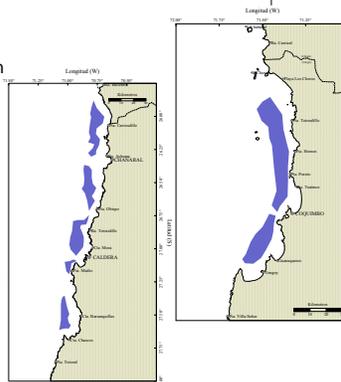
Variabilidad espacio temporal de atributos poblacionales de langostino colorado

Juan Carlos Quiroz y Carlos Montenegro
Divisi3n de Investigaci3n Pesquera
Instituto de Fomento Pesquero
jquiroz@ifop.cl



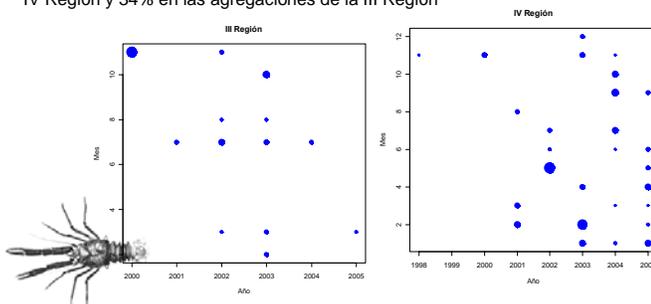
Objetivo

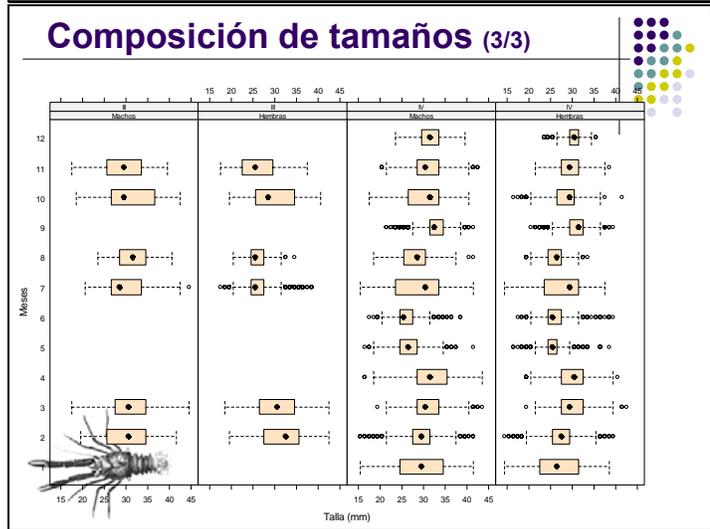
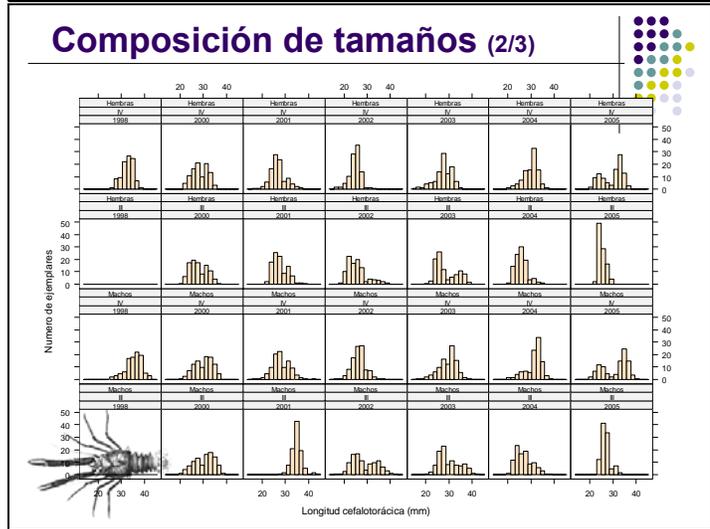
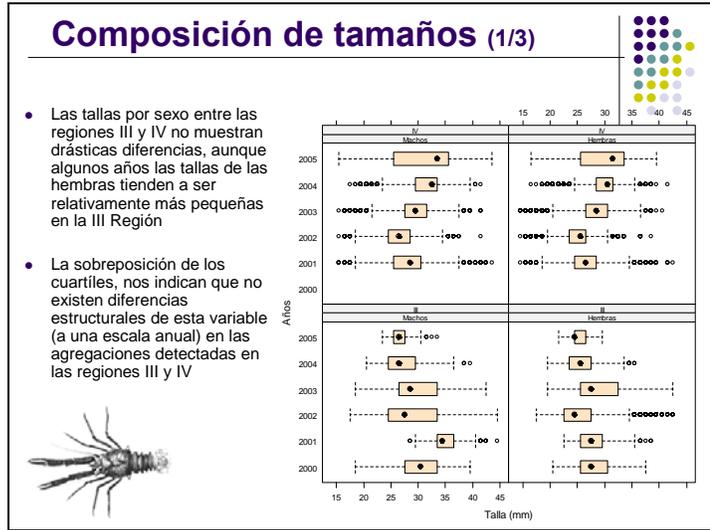
- Revelar la distribuci3n y estructura espacial de la poblaci3n de langostino colorado, a trav3s, del an3lisis exploratorio de los atributos poblacionales presentes en las agregaciones de la III y IV regiones.
- Esto viene a complementar el Primer objetivo especifco: **"Determinar y caracterizar aspectos relativos a la distribuci3n y estructura poblacional, en el tiempo y espacio, del langostino colorado"**



Tama3os de muestra

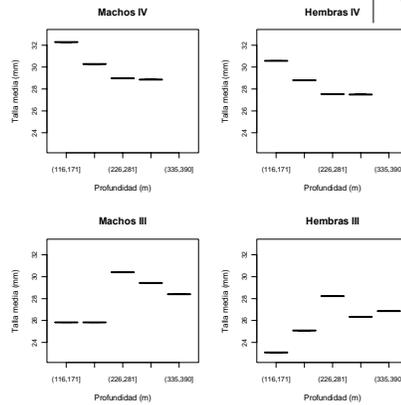
- El Sistema de Informaci3n, entre el per3odo 1998-2005, recopila 287 lances de pesca de la flota comercial con registros biol3gicos de longitud. Esto significa un esfuerzo de muestreo por sobre 75000 ejemplares medidos, de los cuales 66% fueron capturados en las agregaciones de la IV Regi3n y 34% en las agregaciones de la III Regi3n



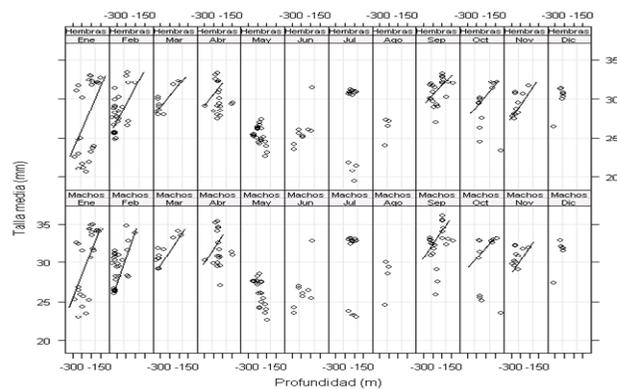


Tamaños v/s profundidad

- Hasta acá, los resultados indican que es poco probable detectar diferencias estructurales en las composiciones de tamaños entre regiones durante el periodo 2000-2005.
- Sin embargo, se observan diferencias en los tamaños corporales a través del año.
- Al clasificar los tamaños corporales por estratos de profundidad se detectan algunos patrones de interés.

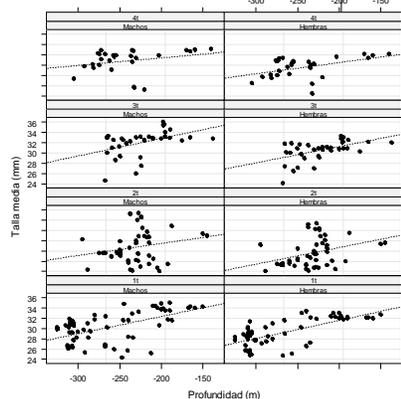


Variabilidad espacio-temporal de las tallas en la IV región

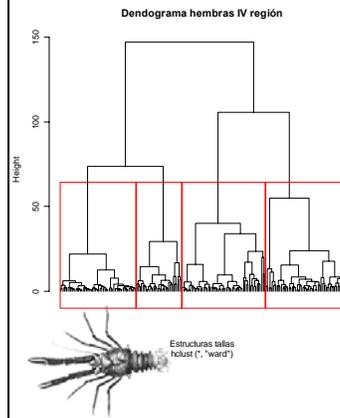
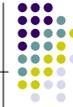


Distribuci3n espacio-temporal ↔ Procesos reproducci3n ???

- Desde el comienzo de la primavera (septiembre) hasta finales de verano (marzo) es evidente que los mayores tamaños medios se encuentran en aguas menos profundas.
- Otra característica importante de este análisis, es la ausencia de este patr3n de agregaci3n entre mayo y agosto, periodo que justamente coincide con la máxima portaci3n de huevos

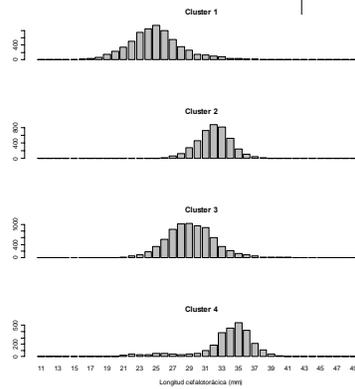
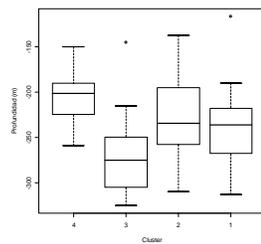
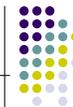


Agrupaci3n de los tama1os corporales de hembras en la IV Regi3n (1/2)

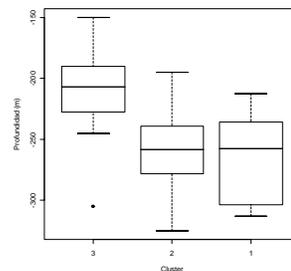
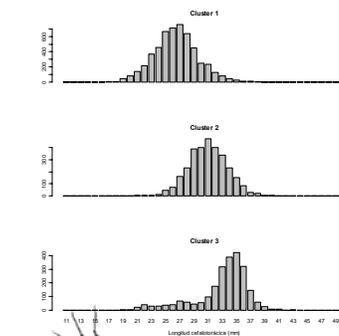
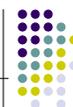


- El primer cluster agrupa los individuos m1s peque1os que poseen longitud cefalotor1cica (LC) en torno a los 25 mm LC; estos tama1os son incrementados a medida que se estructuran los restantes clusters, incluyendo en el cluster 4 a individuos que poseen 35 mm LC
- Estos cluster corresponden a lances realizados principalmente en un gradiente longitudinal, donde el primer cluster lo estructuran individuos capturados en aguas profundas entre los 200 y 320 m. En contraste, el cluster 4 esta estructurado por individuos de grandes tama1os que fueron capturados en aguas someras, entre los 150 y 260 m de profundidad

Agrupaci3n de los tama1os corporales IV Regi3n (2/2)



Agrupaci3n de los tama1os corporales 29°25' - 29°45' S



Agrupaci3n en machos ...???

- En el caso de los machos, el agrupamiento por estratos de profundidad no es un patr3n evidente.
- En efecto, son reconocibles 4 clusters que escasamente est3n asociados a cambios en las profundidades de captura.
- Sin embargo, la estructura de tallas de cada cluster identificado se3ala diferencias significativas.

Clasificaci3n de los grupos de edad (1/2)

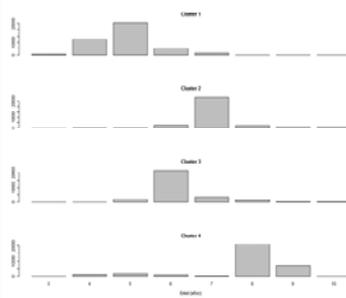
HEMBRAS

Los resultados del an3lisis de cluster aplicado sobre las composiciones de edades de hembras, muestran cuatro clasificaciones (cluster) de lances

Clasificaci3n de los grupos de edad (2/2)

- El cluster 1 esta compuesto principalmente de ejemplares adultos y completamente maduros, este cluster esta estructurado principalmente por individuos de edad 8 que habitan profundidades en torno a los 200 m
- La distribuci3n del cluster 2, que agrupa principalmente ejemplares de edad 7, muestra un rango intercuartil entre 220 y 270 m., con individuos habitando profundidades en torno a los 240 m.
- Los restantes cluster, que agrupan principalmente individuos en proceso de madurez y edades entre 4 a 6, presentan una distribuci3n centrada en profundidades mayores a 250 m y una evidente asimetría hacia profundidades mayores

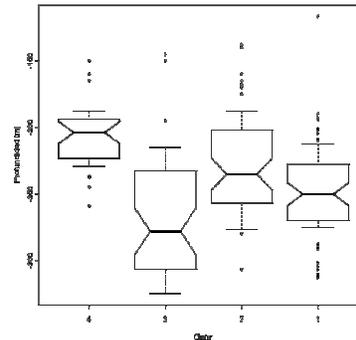
Clasificaci3n de los grupos de edad (1/2)



- Al igual que en las hembras, el an3lisis de cluster sobre los machos clasifica y agrupa cuatro conjuntos de lances con notorias diferencias en los grupos et3reos.
- Un primer grupo (cluster 1) reune individuos de edad 4 y 5, los cuales son inmaduros o han alcanzado recientemente la madurez (edad donde el 50% de los individuos son maduros).
- Dos grupos intermedios (cluster 2 y 3) integrados principalmente por individuos adultos de edad 6 y 7.
- Y finalmente, un cuarto grupo (cluster 4) que reune individuos adultos por sobre la edad 8, y que segun el modelo de madurez estarían completamente maduros.

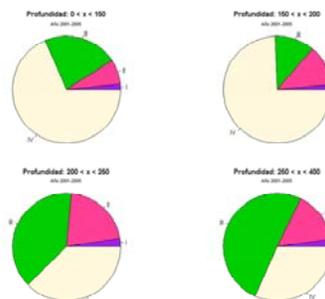
Clasificaci3n de los grupos de edad (2/2)

- Los grupos identificados, al igual que en las hembras, muestran una estructura espacial que estaría explicada principalmente por las profundidades que habitan
- Los individuos inmaduros, o que recientemente han alcanzado la madurez, en profundidades en torno a los 260 m
- Los individuos adultos completamente maduros en aguas más someras que bordean los 200 m de profundidad

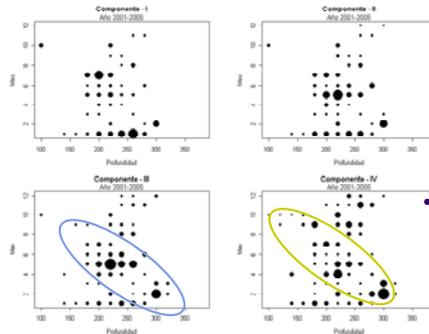


Componentes de la poblaci3n (1/2)

- En consistencia con los cuartiles de la funci3n de madurez logística, la primera componente poblacional (Componente I) representa individuos inmaduros menores a 22,2 mm LC, presumiblemente menores a 4 años
- La Componente II agrupa a los individuos que han alcanzado la talla de madurez (talla donde el 50% de los individuos se encuentran maduros) y edades entre 4 y 6 años
- Los restantes componentes (Componente III y IV) representan individuos de edades mayores a 6 años, que se encuentran completamente maduros o han alcanzado la madurez total recientemente



Componentes de la poblaci3n (2/2)

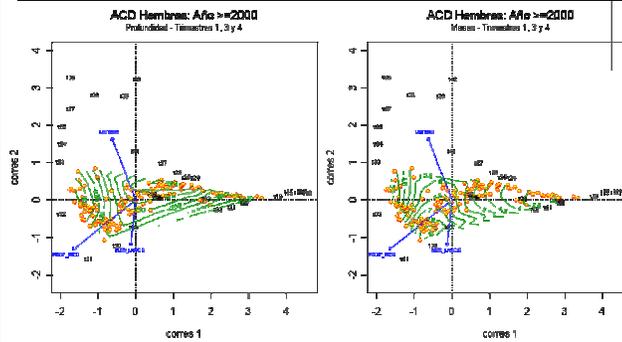


Los individuos maduros (Componentes III y IV) se observan en aguas someras principalmente durante los primeros y 3ltimos meses del a1o, con un leve gradiente desde aguas profundas a aguas someras a medida transcurren los meses.



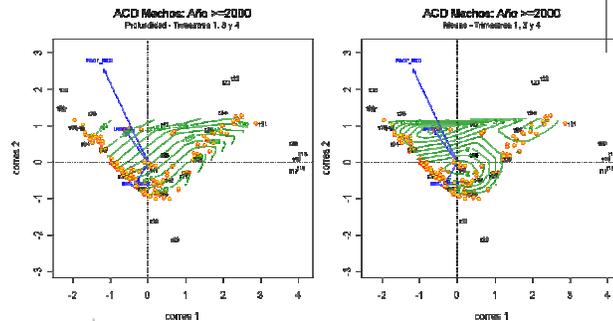
- Reforzando nuestra hip3tesis de estructuraci3n en profundidad, este an3lisis adem3s muestra que los individuos inmaduros son escasamente visibles en aguas someras durante la mayor parte del a1o.

An3lisis de ordenamiento



- En el caso de las hembras recopiladas durante el 1er, 3er y 4to trimestre, el ACD de las estructuras de tallas entre el periodo 2000-2005 muestra una configuraci3n de sitios de muestreo (lances) asociada a los tama1os corporales (42%), como tambi3n, una fuerte asociaci3n con la direcci3n del m3ximo cambio en la profundidad y meses

An3lisis de ordenamiento



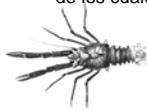
- En el caso de los ejemplares machos, el ACD revela un similar ordenamiento al de las hembras, con sitios de muestreo asociados a los tama1os corporales a lo largo principalmente del primer eje de correspondencia, el que explica un 37% de la varianza



Discusi3n



- En el caso de los atributos poblacionales, los resultados muestran una separaci3n espacial estratificada principalmente por niveles de profundidad.
- Las variaciones interanuales y estacionales muestran patrones disimiles entre las agregaciones de *P. monodon* detectadas en la III y IV Regiones, e inclusive las variaciones estacionales dentro de una misma Regi3n son diferentes entre a1os.
- Este alto dinamismo y separaci3n espacial en los atributos poblacionales de *P. monodon* puede ser atribuible a diversos factores, de los cuales, el m1s probable es el proceso reproductivo.

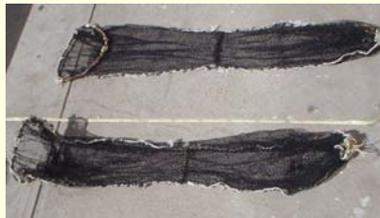


Etapas y distribuci3n de juveniles de langostino colorado

Divisi3n de Investigaci3n Pesquera
Instituto de Fomento Pesquero
jquiroz@ifop.cl

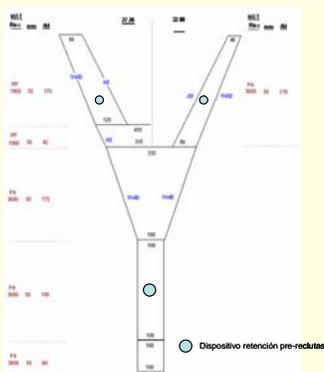
Recopilaci3n de datos

- El progreso en la identificaci3n de la estructura espacial y caracteristicas fisiol3gicas de la poblaci3n de langostino colorado, posiblemente es entorpecido por la deficiencia de caracterizar a la poblaci3n de tallas bajas, principalmente ejemplares juveniles de clase de edad 0 y 1.

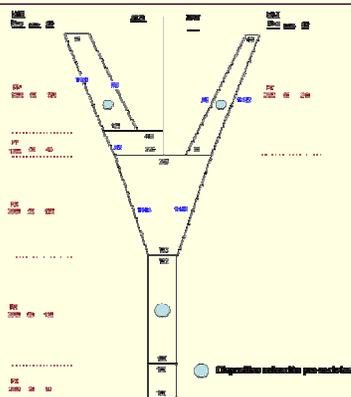




Ubicaci3n de dispositivos



Ubicaci3n de dispositivos



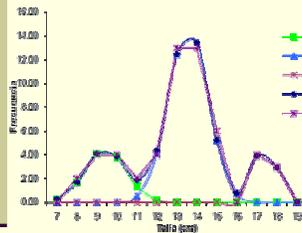
Resultados preliminares

- De acuerdo a las caracteristicas operacionales de los lances las profundidades donde se encontraron individuos juveniles cubren un rango entre los 250 y 420 m, y fueron capturados principalmente en lances dirigidos a langostino amarillo (*Cervimunida johni*) o camar3n nail3n (*Heterocarpus reedi*).

Logistica	Medida
Peri3do	16/12/2005 – 31/05/2006
Numero de lances totales	45
Numero de lances con <i>P. monodon</i>	8
Regi3n	IV
Latitud	29°08,6' – 30°12,2' S
Longitud	71°26,5' – 71°36,7' W
Profundidad (m)	249 – 440
N3mero de ejemplares medidos	63



Resultados preliminares



- Se evidenci3 la presencia de ejemplares juveniles con tallas modales en torno a los 9,4; 13,6 y 17,4 mm de longitud cefalotor3xica.
- Las modas registradas entre los 9 y 14 mm corresponden a ejemplares no vulnerados por la pesqueria.
- De acuerdo a los modelos de crecimiento planteados, estas clases anuales deberian representar individuos de edades 1 y 2, respectivamente

Discusi3n

- No obstante el tama3o de muestra efectivo es reducido, se logr3 el objetivo planteado que fue la recolecci3n e identificaci3n de la fracci3n no vulnerable.
- Contrario a lo que se esperaba, un reducido n3mero de muestras fueron obtenidas en operaciones de pesca dirigidas a *P. monodon*, que son realizadas principalmente en profundidades menores a los 250 m.
- La presencia de ejemplares de clases anuales de edad 1 y 2 en profundidades sobre los 330 m sugiere que deberia existir un mecanismo de migraci3n durante el crecimiento de los juveniles.

FIP N° 2005-41: Din3mica y Estructura Poblacional del Langostino Colorado III y IV Regiones

Por Fernando Esp3ndola
IFOP

Agosto del 2006





Contenido

- Aproximaci3n Metodol3gica: Geoestadística
- Resultados
- Conclusiones

Aproximaci3n Metodol3gica

La geoestadística corresponde a un grupo de t3cnicas matemáticas que tienen el prop3sito de modelar las observaciones espacialmente correlacionadas, usando un modelo adecuado para estimar valores en localidades no observadas durante el proceso de muestreo (Isaaks & Srivastava, 1989; Petitgas, 1996; Roa & Tapia, 2000).

La poblaci3n es considerada como un proceso estocástico en el espacio, y los datos recolectados son considerados como una realizaci3n de este proceso, el cual luego es usado para estimar este.

Aproximaci3n Metodol3gica

Sea z una variable aleatoria espacialmente referenciada que mide una característica de la poblaci3n de langostino colorado (*Pleuromcodes monodon*) de la forma,

$$z = z(x, y)$$

donde z es la edad modal, y (x,y) son variables de la ubicaci3n en un espacio bidimensional. El modelo espacial descrito anteriormente corresponde a,

$$z(x, y) = \mu + \varepsilon$$

donde z es la edad modal, μ es la esperanza de z , y ε es el error aleatorio que incorpora la variabilidad espacial.



Análisis Estructural

La herramienta cuantitativa usada para caracterizar la correlaci3n espacial de la variable aleatoria edad modal es la funci3n de variograma,

$$2\gamma(x, h)$$

el cual es la esperanza matemática de la variable aleatoria,

$$[Z(x) - Z(x + h)]^2$$

donde Z es la edad modal, x es la ubicaci3n espacial en el espacio bi-dimensional, y h es una distancia vectorial compuesta por una magnitud y una direcci3n (Journel & Huijbregts, 1978)

Análisis Estructural

Si el proceso es intrínsecamente estacionario, el variograma solo depende de la separaci3n del vector h y no de la ubicaci3n de x . Luego, es posible estimar el variograma de los datos disponibles a trav3s del variograma empírico,

$$2\gamma(h) = \frac{1}{N(h)} \sum [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2$$

, donde $N(h)$ es el númerode pares $Z(x_i) - Z(x_i + h)$, a cualquier par de puntos separados por el vector h . Cuando el variograma es calculado como un promedio sobre todas las direcciones, el vector h es un escalar y el variograma es llamado omnidireccional.

Ajuste del Modelo del Variograma

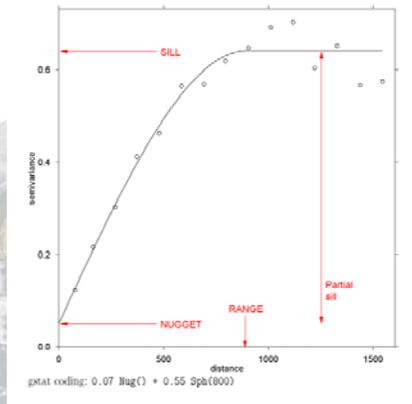
En el ajuste del variograma empírico direccional, se pueden usar varios modelos encontrados en la literatura (Isaaks & Srivastava, 1989). Sin embargo, el modelo esférico dado por,

$$\gamma(|h|) = \begin{cases} 0 & \text{para } h=0 \\ c_0 + c \left[\frac{3}{2} \left(\frac{|h|}{a} \right) - \frac{1}{2} \left(\frac{|h|}{a} \right)^3 \right] & \text{para } 0 < |h| \leq a \\ c_0 + c & \text{para } |h| \geq a \end{cases}$$

, para $h=0$, $0 < |h| \leq a$ y $|h| \geq a$ respectivamente (Cressie, 1993), es el más usado en ciencias marinas y en otras áreas de la tierra (Roa & Tapia, 2000).



Estimaci3n Par3metros del Variograma



Criterio de Ajuste del Modelo

Los par3metros de los modelos fueron estimados usando el procedimiento suma de cuadrados ponderados descrito por Cressie (1993), cuya funci3n objetivo es

$$\min \sum_{i=1}^H N(h_i) \left(\frac{\hat{\gamma}(h_i)}{\gamma(h_i)} - 1 \right)^2$$

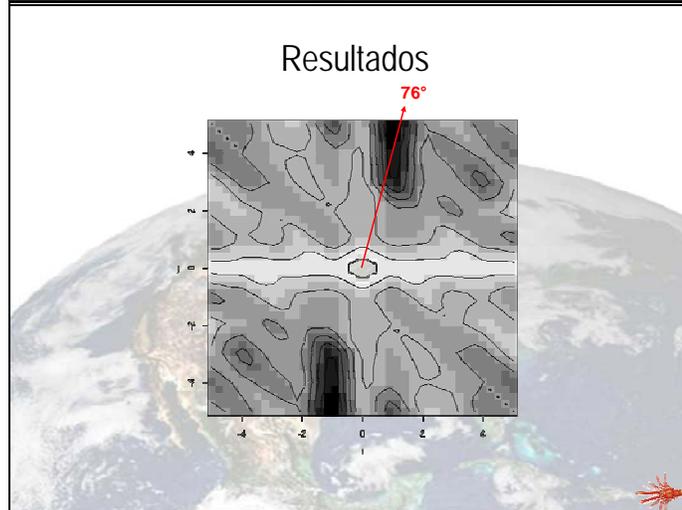
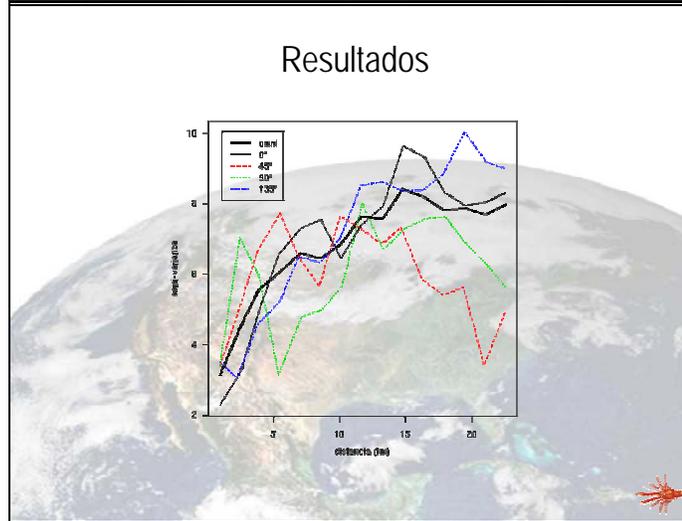
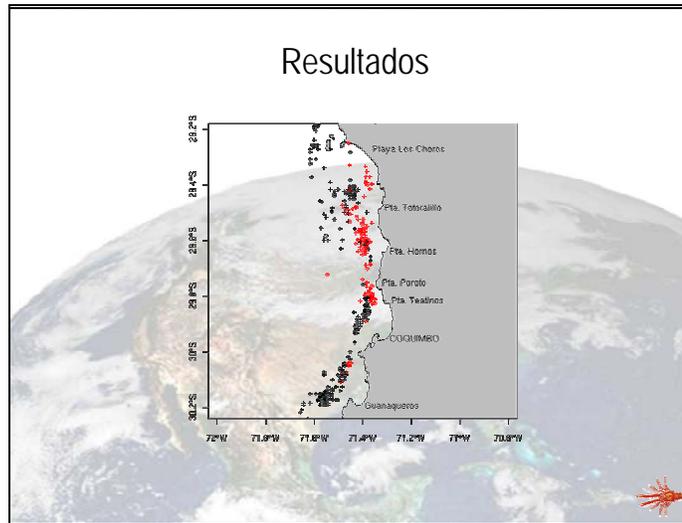
, donde H es el n3mero de distancias de separaci3n para el cual el variograma emp3rico fue calculado, y N es el n3mero de pares para cada separaci3n.

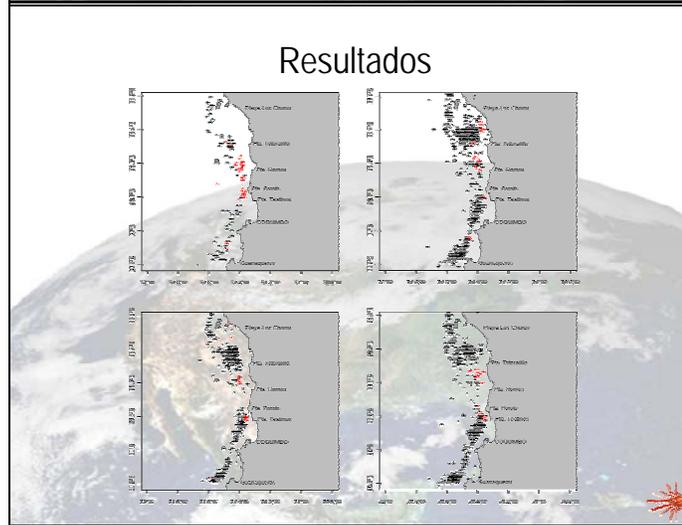
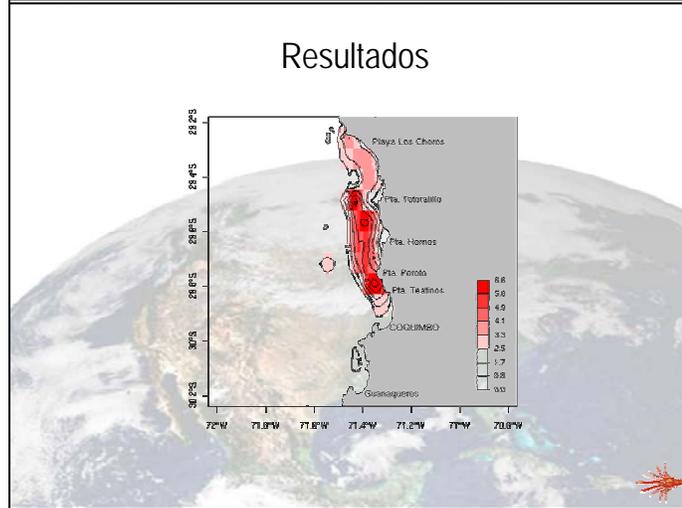
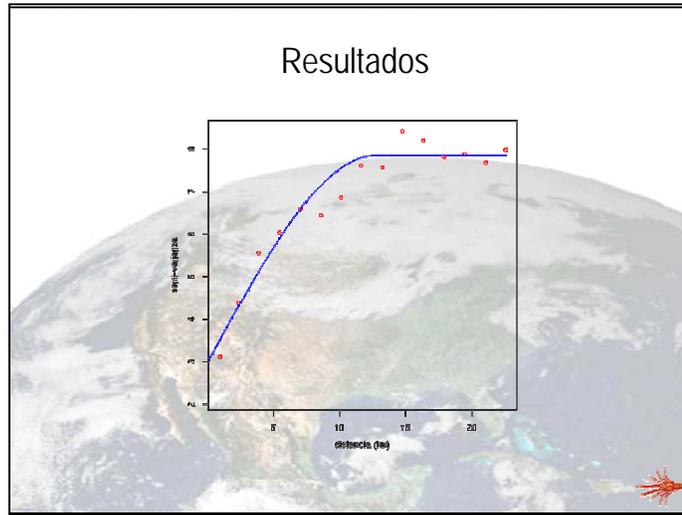
Mapeo del Proceso

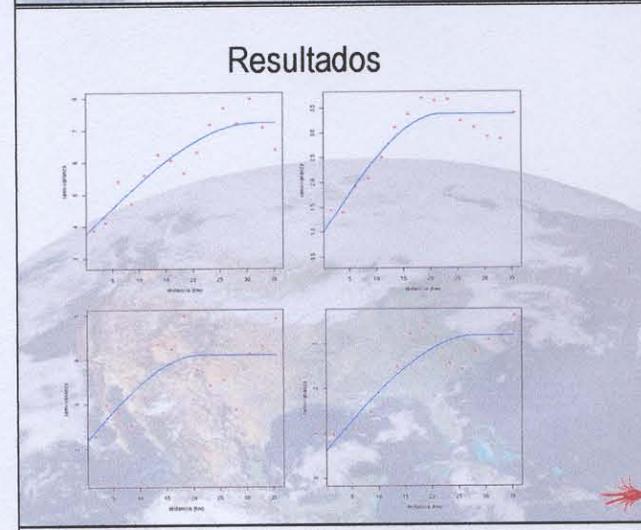
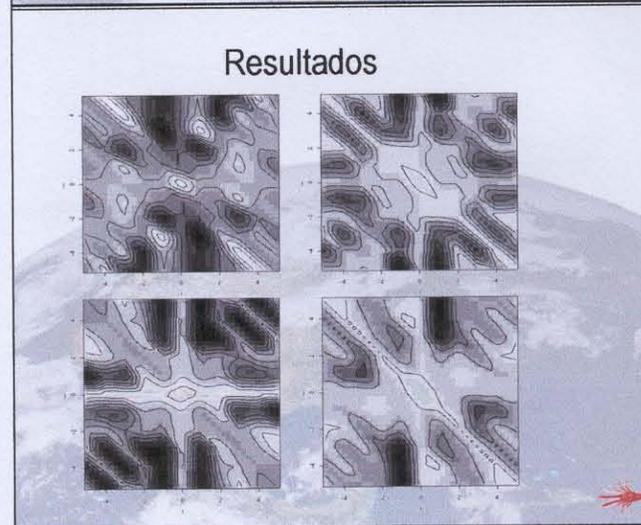
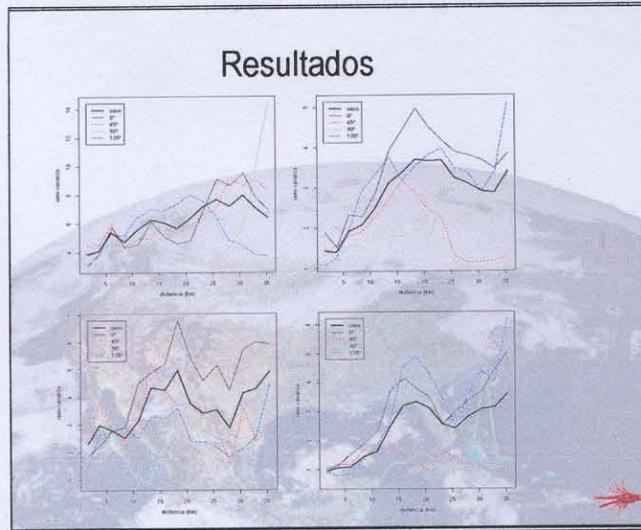
El mapeo fue hecho usando la t3cnica de estimaci3n espacial conocida como el kriging puntual ordinario sobre una grilla regular. Para cada nodo de la grilla, la edad modal (Z^*) fue estimada como la ponderaci3n promedio

$$Z^* = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(x_i)$$

de las N observaciones $Z(x_i)$ que caen dentro de una b3squeda de vecinos cercanos predefinido. Las ponderaciones λ_i fueron calculadas usando los par3metros del modelo ajustado al variograma seleccionado.

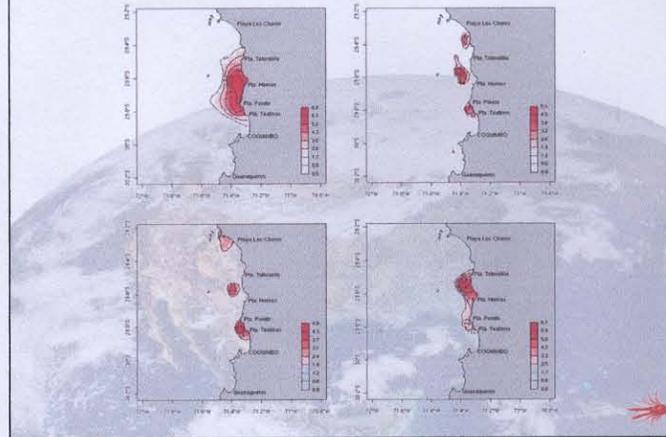








Resultados



Conclusiones

- Hay una fuerte presencia de anisotropía geométrica y zonal, diferentes estructuras espaciales para diferentes direcciones.
- En la direcci3n de 76° (noreste) fue observada la máxima continuidad espacial (contornos elípticos).
- Las edades modales parecen estar ordenadas de manera secuencial en el espacio desde una mayor profundidad (edades menores) a una menor profundidad (edades mayores) en una orientaci3n noreste.
- A nivel estacional se observa que durante el primer y último trimestre se presenta una fuerte gradiente en las edades modales desde aguas profundas a aguas someras.

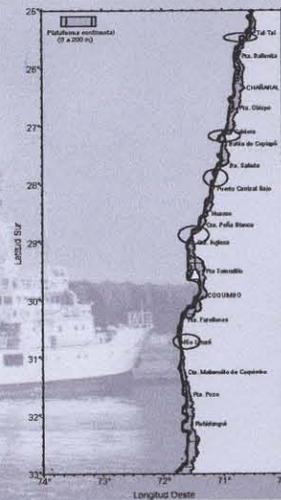
Surgencia

El sistema de corrientes de Humboldt debe su productividad a la surgencia conducida por el viento, que fertiliza la zona euf3tica promoviendo altos niveles de nueva producci3n. Esta sostiene una rica variedad de poblaciones de plankton, que puede sustentar una de las pesquerias m3s importantes del mundo



Surgencia

En el norte de Chile, incluyendo el sector de Coquimbo, la interacci3n local entre tierra-mar aire produce una menor estacionalidad, con vientos que inducen surgencia d3biles, pero que llegan a ser intensos durante primavera y verano. Los vientos que inducen surgencia son intermitentes con periodos de 3-10 d3as, lo que produce un patr3n de alternancia entre eventos de surgencia y relajaci3n



Surgencia

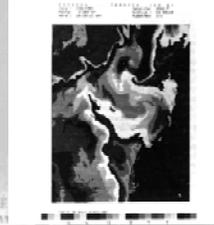
Adicionalmente, otros procesos f3sicos asociados a la surgencia se presentan tambi3n, como son los remolinos y filamentos, jet costero, formaci3n de frente t3rmicos costeros, corriente subsuperficial al polo.



En el frente, pr3ximo a la costa, es donde ocurre el ascenso de las aguas fr3as, observ3ndose en la vertical que las isol3neas de temperatura y densidad se presentan verticales

Surgencia

A continuación del frente aparece una lengua más fría confinada a la superficie que se desplaza una gran extensión hacia el oeste, asociado al aumento del viento



La mezcla producida por el viento de la parte superior de la columna de agua durante la surgencia es otro proceso físico que puede ser beneficioso o perjudicial a la supervivencia larval dependiendo de la intensidad de la turbulencia

Surgencia

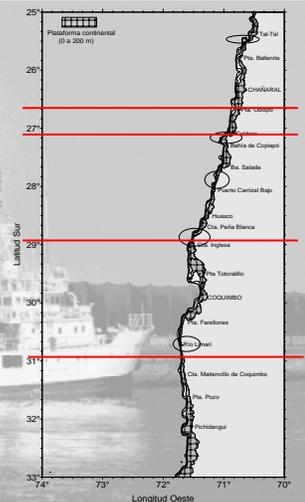
Todos estos factores pueden afectar la dispersión larval tanto en un sentido norte-sur como este-oeste repercutiendo, primeramente sobre los niveles de reclutamiento de organismos marinos



Surgencia Zona Norte

La zona comprendida entre los 29 y 31°S, correspondiente al sistema de bahías de Coquimbo es un importante centro de surgencia, la que perdura la mayor parte del año

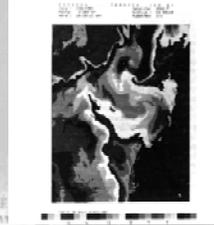
Al igual que el sistema de bahías de Caldera entre punta Morro (27°6'S) y punta Cabeza de Vaca (26°52'S). La III región registra centros de surgencia que son menos importantes en intensidad que lo encontrado en la IV región





Surgencia en Coquimbo

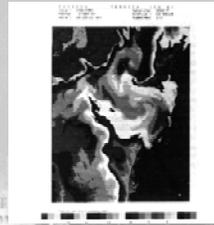
1985 y septiembre de 1987, se observ3 que el n3cleo de aguas m3s fr3as ($< 11^{\circ}\text{C}$) se ubic3 al sur de punta Lengua de Vaca, frente a la costa del parque Nacional Fray Jorge, sintiéndose el efecto de las bajas TSM en direcci3n noroeste hasta las 110 km de la costa, mientras que, en la parte norte frente al Tofo ($29^{\circ}26,6'S$) se localiz3 una segunda zona de aguas fr3as ($< 12^{\circ}\text{C}$) que abarc3 una menor extensi3n que la anterior



Surgencia en Coquimbo

Las aguas fr3as que emergen a la superficie durante el proceso de surgencia pertenecen a la masa de agua Ecuatorial Subsuperficial, la que incorpora grandes cantidades de nutrientes a esta capa

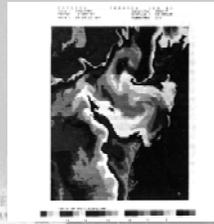
Reportandose en 1983 dos lenguas de agua con altas concentraciones de clorofila ($> 2 \text{ mg/m}^3$) que alcanzaron los 280 km de la costa



Surgencia en Coquimbo

Las aguas fr3as que emergen a la superficie durante el proceso de surgencia pertenecen a la masa de agua Ecuatorial Subsuperficial, la que incorpora grandes cantidades de nutrientes a esta capa

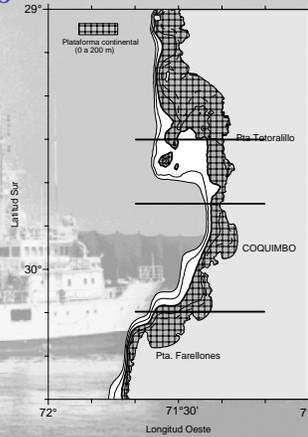
Reportandose en 1983 dos lenguas de agua con altas concentraciones de clorofila ($> 2 \text{ mg/m}^3$) que alcanzaron los 280 km de la costa





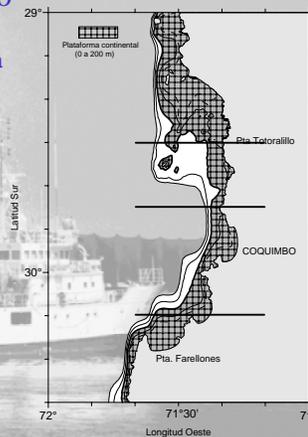
Surgencia en Coquimbo

La gran cantidad de agua de baja temperatura y alto contenido de nutrientes, al relajarse la acci3n de los vientos que le dieron origen, es llevada hacia la costa donde se incorpora a las cuatro bahías que completan el sistema, posiblemente a trav3s de la actividad de dos giros



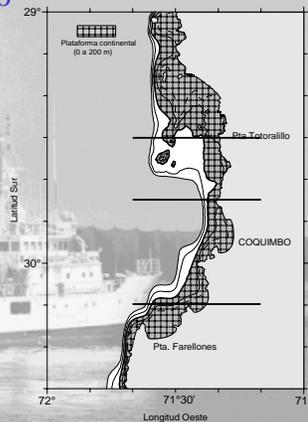
Surgencia en Coquimbo

Estas aguas llegarían primero a la bahía de Tongoy por su proximidad al núcleo de la surgencia, después a Guanaqueros y finalmente a la bahía de Coquimbo, la cual tiene una respuesta más lenta a los cambios, conservando un mayor tiempo las características oceánicas



Surgencia en Coquimbo

En un análisis de imágenes satelitales determinó que, en general, los rangos de temperatura fueron de 9° a 13° durante el invierno y entre 10° y 16° grados en épocas de verano, siendo las temperaturas más frías localizadas en los centros de surgencia, y las más cálidas asociadas a la zona de bahías





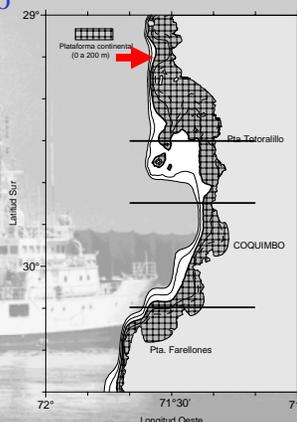
Surgencia en Coquimbo

En estas condiciones de fuerte dinámica, los organismos pelágicos deben enfrentar varios procesos y fuerzas físicas para mantener sus poblaciones y completar sus ciclos de vida.

En este sentido, un sistema de surgencia usualmente implica un hábitat muy advectivo, que puede afectar fuertemente la distribución espacial del plancton, y posiblemente puede explicar los patrones de agregación y dispersión, así como los mecanismos para la exportación de carbono al océano abierto, o a las aguas profundas

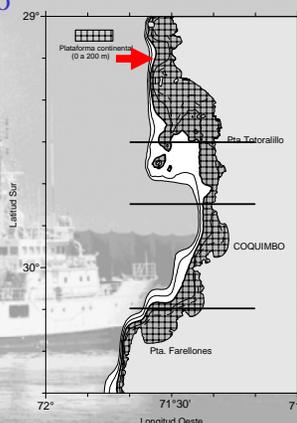
Surgencia en Coquimbo

considerando que se han encontrado importante números de larvas de langostino colorado en los 28°54'S correspondiente al sector norte de la bahía de Coquimbo, es posible pensar que una parte de la población de larvas sea advectada hacia el sector más oceánico de la bahía de Coquimbo.



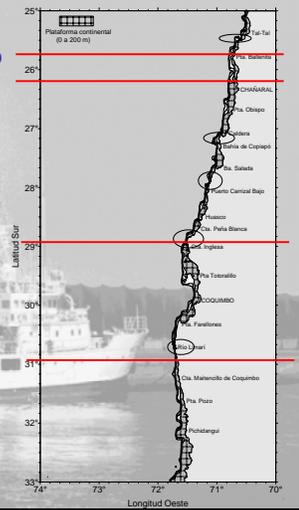
Surgencia en Coquimbo

Lo anterior sería a causa de la circulación de la surgencia, quedando posteriormente éstos organismos dentro del área de su influencia, debido a los sectores de retención que se generan en las bahías y áreas cercanas. Sin embargo, debido a la distancia que ello implica, es poco probable, que la circulación pueda arrastrar las larvas desde la IV región a los sectores de habitat de la III Región, ubicados en los 26°S.



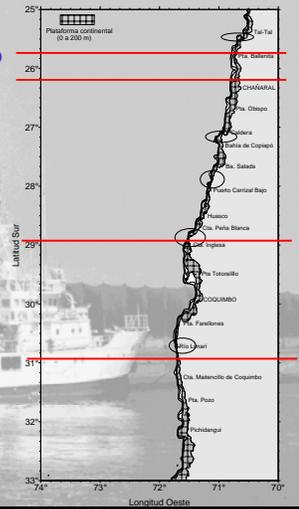
Surgencia en Coquimbo

Si se piensa en un transporte de individuos durante su etapa larval, es decir en su fase pelágica, se puede indicar que los patrones de corrientes de la capa superficial, en direcci3n norte, podrian, en teoría, favorecer el proceso de transporte desde la IV a la III regi3n



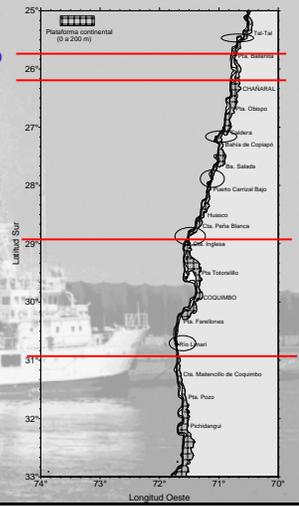
Surgencia en Coquimbo

Sin embargo, el posible patr3n de circulaci3n final entregado por las componentes de la circulaci3n costera, la circulaci3n por surgencia y la generada por otros procesos, entre ellos el paso de ondas atrapadas a la costa, hacen incierta o poco probable esta hip3tesis.



Surgencia en Coquimbo

Por lo tanto, seg3n lo expuesto en los antecedentes, es m3s probable que las larvas de langostino, debido a los procesos de circulaci3n originados por la surgencia en las zonas de bahía, permanezcan retenidas en ellas o se desplacen distancias menores.



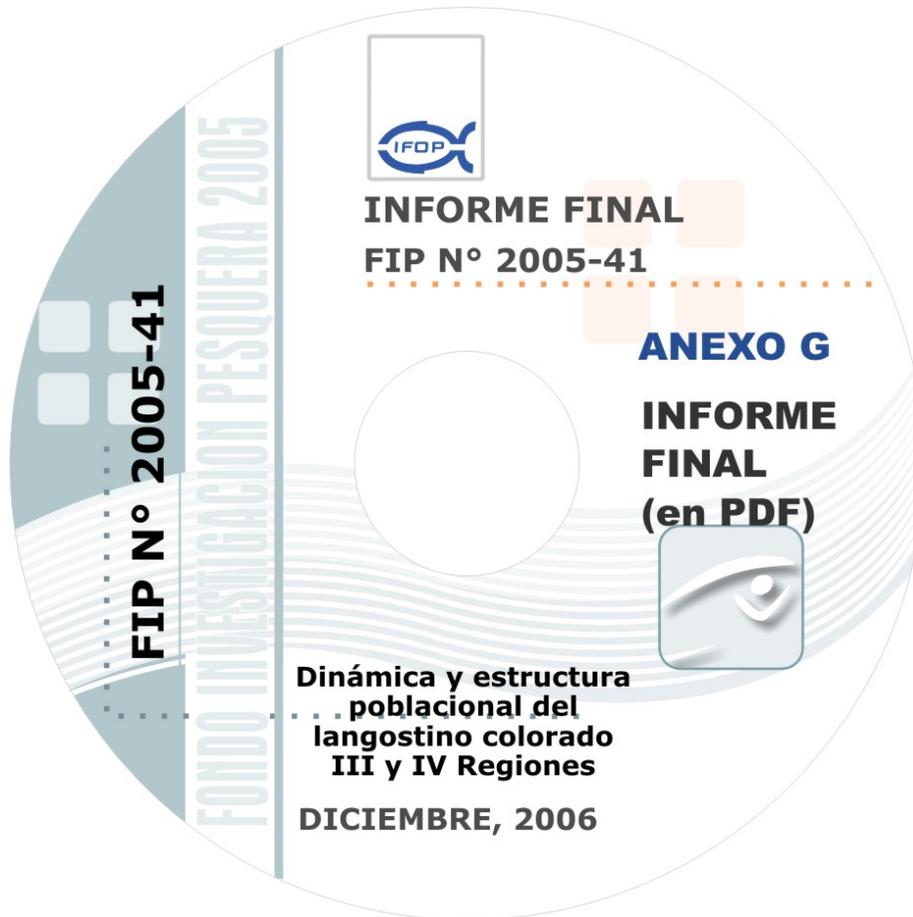
ANEXO F

Base de datos



A N E X O G

Informe Final
(en PDF)





INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO
Blanco 839, Fono 56-32-2322000
Valparaíso, Chile
www.ifop.cl