



FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA

INFORMES TECNICOS F I P

FIP - IT / 94 - 25

INFORME : EVALUACION DEL RECURSO LANGOSTINO
FINAL AMARILLO EN LA ZONA CENTRO-NORTE

UNIDAD : INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO,
EJECUTORA DIRECCION ZONAL III Y IV REGIONES

JEFE DE PROYECTO:

HUMBERTO POOL P.

AUTORES:

**HUMBERTO POOL P.
CRISTIAN CANALES R.
CARLOS MONTENEGRO S.**

• Noviembre de 1996 •

REQUIRENTE:

CONSEJO DE INVESTIGACION PESQUERA - CIP
Presidente del Consejo: JUAN MANUEL CRUZ SANCHEZ

EJECUTOR:

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO - IFOP
Director Ejecutivo: PABLO ALVAREZ TUZA

RESUMEN EJECUTIVO

En el presente documento se informan los resultados finales del proyecto FIP "Evaluación del Recurso Langostino Amarillo en la Zona Centro-Norte (III-IV Regiones)".

En primer lugar, se debe destacar el marco general en que se desarrolló el proyecto entre julio de 1995 y junio de 1996. No obstante lo anterior, la toma de razón del mismo se efectuó el mes de mayo de 1995, sin embargo en junio del mismo año, la autoridad pesquera decretó una veda, de tal forma que las actividades propias del proyecto se comenzaron sólo a partir de julio de 1995.

Al considerar las actividades realizadas por la flota y los meses en los que por diferentes razones no hubo operación, nos encontramos con la siguiente situación:

Las actividades de pesca para 1995 sólo se desarrollaron entre julio y octubre, dado que el 03 de noviembre se copó la segunda cuota anual siendo sobrepasada en 75 toneladas. En esa misma época la empresa pesquera Camanchaca retira la flota que se encontraba operando en la Tercera Región (Pto. de Caldera). Luego a partir de esa fecha no se cuenta con capturas ni desembarques para esa zona, lo que implica que para el resto de la temporada sólo se cuenta con la información proveniente del puerto de Coquimbo. En este último puerto, las actividades se reanudaron sólo a partir del mes de marzo, dado que en los meses anteriores los armadores de la IV Región decidieron no realizar faenas de pesca sobre el langostino amarillo, ya que éste se encontraría pasando por su etapa de muda, encontrándose los individuos con el caparazón blando, y por otra parte toda la flota estaba concentrada en la captura del camarón nailon. Además, a partir de marzo los capitanes se mostraron negativos al embarque de muestreadores en sus embarcaciones aludiendo a:

- Falta de habitabilidad en la nave
- Rol de embarque completo
- Temor a una nueva sanción por parte de la autoridad marítima por exceso de tripulación.

Bajo las condiciones antes mencionadas queda en claro que el número de muestras ofrecidas en la propuesta técnica no fue posible alcanzarlo. En la propuesta se debían obtener 34.000 individuos en cada uno de los puertos (Caldera y Coquimbo), sin embargo sólo se logró colectar un total de 27.728 a lo largo del período de estudio. Esto significa que se colectó el 82% del total ofertado para un área y el 41% del total.

Respecto a la caracterización y operación de flota, se determinó que las variables de mayor variabilidad son la capacidad de bodega y el tonelaje de registro grueso, en tanto que las de menor dispersión son la eslora y abertura de punta de alas de las redes. Se estima que esta flota desembarcó entre la III y IV Regiones un total de 5.268 toneladas, de las cuales la IV Región concentró cerca del 93,07%. La estandarización del esfuerzo de pesca entregó poderes de pesca relativos que oscilaron entre 0,161 y 1,951, lo cual permitió estimar que el esfuerzo de pesca total aplicado por la flota, en el período y área evaluada ascendería a 6.112 horas de arrastre estándar.

En relación a la estimación del índice de densidad y a la operación de la flota, se determinaron cuatro áreas en las cuales los efectos de concentración de la flota, y por ende del recurso, fueron intensivos. Estas áreas correspondieron a los caladeros adyacentes a los puertos de Caldera (Caladero 1), Carrizal Bajo (Caladero 2), Coquimbo (Caladero 3) y al norte de Los Vilos (Caladero 4). Al respecto, se destaca que el área total de concentración del recurso se estimó en 3.942 km² y densidad relativa en el rango de 14,9 y 16 t/km²

Así mismo, la evaluación de stock propiamente tal en el área delimitada entre los 26°47' y 32°03' LS, determinó una biomasa y abundancia que a septiembre de 1995 habría llegado a las 58.907 toneladas y 3.167 millones de individuos respectivamente. Este nivel, que de acuerdo a su naturaleza normal se obtiene a un 5% de confianza, el límite inferior de la biomasa total alcanzaría las 49,9 mil toneladas, en tanto que por sobre la media el límite superior la ubica en 69,3 mil toneladas. De este total biomásico se estima que el 69% del peso corresponde a machos (40,1 mil toneladas) y el 31% restante a hembras (17,9 mil toneladas).

Respecto, al ciclo reproductivo del stock de langostino amarillo se determinó que éste se encuentra caracterizado por una moda centrada en agosto, con un 85% de hembras ovígeras, con lo cual se determina que la eclosión de los huevos ocurriría entre septiembre y noviembre de cada año. Considerando lo anterior, se ajustó a través de máxima verosimilitud la función de madurez sexual, con lo cual y a un 50% de la frecuencia acumulada, se determinó que la talla de primera madurez corresponde a 21,9 mm de longitud cefalotorácica.

Por otro lado, los parámetros de crecimiento son estimados diferenciados por sexos a través del algoritmo MIX que consideró mezclas distribucionales históricas, obteniendo para machos $L_{\infty}=62,1$ mm, $K=0,165$ y un $t_0=-1,62$ años, en tanto que para hembras se obtuvo que $L_{\infty}=54,6$ mm, $K=0,177$ y un $t_0=-1,87$.

En relación a la composición de tallas y edades del desembarque en el período analizado, se determinó que en Coquimbo los desembarques se encuentran constituidos principalmente por los primeros 3 grupos etáreos (I, II y III) y que el reclutamiento a esta área aporta en promedio para ambos sexos cerca del 13% del total. Por su parte, la composición de edades en el puerto de Caldera acusa la

ausencia de reclutas y la fuerte concentración del desembarque en el grupo de edad II.

Por otro lado, las tallas críticas del recurso langostino amarillo indican valores de 38,5 y 34,0 mm. de longitud cefalotorácica para machos y hembras respectivamente. Estas al ser superiores a las tallas de primera captura estimadas por sexos y zona de extracción, sugieren que el recurso desde la perspectiva de aprovechar su crecimiento somático no está siendo explotado eficientemente.

La proyección de producción de biomasa a septiembre de 1996 se estima en 53,5 mil toneladas, 9% menos de la biomasa que existía en septiembre de 1995, lo cual responde al efecto combinado entre la disminución del 54% de la producción de biomasa en Caldera y el incremento del 41% en Coquimbo. Esta situación sugiere que antes las bajas tasas de explotación que en promedio no superan el 6,5%, la reducción de la biomasa obedece a los efectos asociados con la alta mortalidad natural y la baja participación de clases anuales en Caldera.

Por otro lado y a partir de la serie mensual de desembarques, se ajustó un modelo de predicción a través del método de pronóstico de suavizamiento exponencial, el cual estimó para el siguiente período un desembarque de 633 toneladas. Sin embargo y debido al actual escenario de administración de la pesquería, junto con las componentes de mercado, hacen poco viable el uso de esta técnica como herramienta de predicción.

Finalmente, se determinó que la proporción estimada de remoción de huevos por pesca es de un 9,6%, augurando que la fracción restante de huevos serán el soporte de los futuros reclutamientos.

En definitiva y a la luz de los resultados presentados, se puede sostener que el stock de langostino amarillo explotado entre la III y IV Regiones no presenta síntomas de debilitamiento por efectos de la pesca, situación que es avalada por las bajas tasas de explotación (6,5%) y de remoción de huevos desde el stock reproductor (9,6%). Por otra parte y en términos estructurales, la composición de tallas del recurso se observa completa, con importantes modas que hoy sustentan los actuales desembarques, observándose de igual modo que el promisorio ingreso de reclutas a la pesquería especialmente en el área de Caldera, otorga a la dinámica de la población un estado positivo y de recuperación en los niveles de biomasa.

INDICE GENERAL

RESUMEN EJECUTIVO	i
INDICE GENERAL	vi
INDICE TABLAS Y FIGURAS	ix
1. INTRODUCCION	1
2. OBJETIVO GENERAL	3
2.1 Objetivos Específicos	3
3. METODOLOGIA EMPLEADA	4
3.1 Area de estudio e información utilizada	4
3.2 Objetivo Específico: "Caracterizar la operación de la flota pesquera comercial y estandarizar el esfuerzo de pesca"	5
3.3. Objetivo Específico: "Determinación de la abundancia relativa (CPUE) del stock de langostino amarillo"	6
3.3.1 Estimación de caladeros de pesca y de áreas de evaluación	6
3.3.2 Estimación de índices de densidad	7
3.3.3 Análisis de la variabilidad de los índices de densidad y/o abundancia	7
3.4 Objetivo Específico: "Estimación de la biomasa y abundancia en número del stock explotado de langostino amarillo"	10
3.5 Objetivo Específico "Determinar el ciclo reproductivo anual de la especie langostino amarillo y la función de madurez	11
3.5.1 Función de Madurez	12
3.6 Objetivo específico "Determinar la función de crecimiento individual de la especie langostino amarillo"	13
3.7 Objetivo específico : "Determinar el estado de explotación del stock del recurso langostino amarillo"	15

3.7.1 Estructura de Tallas, Edades y Sexos, y Producción de Biomasa Poblacional (PAGAS)	15
3.8 Objetivo específico adicional: "Pronóstico Estadístico de Desembarques"	18
3.8.1 Información utilizada	19
3.8.2 Suavizamiento exponencial	19
3.8.3 Análisis de tendencia	21
4. RESULTADOS Y ANALISIS	22
4.1 Objetivo Específico: "Caracterizar la operación de la flota pesquera comercial y estandarizar el esfuerzo de pesca"	22
4.1.1 Características geométricas y funcionales de la flota	22
4.1.2 Desembarques realizados por la flota	23
4.1.3 Operación de la flota por embarcación y estandarización del esfuerzo de pesca	23
4.1.4 Operación de la flota por caladero y período	25
4.1.5 Estimación del esfuerzo estandarizado total aplicado por la flota y su distribución espacio-temporal	28
4.2 Objetivo Específico: "Determinación de la abundancia relativa (CPUE) del stock de langostino amarillo"	30
4.2.1 Determinación de zonas de abundancia (Caladeros)	30
4.2.2 Estimación del índice de abundancia total y por caladeros de pesca	31
4.3. Objetivo Específico: "Estimación de la biomasa y abundancia en número del stock explotado de Langostino Amarillo"	33
4.3.1 Estimación de la relación longitud-peso	33
4.3.2 Estimación de la biomasa y abundancia total de langostino amarillo	33
4.4 Objetivo Específico: "Determinar el ciclo reproductivo anual de la especie de langostino amarillo y la función de madurez sexual para las hembras"	35

4.4.1	Estacionalidad en la proporción de hembras ovígeras	35
4.4.2	Función de madurez sexual	35
4.4.3	Función de fecundidad	36
4.4.4	Escala de desarrollo de huevos	37
4.5	Objetivo específico "Determinar la función de crecimiento individual de la especie langostino amarillo"	39
4.5.1	Análisis histórico de estructura de talla	39
4.5.2	Determinación de clases de edad	41
4.5.3	Determinación de parámetros de crecimiento	42
4.6	Objetivo específico: "Determinar el estado de explotación del recurso langostino amarillo"	43
4.6.1	Estructuras de tallas y edades de los desembarques	43
4.6.2	Tallas de primera captura y críticas del recurso	45
4.6.3	Producción de Biomasa, tasas de explotación y de remoción de huevos	46
4.7	Objetivo específico adicional: "Pronóstico Estadístico de Desembarques"	48
5.	CONCLUSIONES	49
6.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	53

TABLAS**FIGURAS**

INDICE DE TABLAS Y FIGURAS**TABLAS**

- Tabla 1.** Características geométricas, funcionales y antigüedad de la flota que operó sobre el langostino amarillo, durante el período de estudio.
- Tabla 2.** Matriz de correlaciones de las variables geométricas y funcionales de la flota que operó sobre langostino amarillo en el período de estudio.
- Tabla 3.** Desembarques de langostino amarillo en la III y IV Región, durante el período de estudio.
- Tabla 4.** Indicadores operacionales de la flota que realizó faenas extractivas sobre langostino amarillo en el período de estudio.
- Tabla 5.** Indicadores operacionales de la flota que realizó faenas extractivas sobre langostino amarillo en los Caladeros 1 y 2, año 1995.
- Tabla 6.** Indicadores operacionales de la flota que realizó faenas extractivas sobre langostino amarillo en el Caladero 3, año 1.
- Tabla 7.** Indicadores operacionales de la flota que realizó faenas extractivas sobre langostino amarillo en el Caladero 4, año 1995.
- Tabla 8.** Indicadores operacionales de la flota que realizó faenas extractivas sobre langostino amarillo en los Caladeros 3 y 4, año 1996.
- Tabla 9.** Límites latitudinales, número de lances y área total por caladero de pesca, Langostino Amarillo, III-IV Regiones.
- Tabla 10.** Densidades relativas estimadas por caladeros de pesca a través de las aproximaciones modelo y diseño basadas, Langostino Amarillo, III-IV Regiones, 1995.
- Tabla 11.** Estadísticos de regresión y parámetros de la relación longitud-peso estimada para Langostino Amarillo machos, III-IV Región, 1995.

- Tabla 12.** Estadísticos de regresión y parámetros de la relación longitud-peso estimada para Langostino Amarillo hembras, III-IV Región, 1995.
- Tabla 13.** Estadísticos de regresión y parámetros de la relación longitud-peso estimada para Langostino Amarillo machos y hembras, III-IV Región, 1995.
- Tabla 14.** Biomاسas y abundancias estimadas (diseño-basado) por caladero y sexos, Langostino Amarillo, III-IV Regiones, 1995.
- Tabla 15.** Proporción de hembras ovígeras, Langostino Amarillo, III-IV regiones, 1995-1996.
- Tabla 16.** Parámetros de la función de madurez y talla de primera madurez sexual estimada para Langostino Amarillo, III y IV Regiones.
- Tabla 17.** Estadísticos de regresión y parámetros de la relación longitud-n° de huevos estimada para Langostino Amarillo, III-IV Región.
- Tabla 18.** Resultados de las estimaciones de mezclas distribucionales para cada uno de los años considerados en el estudio.
- Tabla 19.** Parámetros de crecimiento estimados para langostino amarillo.
- Tabla 20.** Tallas promedio observadas y estimadas por grupo de edad, Langostino Amarillo III-IV Regiones
- Tabla 21.** Tallas modales y composición etárea del desembarque de Langostino Amarillo III-IV Regiones
- Tabla 22.** Frecuencia de tallas del desembarque por puerto y sexo, Langostino Amarillo III-IV Regiones.
- Tabla 23.** Frecuencia de tallas de la abundancia y biomasa de Langostino Amarillo
- Tabla 24.** Parámetros biológicos empleados en la estimación de la talla crítica de Langostino Amarillo, III-IV Regiones.
- Tabla 25.** Tallas y edades críticas, tallas de primera captura y diferencia porcentual entre L^* y $L_{50\%}$ estimadas por sexo y puerto, Langostino Amarillo II-IV Regiones

Tabla 26. Producción proyectada de biomazas y variación porcentual de las biomazas estimadas por sexo y caladeros de pesca, Langostino Amarillo, III y IV Regiones.

Tabla 27. Capturas, abundancias iniciales y tasas de explotación estimadas para Langostino Amarillo III-IV Regiones, 1995.

Tabla 28. Tasa de remoción de huevos, Langostino Amarillo, II-IV Regiones

FIGURAS

- Figura 1.** Areas de evaluación de langostino amarillo, Caladeros 1 y 2.
- Figura 2.** Areas de evaluación de langostino amarillo, Caladero 3.
- Figura 3.** Areas de evaluación de langostino amarillo, Caladero 4.
- Figura 4.** Distribución espacial del esfuerzo de pesca en número de lances.
- Figura 5.** Distribución espacial de esfuerzo de pesca en área rastreada (km²).
- Figura 6.** Distribuciones de frecuencia de lances de pesca por estrato de profundidad en los caladeros 1 y 2.
- Figura 7.** Distribuciones de frecuencia de lances de pesca por estrato de profundidad en los caladeros 3 y 4.
- Figura 8.** Composición por puerto y año de la fauna acompañante de langostino amarillo.
- Figura 9.** Distribución espacial del índice de densidad (abundancia) de langostino amarillo.
- Figura 10.** Distribución espacial del índice de densidad (abundancia) de langostino amarillo.
- Figura 11.** Relación talla-peso estimada para Langostino Amarillo III-IV Regiones: a) machos, b) hembras y c) machos y hembras
- Figura 12.** Frecuencias de biomazas estimadas para el caladero N° 1, Langostino Amarillo, III-IV Regiones.

- Figura 13.** Frecuencias de biomاسas estimadas para el caladero N° 2, Langostino Amarillo, III-IV Regiones.
- Figura 14.** Frecuencias de biomاسas estimadas para el caladero N° 3, Langostino Amarillo, III-IV Regiones.
- Figura 15.** Frecuencias de biomاسas estimadas para el caladero N° 4, Langostino Amarillo, III-IV Regiones.
- Figura 16.** Frecuencia de tallas de hembras totales y ovigeras, Langostino Amarillo, III-IV Regiones.
- Figura 17.** Curvas de madurez sexual ajustadas, Langostino Amarillo, III-IV Regiones.
- Figura 18.** Función de fecundidad ajustada, Langostino Amarillo, III-IV Regiones.
- Figura 19.** Progresión mensual del desarrollo de huevos en la temporada 1995.
- Figura 20.** Progresión mensual del desarrollo de huevos en mayo y junio de 1996.
- Figura 21.** Clases de edad identificadas para machos de langostino amarillo.
- Figura 22.** Clases de edad identificadas para hembras de langostino amarillo.
- Figura 23.** Representación gráfica del ajuste para machos de langostino amarillo al modelo de crecimiento de Von Bertalanffy.
- Figura 24.** Representación gráfica del ajuste para hembras de langostino amarillo al modelo de crecimiento de Von Bertalanffy.
- Figura 25.** Comportamiento de los residuales respecto de los valores predichos por el modelo de Von Bertalanffy para machos de langostino amarillo.
- Figura 26.** Comportamiento de los residuales respecto de los valores predichos por el modelo de Von Bertalanffy para hembras de langostino amarillo.
- Figura 27.** Frecuencia de tallas relativa, puerto de Caldera, Langostino Amarillo, III-IV Regiones.

- Figura 28.** Frecuencia de tallas relativa, puerto de Coquimbo, Langostino Amarillo, III-IV Regiones.
- Figura 29.** Mezcla distribucional de hembras, Langostino Amarillo, Caldera, III Región.
- Figura 30.** Mezcla distribucional de machos, Langostino Amarillo, Caldera, III Región.
- Figura 31.** Mezcla distribucional de machos, Langostino Amarillo, Caldera, III Región.
- Figura 32.** Mezcla distribucional de machos, Langostino Amarillo, Caldera, III Región.
- Figura 33.** Biomasa unitaria en función de la talla, Langostino Amarillo, III-IV Regiones.
- Figura 34.** Razón de cambio de la biomasa unitaria en función de la talla, Langostino Amarillo, III-IV Regiones.
- Figura 35.** Fracción de remoción de huevos en función de la talla, Langostino Amarillo, III-IV Regiones.
- Figura 35.** Serie mensual de desembarques y su promedio móvil, Langostino Amarillo.
- Figura 36.** Serie mensual de desembarques y tendencia estimada, Langostino Amarillo.
- Figura 37.** Serie mensual de desembarques y su suavizamiento exponencial, Langostino Amarillo.
- Figura 38.** Serie mensual de desembarques y su suavizamiento exponencial, Langostino Amarillo.

1. INTRODUCCION

El langostino amarillo (**Cervimunida johni**, Porter 1903) habita la plataforma continental, a profundidades entre los 50 y 500 m, en una distribución latitudinal comprendida entre Taltal e Isla Mocha (Bahamonde, 1965; Henríquez, 1982). Esta especie sustentó la pesquería industrial de crustáceos demersales en sus inicios, alrededor de 1950, siendo entonces capturado principalmente entre Coquimbo y Matanza, entre los 110 y 360 m de profundidad (Bahamonde, 1965). Entre 1951 y 1960 la pesquería estaba en su fase incipiente, con un nivel de esfuerzo pesquero bajo, una área de operación de la flota reducida y volúmenes de captura entre 4.000 y 6.000 t anuales, que se desembarcaron en Coquimbo, Quintero y Valparaíso. A partir de 1960 la intensidad de pesca experimentó un considerable aumento, llegando a desembarcar 14.365 t en 1965, a consecuencia de lo cual se llegó a un estado de sobreexplotación de este recurso (Henríquez, 1982).

A causa de la disminución de los rendimientos de langostino amarillo, a partir de 1966 la pesquería se extendió hacia el sur, explorando nuevas áreas de captura, lo que llevó a incorporar a la explotación otra especie de langostino, el colorado (**Pleuroncodes monodon**). A medida que la flota se desplazaba hacia el sur, la incidencia del langostino colorado en los desembarques aumentó progresivamente, pasando a constituir el principal recurso crustáceo, en desmedro del langostino amarillo, el que no logró recuperarse. De este modo entre 1968 y 1975 las capturas de langostino amarillo se mantienen a bajos niveles, para luego caer en un período de fuertes fluctuaciones, en un estado de sobreexplotación. A contar de 1984 se produjo un resurgimiento de la pesquería en las regiones III y IV, con desembarques similares a los obtenidos en el inicio de su desarrollo.

La evolución posterior de esta pesquería ha estado influenciada por las normativas legales dictadas para regular la pesquería del langostino colorado, que la divide en dos áreas de explotación, una ubicada en las regiones III y IV y otra en el resto del país, relacionada con el manejo del recurso langostino colorado. En la III Región la pesquería está abierta y en la IV Región el acceso a la pesquería está controlado por su relación con la merluza común, sometida a régimen de plena explotación.

En los últimos años, el desembarque de langostino amarillo, capturado en su mayor parte en áreas de la IV Región, ha representado alrededor del 20% del total de crustáceos a nivel nacional. Sin embargo, este significativo aporte ha disminuido notoriamente en 1992 y 1993, probablemente debido a la política de manejo del langostino colorado por una parte, y a la baja del precio internacional de los productos obtenidos del recurso, por otra (Alegría *et al.*, 1994).

Escasos estudios se han realizado sobre la biología de esta especie (De Buen, 1957; Fagetti, 1959; Alegría *et al.*, 1963; Bahamonde, 1965; Arana y Pizarro, 1970; Bahamonde *et al.*, 1986; Martínez y Carrasco, 1986), casi todos referentes al langostino amarillo que habita el área entre Coquimbo y Constitución. El Instituto de Fomento Pesquero realizó, en 1992, un estudio de evaluación directa del recurso en las Regiones V y VI, que aportó datos sobre biomasa, distribución y estructura poblacional de la especie en el área estudiada. Por otra parte, el Instituto de Fomento Pesquero ha incluido esta especie en los estudios realizados sobre el estado de situación de las pesquerías de crustáceos (Alegría *et al.*, 1992, 1993). Estos estudios han permitido conocer algunos aspectos importantes tanto de la dinámica operacional de extracción del recurso, como de la estructura poblacional del stock explotado, en base a información obtenida directamente en las Empresas Pesqueras involucradas en la pesquería. Estos datos están contenidos en las bitácoras de pesca referentes a la actividad operacional de la flota, esfuerzo y capturas, más información obtenida de los muestreos biológicos de los desembarques.

2. OBJETIVO GENERAL

Cuantificar aplicando una metodología de evaluación indirecta el stock de langostino amarillo (**Cervimunida johni**) explotado comercialmente en el litoral de las Regiones III y IV; y determinar aspectos biológicos pesqueros relativos a la reproducción y el crecimiento del recurso.

2.1 Objetivos Especificos

- Caracterizar la operación de la flota pesquera comercial y estandarizar el esfuerzo de pesca.
- Determinar la abundancia relativa (CPUE) del stock de langostino amarillo.
- Estimar la biomasa (en peso) y la abundancia (en número) del stock de langostino amarillo explotado por la flota pesquera comercial.
- Determinar el ciclo reproductivo anual de la especie langostino amarillo y la función de madurez sexual para las hembras.
- Determinar la función de crecimiento individual de la especie langostino amarillo.
- Determinar el estado de explotación del stock del recurso langostino amarillo.

3. METODOLOGIA EMPLEADA

3.1 Area de estudio e información utilizada

La zona de estudio comprendió el área de operación de la flota arrastrera langostinera camaronera con puertos base en Caldera y Coquimbo. Según la información disponible en IFOP los límites de operación de la flota en los años previos fue 25°30'LS y 32°40'LS. La información empleada y relativa a los aspectos operacionales proviene de las bitácoras de pesca recopiladas por SERNAPESCA y digitalizadas por IFOP, en tanto que los datos biológicos corresponden a los muestreos dirigidos que la institución realiza en los puertos de Caldera y Coquimbo.

En este sentido, las bitácoras de pesca incluyen información relevante asociada a los siguientes aspectos: identificador de la nave, lance, posición inicial y final de cada lance, captura en kg, hora inicial y final de cada lance, profundidad inicial y final de cada lance, captura en kg de fauna acompañante, tipo de fondo, y velocidad del arrastre entre otras, en tanto que los muestreos biológicos, dan cuenta de la talla, sexo, peso del ejemplar, dureza del caparazón, estado reproductivo (ovígeras o no), y número de huevos a la talla entre otras.

Finalmente, y solo para los efectos de la evaluación de stock propiamente tal, se considera la información relativa a los meses de máximos desembarques y que coinciden con la época de mayor disponibilidad del recurso al arte de pesca, a saber, entre julio y noviembre de cada año.

3.2 Objetivo Específico: "Caracterizar la operación de la flota pesquera comercial y estandarizar el esfuerzo de pesca"

Las embarcaciones fueron caracterizadas en base a sus propiedades funcionales y geométricas, con la información contenida en los registros técnico operacionales, ya recolectada en temporadas previas, y en el caso de los barcos que se integran a la pesquería, con información que se obtuvo de las empresas participantes al respecto. IFOP tiene una amplia experiencia desde las temporadas de 1992 y 1993. En este sentido, las características de la flota mas relevantes y que permiten su caracterización por embarcación son las siguientes: eslora, manga, puntal, calado, año de fabricación, TRG, TRN, potencia del motor principal, m³ de bodega, y la abertura punta-alias de las redes empleadas. Esta última variable corresponde a los registros existentes en los talleres de redes de las principales empresas pesqueras consideradas.

Por otro lado y con el fin de estandarizar el esfuerzo de pesca de la flota langostinera ,en primer lugar se debió seleccionar la unidad de esfuerzo mas representativa de la operación de la flota (horas de arrastre o lances de pesca), para lo cual se aplicó el modelo multiplicativo de Carlson (1975):

$$C_i = \alpha P_i^\alpha E_i^\beta$$

donde C corresponde al desembarque de la i-ésima embarcación, P es una característica de la embarcación asociada a su poder de pesca, y E es la unidad de esfuerzo. De este modo y a través de un análisis de regresión múltiple en base logarítmica para obtener un modelo aditivo, se probó con diversos P (eslora, TRG, años de construcción, etc) y E (horas de arrastre y número de lances de pesca) de modo de seleccionar un par P, E que describiesen de mejor forma la variabilidad de los desembarques de cada embarcación.

De esta forma, la estandarización del esfuerzo de pesca se determinó por la ecuación,

$$E_i^s = E_i * PP_i$$

siendo PP el poder de pesca relativo determinado como:

$$PP_i = \frac{CPUE_i}{CPUE_p}$$

donde CPUE es la captura por unidad de esfuerzo de la i-ésima embarcación, en tanto que "p" indexa la unidad de pesca considerada como patrón o estándar.

3.3 Objetivo Específico: "Determinación de la abundancia relativa (CPUE) del stock de langostino amarillo"

3.3.1 Estimación de caladeros de pesca y de áreas de evaluación

Siguiendo la lógica de un crucero de investigación real, en primer lugar y a través del ploteo de los lances de pesca comerciales sobre una carta náutica de escala 1:500.000, se identificaron las áreas dentro de las cuales se concentró el esfuerzo de pesca (en un crucero de investigación se identificarían focos de abundancia), para luego y en conocimiento que la pesca se realiza aproximadamente entre los veriles de 100 y 400 m de profundidad, delimitarse latitudinalmente y por simple inspección las áreas de evaluación, lo cual posibilitó posteriormente el cálculo de las respectivas superficies, a través de un planímetro digital.

3.3.2 Estimación de índices de densidad

Considerando que al evaluar la disponibilidad de un determinado recurso a través de índices de abundancia, se hace recomendable emplear algún índice asociado a la densidad o concentración del recurso, se empleó de la captura por unidad de área estándar:

$$CPUE_i = \frac{\sum_{j=1}^{nl} \frac{C_{i,j}}{PP_i \times APA_i \times h_{i,j} \times v_{i,j}}}{nl_i}$$

siendo el subíndice "j" relativo al número de lances (nl), APA es la abertura puntal-alas de la red asociada a la i-ésima embarcación, en tanto que "h" y "v" corresponden a la duración (horas) y velocidad (km/h) desarrollada por la embarcación "i" en el j-ésimo lance de pesca, respectivamente.

3.3.3 Analisis de la variabilidad de los índices de densidad y/o abundancia

El enfoque planteado se basó en la exploración de la naturaleza estadística de la variable estandarizada a medir (CPUE), para lo cual se consideraron dos tipos de aproximaciones:

- a) diseño-basada: la cual implica la determinación empírica de la distribución de la variabilidad del índice biomasa relativa (CPUE), a través de simulación de cruceros de investigación, y
- b) modelo basada: la cual presupone una distribución de tipo log-normal de la variabilidad del índice de biomasa relativa (CPUE).

Estas metodologías requieren como fuentes de entrada un estimado de captura por unidad de área estandarizada por lance y unidad de pesca, delimitación de caladeros de pesca y estimación de áreas de evaluación, razón por la cual se procedió de la siguiente forma:

a) Estimación modelo-basada

La estructura del modelo, se describe como el estimador de máxima verosimilitud en la distribución lognormal según Pennington (1986) dada por el estimador de Finney-Sichel (FS):

$$FS = \left(\frac{m}{x}\right) e^{\bar{y}} G_m(r)$$

donde m es el número de lances con pesca, x el número total de lances, \bar{y} la variable en términos logarítmicos y $G_m(r)$ la función de varianza asimilada de la forma:

$$G_m(r) = 1 + \frac{(m-1)r}{m} + \frac{(m-1)^3 r^2}{2! m^2 (m+1)} + \frac{(m-1)^5 r^3}{3! m^3 (m+1)(m+3)} + \dots$$

donde m es mayor que cero y $r = \frac{s^2}{2}$, siendo s la varianza de la variable en su escala logarítmica.

De esta forma, los intervalos de confianza asociados a los estimadores se expresan de la forma:

$$LS_{1-\alpha} = \exp\left(\bar{y} + r + H_{1-\alpha} \sqrt{\frac{2r}{m-1}}\right)$$

$$LI_{\alpha} = \exp(\bar{y} + r + H_{\alpha} \sqrt{\frac{2r}{m-1}})$$

donde H corresponde al estadístico tabulado en Land (1975) con doble interpolación de 4 puntos de Lagrange.

b) Estimación diseño basada

En base a la información de bitácoras de pesca y las características geométricas de las redes empleadas por las embarcaciones que operan sobre este recurso, se simularon cruceros de investigación de acuerdo a la metodología desarrollada por Roa (1995) y modificada en otros términos en el presente estudio.

En efecto, en el algoritmo original CRUSIM desarrollado por Roa (1995) en lenguaje FORTRAN, básicamente se recogía un valor de CPUE (kg/km^2) desde una determinada cuadrícula de pesca de 1 km^2 , escogida al azar sin reposición, para luego y dependiendo del número de pseudo-lances (cuadrículas) del crucero de investigación virtual, se determinaba una CPUE promedio en la zona analizada. Esta operación se repetiría tantas veces como fuera necesario para robustecer estadísticamente los estimados de CPUE. Sin embargo, y considerando que en un crucero de evaluación directa la unidad básica de muestreo es el lance, el programa fué modificado en lenguaje MATLAB 4.2c para la simulación de lances de pesca escogidos al azar dentro de un determinado caladero, y cuya estimación de promedios sigue la misma lógica de CRUSIM.

Para estos efectos, se ejecutaron 1000 cruceros de investigación por caladeros, donde en cada uno de estos se efectuó un 80% del total de lances de pesca registrados al azar y sin reposición a través de la técnica "Bootstrap", con lo cual fué

posible conocer por caladero empíricamente la distribución de probabilidades de la biomasa estimada y sus intervalos de confianza para un $\alpha = 5\%$.

3.4 Objetivo Específico: “Estimación de la biomasa y abundancia en número del stock explotado de langostino amarillo”

Una vez identificados los valores centrales de CPUE por caladeros de pesca, la biomasa de langostino amarillo se estimó de acuerdo con:

$$B = \frac{\overline{CPUE} (kg / km^2) * A (km^2)}{q * 10^3}$$

donde \overline{CPUE} corresponde al índice de densidad promedio estandarizado, “A” es la superficie del área analizada y “q” el coeficiente de capturabilidad supuesto igual a la unidad, es decir y a falta de mayores antecedentes, se supone que dentro de el área de acción de la red todos los individuos son capturados y que el escape al arte es nulo.

Por otra parte, la abundancia media interpretada como el número de ejemplares vulnerables por el arte de pesca, se estimó diferenciada por sexos y por intervalos de tallas suponiendo para el efecto que la composición de tallas y proporción de sexos obtenidas del desembarque (en número) son representativas del stock explotable. De esta manera, aceptando que la biomasa por sexos e intervalos de tallas (N(L)) queda determinada por la forma:

$$B(L) = \frac{C(L) * W(L)}{\sum_L C(L) * W(L)} * B$$

consecuentemente, la abundancia a la talla y por sexos se define como:

$$N(L) = \frac{B(L)}{W(L)}$$

cuya sumatoria corresponderá a la abundancia total por sexos, donde $C(L)$ y $W(L)$ es la captura (en número) y peso teórico correspondientes al L -ésimo intervalo de tallas, en tanto que B corresponde a la biomasa estimada conforme a lo detallado anteriormente.

3.5 Objetivo Específico “Determinar el ciclo reproductivo anual de la especie langostino amarillo y la función de madurez

La información para la determinación del ciclo reproductivo anual de la especie provino de los muestreo biológicos de la captura. La determinación de un ciclo poblacional, se realiza a través de la construcción de una serie de tiempo intraanual de intervalo mensual de las estimaciones de diversas variables reproductivas y de otros procesos poblacionales.

En este sentido, se construyó una serie anual de intervalo mensual de la proporción de hembras en estado reproductivo, que se distinguió por la presencia o ausencia de huevos en el abdomen. Los tamaños de muestra permitieron dividir la serie de proporción de portación de huevos en algunas categorías de talla, para saber si existen diferencias en cuanto a los períodos de maduración de hembras de distinto tamaño y edad. Esta serie permitió conocer los períodos de portación de huevos de las hembras de la especie.

A partir de las muestras llevadas al laboratorio, se determinó una serie de estados de madurez de los huevos, para lo cual se desarrolló una escala de madurez de los

mismos, utilizando los criterios empleados por Palma y Arana (1989) para el langostino colorado. Un aspecto en particular que se abordó a través del análisis de la secuencia temporal de los estados de madurez de los huevos, fue la identificación de más de un evento poblacional de eclosión larval.

El período de cópula no tiene una manifestación obvia a través de los datos que se obtienen del muestreo biológico de las capturas. Sin embargo, es posible inferir que el período de cópula, si es único durante el ciclo reproductivo poblacional, ocurre antes del período de portación de huevos, y después de que ese período ha finalizado.

3.5.1 Función de Madurez

La estimación de los parámetros de madurez sexual de las hembras de langostino amarillo se realizó por el método de regresión logística (Hosmer y Lemeshow, 1989), ajustando la función:

$$P(L) = \frac{1}{1 + \exp(a - bL)}$$

donde P es la proporción madura, L es la talla, "a" es el parámetro de posición, y "b" es el parámetro de pendiente. Al existir un ciclo reproductivo anual, la función de madurez también adquiere un ciclo de período anual, por lo tanto la función de madurez fue estimada en aquellos meses en que la proporción de hembras ovígeras es máxima. De este modo, la función de ajuste fue la de máxima verosimilitud de la función densidad de probabilidad binomial:

$$\phi(a, b) = \sum h \ln(P) + (1 - h) \ln(1 - P)$$

donde h es una variable dicotómica que toma valores 1 (presencia de huevos) ó 0 (ausencia de huevos), y P es la función logística de madurez sexual antes detallada. De esta forma, la talla media de madurez sexual se obtuvo simplemente haciendo $P=0,5$, y despejando para la talla L , de donde $L_{50\%} = -a/b$.

3.6 Objetivo específico “Determinar la función de crecimiento individual de la especie langostino amarillo”

La opción que se planteó fue ajustar un modelo de crecimiento individual promedio por año, bajo el concepto que la cantidad de mudas por año de vida no cuenta, sino sólo el incremento de tamaño promedio por año de vida. El ajuste de un modelo de crecimiento individual promedio anual se realizó a través de una serie de tiempo de datos de frecuencia de longitudes que abarca los años 1965, 1966, 1968, 1970, 1979, 1981 y 1995-1996, separado por sexo, por lo que el análisis del crecimiento promedio anual podrá analizarse en un contexto de variabilidad en el mediano plazo, y para cada sexo por separado.

La metodología consiste en realizar un análisis de mezclas distribucionales con el algoritmo numérico estadístico MIX (Macdonald y Pitcher, 1979) en cada uno de los datos anuales de frecuencia de longitudes, sujeto a la restricción de que las tallas medias de las clases anuales yazcan sobre una curva de crecimiento asintótico de Von Bertalanffy. Ese tipo de función de crecimiento individual promedio anual, es ampliamente utilizado en crustáceos bentónicos que tienen varios años de vida (Campbell, 1983; Anderson, 1991; Plaut y Fishelson, 1991; Somers y Kirkwood, 1991; Bergström, 1992; Roa, 1993b). El análisis de mezclas distribucionales implementado en el programa estadístico MIX se basa en el método de estimación de parámetros vía principio de máxima verosimilitud. La mezcla distribucional, cuya forma observable es un histograma, queda representada por:

$$g(L) = \pi_1 f_1(L) + \dots + \pi_k f_k(L)$$

donde π_i es la proporción de representación de la distribución i en la mezcla, y $f_i(L)$ es una función densidad de probabilidad. Existen k de esas funciones en la mezcla distribucional. En nuestro caso la variable L es la talla, y como se dijo previamente las funciones son clases anuales y corresponden a la función densidad de probabilidad normal. Cada función normal está caracterizada por dos parámetros: la media y la varianza, por lo que al ajustar una mezcla distribucional al histograma de langostino amarillo capturado en una temporada, se requiere estimar $3k$ parámetros, k medias, k varianzas, y k proporciones, más los tres parámetros de la función de crecimiento individual Von Bertalanffy (con t representando la edad):

$$L_t = L_\infty (1 - \exp(-k(t - t_0)))$$

donde L infinito es el tamaño asintótico, k la constante de Brody, y t_0 la edad a la cual la talla es cero. La estimación de los parámetros de la mezcla distribucional, sujeta a la evidencia de los histogramas colectados, se realizó mediante máxima verosimilitud, es decir, tomando el valor de parámetros en los cuales la derivada parcial del logaritmo de la función de verosimilitud respecto de los parámetros es igual a cero.

El análisis se realizó para cada año por separado, utilizando el MIX, y para el total de años simultáneamente. El análisis simultáneo se realiza a través de la metodología descrita por Roa (1993a,b), que consiste en obtener el total de clases anuales para toda la serie (separado por sexo), y luego clasificar las clases anuales en clases de edad de acuerdo a un criterio que toma en cuenta la media y la varianza de cada clase anual. De esta manera, en cada clase de edad existirá un cierto número de clases anuales, provenientes de distintos años de observaciones, lo que

incrementará los grados de libertad del análisis de crecimiento, mejorando de esa manera el ajuste.

3.7 Objetivo específico : "Determinar el estado de explotación del stock del recurso langostino amarillo"

El estado de explotación del recurso se abordó desde dos puntos de vista: el biológico poblacional, y el biológico pesquero. Para el primer enfoque, se utilizó la estructura poblacional de la captura en términos de tallas, sexo, y edades, y su comparación con la talla y edad crítica de cada sexo; y la expectativa de producción de biomasa para el siguiente año. Desde el punto de vista biológico pesquero, el estado de explotación del recurso fue analizado a través de la remoción de potencial reproductivo por parte de la pesquería, y la tasa de explotación, que es una medida de la razón de remoción de biomasa.

3.7.1 Estructura de Tallas, Edades y Sexos, y Producción de Biomasa Poblacional (PAGAS)

Análisis de estructuras de tallas y edades

De la información de los muestreos biológicos y el análisis de mezclas distribucionales descrito en el objetivo anterior, se construyeron tablas de captura total de la temporada en número por categoría de talla, zona y edad, para machos y hembras, de tal manera que se conoció si existe un sector poblacional que contribuye más fuertemente al stock explotado.

Por otra parte y con el fin de evaluar el nivel de explotación desde el punto de vista del correcto aprovechamiento del crecimiento somático de la especie, efectuó la

comparación de las tallas de primera captura por sexos con las tallas críticas del recurso. Esta última talla se obtiene cuando la biomasa de una cohorte inexplorada en función de la talla alcanza su máximo, es decir, donde la derivada:

$$\frac{\partial N(L)W(L)}{\partial L} = 0,$$

siendo $N(L)$ la función de mortalidad de la cohorte y $W(L)$ la función de crecimiento individual en peso. De esta forma y una vez conocida la talla crítica (óptima), la edad crítica queda resuelta despejándola desde la ecuación de Von Bertalanffy.

Al comparar la estructura de tallas y edades de la captura con los valores estimados de talla y edad de máxima producción de biomasa se realizó un simple análisis de la situación de explotación del langostino amarillo en relación con el aprovechamiento de su potencial de producción de biomasa. Es decir, si la estructura de tallas y edades de la captura abarca principalmente a tallas y edades por sobre la talla y edad de máxima producción de biomasa, la explotación está ocurriendo de acuerdo con el principio de aprovechamiento del potencial de producción.

Proyección de la Producción de Biomasa

Conocida la abundancia en peso, la estructura de tallas, los pesos medios a la talla, y los parámetros de la función de crecimiento, es posible calcular la producción poblacional de biomasa en el siguiente período anual, en unidades de peso, bajo el supuesto que la estructura de tallas variará poco dentro del siguiente año, y que la estructura de tallas de la captura es un fiel reflejo de la estructura de tallas poblacional. Para ello, se utiliza la expresión:

$$P = B \sum_{i=1}^s \frac{Q_i w_i}{\sum_{i=1}^s Q_i w_i} kb \left(\frac{L_\infty}{L_i} - 1 \right)$$

donde P es la producción anual proyectada, B es la biomasa en peso estimada, Q es la frecuencia numérica agregada para toda la temporada por zona de la categoría de talla i , w es el peso medio de la categoría i , k y L_∞ son los parámetros de crecimiento asintótico, y b es el exponente de la relación entre talla y peso estimado en este estudio. La ecuación anterior pertenece a una familia muy general de fórmulas de producción secundaria, descritas por Crisp (1984), y derivada desde expresiones para la producción específica instantánea por Roa y Quiñones (1994, en revisión).

- Efecto de la Pesca sobre el Potencial Reproductivo: Razón de Remoción de Huevos por Pesca

El objetivo en esta Sección es cuantificar la cantidad de huevos extraída por la flota durante la temporada, y comparar esa cantidad con la cantidad que existe en la zona de pesca durante la temporada. Para ello se utilizó la expresión:

$$P_0 = \frac{\sum_{i=1}^s C_{hov,i} F_i}{\sum_{i=1}^s N_{hov,i} F_i}$$

donde la captura C se mide en número, P_0 es la proporción de huevos removidos, el subíndice hov se refiere a hembras ovíferas, F se refiere a la función de fecundidad, N es la abundancia, y la sumatoria es sobre las categorías de talla i . A través de este índice se pudo conocer si bajo las actuales condiciones, la pesca tiene un efecto significativo o despreciable sobre el potencial reproductivo del stock.

La determinación de la función de fecundidad se realizó mediante análisis en laboratorio, de las muestras provenientes de la captura. La cantidad de huevos que porta una hembra es muy alta, por lo que es necesario contar una fracción del total de huevos portados por cada hembra analizada. Para ello, se empleó un método de submuestreo gravimétrico o volumétrico, según fue lo más conveniente de acuerdo a las características biológicas de la masa ovífera.

Efecto de la Pesca sobre la Biomasa: Tasa de Explotación

Para resumir el estado de explotación del recurso, y obtener la tasa de remoción de biomasa, se estimó la tasa de explotación, dada por la expresión:

$$\mu = \frac{C}{(N + C)e^{M/2}}$$

que representa a la razón entre la captura en peso a la mitad de la temporada y la abundancia al inicio de la temporada (M es la mortalidad natural).

3.8 Objetivo específico adicional: "Pronóstico Estadístico de Desembarques"

La utilización de las técnicas de análisis de series de tiempo, tienen una amplia aplicación en las áreas de manejo, planificación y desarrollo de procesos industriales, además de su uso como herramienta accesoria a procesos de planificación financiera, análisis de mercados y otros (Montgomery *et al.* 1990). Sin embargo, en el área de la investigación pesquera, los análisis de series cronológicas han estado restringidos generalmente a la descripción de las series, no abordándose la problemática de la modelación y predicción. Generalmente, esta temática se aborda en la componente económica del sector (precios, exportaciones y

producción). Algunos factores que inciden en esta situación tienen relación con la disponibilidad de series históricas de observaciones, estimaciones de variables o parámetros a través de períodos relativamente grandes de tiempo, sin observaciones faltantes en la serie.

Usualmente las técnicas de series temporales abordan cuatro objetivos fundamentales: modelación, simulación, predicción y control. Dentro de las técnicas de análisis de series cronológicas se encuentran los métodos de suavizamiento de promedios móviles, métodos de suavizamiento exponencial y los modelos ARIMA (modelos autoregresivos integrados de medias móviles). En el presente estudio se ha abordado fundamentalmente la descripción de la serie y su modelación dentro de los métodos de suavizamiento exponencial y la predicción.

3.8.1 Información utilizada

La información utilizada corresponde a los desembarques mensuales de langostino amarillo, entre enero de 1988 y julio de 1996, en los puertos de Caldera y Coquimbo. Los datos de 1988 a 1995 provienen de los Anuarios Estadísticos de Pesca de SERNAPESCA y la información de 1996, es preliminar de esta misma institución. De esta manera la serie cronológica consta de 103 observaciones.

3.8.2 Suavizamiento exponencial

La técnica utilizada, corresponde al suavizamiento exponencial descrito por Montgomery *et. al.* (1990). Este método de pronóstico no se basa en el análisis de los componentes históricos de la serie de tiempo como tales, sino más bien, utiliza como pronóstico un promedio móvil ponderado, en donde los pesos que se asignan se reducen en forma exponencial conforme mayor es la antigüedad de los períodos.

Existen, de hecho, diversos tipos de modelos de suavizamiento exponencial. El suavizamiento exponencial simple utiliza la siguiente expresión:

$$\hat{Y}_{t+1} = \hat{Y}_t + \alpha(Y_t - \hat{Y}_t)$$

donde \hat{Y}_{t+1} representa el pronóstico para el siguiente período de la variable Y ; \hat{Y}_t es el pronóstico para el período más reciente; α es la constante de suavizamiento, que oscila entre 0 y 1; Y_t es el valor real para el período más reciente.

Esta técnica se puede generalizar para procesos más complejos, con componentes estacionales y tendencias de tipo lineal, sigmoídea u otra. Así, para la serie en estudio, se realizó un análisis exploratorio de manera de determinar si se requieren componentes adicionales al modelo básico de suavizamiento exponencial de primer orden.

Usualmente los valores para las constantes de suavizamiento no son estimados y se ingresan directamente al modelo predictivo. Aquí se ha adoptado un criterio de búsqueda de parámetros a través de la minimización de la siguiente expresión vía iteraciones quasi-Newton:

$$I = \sum_{t=1}^n (x_t - b_1 - b_2 t)^2$$

donde I es la función a minimizar, x_t es la observación al tiempo t , b_1 y b_2 son parámetros. Como índices de falta de ajuste (lack of fit) se utiliza el error medio, el cual se calcula como el promedio de las diferencias entre los valores observados y las predicciones un paso adelante; y la suma de cuadrados de los errores.

3.8.3 Análisis de tendencia

El método de mínimos cuadrados es la base común que se utiliza para identificar el componente de tendencia de una serie de tiempo, determinándose la ecuación que mejor se ajuste a la línea de tendencia. Debe observarse que, en términos estadísticos, una línea de tendencia no es una línea de regresión dado que la variable dependiente Y no es aleatoria (Kazmier y Díaz, 1991). Así, cuando parece que el aumento o la disminución a largo plazo sigue una tendencia lineal, la ecuación para la línea de tendencia es:

$$Y_T = b_0 + b_1 X$$

donde: Y_T es el valor del desembarque en el instante T, b_0 es el parámetro de posición, b_1 es el parámetro de tendencia y X es el número de la observación.

4. RESULTADOS Y ANALISIS

4.1 Objetivo Específico: "Caracterizar la operación de la flota pesquera comercial y estandarizar el esfuerzo de pesca"

4.1.1 Características geométricas y funcionales de la flota

La flota que realizó faenas de pesca sobre el langostino amarillo entre julio de 1995 y junio de 1996, en la zona entre los 26°46' LS (norte Pta. Cabeza de Vaca) y los 32°04' LS (caleta Pichidanguí), estuvo constituida por 24 embarcaciones, las cuales utilizaron como puertos de operación Caldera, Coquimbo y Quintero, pero principalmente los dos primeros. En el puerto de Caldera se registraron 3 embarcaciones, en Coquimbo 13 y en Quintero 8. Estas presentaron una eslora promedio de 20,96 m, capacidad media de bodega de 120,38 m³, motor de 397 HP promedio, una antigüedad promedio de 30 años y una abertura de punta de alas de la red (APA) promedio de 17,83 m (**Tabla 1**). Las variables que menor varianza presentan son la eslora y APA (coeficiente de variación de 0,12 para la primera y 0,13 para la segunda); en tanto que las de mayor variabilidad son las que miden capacidad de bodega y tonelaje (coeficiente de variación entre 0,25 y 0,27).

De este modo, se aprecia que la flota presenta características geométricas y funcionales relativamente homogéneas, no presentándose embarcaciones que se alejen en forma sustancial de los valores medios calculados.

La matriz de correlación de las variables geométricas y funcionales presenta valores positivos para la mayoría de los cruces. Se aprecia que algunas variables presentan un alto nivel de asociación lineal, en especial el caso del TRB con el TRN, lo que es bastante explicable, por cuanto ambas miden tonelajes de las embarcaciones. También

se destaca la asociación de la eslora con todas las demás variables a excepción de la APA. Esta última no parece tener ninguna asociación lineal de importancia con las demás variables, a excepción de la capacidad de bodega (**Tabla 2**).

4.1.2 Desembarques realizados por la flota

Los desembarques realizados por la flota en el período de estudio, alcanzaron las 5.268 toneladas, concentrando el 93,07% la IV Región, con 4.903 t. En el período junio-diciembre de 1995 se desembarcó el 53,77% del total del período de estudio. Los meses de mayor actividad fueron octubre de 1995 (1.259 t) y mayo de 1996 (1.023 t). El primero, es el desembarque más alto registrado en la zona centro-norte, en los últimos 9 años de la pesquería (**Tabla 3**). Esto se debe a un conjunto de factores, entre los que destaca el sistema de cuotas de captura para las pesquerías demersales de crustáceos, el que lleva a los armadores pesqueros a optar por estrategias de pesca y producción acordes con las medidas de administración implementadas para las distintas pesquerías.

El análisis de la serie histórica de los desembarques, de los últimos nueve años de la pesquería en la zona centro norte, se aborda con más detalle en el objetivo específico adicional del proyecto.

4.1.3 Operación de la flota por embarcación y estandarización del esfuerzo de pesca

Con el objeto de conocer las variables que puedan incidir y explicar la variabilidad en las capturas por embarcación, se realizó un análisis de regresión múltiple, stepwise forward, entre la captura y el grupo de variables que definen las características geométricas y funcionales de las embarcaciones, (**Tabla 1**) y dos variables que miden la intensidad de

la operación de la flota: los lances y las horas de arrastre. De este modo, el análisis de regresión entregó los siguientes resultados:

Parámetro	Estimación	Error Est.	Valor t	Valor p
Intercepto	7,08945	0,154145	45,9920	0,0000
Lances	0,92932	0,007606	122,1760	0,0000

Valor F (1,23) = 14927, valor p= 0,0000, r= 0,9992

Se puede observar que todas las variables geométricas y funcionales fueron removidas del modelo, al igual que las horas de arrastre, quedando sólo los lances como la única variable explicatoria significativa de las capturas. Este resultado es absolutamente concordante con lo encontrado por Roa (1993) para el langostino colorado. De estos resultados se puede plantear que la experiencia a corto plazo de los patrones de pesca, es un factor que incide en los niveles de captura. Por su parte, la matriz de correlación de las variables sometidas al análisis de regresión múltiple, muestra un alto grado de asociación lineal entre los lances y las horas de arrastre. De este modo, el procedimiento de estandarización del esfuerzo se realizó eligiendo un grupo de embarcaciones, las cuales realizaron el mayor número de lances, pero utilizando como medida de esfuerzo las horas de arrastre. Además, el análisis de correlación entre las horas de arrastre y el área rastreada, mostraron un altísimo grado de asociación lineal ($r = 0,99$), lo que demuestra que el uso de cualquiera de ellas es equivalente.

La estandarización del esfuerzo de pesca entregó poderes de pesca relativos (PP) por embarcación, los cuales se presentan en la **Tabla 4**. Las embarcaciones seleccionadas para la estimación de la CPUE patrón, fueron no sólo aquellas que realizaron mayor número de lances, sino que también aquellas que tuvieran una cobertura longitudinal y

latitudinal representativa del área total de estudio. Un grupo de cuatro barcos concentró más del 56% de la actividad muestreada.

De las bitácoras de pesca que pudo obtener IFOP durante el período de estudio, se lograron identificar 1.074 lances con un total de aproximadamente 1.210 toneladas de captura, obtenidas en 1.983 horas de arrastre no estandarizadas (**Tabla 4**). Los rendimientos de pesca medios estimados por barco, en términos de toneladas por horas de arrastre (t/h.arr.), oscilaron entre 0,163 y 2,113 t/h.arr., en tanto que en toneladas por kilómetro cuadrado recorrido (t/km²), oscilaron entre 0,722 y 29,946 t/km². Se puede apreciar que ambas unidades de esfuerzo (horas de arrastre y área rastreada), presentan el mismo comportamiento, dada su asociación lineal ya descrita. Consecuentemente con lo anterior, las unidades de rendimiento son equivalentes.

4.1.4 Operación de la flota por caladero y período

El análisis de la actividad de la flota se realiza sobre la base de una división del período de estudio en dos: segundo semestre de 1995 y primero de 1996, en tanto que las zonas de pesca, se separaron en cuatro grandes caladeros, los cuales abarcan las siguientes áreas:

- Caladero 1 entre los 26° 46' LS - 27° 32' LS (C1, Figura 1)
- Caladero 2 entre los 28° 04' LS - 28° 17' LS (C2, Figura 1)
- Caladero 3 entre los 29° 24' LS - 30° 12' LS (C3, Figura 2)
- Caladero 4 entre los 30° 52' LS - 32° 04' LS (C4, Figura 3)

La delimitación longitudinal de los caladeros esta dada por los veriles de profundidad entre los 100 y 400 m. La separación de estas zonas se realizó considerando las principales agregaciones del esfuerzo de pesca aplicado por la flota.

- **Período julio - diciembre de 1995**

Durante este período la flota de Caldera realizó faenas extractivas relevantes en los meses de septiembre y octubre, operando fundamentalmente sobre los caladeros 1 y 2 (**Figura 1**). Esto se debió principalmente al cese de actividades de una empresa pesquera de esta zona a fines de 1995, la cual representaba casi el 100% de la actividad extractiva del recurso en este puerto. Esto se refleja claramente en los desembarques registrados en el puerto de Caldera (**Tabla 3**). No obstante lo anterior, en algunos meses de 1996, se produjeron esporádicos desembarques en Caldera producto de la actividad realizada en esa zona por ambarcaciones registradas en el puerto de Coquimbo.

En este período y zona, operaron 3 barcos los que realizaron faenas de arrastre a una profundidad media entre los 219 y 241 m, efectuando lances de una duración media de entre 1,2 y 1,6 horas, a una velocidad promedio de 1,9 nudos. El caladero 2 (C2) concentró más del 82% de los lances muestreados, alcanzando los máximos valores de captura en el mes de septiembre (**Tabla 5**).

La captura por lance fluctuó entre 0 y 6.120 kg, registrándose este máximo en septiembre en el (C1), en tanto que la captura media estimada por lance osciló entre 1.034 y 1.785 kg. Los rendimientos de pesca estandarizados (considerando todos los caladeros) oscilaron entre 0,0 y 4,840 t/h arr., con una media estimada que varió entre 0,857 (septiembre, C2) y 1,141 (septiembre, C1).

Por su parte los caladeros 3 y 4 (C3 y C4) registraron actividad durante todo el período, con un total de 19 barcos, de los cuales once operaron simultáneamente por mes (Figs. 2 y 3). Estos realizaron faenas extractivas principalmente a profundidades entre los 210 y 286 m, con lances de una duración media de 1,36 horas. La velocidad de arrastre se presentó homogénea en torno a los 2 nudos (**Tablas 6 y 7**).

La captura por lance osciló entre 0,0 y 5.338 kg, registrándose este último valor en el C3 durante el mes de agosto. Sin embargo los valores medios estimados de captura por lance fueron más altos en el C4, oscilando entre 649 y 1.333 kg/lance.

Los rendimientos medios de pesca (CPUE 2) estimados oscilaron entre 0,630 (octubre, C4) y 1,145 t/h. arr. (julio, C4), presentando ambas zonas una tendencia negativa conforme avanzó la temporada de pesca, a excepción del mes de octubre en el C3, donde se observó un aumento en el valor estimado (1,008 t/h arr.).

- **Operación durante 1996**

Durante el segundo período, la operación de la flota se concentró en los C3 y C4, no registrándose actividad de importancia en los caladeros de la zona norte, principalmente por lo ya señalado respecto al cese de actividades de una empresa pesquera de esta zona. En los caladeros antes mencionados operaron seis embarcaciones con puerto base en Coquimbo, las cuales realizaron actividades a mayores profundidades que en el período anterior (profundidades medias entre 249 y 338 m). La duración media de los lances, al igual que la velocidad de arrastre se mantuvieron relativamente similares a lo observado en el período anterior (**Tabla 8**).

Durante el primer trimestre del año se registró escasa actividad extractiva del recurso, detectándose en marzo un mayor número de lances en el C4 (**Tabla 8**). Esto se debió a la decisión de los industriales de no realizar faenas extractivas durante los meses de enero y febrero de 1996, dado que en este período los individuos se encontrarían blandos y presentarían bajos rendimientos en su proceso de elaboración.

La captura media por lance fue máxima en el mes de marzo en el C4, con 1.893 kg/lance, en tanto que los menores valores se registraron en febrero en C3, con sólo 99 kg/lance. Los rendimientos estandarizados, en términos de t/h. arr., mantuvieron los

niveles obtenidos en el período anterior, además de presentar nuevamente una tendencia declinante conforme avanza la temporada de pesca. Los mayores valores se obtuvieron en los meses de febrero y marzo en el C3.

Cabe destacar, que durante el período de estudio la actividad de la flota comercial estuvo enmarcada dentro del sistema de cuotas globales de captura, el cual, durante 1995 permitió la extracción de 4.314 t en aguas de la III y IV Región, en tanto que para 1996 existe una cuota global de 5.000 t. Este marco legal, en conjunto con otros factores, como son los acuerdos de los armadores para no realizar faenas de pesca y factores de mercado, han llevado a que en el período analizado, la actividad se haya concentrado fundamentalmente en los primeros meses del segundo semestre de 1995 y en los últimos del primer semestre de 1996.

Por otra parte, el análisis de la actividad de la flota se ha realizado con las bitácoras de pesca disponibles al momento de la preparación de este Informe. Sin embargo, hay que señalar que esta información no es **censal**, es decir, no corresponde al 100% de la actividad de la flota, por lo que la información de la flota se puede considerar **muestral**. Si bien es cierto, esta última no proviene de ningún diseño de muestreo, permite tener una aproximación bastante representativa de la actividad de los barcos, dado que todas las embarcaciones están presentes en la muestra. De este modo las variables captura y esfuerzo no han sido expuestas en forma directa, sino que para el primer caso, se ha optado por el análisis de los desembarques, y para el segundo, se realiza una estimación a partir de los rendimientos y los desembarques.

4.1.5 Estimación del esfuerzo estandarizado total aplicado por la flota y su distribución espacio-temporal

El esfuerzo total desplegado por la flota alcanzó los 4.711 lances, los que tienen un equivalente de 6.122 horas de arrastre. En el período junio-diciembre de 1995, la flota

que operó con puerto base en Caldera realizó 187 lances (253 h. arr.), en tanto que la de Coquimbo realizó un total de 2.587 lances (2.930 h. arr.). En el período enero-junio de 1996 la flota de Caldera realizó sólo 79 lances (106 h. arr.), mientras que la de Coquimbo efectuó un total de 1.858 lances, correspondientes a 2.833 h.arr.

Consecuentemente con lo observado en los desembarques, el mayor esfuerzo de pesca lo realizó la flota de Coquimbo con el 94,35% de los lances y el 94,14% de las horas de arrastre.

El esfuerzo de pesca, en términos de lance, se concentró principalmente en dos áreas: en los Caladeros 1 y 3 (**Figuras 4 y 5**), cuyos centros de gravedad se localizaron en los 27°10' LS y 71° LW, para el primero, y los 29°42' LS y 71°28' LW para el segundo.

La distribución batimétrica de los lances muestran una mayor amplitud del rango de profundidades en los caladeros de latitudes más altas, en tanto que en las zonas de menores latitudes se presentan en un rango más estrecho y a profundidades levemente menores (**Figuras 6 y 7**). Así, en el caladero 1 se observa una moda principal en los 200 m y una secundaria en los 240 m , en tanto que en el caladero 2 se presenta una sola moda de importancia, también en los 240 m. Por su parte, los caladeros 3 y 4 presentan modas bastante similares a las anteriores, alcanzando algunos lances profundidades mayores a los 450 m.

La estandarización del esfuerzo de pesca se realizó de acuerdo a lo descrito en la metodología, utilizando para ello, la información de rendimiento (t/h. arr) de las embarcaciones durante toda la temporada de pesca. La elección de la embarcación patrón, fue abordada de forma tal que ésta fuera lo más representativa de la actividad de la flota, en términos espacio-temporales. Así, se optó por la elección de un grupo de embarcaciones que entregarían una CPUE media patrón. Este grupo de embarcaciones realizó más del 56% de los lances muestreados. Para la estimación de la CPUE media

se optó por un estimador de medias simple, dado que el número de observaciones fue considerablemente grande. De este modo, la CPUE patrón, fue estimada con mayor exactitud, dada la incorporación de un grupo de embarcaciones y un número elevado de observaciones.

4.1.5.1 Composición de la fauna acompañante

Las especies asociadas a la pesca del langostino amarillo son fundamentalmente el camarón nailon, merluza común y langostino colorado. Su participación en las capturas es poco relevante, no alcanzando el 5% de las capturas totales. En Caldera en el año 1995, la principal especie asociada fue la merluza común, alcanzando el 61,9% de la captura de fauna acompañante en este período, seguido por el camarón nailon, con un 34,6%. Para la flota con puerto base en Coquimbo, en el mismo período, se registró un comportamiento similar al recién descrito, cambiando el orden de relevancia de las especies (camarón 70,9% y merluza común 26.2%).

Para 1996 en la zona de Coquimbo, aparece como fauna de segunda importancia, después de la merluza común con un 76,7%, el langostino colorado, con un 19,9% del total de captura de la fauna acompañante (**Figura 8**).

4.2 Objetivo Específico: "Determinación de la abundancia relativa (CPUE) del stock de langostino amarillo"

4.2.1 Determinación de zonas de abundancia (Caladeros)

Considerando la variabilidad espacial que presentó el índice de densidad de langostino amarillo en el período analizado, según se muestra en las **Figuras 9 y 10**,

se destaca la existencia de a lo menos cuatro áreas en las cuales los efectos de concentración de la flota, y por ende del recurso, fueron intensivos. Estas corresponden a los caladeros adyacentes a los puertos de Caldera (Caladero 1), Carrizal Bajo (Caladero 2), Coquimbo (Caladero 3) y al norte de Los Vilos (Caladero 4). Al respecto, se observa que la explotación del recurso se encuentra fuertemente confinada al intervalo de los veriles de 100-400 m de profundidad, razón por la cual se hace propicia la evaluación del stock a través de metodologías que consideren la densidad y el área cubierta por la flota.

En este sentido y considerando la posición de los lances de pesca y la posición de los veriles de 100 y 400 m, se determinó el perímetro plausible en torno al cual se concentraría el recurso, para luego determinar a través de un planímetro digital, el área encerrada en cada uno de estos caladeros. Estos resultados son mostrados en **la Tabla 9 y Figuras 1, 2 y 3**, de las cuales destaca que el área total de concentración del recurso se estimó en 3.942 km², de los cuales el mayor aporte corresponde al caladero de pesca ubicado a la cuadra de Coquimbo (caladero 3) con 1,5 mil km², en tanto que el área mas pequeña corresponde al caladero de pesca ubicado a la cuadra de Pto. Carrizal con 143 km².

4.2.2 Estimación del índice de abundancia total y por caladeros de pesca

Los principales resultados referidos a la determinación de la abundancia relativa a través de las aproximaciones modelo y diseño basada del stock de langostino amarillo entre la III y IV Regiones son mostrados en la **Tabla 10**, de la cual se destaca que en general, los estimados obtenidos a través de la aproximación modelo-basada exceden y difieren de los estimados obtenidos a través del modelo diseño-basado, siendo este último de menor magnitud.

En efecto, la densidad global promedio alcanzó según, la aproximación modelo-basado, un total de $16,01 \text{ t/km}^2$, cifra que supera en un 7% la densidad promedio obtenida a través del modelo diseño-basado ($14,94 \text{ t/km}^2$). De igual forma se observa que de acuerdo a la evaluación modelo-basada, el área de mayor densidad corresponde al área de pesca ubicada a la cuadra de Coquimbo (Caladero 3), en tanto que según la aproximación diseño-basado, el área de mayor densidad corresponde al caladero ubicado a la cuadra de Caldera (Caladero1).

Probablemente lo anterior se debe a que en la evaluación modelo-basada, el presuponer una distribución lognormal de la variable analizada (CPUE), resulta poco confiable cuando se emplean muestras muy pequeñas como es el caso del área de pesca ubicada a la cuadra de Puerto Carrizal (Caladero 2), en el cual se registraron sólo 50 lances, observándose en éste una gran amplitud del intervalo de confianza de la CPUE ($11,7-22,4 \text{ t/km}^2$), demostrando así no ser un estimador de mínima varianza para este grupo de datos. Por esta razón, y a modo de no incurrir en posteriores sobreestimaciones de biomazas con sesgos difíciles de precisar, nuestra alternativa primaria es profundizar los análisis a partir de los resultados del modelo diseño-basado.

En este contexto, la densidad promedio del período analizado alcanzó las $14,94 \text{ t/km}^2$, destacándose que el área comprendida entre los $26^{\circ}47'$ y $27^{\circ}33'$ LS (Caladero 1) es la zona que registró el mayor índice de densidad con un valor cercano a los $15,7 \text{ t/km}^2$, en tanto que el área de pesca más pobre la constituye la zona delimitada por los $28^{\circ}04'$ y $28^{\circ}17'$ LS ubicada a la cuadra de Pto. Carrizal (Caladero 2), con una densidad promedio de $12,7 \text{ t/km}^2$.

4.3 Objetivo Específico: “Estimación de la biomasa y abundancia en número del stock explotado de Langostino Amarillo”

4.3.1 Estimación de la relación longitud-peso

Considerando que para la estimación de la abundancia en número de langostino amarillo es necesario determinar previamente la relación somatométrica del recurso diferenciada por sexos, se ajustó una función potencial a los datos de tallas y pesos recolectados del muestreo biológico cuyos resultados son presentados en las Tablas 11, 12, 13, y en las Figuras 11 a, b y c.

De los resultados anteriores se observan, en general, muy buenos ajustes con coeficientes de determinación en torno al 95% y estadísticos F que superan significativamente la región de rechazo de la hipótesis nula, lo cual permite sostener que a un 95% de confianza el ajuste del modelo es significativo. De igual forma destaca que el crecimiento en peso del langostino amarillo es significativamente simétrico ($b=3$) con mayor incidencia en hembras que en machos, presentando estos últimos un mayor factor de condición ($\ln(q)=-8,15$) que el de las hembras ($\ln(q)=-7,59$), razón por la cual y en base a los ajustes presentados en la Figura 11 a, b y c, para una misma talla los machos presentan un mayor peso que las hembras.

4.3.2 Estimación de la biomasa y abundancia total de langostino amarillo

Los principales resultados de la evaluación del stock de langostino amarillo entre la III y IV Regiones son mostrados en la Tabla 14, de la cual se destaca que en términos globales para el área delimitada entre los 26°47' y 32°03' LS se determinó una biomasa media explotable que en septiembre de 1995 habría llegado a las 58.907 toneladas. Este nivel de biomasa, de acuerdo a su variabilidad, determinada

de forma empírica para cada caladero a través de "Bootstrap" (Figuras 12, 13, 14 y 15), indica un claro comportamiento Gaussiano, con lo cual se obtiene que a un 5% de confianza el límite inferior de la biomasa total alcanzaría las 49,9 mil toneladas, en tanto que por sobre la media el límite superior la ubica en 69,3 mil toneladas (Tabla 14).

De esta biomasa total, destacan los caladeros 4 y 3 ubicados en la IV Región con aportes que llegan al 36% (21.464 toneladas) y 35% (21.072 toneladas) del total, respectivamente, seguido por el caladero N° 1 ubicado en la III Región, el cual no obstante ser el más denso, realiza un aporte a la biomasa total que no supera el 25% (14,5 mil toneladas), debido a su bajo aporte a la cobertura espacial total (23% del área total). Finalmente, y en forma particular, destaca el caladero ubicado a la cuadra de Pto. Carrizal (Caladero 2) III Región, con la más baja cobertura espacial (143 km²) y densidad relativa (12,78 t/km²), lo que le otorga un estimado de biomasa que apenas supera las 1,8 mil toneladas (Tabla 14).

Por otra parte, al evaluar las biomásas en términos de abundancia, se obtiene que las 58.907 toneladas estimadas equivalen a 3.167 millones de individuos, de los cuales, el 57,9% corresponde a machos (1.835 millones de individuos) y el 42,1% restante a la fracción de hembras (1.332 millones de individuos). Esta proporción sexual difiere significativamente al compararlas en términos biomásicos, pues de la biomasa total se observa que el 69% del peso corresponde a machos (40,9 mil toneladas) y el 31% restante a hembras (17,9 mil toneladas) (Tabla 14), lo cual obviamente indica, que aún cuando los machos presentan un leve predominio en términos de abundancia, sus mayores tallas y pesos promedios permiten que esta fracción del stock sea la más importante en términos de biomasa.

4.4 Objetivo Específico: "Determinar el ciclo reproductivo anual de la especie de langostino amarillo y la función de madurez sexual para las hembras"

4.4.1 Estacionalidad en la proporción de hembras ovígeras

Con el fin de identificar los períodos en que el stock de hembras de langostino amarillo se encontraba en su máximo potencial reproductivo, se determinó entre junio de 1995 y mayo de 1996 la proporción de hembras portadoras, cuyos resultados son presentados en la Tabla 15. De ésta se destaca que la proporción de hembras ovígeras presentaría una moda, centrada en agosto concentrando un 85% de los individuos (1.052) del total de hembras muestreadas (1.238). De lo anterior, se desprende que la eclosión de los huevos habría ocurrido, para el área y período considerado, entre septiembre y noviembre de 1995.

4.4.2 Función de madurez sexual

Considerando los meses de máximos registros de hembras ovígeras y que esta situación permite una estimación representativa de la función de madurez sexual y dada la distribución binomial de la variable analizada (portadora y no portadora), se determinó a través de un ajuste de máxima verosimilitud, los parámetros de la función logística de madurez sexual, con los cuales se provee un estimado de talla de primera madurez sexual, según se muestra en la **Tabla 16 y Figuras 16 y 17**.

En este sentido se observa en primer lugar que la participación de individuos portadores aumenta de manera logística hacia las tallas mayores, destacándose del abatimiento de las curvas de madurez sexual (**figura 17**) que ésta presenta su mayor inclinación hacia los meses en que la proporción de hembras ovíferas alcanza su máximo, disminuyéndose de forma considerable conforme se reduce el número de ejemplares portadores.

De lo anterior y considerando el mes de agosto como el más importante dentro del ciclo de madurez sexual, se desprende que la talla de primera madurez alcanzaría para el langostino amarillo en el área analizada, un tamaño de 21,9 mm de longitud cefalotorácica.

4.4.3 Función de fecundidad

La fecundidad determinada mediante el recuento indirecto de huevos presentó valores extremos de 405 (mínimo) y 21.244 (máximo), cuya relación respecto a la talla presentó en general, un comportamiento de tipo logarítmico cuyos resultados son presentados en la **Tabla 17, Figura 18**.

Del resultado anterior se observa que no obstante el ajuste dió cuenta solo del 65% de la variabilidad del número de huevos a la talla, el estadístico F supera significativamente la región de rechazo de la hipótesis nula, lo cual permite sostener que a un 95% de confianza el ajuste del modelo es significativo. En este sentido se observa de la **Figura 18** que la mayor dispersión de los valores observados se encontró en ejemplares de tallas superiores a los 30 mm, lo cual probablemente se deba a la variación que se obtiene en el número de huevos derivado del peso total de estos, en especial en ejemplares grandes que presentaron diferencias significativas en el peso corporal para igual talla.

4.4.4 Escala de desarrollo de huevos

Mediante observación directa bajo lupa estereoscópica, se estableció el estado de desarrollo de los huevos portados por las hembras, con el fin de construir una escala de madurez de los mismos. La diferenciación de los estados de desarrollo de los huevos se basó primordialmente en la coloración de los huevos y características del vitelo, así como también en el desarrollo del embrión

La escala que se presenta a continuación, parte por el estado II dado que se presume la existencia de un estado incipiente de desarrollo (estado I), el cual no se ha presentado en los muestreos realizados. No obstante lo anterior, Arana *et al.* (1995), señala la existencia de cinco estados de desarrollo de huevos, de los cuales, al menos tres coinciden con los analizados en este trabajo, corroborándose con ese informe la existencia de un primer estado de desarrollo.

Estado II: Huevos color naranja brillante, levemente transparentes con vitelo granuloso concentrado en la zona central.

Estado III: Huevos color naranja oscuro opaco. Concentración desigual del vitelo, dando inicio al desarrollo corporal de la larva. Aparecen esbozos de manchas oculares alargadas negras.

Estado IV: Huevos color café. Glóbulos oculares bien desarrollados de color negro. Desarrollo corporal del embrión avanzado, de color naranja.

Las **figuras 19 y 20**, muestran los porcentajes de cada uno de los estados de desarrollo encontrados en los distintos meses, tanto para 1995 como para 1996. En 1995 sólo se cuenta con información hasta el mes de octubre para la realización de

esta actividad. En noviembre no fue posible analizar las debido a una falla en el sistema de refrigeración, lo que provocó la descomposición de éstas.

En diciembre de 1995 la cuota para este recurso ya se encontraba copada y en enero de 1996 los industriales `pesqueros tomaron la decisión de no realizar faenas de pesca. Por otra parte, en febrero de 1996 no fue factible obtener muestras, debido a que no se contó con la autorización de ningún capitán para embarcar al muestreador. No obstante lo anterior, se cuenta con información de longitud y muestreos biológicos en el mes de febrero, ya que una parte importante de éstos se realizaron en las plantas de las empresas pesqueras.

Las muestras destinadas al estudio de la escala de desarrollo de los huevos, provinieron exclusivamente de los muestreos a bordo, dado que en esa situación, los individuos aún se encuentran poco manipulados, pudiendo obtenerse individuos con la masa de huevos casi intacta. Para los meses de marzo y abril no se cuenta con análisis de los estados de desarrollo de los huevos, dado que en esos meses la proporción de hembras ovíferas fue de 0,011 y 0,00 respectivamente.

En la propuesta técnica se indica que el muestreo a realizar para cubrir la necesidad de seguimiento de la progresión mensual del estado de madurez de los huevos, es de 525 individuos, debido razones operativas en laboratorio. El presente análisis se realizó sobre la base de 515 individuos, de los cuales 207 se analizaron durante la temporada 1995 y 305 entre mayo y junio de 1996.

En la **figura 19** (temporada 1995), se puede observar que entre julio y septiembre existió un predominio del estado II, el cual fue aumentando en porcentaje a medida que avanzó el año. No obstante lo anterior en el mes de octubre se identificó el mayor porcentaje de huevos en estado III y IV, lo que indicaría el comienzo de la época de desove.

En la **figura 20** (1996), se observa que de mayo a junio se produjo un aumento en el porcentaje de los estados III y IV, y si asumimos que en los meses siguiente se presentaría una situación similar a la de 1995, se podría pensar en la existencia de un desove secundario menor en los meses de junio y julio.

4.5 Objetivo específico "Determinar la función de crecimiento individual de la especie langostino amarillo"

4.5.1 Análisis histórico de estructuras de tallas

Los años analizados para determinar la función de crecimiento del recurso correspondió a la serie 1965-66, 1968-70, 1979, 1981 y la temporada 1995-1996 (desde julio a junio), tanto para machos como para hembras. De acuerdo con los resultados obtenidos, en 1965 los machos aportaron con tres clases anuales a la pesquería, cada una de las cuales presentó una talla promedio de 32,9; 40,3 y 45,74 respectivamente y proporciones de 0,38; 0,57 y 0,05. La hembras por su parte también estuvieron representadas por tres clases anuales, con medias de 30,7, 35,1 y 38,9 y proporciones de 0,76, 0,16 y 0,08, respectivamente (**Tabla 18**).

En 1966 se mantienen el aporte de tres clases anuales a la pesquería, tanto en hembras como en machos. La primera clase anual de machos se caracteriza por tener un promedio de tallas de 26,58 mm representando en proporción 0,13 de los individuos. La segunda clase anual de machos alcanzó a un 0,40 de los individuos, los que tuvieron una media de 36,2 mm, en cambio la clase anual mayormente representada en ese año (0,47 de los individuos) estuvo centrada en los 42,2 mm. Las tres modas identificadas en las estructuras de tallas de las hembras se

presentaron en los 27,2, 32,1 y 37,4 mm, aportando proporcionalmente con 0,22, 0,66 y 0,13 del total de individuos (**Tabla 18**).

En 1968, la situación es algo distinta, a la de los años anteriores, puesto que los machos aportaron sólo con dos clases anuales que se centraron en los 29,20 y 36,84 mm realizando cada una un aporte relativo de 0,40 y 0,60 respectivamente. Las hembras, en este año estuvieron representadas por una única clase anual, con una media de 29,4 mm (**Tabla 18**).

En 1969, ocurrió una situación similar a la de 1966, presentándose sólo una clase anual en las hembras, mientras que en machos se identificaron tres. En la determinación de las últimas se estimó que la talla media para cada una fue: 29,4 para la primera, 35,7 para la segunda y 41,5 para la tercera con sus respectivas proporciones de representación (0,56, 0,34 y 0,10). Las hembras, con su única moda alcanzaron una talla media de 29,2 mm (**Tabla 18**).

El número de clases anuales identificadas en 1970, llega a tres en los machos y dos en las hembras, en las primeras se determinaron valores de tallas medias de 21,1, 31,5 y 38,4 mm, respectivamente, en tanto que su representación proporcional fue de 0,05; 0,58 y 0,36, mostrando que las tallas intermedias fueron las más fuertes. En las hembras, en cambio, las tallas promedio de sus dos clases anuales fueron 22,7 y 30,1 con representatividad proporcional de 0,14 y 0,86.

El caso inverso aconteció en 1979, donde los machos constaron de dos clases anuales y la hembras de tres. De las dos clases determinadas en los machos una estuvo centrada en individuos de 28,8 mm y la otra en los 42,8 mm con una representación de 0,79 y 0,21, respectivamente. Las clase anuales de hembras representadas en la pesquería, tuvieron tallas medias de 22,2, 27,8 y 36,5 mm con proporciones de 0,17; 0,75 y 0,08 respectivamente (**Tabla 18**).

En 1981, se determinaron tres clases anuales para los machos con valores medios de tallas de 21,6; 28,7 y 38,1, con representación relativa de 0,31, 0,58 y 0,10. Para las hembras en cambio, las dos clases identificadas, mostraron tener tallas medias de 22,0 y 27,4, con proporciones de cada una que alcanzaron a 0,49 y 0,51 respectivamente.

En la actual temporada de pesca (1995-1996), se identificó en términos globales y representativos tres clases anuales en machos y dos en hembras. En el primer caso, la talla promedio alcanzada por los individuos que constituyeron cada una de las clases anuales correspondió a 23,2 para la primera, con una representatividad proporcional de 0,13, la segunda se centró en los 28,0 mm representando una proporción de 0,22 y en la tercera se determinó un valor medio de 35,4 mm de longitud cefalotorácica, con una proporción de individuos que alcanzó a 0,64. En las hembras la mayor proporción de individuos (0,85), tuvo una media de 27,47 mm en tanto que la segunda clase anual representó una proporción de 0,15 con una media de 36,84 mm (**Tabla 18**).

4.5.2 Determinación de clases de edad

Al considerar la información global (8 años), se identificaron 22 clases anuales en los machos y 17 en las hembras, con las cuales se determinó la existencia de 6 clases de edad para ambos sexos respectivamente (**Figs. 21 y 22**). Estas estimaciones permitieron realizar el ajuste al modelo de Von Bertalanffy, tanto en machos como en hembras mediante mínimos cuadrados no lineales, para obtener los parámetros que rigen el crecimiento del langostino amarillo (*Cervimunida johni*) (**Tablas 19 y 20**)

4.5.3 Determinación de parámetros de crecimiento

Si bien es cierto, esta metodología permite la identificación de clases de edad, la separación de las mismas presenta dificultades dado que no considera procedimientos estadísticos o matemáticos para la identificación objetiva de estas. Sin embargo, en el presente trabajo se empleó como criterio de corte la mayor variación relativa entre dos tallas modales consecutivas, lo cual permitió definir con un mayor grado de objetividad el número de clases anuales presentes dentro de la serie histórica analizada.

En este sentido, al examinar los valores expuestos en la **tabla 19**, se observa que los parámetros encontrados al realizar el ajuste no lineal están dentro del rango de valores determinados en otros trabajos (Pavéz y Peñailillo 1994; Alegría *et al.* 1993, Arana *et al.* 1995), aún cuando los métodos utilizados en estos no necesariamente corresponden al empleado en este trabajo.

En efecto, se destaca que aún cuando la longitud asintótica resultó ser mayor en machos (62,1 mm) que en hembras (54,6 mm). El coeficiente de Brody (K) presentó valores para ambos sexos (0,16 en machos y 0,17 en hembras), lo que podría sugerir que la tasa de crecimiento de langostino amarillo, aparentemente, no presentaría una gran diferenciación sexual en esta variable.

Finalmente y en relación a los ajustes del modelo de Von Bertalanffy (**Figs. 23 y 24**), se destaca en general un muy buen nivel de ajuste para ambos sexos, observándose en particular que a partir de la edad 2, las tallas promedios de machos son mayores que las tallas de las hembras (**Tabla 20**). La bondad en el ajuste se ve corroborada del análisis gráfico de los residuos presentados en la **figuras 25 y 26**,

de las cuales se desprende que estos se distribuyen aleatoriamente en torno a cero, y carecen de algún tipo de tendencia evidente.

4.6 Objetivo específico: "Determinar el estado de explotación del recurso langostino amarillo"

4.6.1 Estructuras de tallas y edades de los desembarques.

Las estructuras de tallas y edades del recurso son presentadas en las **Tablas 21 y 22**, y en la **Figuras 27 y 28**, de las cuales se observa que tanto para Coquimbo y Caldera, las estructuras de tallas de los desembarques de machos presentan mayor incidencia hacia individuos mas grandes, destacándose en particular la frecuencia de Caldera, la cual sugiere de manera clara la existencia de a lo menos dos grupos modales centrados en los 27 y 36 mm respectivamente.

En efecto, al analizar la composición etárea del desembarque (en número) estimada a través del algoritmo MIX y según se muestra en la **Tabla 21**, se observa que la composición de edades en machos de Caldera está constituida por los grupos de edad II y III en proporciones de un 53% y un 47% respectivamente, frecuencia de edades que resulta menor al ser comparada con la composición del desembarque de Coquimbo, por cuanto esta se encuentra constituida por los grupos de edades I, II y III, siendo este último grupo el mas importante con un 60% del total estimado.

Por otra parte y en relación a la composición de tallas del desembarque de hembras, se puede observar que en Caldera al igual que los machos, existen dos grupos modales pero de menor longevidad asignados a las clases etáreas I y II, siendo este último el mas representativo de los desembarques con un 96% del total. Esta

situación difiere significativamente al ser comparada con la composición de edades en Coquimbo, en el cual se observa una estructura etárea mas completa alcanzando un total de 4 grupos de edades: I, II, III y IV, de los cuales el mas representativo es la clase de edad II con un 64% del total desembarcado (**Figuras 29 y 30**).

De los resultados anteriores se desprende que tanto para machos como para hembras, las composiciones de edades de los desembarques en Coquimbo son mas completas que las de Caldera, y que en general y a excepción de la estructura etárea del desembarque de machos en Coquimbo, el grupo de edad II fue el más importante en la temporada de pesca 1995. De igual forma se observa la importante incorporación de reclutas al área de Coquimbo y cuya participación alcanzó durante el presente estudio un 12% y 15% para machos y hembras, respectivamente (**Figs. 31 y 32**).

Este análisis permite inferir que, en general, la composición etárea del stock de langostino amarillo no presenta síntomas de debilitamiento por explotación, y que de acuerdo a los resultados antes presentados, ésta se encuentra particularmente fortalecida en los caladeros de pesca ubicados en la IV Región, área en la cual se concentra el 72% del stock vulnerable y se evidencia el importante ingreso de reclutas a la pesquería (**Tabla 23**).

Finalmente y en relación a la situación de los caladeros de pesca ubicados en la III Región (Caldera), si bien la composición etárea acusa para machos la ausencia de reclutas y para hembras apenas el 4% de ingreso de estos a la pesquería, la fortaleza que presentan los grupos de edades II y III (parentales), y los nuevos individuos que debiesen reclutarse al área durante la temporada de pesca 1996, aseguran a lo menos en dos años mas un refortalecimiento de esta fracción del stock.

4.6.2 Tallas de primera captura y críticas del recurso

Con el fin de evaluar el estado de explotación del recurso en términos estructurales, se determinó la talla crítica en la cual se maximiza la biomasa unitaria inexplorada de una cohorte según se muestra en la **Figura 33**. En este sentido, los parámetros biológicos empleados son mostrados en la **Tabla 24**, en tanto que los resultados de las tallas de primera captura ($L_{50\%}$) y crítica (L^*) por sexos y puertos se muestran en la **Tabla 25**.

En este contexto los parámetros de crecimiento L_{∞} , K y t_0 corresponden a los estimados a través de mezclas distribucionales según se señalara en el punto 3.4, los relacionados a la relación talla-peso (q y b) fueron debidamente informados en el punto 3.1., en tanto que el valor de mortalidad natural corresponde a la estimación realizada por Alegría y Roa (1993).

Por otra parte, la **Figura 33** muestra la biomasa unitaria del stock de langostino amarillo bajo condiciones de sobrevivencia natural en función de la talla, de la cual se destaca que los máximos niveles se alcanzan a tallas críticas de 38,5 y 34,0 mm para machos y hembras respectivamente, las cuales corresponden al valor donde las tasas de incremento en peso en función de la talla se hace cero según se muestra en la **Figura 34**.

De estos resultados se observa que, en general, las tallas de primera captura tanto para hembras y machos resultan menores a la talla crítica del recurso, lo cual sugiere que el recurso desde la perspectiva de aprovechar su crecimiento somático no está siendo explotado eficientemente. En efecto, en la **Tabla 25** se observa que en general esta situación se torna mas intensa en el área norte de la zona de estudio (Caldera), dado que las tallas de primera captura para machos y hembras son

inferiores en un 18% y 20% respecto de la talla crítica, siendo este último sexo el que presenta tanto para Caldera como para Coquimbo, la mayor diferencia entre las tallas de primera captura y la talla crítica.

4.6.3 Producción de biomasa, tasas de explotación y de remoción de huevos

Con el fin de proveer una proyección de la producción de biomasa del stock de langostino amarillo y de acuerdo a lo descrito en la metodología, se ejecutó por sexo y zona el algoritmo PAGAS cuyos principales resultados son presentados en la **Tabla 26**.

En este sentido y a juzgar por los niveles proyectados, se prevee que a septiembre de 1996 la biomasa media alcanzará un estimado de 55 mil toneladas, 6,6% menos de la biomasa que existía en septiembre de 1995. Esta disminución en la productividad de biomasa cobra su mayor intensidad en Caldera, con reducciones que llegan al 50% y 56% para hembras y machos respectivamente, situación que de alguna manera se ve corroborada con la baja participación de reclutas y clases anuales según se informara en párrafos anteriores. Sin embargo y favorablemente para el stock, dichas pérdidas se verán compensadas con la significativa producción de la biomasa en los caladeros de Coquimbo, la cual alcanza en promedio para hembras un 41,2% por sobre la biomasa estimada en 1995.

Por otra parte y pese a las bajas tasas de explotación a las que fue sometido el recurso entre la III y IV Regiones, las cuales no superan en promedio el 6,5% (**Tabla 27**), la reducción en la productividad de biomasa sugiere que los efectos asociados a la mortalidad natural serían determinantes en la sobrevivencia del stock de langostino amarillo, razón por la cual se sugiere que el éxito de esta pesquería se

basa en el aporte de reclutas al área de pesca y el fortalecimiento de los focos de abundancia ubicados en la IV Región.

En efecto, no obstante que estructuralmente la explotación del stock se concentra fuertemente sobre algunas clases de edad, el aporte de mas del 50% que otorga al desembarque la clase de edad II, según se informara anteriormente, permite sostener que la condición actual del stock de langostino amarillo es positiva y dependiente del aporte anual de las clases reclutantes a la pesquería.

La situación anterior puede ser avalada en base a la proporción de huevos removidos por efectos de la pesca según se informa en la **Tabla 28** y **Figura 35**, de la cual destaca que la aparente baja tasa de remoción de huevos, estimada en un 9,6%, augura que la fracción restante de huevos sean el soporte de futuros reclutamientos. Al respecto, cabe destacar que la proporción de remoción de huevos se hace mas importante hacia tallas mayores. No obstante lo anterior, al considerar el rango entre 30 y 35 mm, el incremento neto disminuye y se tiende a una estabilidad en torno a un 12% de remoción de huevos, consecuencia que responde al efecto combinado entre el patrón de explotación talla-específico y el número de huevos a la talla según se informara en puntos anteriores.

En resumen y a la luz de los resultados, el stock de langostino amarillo explotado entre la III y IV Regiones no presenta síntomas de debilitamiento por efectos de la pesca, situación que es avalada por bajas tasas de explotación y de remoción de huevos desde el stock reproductor. Por otra parte y en términos estructurales, la composición de tallas del recurso se observa completa con importantes modas que hoy en día sustentan los actuales desembarques, observándose de igual modo el promisorio ingreso de reclutas especialmente en el área de Coquimbo, lo que otorga a la dinámica de la población un estado positivo y de recuperación de los niveles de biomasa, pese a la alta mortalidad por causas naturales.

4.7 Objetivo específico adicional: "Pronóstico Estadístico de Desembarques"

La serie analizada presentó un valor promedio mensual de 297,1 toneladas, con una desviación estándar de 214,6 t. Sin embargo, la serie puede separarse en dos períodos: el primero entre enero de 1988 y diciembre de 1993; y el segundo entre enero de 1994 y julio de 1996. El primero se caracteriza por presentar un comportamiento estable en torno a un valor central (301 t), con una desviación estándar de 141 t. El máximo valor alcanzado en éste período se presentó en agosto de 1990 con 647 t. Por su parte, el segundo período se caracteriza por presentar una alta variabilidad, en torno a un valor central mayor (353 t) y una desviación estándar 2,22 veces mayor que la estimada para el primer período (313 t). El máximo valor de la serie se presenta en este período, en el mes de octubre de 1995, con 1.259 t (**Figura 36**).

Por otro lado, el análisis de la serie mostró no tener componentes estacionales ni tendencias lineales significativas. Como se aprecia en la **Figura 37**, la serie presenta una muy leve tendencia lineal positiva con una pendiente de 0,6312 y un intercepto de 264,25 toneladas. En otras palabras, de acuerdo a esta tendencia, el aumento por mes del desembarque sería de 631 k/mes, lo cual no muestra un aumento evidente de la variable conforme avanza la serie.

De esta manera, el método de suavizamiento exponencial utilizado corresponde al de primer orden. La búsqueda del valor apropiado para la constante de suavizamiento alpha entregó un valor de 0,47. De acuerdo a este valor, la predicción para el siguiente período (agosto de 1996) es de 633 toneladas (**Figura 38**). Por otra parte, los índices de falta de ajuste son relativamente bajos (error medio de 7,82), que demuestra lo adecuado del modelo seleccionado.

En síntesis, el método de pronóstico utilizado entregó resultados satisfactorios respecto al modelo seleccionado y la serie de datos utilizada. Sin embargo, al observar el comportamiento de la serie, se evidencia una altísima variabilidad en los últimos años de la pesquería, dados un conjunto de factores que estarían incidiendo en los volúmenes de desembarques registrados. Entre estos se cuentan las cuotas anuales de captura dictaminadas por la Autoridad Pesquera, las cuales en los últimos años han presentado aumentos considerables, las pesquerías de langostino colorado y camarón nailon, las que inciden en la del langostino amarillo, por cuanto la flota que opera sobre esta última, en parte, también opera en las dos primeras. El solo hecho de tratarse de una pesquería con cuota global anual de captura ya hace de poca utilidad el uso de los métodos de series de tiempo. A esto hay que agregar factores de mercado (oferta-demanda) y precios. De lo anterior, un modelo de predicción debería considerar el máximo de factores que inciden sobre el comportamiento de la variable, los cuales claramente no están incorporados en el método de suavizamiento exponencial.

5. CONCLUSIONES

- Las características geométricas y funcionales de la flota de mayor variabilidad son la capacidad de bodega y el tonelaje de registro grueso, en tanto que las de menor dispersión, son la eslora y abertura de punta de alas de las redes.
- El análisis de regresión múltiple realizado para identificar las variables que inciden significativamente en las capturas obtenidas, seleccionó únicamente a la variable número de lances. Por su parte ésta presentó un altísimo grado de asociación lineal con las horas de arrastre.
- Los desembarques alcanzaron durante el período de estudio las 5.268 toneladas, de las cuales la IV Región concentró cerca del 93,07%
- La estandarización del esfuerzo de pesca entregó poderes de pesca relativos que oscilaron entre 0,161 y 1,951. El esfuerzo de pesca total aplicado por la flota ascendería a 6.112 horas de arrastre estándar.
- El método de pronóstico de suavizamiento exponencial estimó para el siguiente período un desembarque de 633 toneladas. Sin embargo y debido al actual escenario de administración de la pesquería, junto con las componentes de mercado, hacen poco viable el uso de esta técnica como herramienta de predicción.
- Considerando la variabilidad espacial que presentó el índice de densidad de langostino amarillo en el período analizado, se determinaron cuatro áreas en las cuales los efectos de concentración de la flota, y por ende del recurso, fueron intensivos. Estas áreas corresponden a los caladeros adyacentes a los puertos de

Caldera (Caladero 1), Carrizal Bajo (Caladero 2), Coquimbo (Caladero 3) y al norte de Los Vilos (Caladero 4). Al respecto se destaca que el área total de concentración del recurso se estimó en 3.942 km² y densidad relativa en el rango de 14,9 y 16 t/km²

- En la evaluación de stock del área delimitada entre los 26°47' y 32°03' LS, se determinó una biomasa y abundancia que a septiembre de 1995 habría llegado a las 58.907 toneladas y 371,6 millones de individuos respectivamente, nivel que de acuerdo a su naturaleza normal se obtiene que a un 5% de confianza el límite inferior de la biomasa total alcanzaría las 49,9 mil toneladas, en tanto que por sobre la media el límite superior la ubica en 69,3 mil toneladas.
- De la biomasa total se estima que el 69% del peso corresponde a machos (40,1 mil toneladas) y el 31% restante a hembras (17,9 mil toneladas).
- El ciclo reproductivo del stock de langostino amarillo se caracteriza por presentar una moda centrada en agosto concentrando un 85% de las hembras ovígeras. De igual forma se determina que la eclosión de los huevos ocurre entre septiembre y noviembre de cada año.
- La talla de primera madurez sexual se estimó en 21,9 mm de longitud cefalotorácica.
- La fecundidad determinada mediante el recuento indirecto de huevos presentó valores extremos de 405 (mínimo) y 21.244 (máximo) respectivamente.

- Los parámetros de crecimiento se estiman diferenciados por sexos y cuyos valores corresponden para machos un $L_{\infty}=62,1$ mm, $K=0,165$ y $t_0=-1,62$ años, en tanto que para hembras un $L_{\infty}=54,6$ mm, $K=0,177$ y un $t_0=-1,87$.
- En relación a la composición de tallas y edades del desembarque en el período analizado, se destaca que en Coquimbo los desembarques se encuentran constituidos principalmente por los primeros 3 grupos etáreos (I, II y III) y que el reclutamiento en esta área aporta en promedio para ambos sexos cerca del 13% del total. Por su parte, la composición de edades en el puerto de Caldera acusa la ausencia de reclutas y la fuerte concentración del desembarque en el grupo de edad II.
- Las tallas críticas del recurso langostino amarillo indican valores de 38,5 y 34,0 mm. de longitud cefalotorácica para machos y hembras respectivamente, las cuales resultan superiores a las tallas de primera captura estimadas por sexos y zona de extracción, con lo cual se desprende que el recurso desde la perspectiva de aprovechar su crecimiento somático no está siendo explotado eficientemente
- La proyección de producción de biomasa a septiembre de 1996 se estima en 55,0 mil toneladas, 6,6% menos de la biomasa que existía en septiembre de 1995, lo cual responde al efecto combinado entre la disminución del 54% de la producción de biomasa en Caldera y el incremento del 41% en Coquimbo. Esta situación sugiere que ante las bajas tasas de explotación que en promedio no superan el 6,5%, la reducción de la biomasa obedece a los efectos asociados con la alta mortalidad natural y la baja participación de clases anuales en Caldera.

- La proporción de remoción de huevos por pesca estimada en un 9,6%, augura que la fracción restante de huevos serán el soporte de los futuros reclutamientos a la pesquería.
- El stock de langostino amarillo explotado entre la III y IV Regiones no presenta síntomas de debilitamiento por efectos de la pesca, situación que es avalada por bajas tasas de explotación y de remoción de huevos desde el stock reproductor. Por otra parte y en términos estructurales, la composición de tallas del recurso se observa completa con importantes modas que hoy en día sustentan los actuales desembarques, observándose de igual modo que el promisorio ingreso de reclutas a la pesquería especialmente en el área de Coquimbo, otorga a la dinámica de la población un estado positivo y de recuperación en los niveles de biomasa.

6 . REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alegría, V., Avilés, S., & Bahamonde, N. (1963). Observaciones sobre la madurez sexual del langostino (***Cervimunida johni***, Porter 1903) Crustácea, Decápoda, Anomura. *Inv. Zool. Chilenas*, 9:133-150.
- Alegría, V., Henríquez, G., Roa, R. (1993). Diagnóstico de las Principales Pesquerías Nacionales Demersales (Crustáceos) zona central - 1992. Estado de situación y perspectivas del recurso. SGI/IFOP 93/4:30 pp.
- Alegría, V., Roa, R., Ortego, M.I., Montenegro, C. (1994). Diagnóstico de las Principales Pesquerías Nacionales Demersales (Crustáceos) zona central - 1993. Estado de situación y perspectivas del recurso. SGI/IFOP 94/4:36 pp.
- Anderson, P. J. (1991). Age, growth, and mortality of the northern shrimp ***Pandalus borealis*** Kröyer in Pavlov Bay, Alaska. *Fish. Bull. (U.S.)* 89:541-553
- Arana, P., S. Palma, S. Rosales, M. A. Morales, C. Olate, J. Vidal, P. Pavéz, C. Falcón, T. Melo, C. Hurtado, M. Arredondo. 1995. Evaluación directa del stock de langostino amarillo y estado de situación del recurso entre la V y VIII Región. 48/95 284 pp.
- Bahamonde, N. (1965). El langostino (***Cervimunida johni***, Porter) en Chile. *Invest. Zool. Chilenas* 12:93-147.
- Bahamonde, N., Henríquez, G., Zuleta, A., Bustos, H., and Bahamonde, R. (1986). Population dynamics of the squat lobster, Family Galatheidæ, in Chile. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 92:245-268.

- Bergström, B. (1992). Growth, growth modelling and age determination of **Pandalus borealis**. Mar.Eco.Prog.Ser. 83:167-183.
- Campbell, A., (1983). Growth of tagged American lobster, **Homarus americanus**, in The Bay of Fundy. Can.J.Fish.Aquat.Sci. 40:1667-1675.
- Campbell, A., Robinson, D.G.,(1983). Reproductive potential of three American lobster (**Homarus americanus**) stocks in the Canadian Maritimes. Can.J.Fish.Aquat.Sci. 40:1958-1967.
- Cochran, W.G. (1977). Sampling Techniques, 3rd Ed., John Wiley and Sons, NY
- Crisp, D.J. (1984). Capítulo 9 en *Methods for the Study of Marine Benthos*, N.A. Holme and A.D. McIntire, Eds., Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Crowley, P.H. (1992). Resampling methods for computation-intensive data analysis in ecology and evolution. Annu. Rev. Ecol. Syst. 23:405-447.
- Chen, Y., Jackson, D.A., Harvey, H.H. (1992). A comparison of von Bertalanffy and polynomial functions in modelling fish growth data. Can.J.Fish.Aquat.Sci. 49:1228-1235.
- Dawe, E.G., Hoenig, J.M., Xu, X. (1993). Change-in-ratio and index-removal methods for population assessment and their applications to snow crab (*Chionoecetes opilio*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 50:1467-1476.
- DeBuen, F. (1957). Algunos datos para el conocimiento de la biología del langostino amarillo (**Cervimunida johni**). Investnes. Zool. Chilenas 4:57-61

- Fagetti, E. (1960). Huevos y el primer estadio larval del langostino (*Cervimunida johni*, Porter 1903). *Rev. Chilena Hist. Nat.* 55:33-42.
- Fogarti, M.J., Idoine, J.S. (1988). Applications of a yield and egg production model based on size to and offshore American lobster population. *Trans.Am.Fish.Soc.* 117:350-362.
- Henríquez, G. (1982). Análisis de las Pesquerías de Crustáceos Demersales durante 1980, Capítulo III. Perspectivas de Desarrollo de las Pesquerías Nacionales, CORFO. Gerencia de Desarrollo. AP 82/7.
- Henríquez, G., Alegría, V., Peñailillo, T., Bahamonde, R., Roa, R., Campodónico, I. y Baez, P. (1992). Diagnóstico de las Principales Pesquerías Nacionales Demersales (Crustáceos) Zona Central 1991. Estado de Situación y Perspectivas del Recurso. SGI-IFOP 92/5:32 pp.
- Hosmer, D.W., Lemeshow, S. (1989). *Applied logistic regression*. John Wiley and Sons, New York.
- Kazmier, L. y Díaz A. 1991. *Estadística aplicada a Administración y Economía*. McGraww-Hill, Ed. Interamericana de México.
- Land, C.E. (1975). Tables of confidence limits for linear functions of the normal mean and variance. *Sel. Tables Math. Stat.* 3:385-419.
- Lewontin, R.C., Levins, R. (1989). On the characterization of density and resource availability. *Amer.Nat.* 134:513-524.

- Macdonald, P. D. M., Pitcher, T. J. (1979). Age-groups from size-frequency data: a versatile and efficient method of analysing distribution mixtures. J. Fish. Res. Board Can. 36:987-1001
- Martínez-González, G. y F. Carrasco-Weber. (1986). Antecedentes biológico pesqueros del langostino amarillo (**Cervimunida johni**) en la cuarta Región. Jornadas de Ciencias del Mar, Osorno (Chile) Biota 1:64.
- McConnaughey, R.A. (1993). Trawl survey estimation using a omparative approach based on lognormal theory. Fish. Bull. (U.S.) 91:107-118.
- Momtgomery DC, Johnson, LA, Gardiner, JS, 1990, Forecasting & Time Series Analysis, 2nd Ed., MacGraw-Hill, NY, 381 pp.
- Palma, S., Arana, P. (1990). Aspectos reproductivos del langostino colorado (**Pleuroncodes monodon**) en la zona centro-sur de Chile. Estud. Doc. U. Cat. 1/90 (Mimeo), 65 pp.
- Pavéz P. y T. Peñailillo. 1994. Evaluación directa del stock de langostino amarillo, por el método de área barrida, mediante la ejecución de un crucero de investigación pesquera. Estud. Doc., Univ. Católica Valparaíso. 33/94: 226 pp.
- Pennington, M. (1986). Some statistical techniques for estimating abundance indices from trawl surveys. Fish. Bull. (U.S.) 84:519-525.
- Plaut, I., Fishelson, L. (1991). Population structure and growth in captivity of the spiny lobster **Panulirus penicillatus** from Dahab, Gulf of Aqaba, Red Sea. Mar. Biol. 111:467-472.

- Ricker, W.E. (1975). Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bull. Fish. Res. Board Can. 191:382 pp.
- Roa, R. (1993a). Análisis metodológico pesquería langostino colorado. Informe Técnico IFOP, 86 pp.
- Roa, R. (1993b). Annual growth and maturity function of the squat lobster **Pleuroncodes monodon** in central Chile. Mar. Ecol. Prog. Ser. 97:157-166
- Roa, R., Bahamonde, R. (1993). Growth and expansion of an exploited population of the squat lobster (**Pleuroncodes monodon**) after 3 years without harvesting. Fish. Res. 18:305-319
- Roa, R., Alegría, P.V., Rivera, A. (1993). Investigación monitoreo pesquería langostino colorado. Informe Técnico, IFOP, 74 pp.
- Roa, R., Quiñones, R. (1994). Asymptoid individual growth explains empirical regularities in production to biomass ratios of ecological populations. Manuscrito enviado a Nature.
- Saila, S.B., Annala, J.H., McKoy, J.L., Booth, J.D. (1979). Applications of yield models to the New Zealand rock lobster fishery. N.Z.J.Mar.Freshwat. Res.13:1-11.
- Seber, G.A.F. (1982). The Estimation of Animal Abundance and Related Parameters. 2nd. Ed., Macmillan, NY, 654 pp.
- Smith, S.J. (1990). Use of statistical models for the estimation of abundance data from groundfish trawl survey data. Ca. J. Fish. Aquat. Sci. 47:894-903

- Somers, I.F., Kirkwood, G.P., (1991). Population ecology of the grooved tiger prawn, **Pennaeus semisulcatus**, in the Northwestern Gulf of Carpentaria, Australia: Growth, movement, age structure and infestation by the bopyrid parasite **Epipenaeon ingens**. *Aust.J.Mar.Freswat.Res.* 42:349-367.
- Sparre, P., Ursin, E., Venema, S.C. (1989). Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1. *FAO Fish. Tech. Pap.* 306/1
- Steel, R., Torrie, H. (1985). *Bioestadística: Principios y Procedimientos*. MacGraw-Hill, NY.
- Vera, C., Alegría, P.V., Nilo, M. (1992). Inves monitoreo 1992 pesquería langostino colorado. Informe Técnico, IFOP.
- Welch, D.W., Foucher, R.P. (1988). A maximum likelihood methodology for estimating length-at-maturity with applications to Pacific cod (**Gadus macrocephalus**) populations dynamics. *Can.J.Fish.Aquat.Sci.* 45:333-343.
- Wilkinson, L. (1988). *SYSTAT: The System for Statistics*. Evanston, Illinois, SYSTAT Inc.

T A B L A S

Tabla 1.

Características geométricas, funcionales y antigüedad de la flota que operó sobre el langostino amarillo, durante el periodo de estudio.

Barco Codigo	Puerto Operación	Espera (mrs)	TRE (t)	TGV (t)	Ecología (mm ³)	Antigüedad (años)	Motor (hp)	APA Red (m)
49	Caldera	20,83	105	51	105	32	402	19,16
285	Caldera	20,81	105	53	105	30	402	19,16
543	Caldera	21,40	105	51	105	29	400	19,16
57	Coquimbo	21,10	84	55	140	32	365	19,94
124	Coquimbo	21,10	84	51	140	32	365	18,39
160	Coquimbo	20,40	86	36	140	27	525	13,50
205	Coquimbo	21,95	82	37	140	32	342	13,50
218	Coquimbo	21,95	82	33	140	31	425	17,61
277	Coquimbo	19,83	70	29	110	32	365	18,39
370	Coquimbo	21,95	84	47	140	32	425	19,94
431	Coquimbo	22,00	71	44	45	32	310	13,50
441	Coquimbo	19,84	60	30	110	34	426	18,39
510	Coquimbo	16,56	85	34	46	31	350	17,75
847	Coquimbo	19,63	98	38	80	29	400	14,31
1016	Coquimbo	20,01	80	44	81	20	525	13,50
1026	Coquimbo	14,99	32	18	117	8	325	19,94
6	Quintero	20,00	105	46	140	31	380	19,16
51	Quintero	29,10	149	60	190	37	380	19,16
117	Quintero	22,25	82	37	140	35	380	19,16
182	Quintero	22,25	82	37	140	35	400	19,16
462	Quintero	21,98	106	47	140	31	380	18,39
526	Quintero	20,14	61	28	110	33	500	18,39
551	Quintero	20,91	107	52	145	32	380	19,16
610	Quintero	21,97	78	32	140	27	380	19,16
Estadísticas	Promedio	20,96	86,79	41,25	120,38	30,17	397,17	17,83
	Meda	21,95	105,00	51,00	140,00	32,00	380,00	19,16
	Desv. Std	2,45	22,12	10,37	33,05	5,76	54,64	2,27
	Coeff. Variao	0,12	0,25	0,25	0,27	0,19	0,14	0,13
	Mínimo	14,99	32,00	18,00	45,00	8,00	310,00	13,50
	Máximo	29,10	149,00	60,00	190,00	37,00	525,00	19,94

Fuente : IFOP, complementada con información de armadores

Tabla 2

Matriz de correlaciones de las variables geométricas y funcionales de la flota que operó sobre langostino amarillo en el período de estudio.

Variables	<i>Eslora</i>	<i>TRB</i>	<i>TRN</i>	<i>Bodega</i>	<i>Antigüedad</i>	<i>Motor</i>	<i>APA</i>
<i>Eslora</i>	1,00						
<i>TRB</i>	0,73	1,00					
<i>TRN</i>	0,68	0,86	1,00				
<i>Bodega</i>	0,40	0,10	0,20	1,00			
<i>Antigüedad</i>	0,53	0,33	0,39	0,33	1,00		
<i>Motor</i>	0,33	0,59	0,36	-0,10	0,06	1,00	
<i>APA</i>	0,00	0,00	0,03	0,33	0,10	-0,16	1,00

Nota : Coeficiente de correlación de Pearson

Tabla 3.

Desembarques de langostino amarillo en la III y IV Región, durante el período de estudio.

Mes	Año	III Región	IV Región	Total
Julio	1995	3	616	619
Agosto	1995	11	480	491
Septiembre	1995	103	303	406
Octubre	1995	140	1119	1259
Noviembre	1995	-	46	46
Diciembre	1995	-	12	12
SUBTOTAL 1	1995	257	2576	2833
Enero	1996	0	0	0
Febrero	1996	5	0	5
Marzo	1996	0	16	16
Abril	1996	36	535	571
Mayo	1996	67	956	1023
Junio	1996	0	820	820
SUBTOTAL 2	1996	108	2327	2435
TOTAL		365	4903	5268

Nota : Fuente SERNAPESCA e IFOP

Tabla 4.

Indicadores operacionales de la flota que realizó faenas extractivas sobre langostino amarillo en el periodo de estudio.

Barco	Número de lances	Captura (kg)	Horas de Arrastre	Área rastreada (km ²)	CPUE1 (t/km ²)	CPUE2 (t/h arr.)	PPR
6	11	4752	30,98	2,198	2,300	0,163	0,161
49	49	33833	46,20	3,279	12,098	0,859	0,793
51	15	9659	36,00	2,550	3,966	0,281	0,260
57	34	25961	87,50	6,546	4,414	0,344	0,287
117	16	10166	30,91	2,194	4,882	0,346	0,320
124	71	39585	98,41	6,574	7,102	0,479	0,501
160	33	15977	65,81	3,291	5,138	0,257	0,337
182	4	3835	12,48	0,886	4,483	0,318	0,294
205	30	20762	55,91	2,796	7,689	0,384	0,504
218	188	182809	454,70	29,594	6,873	0,448	0,461
277	68	66618	110,00	7,076	11,125	0,718	0,738
285	115	126630	113,50	7,700	17,941	1,201	1,194
370	41	52439	85,50	6,220	9,384	0,682	0,615
431	38	48412	83,58	4,179	12,771	0,639	1,296
441	16	21000	28,83	1,728	13,212	0,778	1,403
462	3	3546	7,50	0,511	6,941	0,473	0,476
510	5	6822	9,60	0,572	12,217	0,723	0,801
526	13	19256	39,50	2,421	7,986	0,49	0,481
543	122	231555	126,41	8,415	29,946	1,924	1,917
551	3	9418	9,00	0,639	14,745	1,046	0,966
610	6	22933	10,66	0,757	29,767	2,113	1,951
847	9	14212	22,83	1,226	11,886	0,64	0,779
1016	179	239192	407,15	20,401	13,565	0,68	0,934
1026	5	494	10,17	0,704	0,722	0,048	0,047
Total	1074	1209866	1983,13	122,457			

Nota: Fuente IFOP en base a Bitácoras de Pesca de Arrastre de SERNAPESCA

Tabla 5.

Indicadores operacionales de la flota que realizó faenas extractivas sobre langostino amarillo en los Caladeros 1 y 2, año 1995.

Zona Indicador	Caladero 1		Caladero 2	
	Septiembre	Octubre	Septiembre	Octubre
Núm. Barcos	3	3	1	3
Núm. Lances	118	118	11	39
Prof. Med. (m)	228	219	241,5	224,3
Prof. Mín. (m)	124	170	225	195
Prof. Máx. (m)	320	285	260	250
Dur. Med. Lanc	1,6	1,34	1,2	1,38
Dur. Mín. Lanc.	0,23	0,27	1,19	0,46
Dur. Máx. Lanc.	2,8	2,8	1,29	1,91
Total Hrs.	189	158,3	13,2	53,9
Area Rastreada	12,25	10,90	0,93	3,80
Vel. Med. Arr.	1,85	1,93	2	1,97
Vel. Mín. Arr.	1,6	1,8	2	1,8
Vel. Máx. Arr.	2	2	2	2
Captura Tot. (kg)	210.740	125.283	11.383	44.612
Capt. Med. (kg/l)	1.785	1.061	1.034	1.143
Capt. Mín. (kg/l)	0	0	0	0
Capt. Máx. (kg/l)	6120	4012	2821	4250
CPUE1 Med.	17,1	13,97	12,08	13,1
CPUE1 Mín.	0	0	0	0
CPUE1 Máx.	85,26	61,7	33,3	36,8
CPUE2 Med.	1,14	0,95	0,86	0,91
CPUE2 Mín.	0	0	0	0
CPUE2 Máx.	4,84	4,09	2,36	2,61
Lat. Med. (S)	27,28	27,07	28,2	28,2
Long. Med. (W)	71,02	70,98	71,25	71,16

Nota: Duración de los lances en horas, velocidad en nudos, área en km², CPUE1 en t/km², CPUE2 en t/h arr, posición en unidades decimales. Captura en kilos por lance (kg/l). CPUE corresponde a rendimientos ya que el esfuerzo no está estandarizado.

Tabla 6.

Indicadores operacionales de la flota que realizó faenas extractivas sobre langostino amarillo en el Caladero 3, año 1

Zona Indicador	Caladero 3			
	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
Núm. Barcos	6	7	7	1
Núm. Lances	187	132	156	14
Prof. Med. (m)	259	259	210	210
Prof. Mín. (m)	170	150	165	165
Prof. Máx. (m)	450	430	320	269
Dur. Med. Lanc	1,33	1,3	1,5	0,59
Dur. Mín. Lanc.	0,51	0,3	0,19	0,44
Dur. Máx. Lanc.	3,89	4,59	4,2	0,92
Total Hrs.	249,7	171	234,4	8,35
Area Rastreada	14,60	10,30	13,00	0,42
Vel. Med. Arr.	1,96	1,97	2	2
Vel. Mín. Arr.	1,6	1,7	1,8	2
Vel. Máx. Arr.	2,1	2,2	2,5	2
Captura Tot.(kg)	191.274	142.677	128.429	8.099
Capt. Med. (kg/l)	1.022	1.080	823	579
Capt. Mín. (kg/l)	0	0	0	0
Capt. Máx. (kg/l)	5.100	5.338	3.360	1.183
CPUE1 Med.	15,2	14,58	12,01	20,16
CPUE1 Mín.	0	0	0	0
CPUE1 Máx.	67,9	73,3	75,13	46,84
CPUE2 Med.	0,927	0,909	0,739	1,008
CPUE2 Mín.	0	0	0	0
CPUE2 Máx.	4,42	4,74	6,1	2,34
Lat. Med (S)	29,84	29,75	29,92	29,95
Long. Med. (W)	71,45	71,46	71,44	71,47

Nota: Duración de los lances en horas, velocidad en nudos, área en km², CPUE1 en t/km², CPUE2 en t/h arr, posición en unidades decimales. Captura en kilos por lance (kg/l). CPUE corresponde a rendimientos ya que el esfuerzo no está estandarizado.

Tabla 7.

Indicadores operacionales de la flota que realizó faenas extractivas sobre langostino amarillo en el Caladero 4, año 1995.

Zona Indicador	Caladero 4			
	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
Núm. Barcos	3	4	2	1
Núm. Lances	57	34	15	17
Prof. Med. (m)	286	268	235	247
Prof. Mín. (m)	170	220	195	240
Prof. Máx. (m)	420	360	300	255
Dur. Med. Lanc	1,36	1,4	2,4	1,01
Dur. Mín. Lanc.	0,46	0,53	0,69	1
Dur. Máx. Lanc.	3,42	4,2	3,8	1,17
Total Hrs.	77,7	47,7	35,5	17,3
Area Rastreada	5,12	2,70	1,80	0,86
Vel. Med. Arr.	2	1,9	2	2
Vel. Mín. Arr.	2	1,8	2	2
Vel. Máx. Arr.	2	2	2	2
Captura Tot. (kg)	75.993	36.565	15.236	11.037
Capt. Med. (kg/l)	1.333	1.075	1.015	649
Capt. Mín. (kg/l)	0	0	221	130
Capt. Máx. (kg/l)	5066	3705	1950	1365
CPUE1 Med.	17,5	15,03	10,1	12,67
CPUE1 Mín.	0	0	1,7	2,58
CPUE1 Máx.	82,90	40,03	31,70	27,09
CPUE2 Med.	1,15	0,90	0,55	0,63
CPUE2 Mín.	0,00	0,00	0,09	0,13
CPUE2 Máx.	4,2	2,6	2,06	1,35
Lat. Med. (S)	31,7	31,44	31,7	31,33
Long. Med. (W)	71,67	71,69	71,62	71,1

Nota: Duración de los lances en horas, velocidad en nudos, área en km², CPUE1 en t/km², CPUE2 en t/h arr, posición en unidades decimales. Captura en kilos por lance (kg/l). CPUE corresponde a rendimientos ya que el esfuerzo no está estandarizado.

Tabla 8.

Indicadores operacionales de la flota que realizó faenas extractivas sobre langostino amarillo en los Caladeros 3 y 4, año 1996.

Zona Indicador	Caladero 3			Caladero 4		
	Febrero	Abril	Mayo	Marzo	Abril	Mayo
Núm. Barcos	1	1	1	3	3	1
Núm. Lances	5	20	5	22	22	6
Prof. Med. (m)	338	267	311	307	294	249
Prof. Mín. (m)	330	260	240	260	230	230
Prof. Máx. (m)	340	300	380	440	420	280
Dur. Med. Lanc	0,1	1,0	1,5	2,6	2,2	1,7
Dur. Mín. Lanc.	0,1	0,6	1,2	1,2	0,9	1,1
Dur. Máx. Lanc.	0,1	1,4	1,7	4,0	4,4	2,5
Total Hrs.	0,5	20,9	7,7	57,1	71,8	10,1
Area Rastreada	0,03	1,35	0,45	3,01	3,80	0,62
Vel. Med. Arr.	1,8	1,9	1,8	2,0	2,0	1,9
Vel. Mín. Arr.	1,8	1,9	1,8	2,0	2,0	1,8
Vel. Máx. Arr.	2,2	2,0	1,8	2,0	2,0	2,0
Captura Tot.(kg)	494	19.740	6.822	41.649	39.549	5.707
Capt. Med. (kg/l)	99	987	1.364	1.893	1.198	951
Capt. Mín. (kg/l)	0	39	954	0	91	715
Capt. Máx. (kg/l)	200	1.586	1.674	4.784	4.732	1.183
CPUE1 Med.	15,3	15,7	15,3	18,1	11,6	9,6
CPUE1 Mín.	0,0	0,6	10,1	0,0	1,3	5,9
CPUE1 Máx.	31,8	27,6	22,0	65,8	43,7	14,3
CPUE2 Med.	1,02	1,01	0,90	0,92	0,65	0,61
CPUE2 Mín.	0,00	0,04	0,60	0,00	0,08	0,35
CPUE2 Máx.	2,11	1,80	1,30	3,28	2,18	0,93
Lat. Med (S)	29,47	29,46	29,51	31,31	31,35	32,01
Long. Med. (W)	71,49	71,47	71,48	71,71	71,70	71,63

Nota: Duración de los lances en horas, velocidad en nudos, área en km², CPUE1 en t/km², CPUE2 en t/h arr, posición en unidades decimales. Captura en kilos por lance (kg/l). CPUE corresponde a rendimientos ya que el esfuerzo no está estandarizado.

Tabla 9

Límites latitudinales, número de lances y área total por caladero de pesca, Langostino Amarillo, III-IV Regiones

Caladero	1	2	3	4	Total
Límites latitudinales	26°47'	28°04'	29°24'	30°51'	26°47'
numero de lances	236	50	478	207	971
Area (km ²)	919,2	143,0	1.487,5	1.383,3	3.942,0

Tabla 10

Densidades relativas estimadas por caladeros de pesca a través de las aproximaciones modelo y diseño basadas, Langostino Amarillo, III-IV Regiones, 1995.

Caladero	1	2	3	4	Total
Estimación modelo-basada					
Densidad (t/km ²)	16,49	14,12	16,87	16,56	16,01
Límite inferior	15,60	11,71	15,65	15,33	14,57
Límite superior	19,85	22,41	20,00	19,70	20,49
Estimación diseño-basada					
Densidad (t/km ²)	15,71	12,78	14,16	15,51	14,94
Límite inferior	12,78	11,36	11,96	13,13	12,31
Límite superior	19,15	13,87	14,16	18,19	16,34

Tabla 11

Estadísticos de regresión y parámetros de la relación longitud-peso estimada para Langostino
Amarillo machos, III-IV Región, 1995

<i>Estadísticas de la regresión</i>				
Coef. determinación		0,955		
Error típico		0,150		
Observaciones		908		

ANÁLISIS DE VARIANZA				
	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrados medios</i>	<i>F</i>
Regresión	1	436,069	436,069	19292,2
Residuos	906	20,479	0,023	
Total	907	456,548		

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>
Intercepción	-8,145	0,080	-8,301	-7,988
Variable X 1	3,210	0,023	3,165	3,256

Tabla 12

Estadísticos de regresión y parámetros de la relación longitud-peso estimada para Langostino
Amarillo hembras, III-IV Región, 1995

<i>Estadísticas de la regresión</i>				
Coef. determinación		0,922		
Error típico		0,131		
Observaciones		597,000		

ANÁLISIS DE VARIANZA				
	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrados medios</i>	<i>F</i>
Regresión	1,000	119,698	119,698	6994,9
Residuos	595,000	10,182	0,017	
Total	596,000	129,879		

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>
Intercepción	-7,591	0,119	-7,825	-7,357
Variable X 1	3,041	0,036	2,969	3,112

Tabla 13

Estadísticos de regresión y parámetros de la relación longitud-peso estimada para Langostino
Amarillo machos y hembras, III-IV Región, 1995

<i>Estadísticas de la regresión</i>				
Coef. determinación		0,977		
Error típico		0,144		
Observaciones		1505,000		

ANÁLISIS DE VARIANZA				
	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrados medios</i>	<i>F</i>
Regresión	1,000	664,314	664,314	32246,348
Residuos	1503,000	30,964	0,021	
Total	1504,000	695,277		

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>
Intercepción	-8,035	0,060	-8,153	-7,918
Variable X 1	3,178	0,018	3,143	3,213

Tabla 14

Biomásas (t) y abundancias estimadas (diseño-basado) por caladero y sexos, Langostino Amarillo III-IV Regiones, 1995.

CALADERO	1	2	3	4	Total
Biomasa total	14.543	1.828	21.072	21.464	58.907
L. inferior	11.754	1.625	17.800	18.173	49.352
L. superior	17.599	1.984	24.560	25.173	69.316
Biomasa hembras	4.686	589	6.295	6.413	17.983
L. inferior	3.787	524	5.318	5.429	15.058
L. superior	5.671	639	7.338	7.521	21.168
Biomasa machos	9.857	1.239	14.777	15.051	40.924
L. inferior	7.967	1.101	12.482	12.744	34.294
L. superior	11.928	1.345	17.222	17.652	48.148
Abundancia total	867.294.101	109.015.583	1.085.339.325	1.105.529.768	3.167.178.776
L. inferior	700.967.810	96.909.366	916.810.933	936.022.758	2.650.710.867
L. superior	1.049.543.346	118.318.882	1.264.993.063	1.296.566.383	3.729.421.673
Abundancia hembras	390.452.169	49.078.358	441.753.955	449.971.853	1.331.256.335
L. inferior	315.572.770	43.628.190	373.159.662	380.979.244	1.113.339.866
L. superior	472.500.015	53.266.665	514.876.477	527.727.425	1.568.370.582
Abundancia machos	476.841.932	59.937.224	643.585.370	655.557.915	1.835.922.441
L. inferior	385.395.040	53.281.176	543.651.271	555.043.514	1.537.371.001
L. superior	577.043.331	65.052.217	750.116.585	768.838.958	2.161.051.091

Tabla 15

Proporción de hembras ovígeras, Langostino Amarillo, III-IV Regiones, 1995-1996

Año	Mes	Hembras ovígeras	Hembras totales	Proporción de hembras ovígeras
1995	junio	490	2270	21.6%
	julio	904	1421	63.6%
	agosto	1052	1238	85.0%
	septiembre	850	1693	50.2%
	octubre	353	1713	20.6%
	noviembre	287	1563	18.4%
1996	febrero	0	1030	0.0%
	marzo	0	844	0.0%
	abril	0	1071	0.0%
	mayo	479	1084	44.2%

Tabla 16

Parámetros de la función de madurez sexual y talla de primera madurez sexual estimada para Langostino Amarillo, III-IV Regiones.

<i>b₀</i>	<i>b₁</i>	n° datos	L(<i>b₀,b₁</i>)	L 50% (mm)
12,269	-0,558	1238	-316,866	21,98

Tabla 17

Estadísticos de regresión y parámetros de la relación longitud-n° de huevos estimada para Langostino Amarillo, III-IV Región.

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coef. corr.	0,8044
Coef. determinación	0,6470
R ² ajustado	0,6461
Error típico	0,4822
Observaciones	377

**ANÁLISIS DE
VARIANZA**

	<i>G. de libertad</i>	<i>Suma cuadrados</i>	<i>Cuadrados medios</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
Regresión	1	159,8725	159,8725	687,4519	0,0000
Residuos	375	87,2093	0,2326		
Total	376	247,0818			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>
Intercepción (ln)	-8,4457	0,6394	-13,2095	-9,7028	-7,1885
Variable X 1	4,9344	0,1882	26,2193	4,5644	5,3045

Tabla 18

Resultados de las estimaciones de mezclas distribucionales para cada uno de los años considerados en el estudio.

Año	Clase anual 1			Clase anual 2			Clase anual 3		
	Media	Desv est.	Prop.	Media	Desv est.	Prop.	Media	Desv est.	Prop.
1965	32,92	3,07	0,38	40,33	2,07	0,57	45,75	1,12	0,05
1966	26,59	2,16	0,13	36,19	4,04	0,40	42,19	2,66	0,47
1968	29,20	3,59	0,40	36,87	3,88	0,60			
1969	29,35	3,05	0,56	35,68	2,72	0,34	41,49	2,20	0,10
1970	21,28	2,03	0,053	31,51	3,56	0,58	38,40	3,59	0,36
1979	28,79	4,74	0,79	42,83	2,99	0,21			
1981	21,59	3,36	0,32	28,73	4,20	0,58	38,15	3,82	0,10
1995-96	23,15	2,37	0,13	28,03	2,43	0,22	35,35	3,92	0,65

Año	Clase anual 1			Clase anual 2			Clase anual 3		
	Media	Desv est.	Prop.	Media	Desv est.	Prop.	Media	Desv est.	Prop.
1965	30,70	2,099	0,76	35,01	1,11	0,16	38,82	1,46	0,082
1966	26,57	2,16	0,13	36,19	4,04	0,40	42,19	2,66	0,47
1968	29,35	3,04	1						
1969	29,20	2,87	1						
1970	22,79	2,39	0,14	30,16	2,91	0,86			
1979	22,20	2,49	0,17	27,79	2,71	0,75	36,51	2,17	0,082
1981	22,01	3,50	0,49	27,38	4,21	0,51			
1995-96	27,46	3,83	0,85	36,83	2,44	0,15			

Tabla 19

Parámetros de crecimiento estimados para Langostino Amarillo, III-IV Regiones.

	Lo (mm)	K (mm/año)	to (años)
machos	62,1062	0,1652	-1,6150
hembras	54,5580	0,1774	-1,8794

Tabla 20

Tallas promedio observadas y estimadas por grupo de edad, Langostino Amarillo III-IV Regiones.

edad (años)	1	2	3	4	5	6
machos						
L observado	22,007	28,448	32,215	36,773	41,710	45,750
L estimado	21,782	27,921	33,125	37,537	41,278	44,449
hembras						
L observado	22,333	27,300	29,853	36,135	38,820	42,190
L estimado	21,827	27,149	31,606	35,338	38,463	41,080

Tabla 21

Tallas modales y composición etérea del desembarque de Langostino Amarillo III-IV Regiones, 1995.

sexo	Puerto	CALDERA			COQUIMBO		
	grupo de edad	talla modal	p(%)	n°	talla modal	p(%)	n°
machos	1	-	-	0	23,330	12,0%	14.696.910
	2	27,908	52,7%	4.299.613	29,350	27,9%	34.170.315
	3	36,591	46,9%	3.828.568	34,430	60,1%	73.607.022
	Total			9.967.678			122.474.247
hembras	1	21,623	4,0%	326.473	22,624	14,8%	12.437.116
	2	27,824	96,0%	7.835.355	28,249	64,0%	53.835.867
	3	-	-	0	33,384	14,0%	11.750.914
	4	-	-	0	38,101	7,2%	6.041.930
	Total			8.161.828			84.065.744

Tabla 22

Frecuencia de tallas del desembarque por puerto y sexo, Langostino Amarillo III-IV Regiones.

Talla (mm)	HEMBRAS		MACHOS	
	Caldera	Coquimbo	Caldera	Coquimbo
18,0	27.365	557.600	8.211	513.858
19,0	43.777	940.261	43.777	612.260
20,0	109.448	1.596.253	84.824	1.268.252
21,0	131.332	2.263.184	106.708	1.924.255
22,0	186.051	3.181.579	180.580	2.525.576
23,0	380.323	3.695.436	279.086	3.017.578
24,0	544.491	4.668.492	342.017	3.181.579
25,0	818.096	6.253.817	511.655	3.946.901
26,0	1.067.088	6.538.086	555.432	4.110.902
27,0	1.151.902	7.729.802	615.622	4.460.769
28,0	1.072.558	8.527.928	637.516	5.565.021
29,0	933.015	8.451.402	541.750	6.057.022
30,0	626.574	6.636.478	547.221	6.625.550
31,0	495.232	4.974.627	448.725	6.745.808
32,0	270.875	3.575.168	489.761	6.964.479
33,0	188.791	2.809.845	465.137	7.697.008
34,0	73.872	2.470.916	626.574	7.314.347
35,0	35.566	2.131.987	708.658	8.309.268
36,0	5.471	1.749.316	651.198	9.151.127
37,0	0	1.771.182	662.140	8.276.464
38,0	0	1.432.253	508.915	6.461.550
39,0	0	1.038.653	358.430	4.930.895
40,0	0	601.332	295.499	3.870.365
41,0	0	262.403	131.332	2.951.980
42,0	0	142.135	98.496	2.175.719
43,0	0	43.732	46.518	1.607.191
44,0	0	10.938	13.682	1.191.726
45,0	0	10.938	8.211	623.198
46,0	0	0	0	273.331
47,0	0	0	0	98.402
48,0	0	0	0	21.866
Total	8.161.828	84.065.744	9.967.678	122.474.247

Tabla 23

Frecuencia de tallas de la abundancia y biomasa de Langostino Amarillo, III-IV Regiones 1995.

Punto	HEMERAS				MACHOS			
	CALDERA		COQUIMBO		CALDERA		COQUIMBO	
	Abundancia	Biomasa	Abundancia	Biomasa	Abundancia	Biomasa	Abundancia	Biomasa
Talla (mm)								
18,0	1.473.640	5	5.914.731	20	442.203	1	5.450.735	17
19,0	2.357.492	9	9.973.803	39	2.357.492	9	6.494.537	24
20,0	5.894.007	27	16.932.227	77	4.567.952	20	13.452.961	59
21,0	7.072.477	37	24.006.678	127	5.746.422	29	20.411.494	104
22,0	10.019.204	61	33.748.537	206	9.724.587	58	26.790.004	158
23,0	20.481.163	143	39.199.272	274	15.029.359	103	32.008.904	218
24,0	29.321.897	233	49.520.937	394	18.418.288	144	33.748.537	264
25,0	44.056.086	397	66.337.246	597	27.553.640	246	41.856.681	373
26,0	57.464.772	583	69.352.625	704	29.911.132	302	43.606.314	441
27,0	62.032.172	706	81.993.728	933	33.152.477	378	47.317.524	540
28,0	57.759.390	734	90.459.842	1.150	34.331.499	440	59.030.852	757
29,0	50.244.710	710	89.648.093	1.268	29.174.312	419	64.249.752	922
30,0	33.742.265	529	70.396.318	1.103	29.468.930	472	70.280.401	1.125
31,0	26.669.235	462	52.768.259	914	24.164.710	430	71.556.037	1.272
32,0	14.587.156	278	37.923.526	723	26.374.618	519	73.875.585	1.454
33,0	10.166.789	213	29.805.383	624	25.048.563	544	81.645.867	1.774
34,0	3.978.165	91	26.210.199	601	33.742.265	807	77.586.795	1.856
35,0	1.915.290	48	22.615.015	566	38.162.632	1.002	88.140.403	2.314
36,0	294.617	8	18.555.834	506	35.068.319	1.008	97.070.405	2.789
37,0	0	0	18.787.778	557	35.657.554	1.119	87.792.433	2.755
38,0	0	0	15.192.594	489	27.406.055	937	68.540.767	2.343
39,0	0	0	11.017.496	384	19.302.141	717	52.304.372	1.943
40,0	0	0	6.378.619	240	15.913.211	641	41.054.823	1.654
41,0	0	0	2.783.435	113	7.072.477	309	31.313.072	1.366
42,0	0	0	1.507.689	66	5.304.219	250	23.078.903	1.088
43,0	0	0	463.888	22	2.505.077	127	17.048.254	857
44,0	0	0	116.026	6	736.820	40	12.641.212	692
45,0	0	0	116.026	6	442.203	26	6.610.563	389
46,0	0	0	0	0	0	0	2.899.353	183
47,0	0	0	0	0	0	0	1.043.802	71
48,0	0	0	0	0	0	0	231.944	17
Total	439.530.527	5.275	891.725.808	12.708	536.779.156	11.096	1.299.143.285	29.828

Tabla 24

Parámetros biológicos empleados en la estimación de la talla crítica de Langostino Amarillo, III-IV Regiones.

Sexo	L _{oo} (mm)	K	Factor de condición (q)	Coefficiente alométrico (b)	Mortalidad natural (M)
machos	62,106	0,165	0,0002902	3,210	0,321
hembras	54,558	0,177	0,0005050	3,041	0,321

Tabla 25

Tallas y edades críticas, tallas de primera captura y diferencia porcentual entre L* y L_{50%} estimadas por sexos y puerto, Langostino Amarillo, III-IV Regiones

Sexo	Talla crítica (mm)	Edad crítica (años)	CALDERA		COQUIMBO	
			Talla primera captura (mm)	Diferencia porcentual	Talla primera captura (mm)	Diferencia porcentual
Machos	38,50	4,25	31,50	-18,2%	32,48	-15,6%
Hembras	34,00	3,64	27,15	-20,2%	28,30	-16,8%

Tabla 26

Producción proyectada de biomasas y variación porcentual respecto de las biomasas estimadas por sexos y caladeros de pesca, Langostino Amarillo, III y IV Regiones.

Puerto	Hembras		Machos		Total
	Caldera	Coquimbo	Caldera	Coquimbo	
Caladeros	1 y 2	3 y 4	1 y 2	3 y 4	
Biomasa 1995 (t)	5.275	12.708	11.096	29.828	58.907
Biomasa 1996 (t)	2.631	15.671	5.597	29.566	53.466
% de variación	-50,1%	41,2%	-56,0%	-0,9%	-9,2%

Tabla 27

Capturas, abundancias iniciales y tasas de explotación estimada para
Langostino Amarillo III-IV regiones, 1995

	Machos	Hembras	Total
Captura (n°)	132.441.925	92.227.572	224.669.497
Abundancia inicial (n°)	2.291.382.793	1.414.533.308	3.635.428.757
Tasa explotación	5,78%	6,52%	6,18%

Tabla 28

Tasa de remoción de huevos, Langostino Amarillo, III-IV Regiones 1996.

n° hembras ovígeras capt.	huevos removidos	abundancia h. ovígeras	huevos totales	tasa de remoción
64.633.059	385.521.632.079	923.511.020	4.011.671.509.667	9,6%

FIGURAS

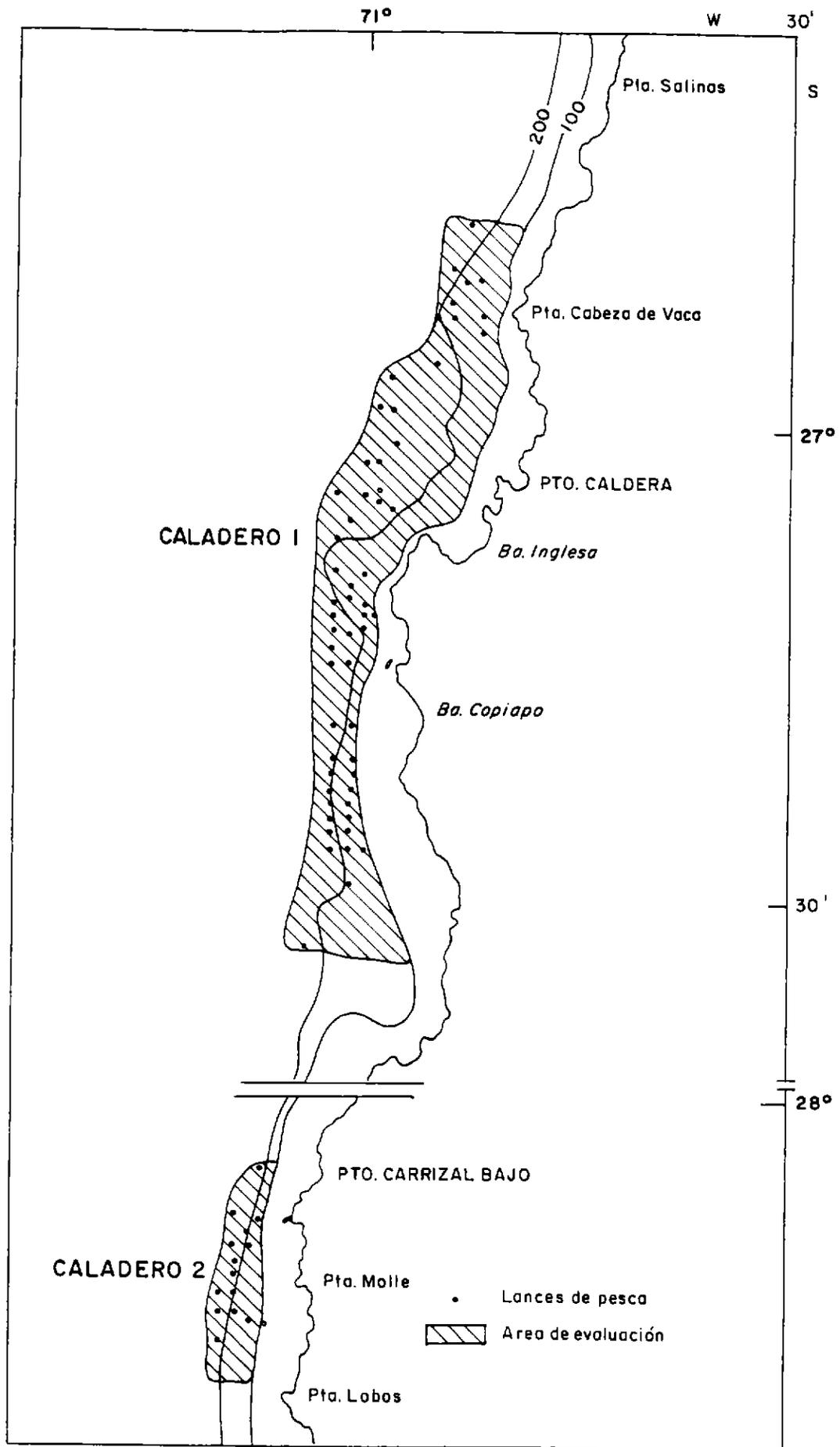


Figura 1. Areas de evaluación de langostino amarillo, Caladeros 1 y 2.

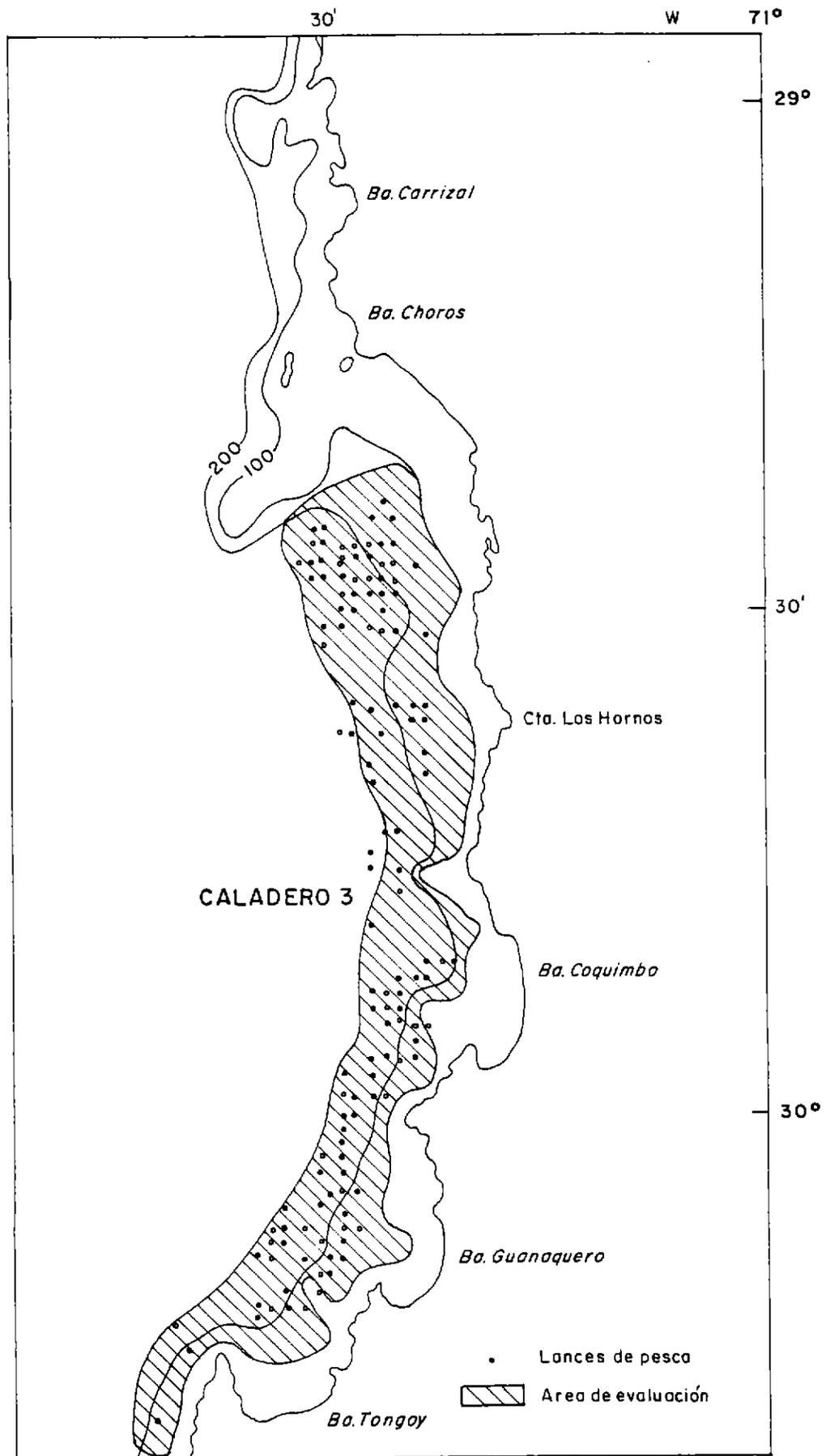


Figura 2. Areas de evaluación de langostino amarillo, Caladero 3.

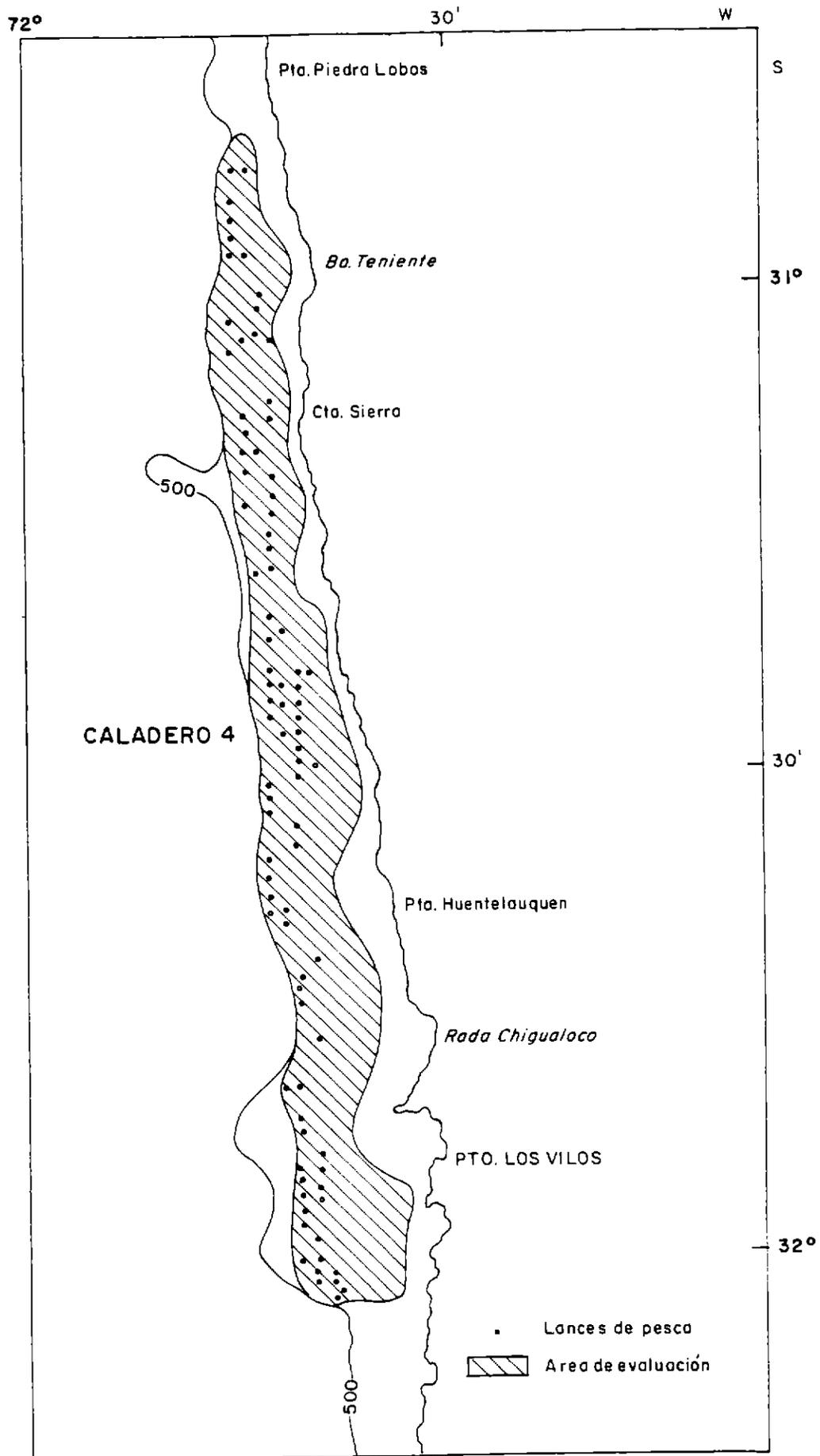


Figura 3. Areas de evaluación de langostino amarillo, Caladero 4.

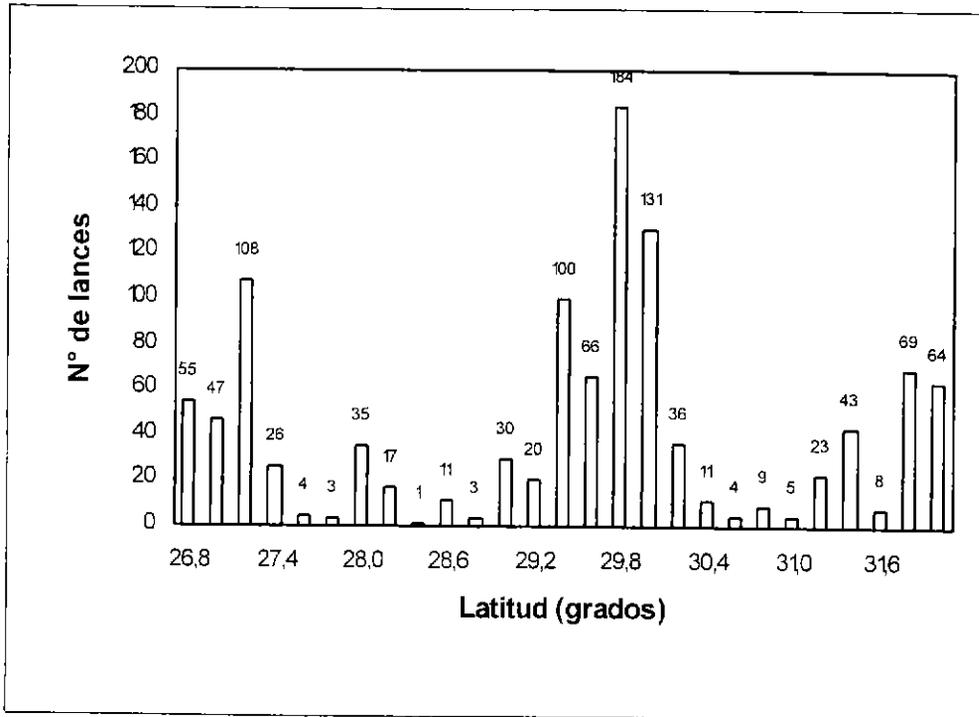


Figura 4. Distribución espacial del esfuerzo de pesca en número de lances.

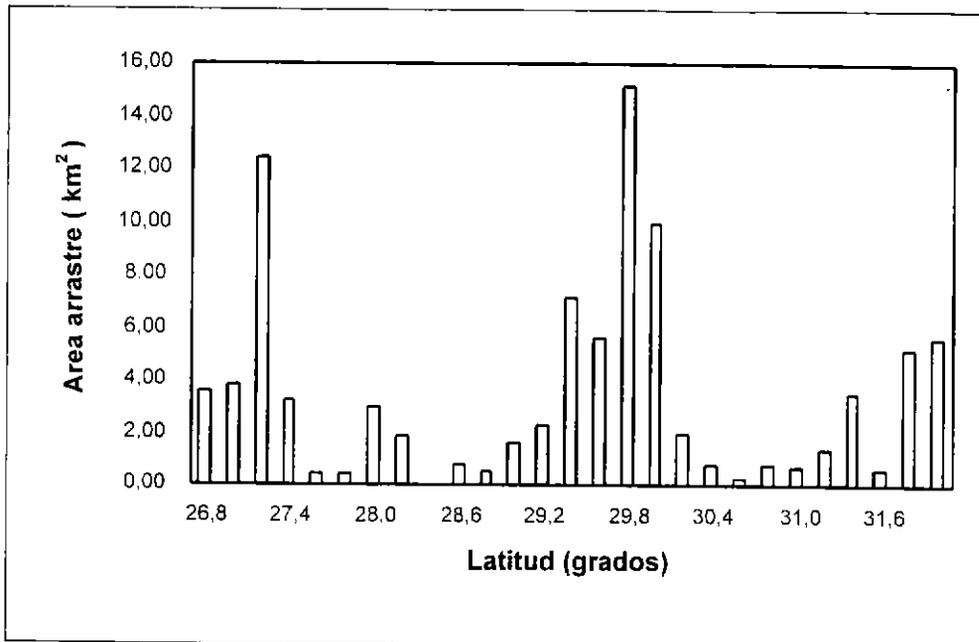


Figura 5. Distribución espacial de esfuerzo de pesca en área de arrastre (km²).

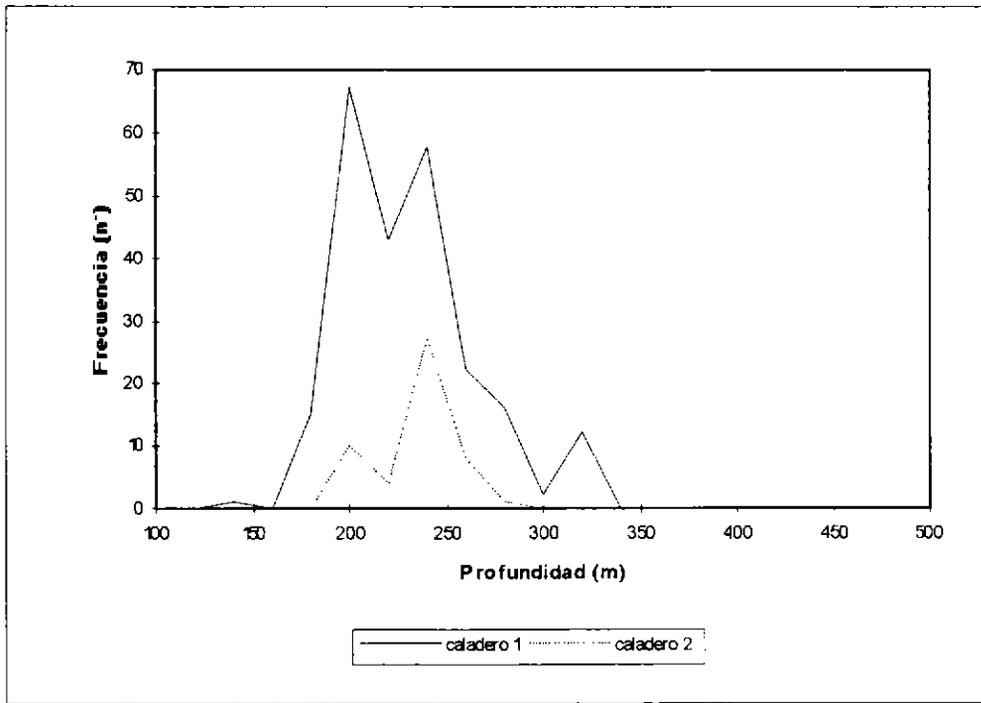


Figura 6. Distribuciones de frecuencia de lances de pesca por estrato de profundidad en los caladeros 1 y 2.

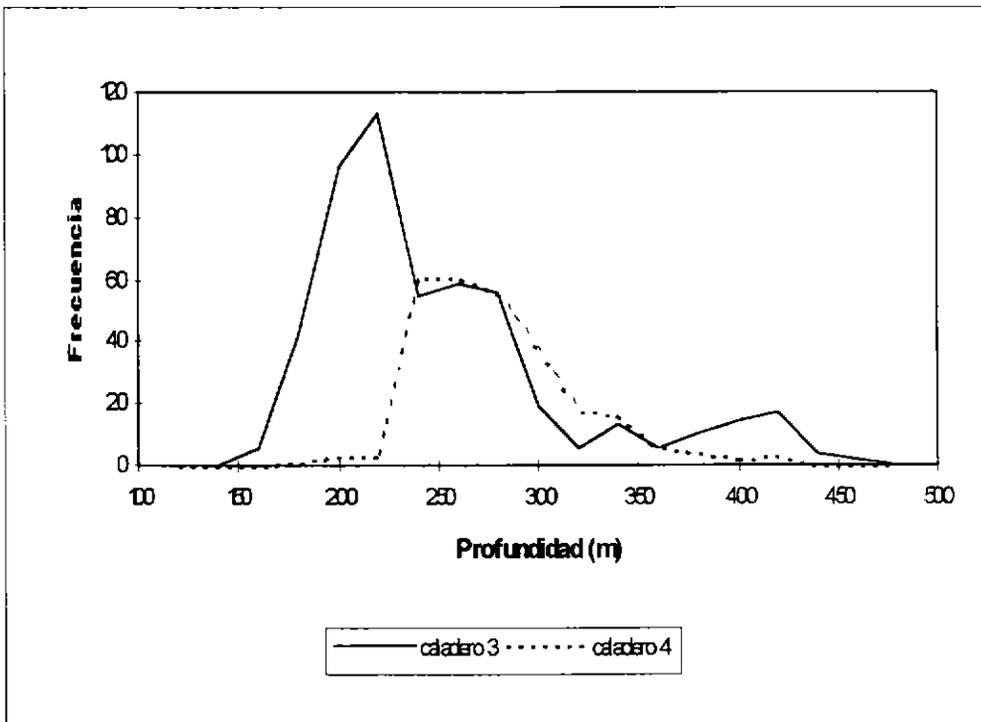


Figura 7. Distribuciones de frecuencia de lances de pesca por estrato de profundidad en los caladeros 3 y 4.

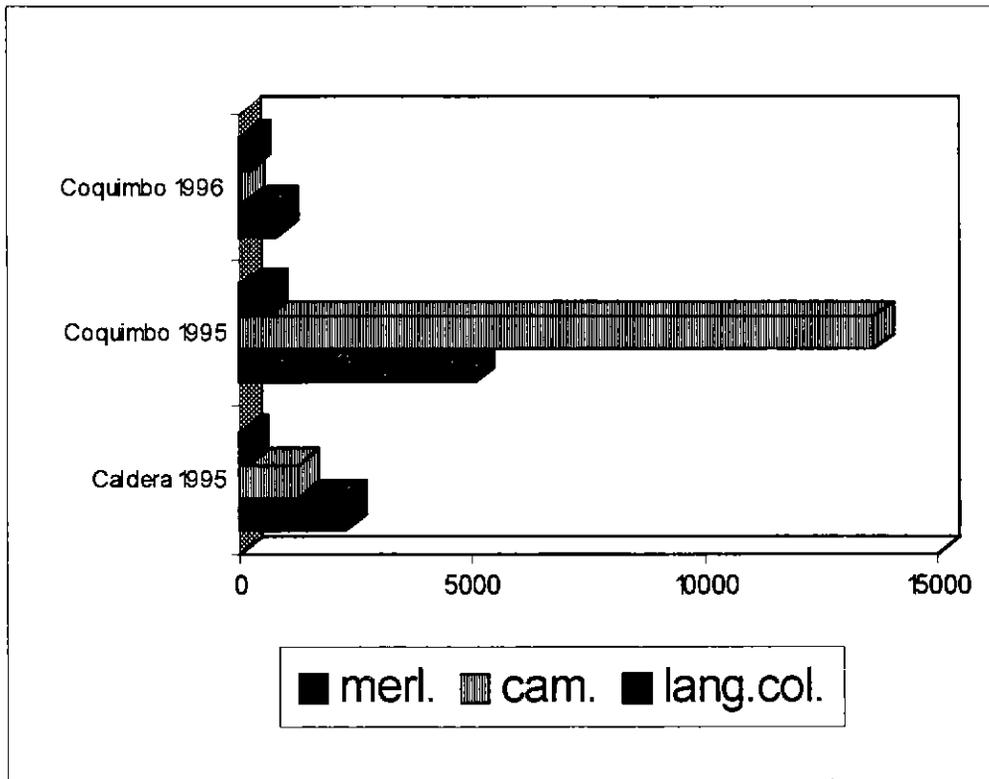


Figura 8. Composición por puerto y año de la fauna acompañante de langostino amarillo

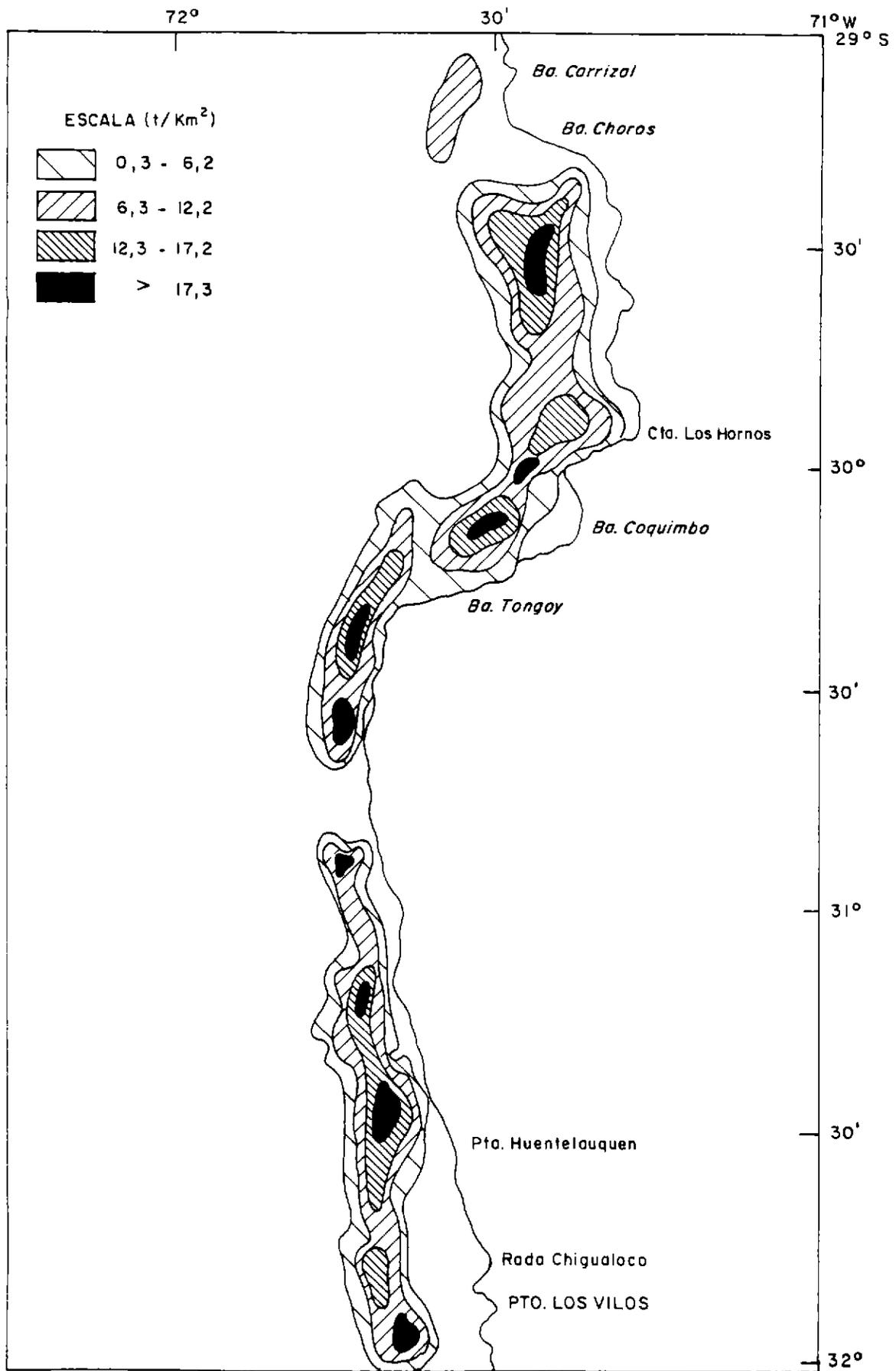


Figura 9. Distribución espacial del índice de densidad (abundancia) de langostino amarillo.

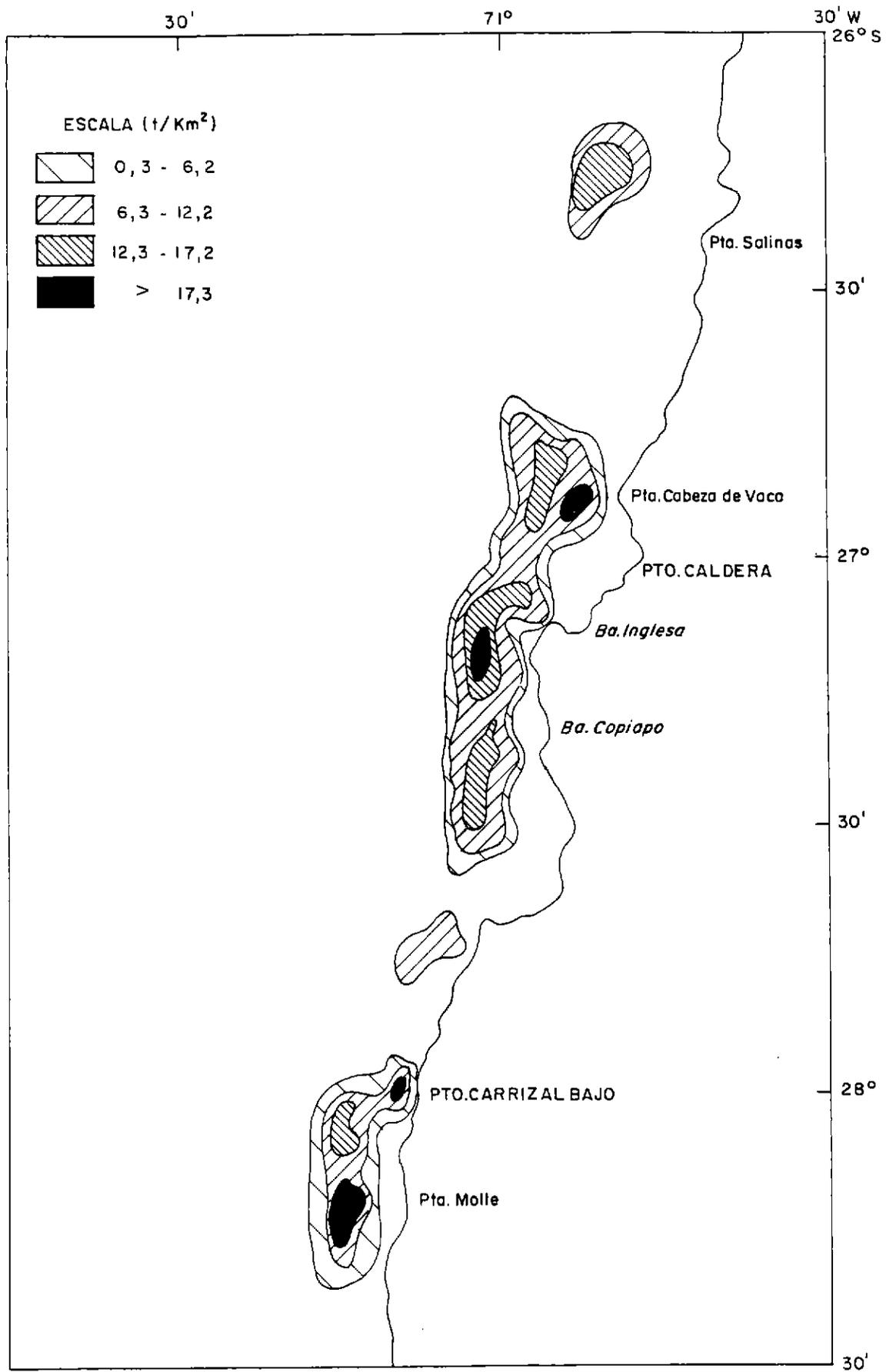


Figura 10. Distribución espacial del índice de densidad (abundancia) de langostino amarillo.

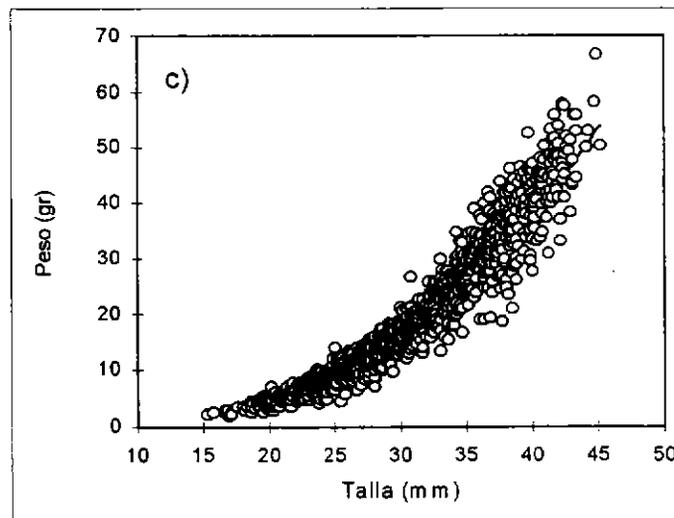
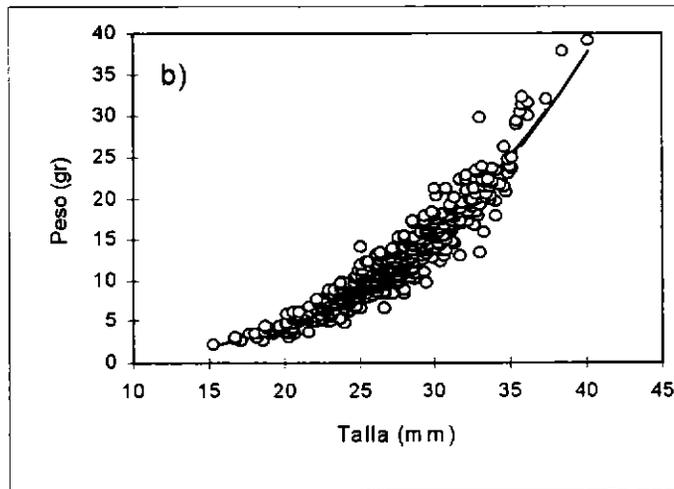
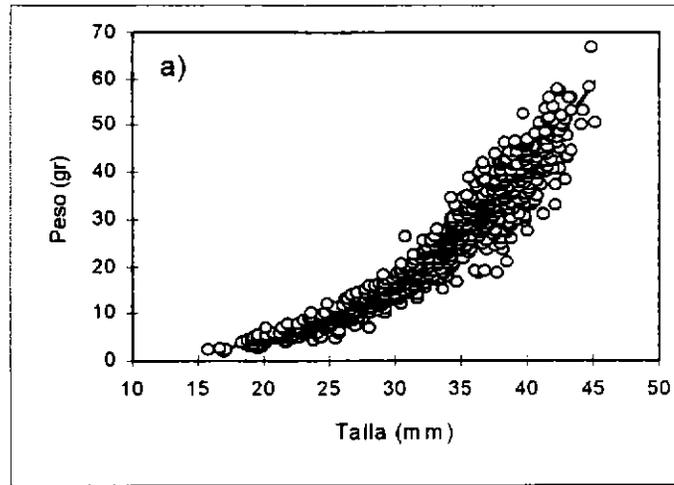


Figura 11 Relación talla-peso estimada para Langostino Amarillo III-IV Regiones: a) machos, b) hembras y c) machos y hembras

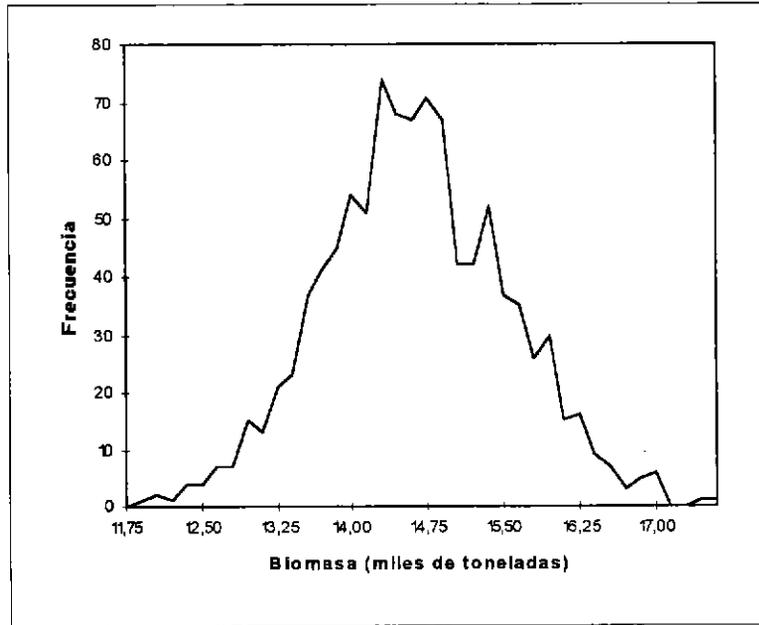


Figura 12. Frecuencias de biomasa estimadas para el caladero N° 1, Langostino Amarillo, III-IV Regiones

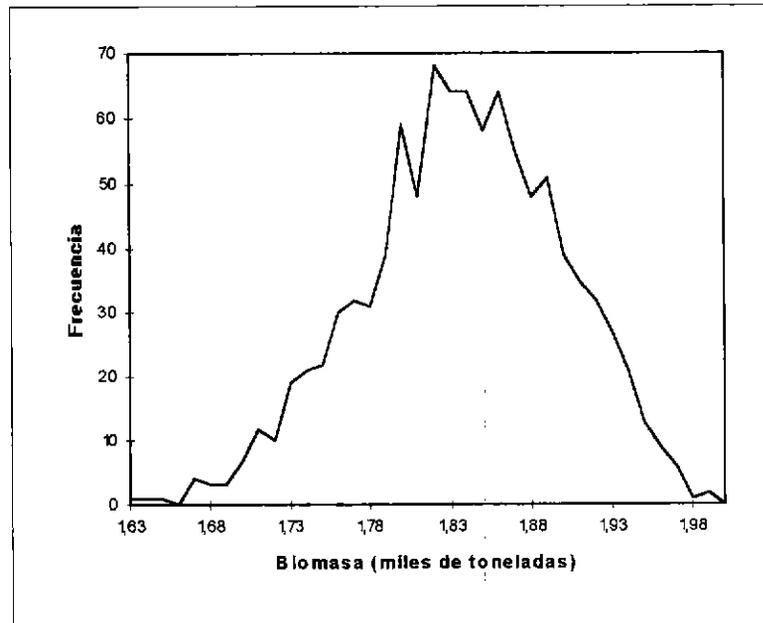


Figura 13. Frecuencias de biomasa estimadas para el caladero N° 2, Langostino Amarillo, III-IV Regiones

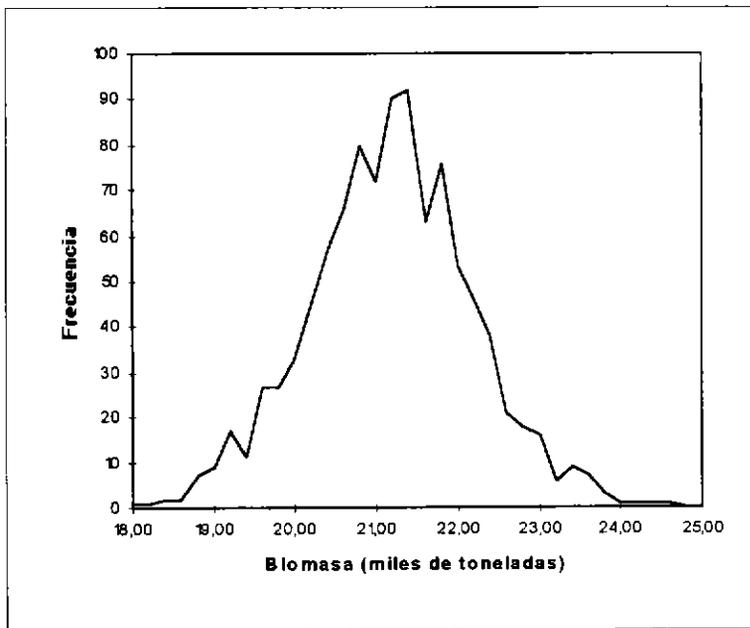


Figura 14. Frecuencias de biomasa estimadas para el caladero N° 3, Langostino Amarillo, III-IV Regiones

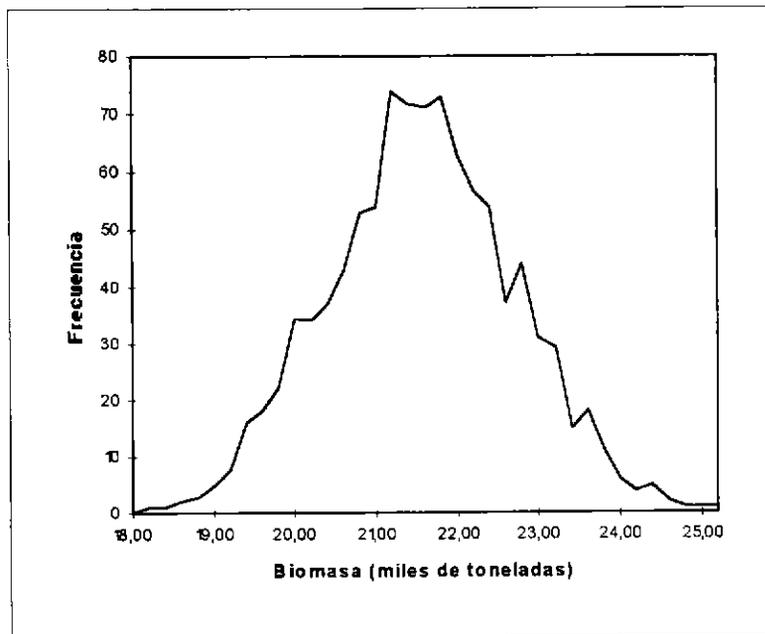


Figura 15. Frecuencias de biomasa estimadas para el caladero N° 4, Langostino Amarillo, III-IV Regiones.

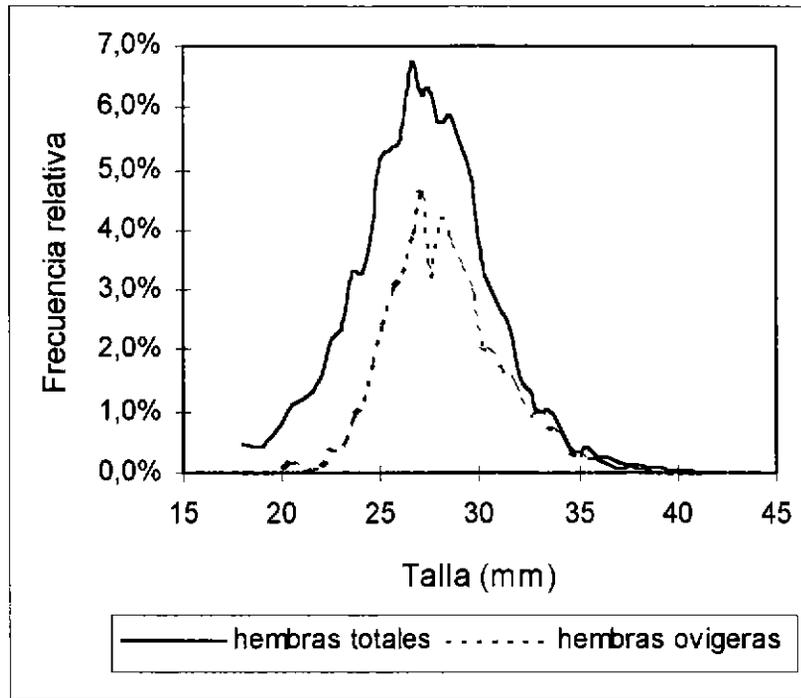


Figura 16. Frecuencias de tallas de hembras totales y ovigeras, Langostino Amarillo, III-IV Regiones

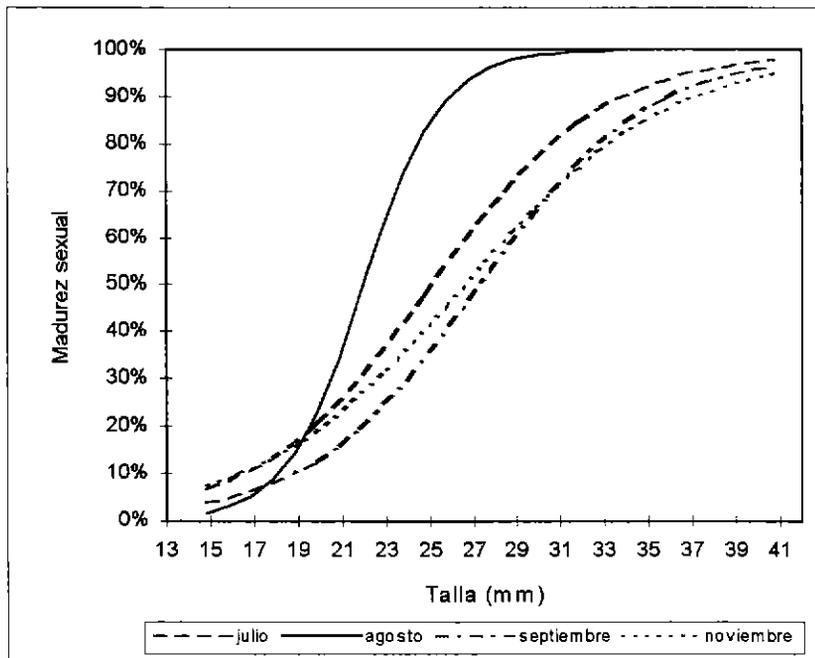


Figura 17. Abatimiento mensual de las curvas de madurez sexual, Langostino Amarillo, III-IV Regiones.

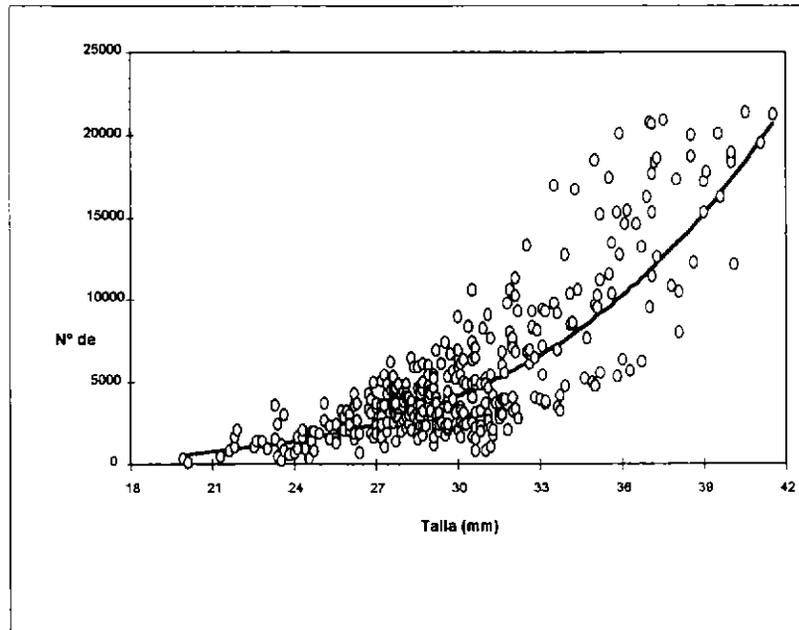


Figura 18. Función de fecundidad ajustada, Langostino Amarillo, III-IV Regiones.

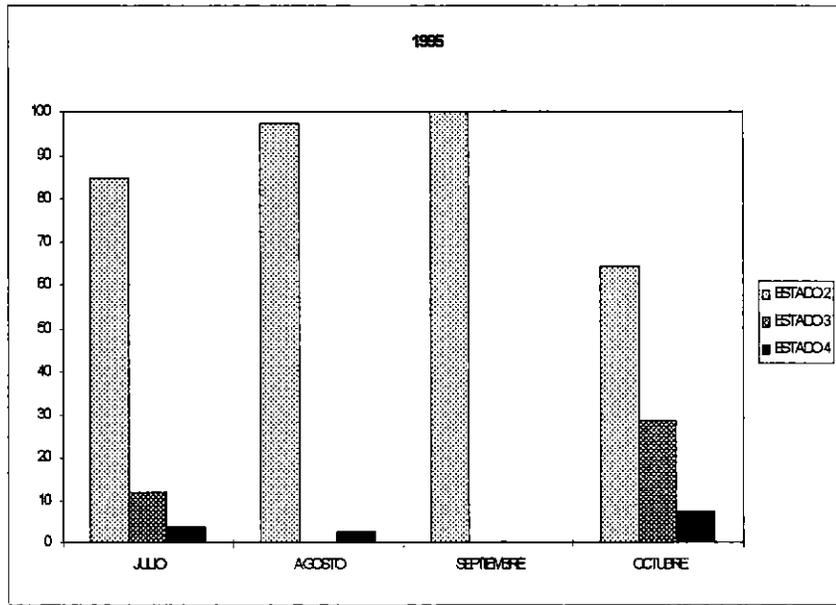


Figura 19. Progresión mensual del desarrollo de huevos en la temporada 1995

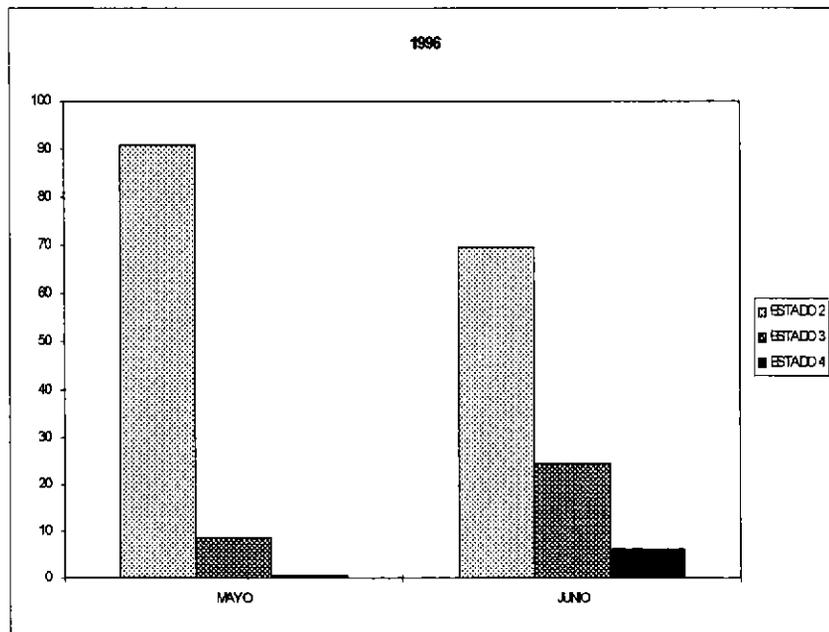


Figura 20. Progresión mensual del desarrollo de huevos en mayo y junio de 1996

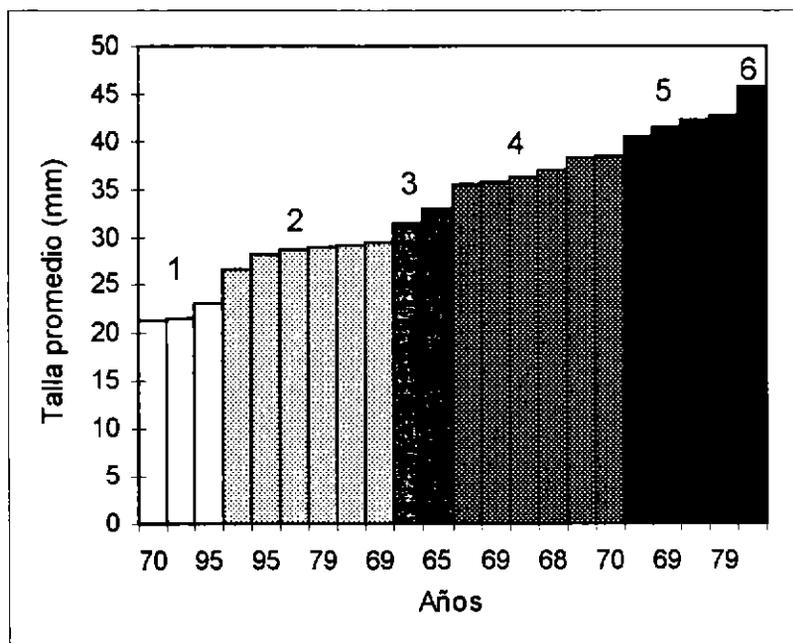


Figura 21. Identificación de clases anuales Langostino Amarillo machos, III-IV Regiones

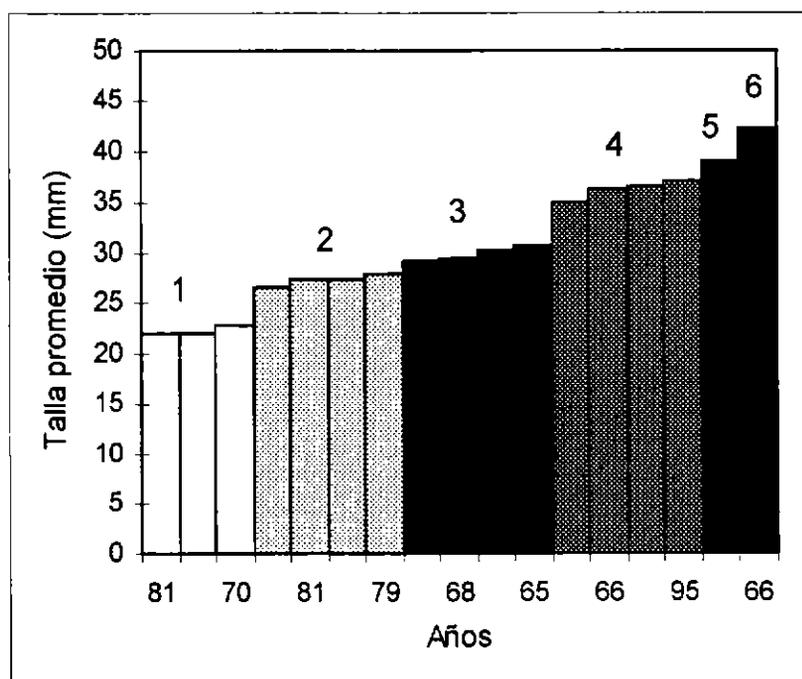


Figura 22. Identificación de clases anuales Langostino Amarillo hembras, III-IV Regiones

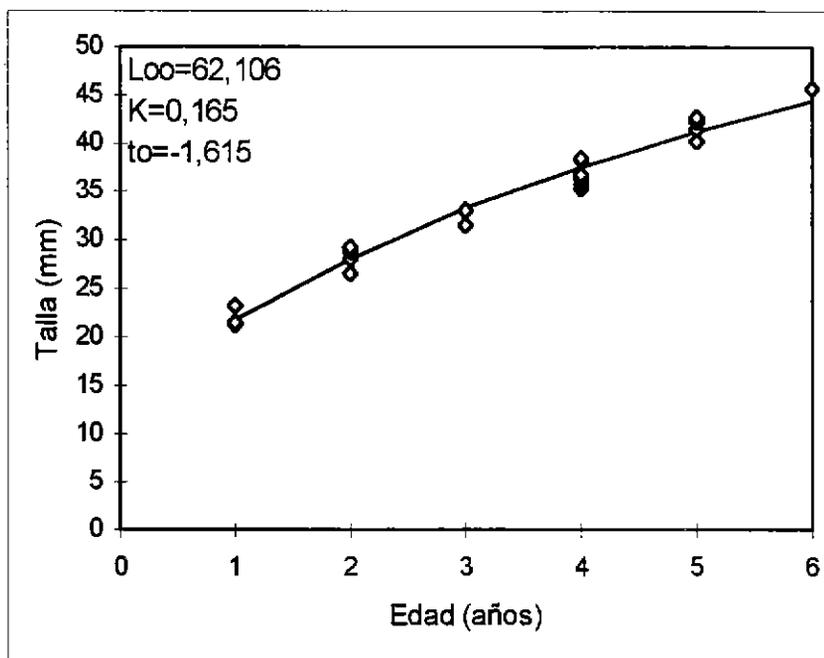


Figura 23. Representación gráfica del ajuste del modelo de Von Bertalanffy, Langostino Amarillo machos, III-IV Regiones

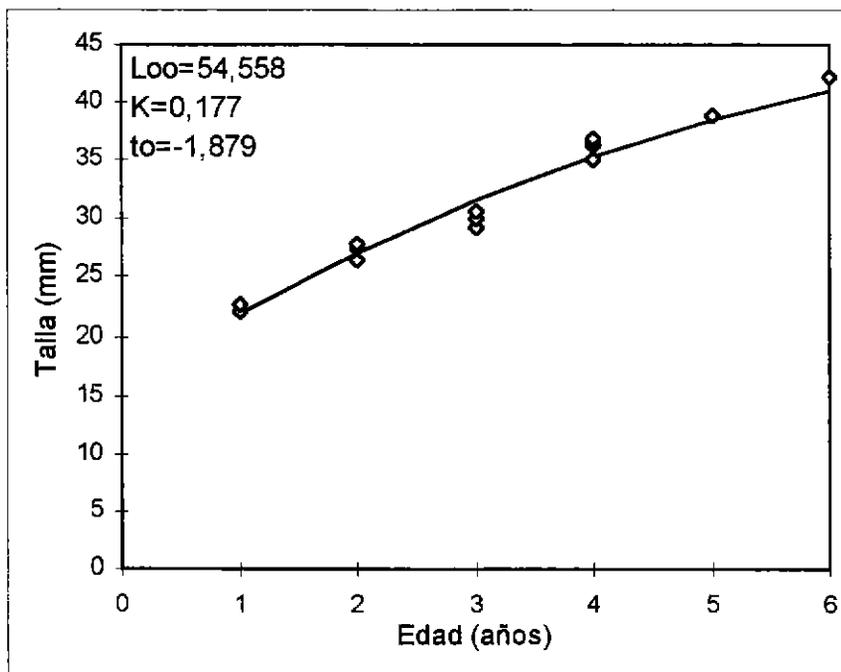


Figura 24. Representación gráfica del ajuste del modelo de Von Bertalanffy, Langostino Amarillo hembras, III-IV Regiones

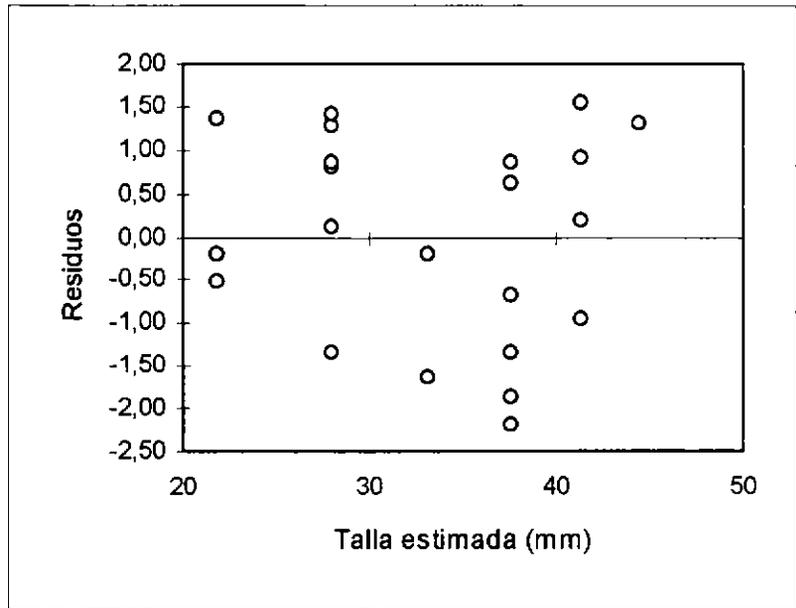


Figura 25. Residuales del ajuste del modelo de Von Bertalanffy respecto a la talla predicha, Langostino Amarillo machos, III-IV Regiones

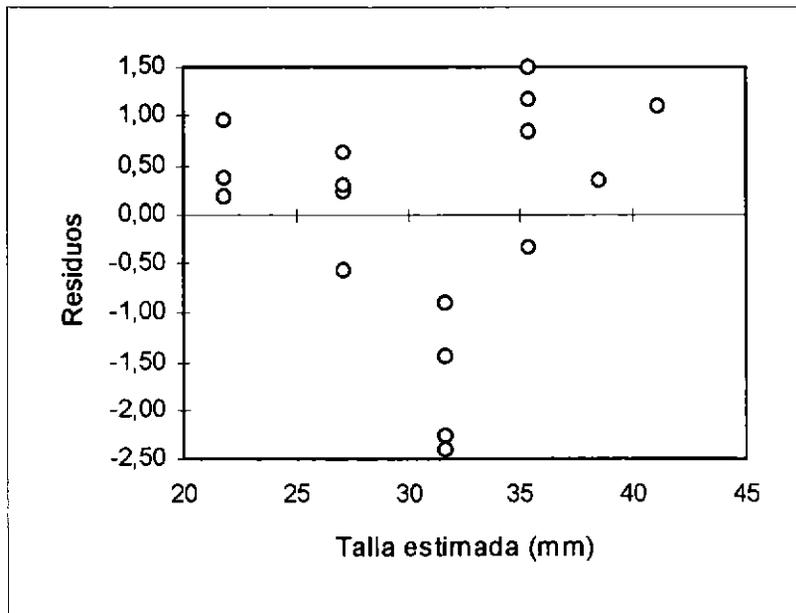


Figura 26. Residuales del ajuste del modelo de Von Bertalanffy respecto a la talla predicha, Langostino Amarillo hembras, III-IV Regiones

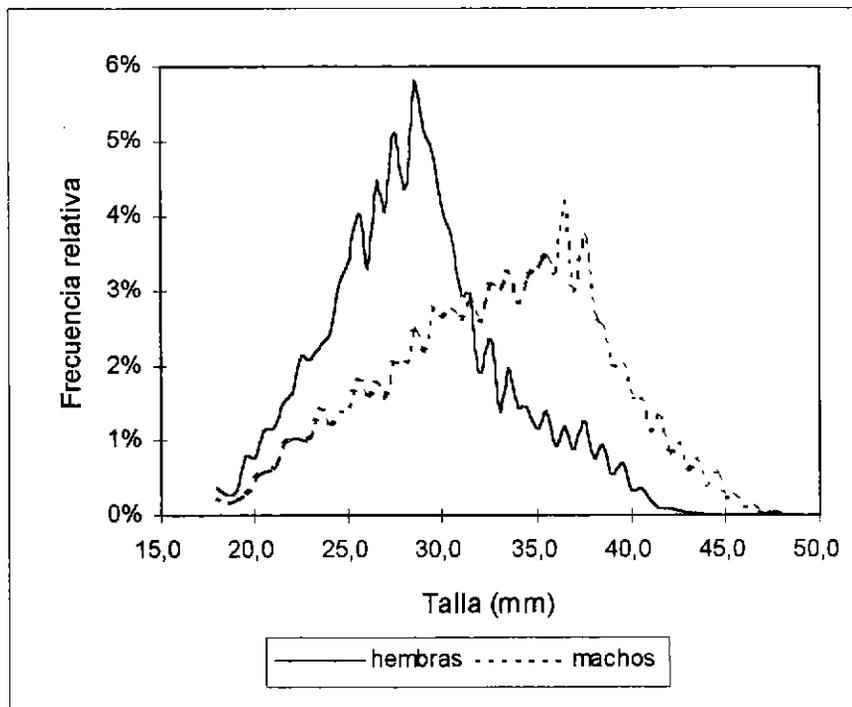


Figura 27. Frecuencia relativa de tallas del desembarque, puerto de Caldera, Langostino Amarillo, III-IV Regiones.

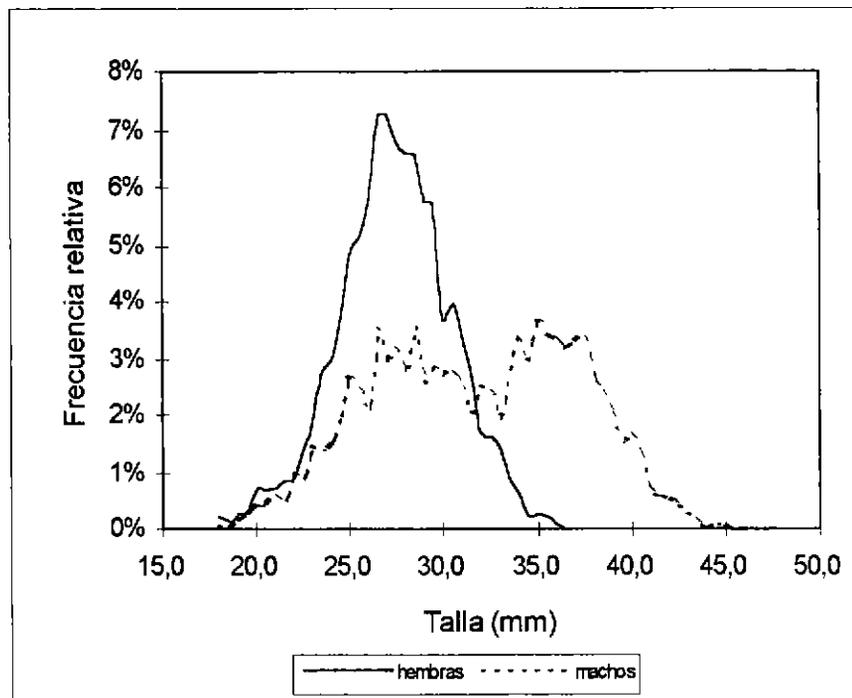


Figura 28. Frecuencia relativa de tallas del desembarque, puerto de Coquimbo, Langostino Amarillo, III-IV Regiones.

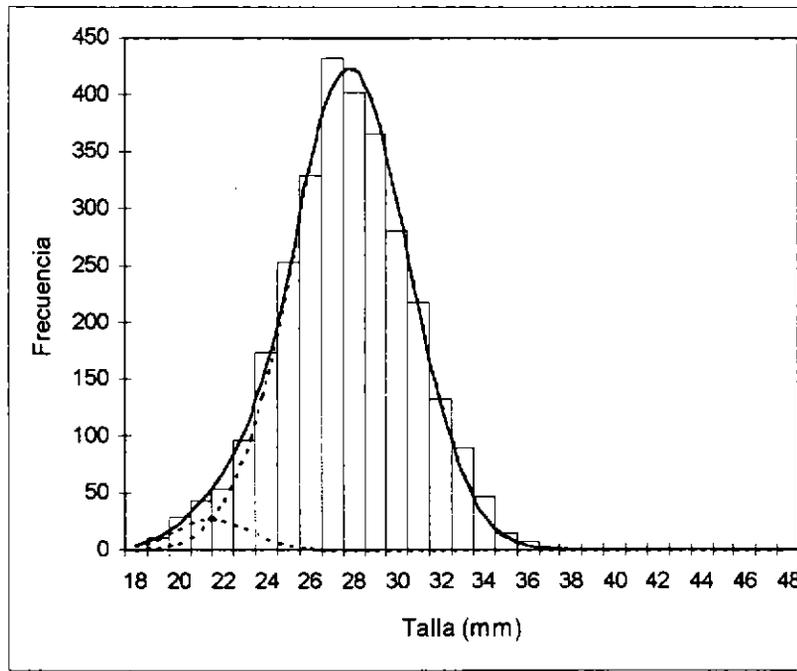


Figura 29. Mezcla distribucional en la frecuencias de tallas de hembras, Langostino Amarillo, Caldera, III Región, 1995.

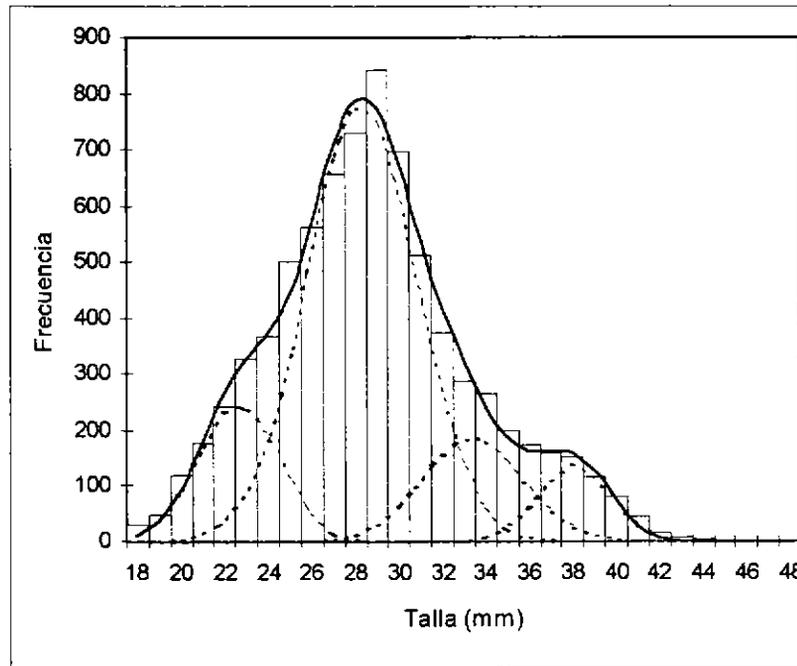


Figura 30. Mezcla distribucional en la frecuenciade tallas de hembras, Langostino Amarillo, Coquimbo, III Región, 1995.

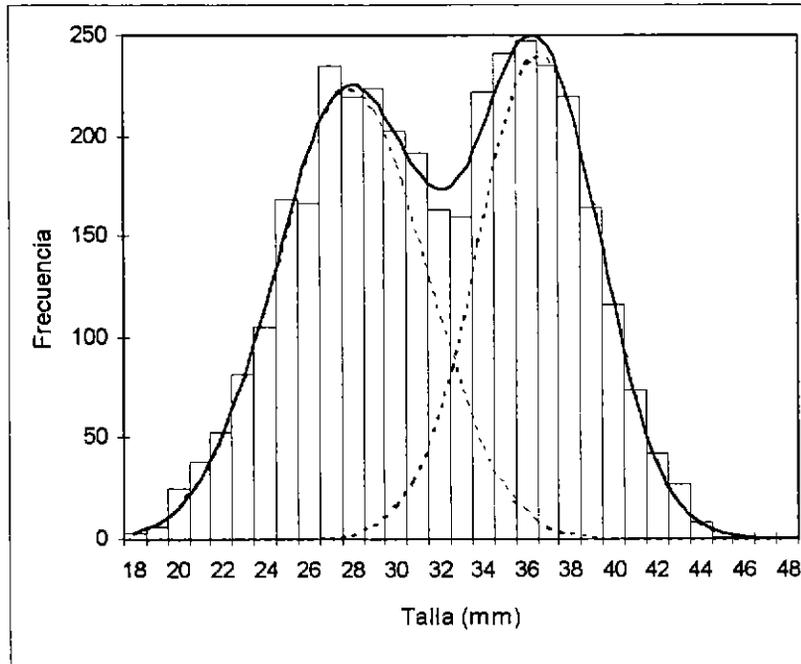


Figura 31. Mezcla distribucional en la frecuencia de tallas de machos, Langostino Amarillo, Caldera, III Región 1995.

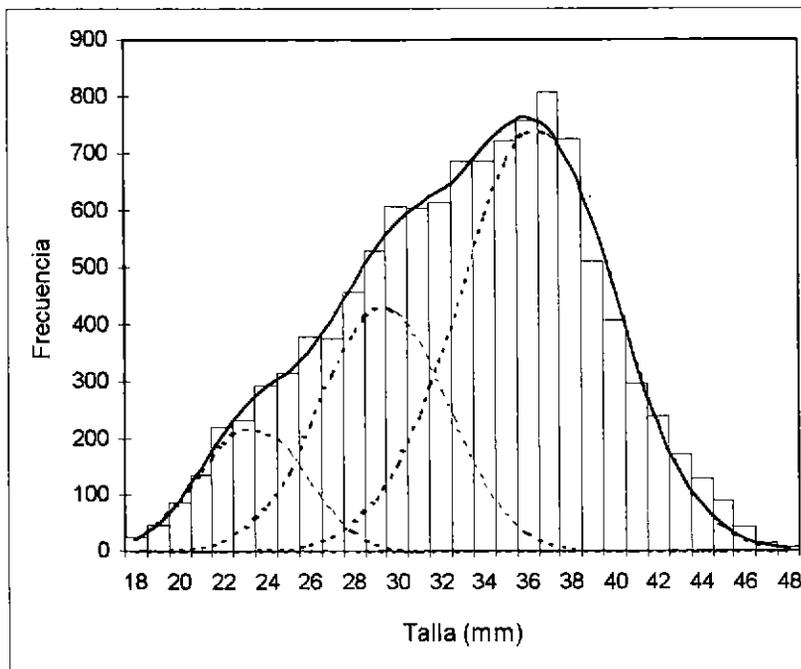


Figura 32. Mezcla distribucional en la frecuencia de tallas de machos, Langostino Amarillo, Coquimbo, III Región 1995.

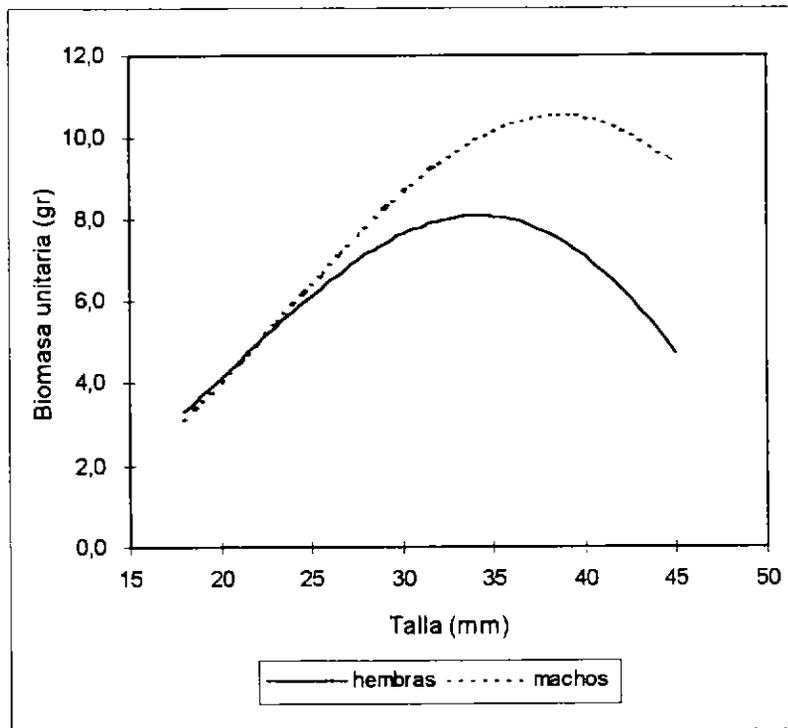


Figura 33. Biomasa unitaria en función de la talla, Langostino Amarillo, III-IV Regiones

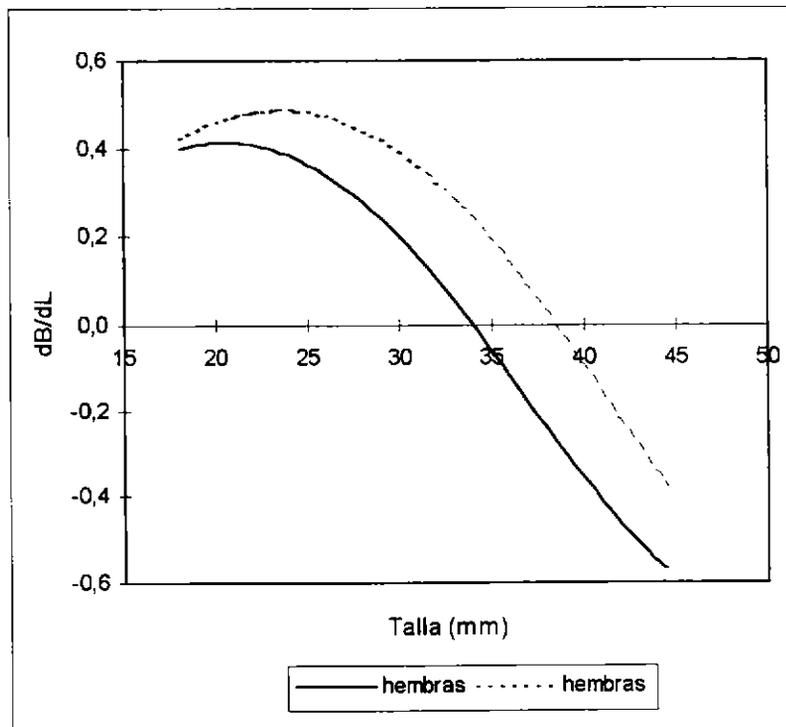


Figura 34. Razón de cambio de la biomasa unitaria en función de la talla, Langostino Amarillo, III-IV Regiones

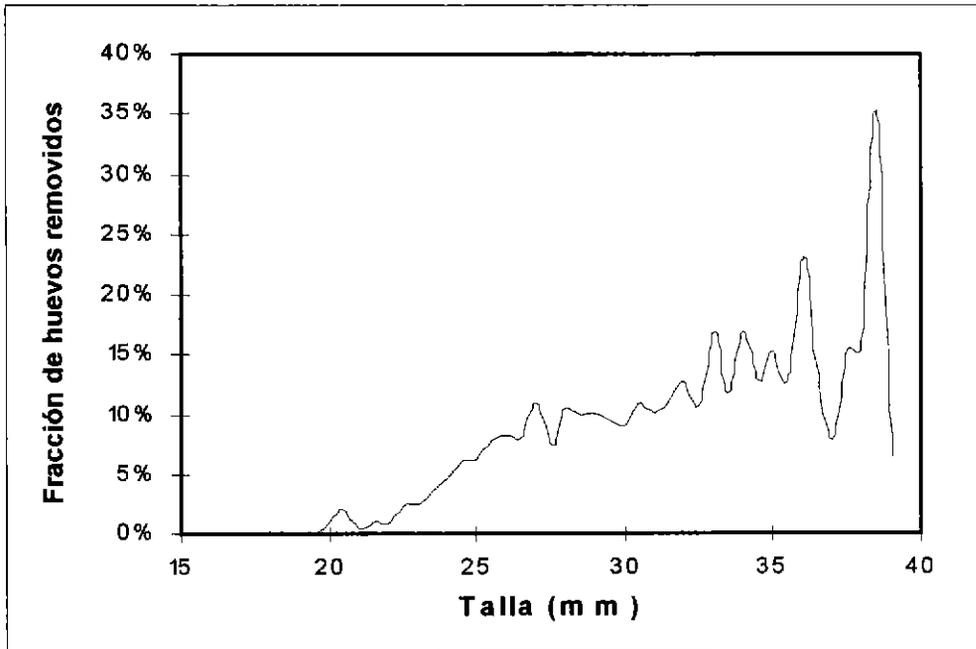


Figura 35. Fracción de remoción de huevos en función de la talla, Langostino Amarillo, III-IV Regiones.

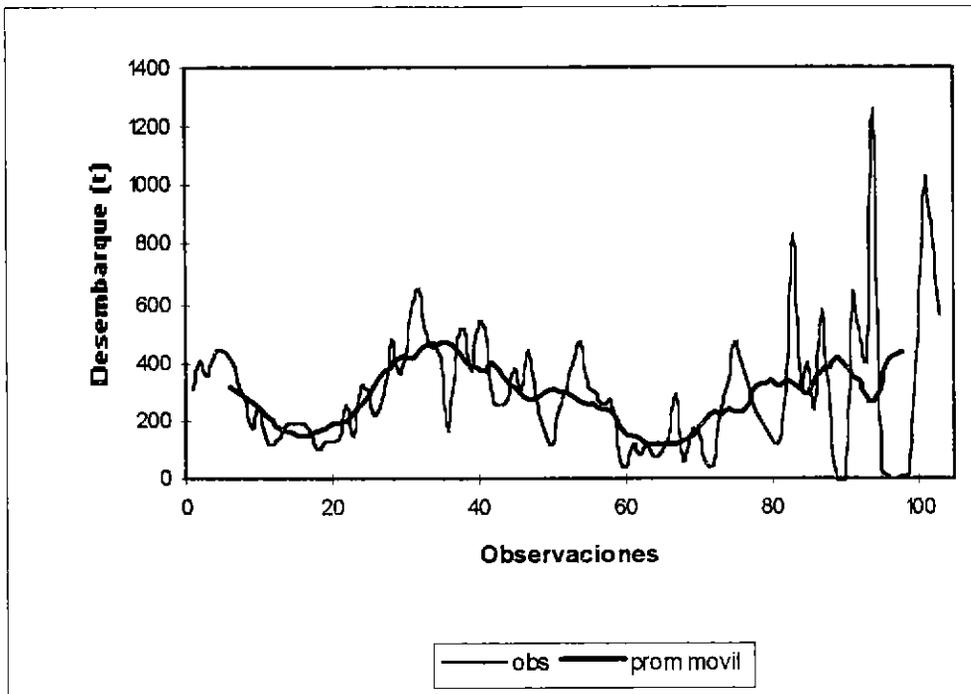


Figura 36. Serie mensual de desembarques y su promedio móvil, Langostino Amarillo

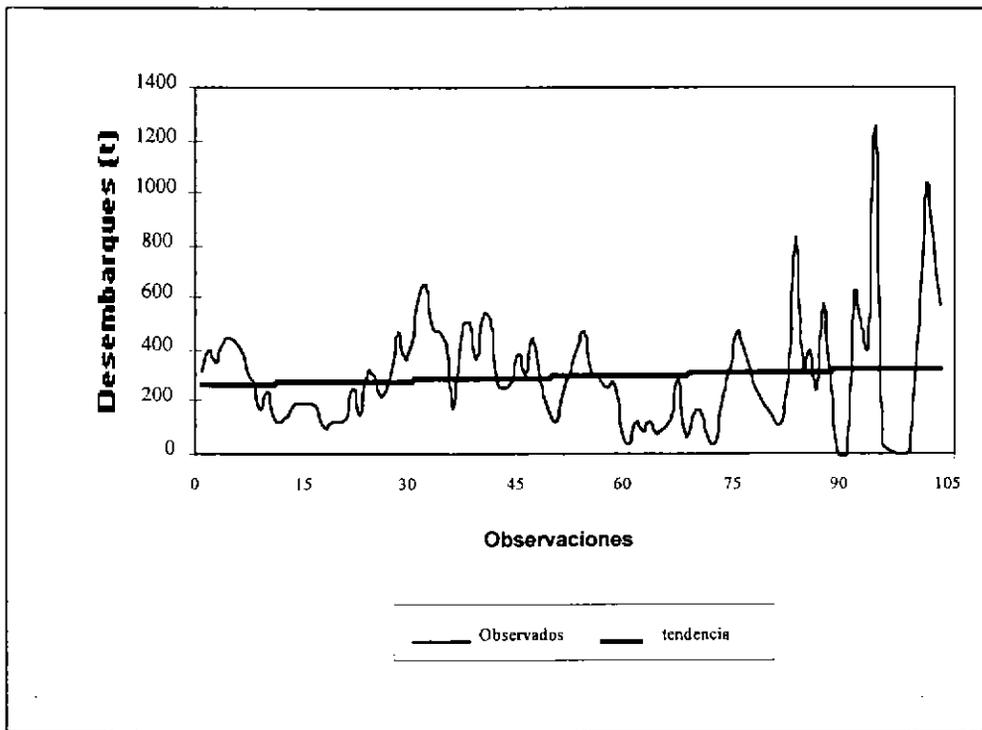


Figura 37. Serie mensual de desembarques y tendencia estimada, Langostino Amarillo

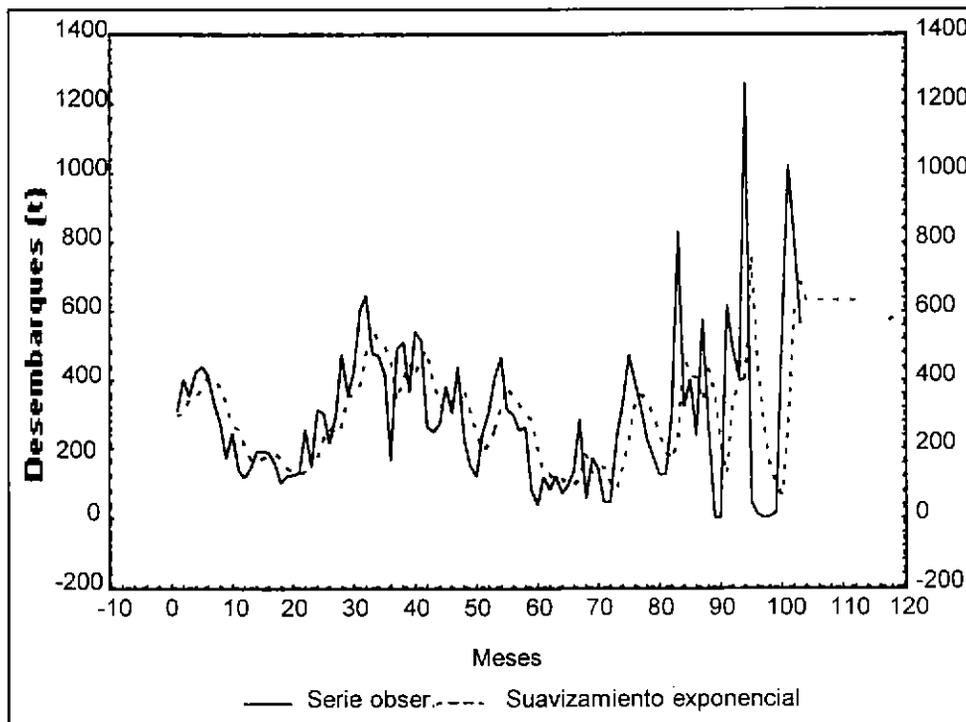


Figura 38. Serie mensual de desembarques y su suavizamiento exponencial, Langostino Amarillo