



Latin American Journal of Aquatic Research

E-ISSN: 0718-560X

lajar@ucv.cl

Pontificia Universidad Católica de Valparaíso  
Chile

Quiroz, Juan Carlos; Wiff, Rodrigo; Montenegro, Carlos

Factores que afectan las tasas de captura de langostino amarillo (*Cervimunida johni*) en la zona norte  
de Chile

Latin American Journal of Aquatic Research, vol. 33, núm. 1, 2005, pp. 43-55

Pontificia Universidad Católica de Valparaíso  
Valparaiso, Chile

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=175020566003>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

## Factores que afectan las tasas de captura de langostino amarillo (*Cervimunida johni*) en la zona norte de Chile

Juan Carlos Quiroz, Rodrigo Wiff & Carlos Montenegro  
División de Investigación Pesquera, Instituto de Fomento Pesquero, Blanco 839,  
Casilla 8V, Valparaíso, Chile

**RESUMEN.** Se analizan factores que afectan las tasas de captura de langostino amarillo (*Cervimunida johni*) en la zona norte de Chile ( $26^{\circ}03'S$ - $32^{\circ}10'S$ ), utilizando las bitácoras de pesca comercial entre los años 1993 y 2003. Se utilizaron los factores año, mes, estratos de profundidad, regiones de pesca y características operacionales de la flota como predictores lineales de un modelo lineal generalizado (MLG) que da cuenta de la variabilidad en las tasas de captura. A diferencia de otras pesquerías, en este recurso las características técnicas de la flota y su especialización explican escasamente la varianza en las tasas de captura y por el contrario, los factores temporales y su interacción son altamente significativos. Los resultados de esta investigación, en conjunto con la historia de vida, permiten suponer que las tasas de captura estandarizadas son un adecuado índice de abundancia relativa para este recurso.

**Palabras clave:** *Cervimunida johni*, langostino amarillo, tasas de captura, modelo lineal generalizado, Chile.

## Factors affecting catch rates of yellow squat lobster (*Cervimunida johni*) in the northern zone of Chile

**ABSTRACT.** An analysis was made of the factors affecting the catch rates of the yellow squat lobster (*Cervimunida johni*) in Chile's northern region ( $26^{\circ}03'S$ - $32^{\circ}10'S$ ) by reviewing commercial fishing logbooks from 1993 to 2003. Factors evaluated included years, months, depth stratum, fishing areas and fleet characteristics as linear predictors in a generalized linear model (GLM) in order to explain variability in the catch rate. In contrast with other fisheries, with this resource the technical characteristics of the fleet and its' specialization poorly explain variations in catch rate; temporal factors and their interaction were, however, highly significant. The results of this study, together with the life history of the resource, allow the supposition that standardized catch rates are appropriate as an index of relative abundance in this fishery.

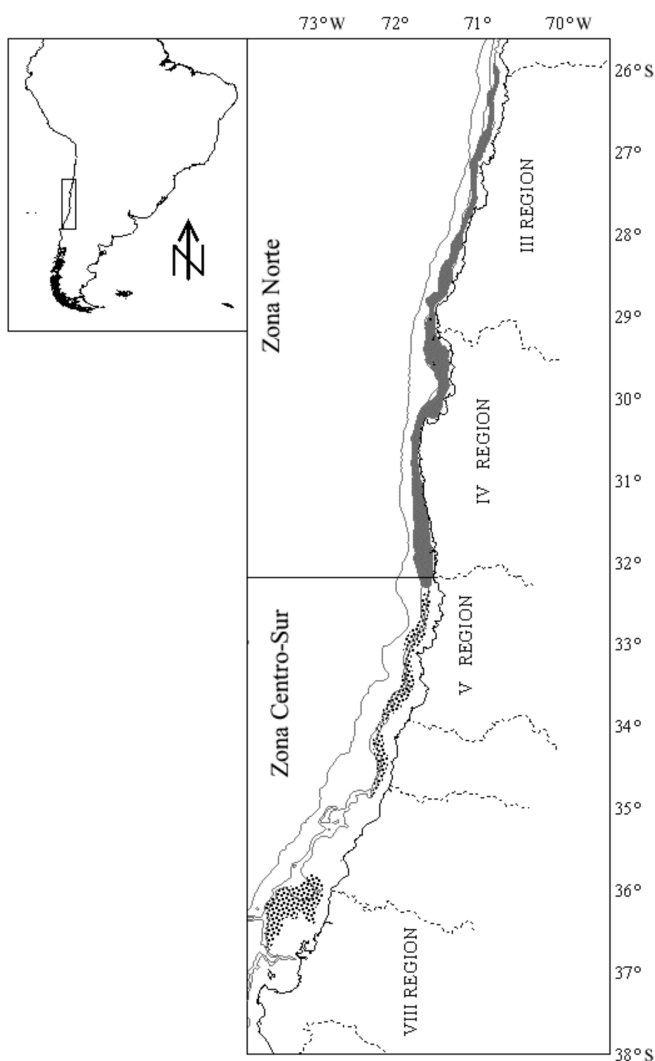
**Key words:** *Cervimunida johni*, yellow squat lobster, catch rates, generalized linear model, Chile.

## INTRODUCCIÓN

El langostino amarillo (*Cervimunida johni*) es un decápodo de hábitos bentodemersales que se encuentra distribuido desde Taltal ( $29^{\circ}19'S$ ) hasta isla Mocha ( $38^{\circ}20'S$ ), ocupando una delgada franja sobre la plataforma continental y parte superior del talud continental, entre 150 y 500 m de profundidad (Fig. 1). Esta zona de distribución ha sido caracterizada por su bajo contenido de oxígeno y altas con-

centraciones de nutrientes (Daneri *et al.*, 2000). Los primeros antecedentes sobre la dinámica poblacional en esta especie fueron realizados por Wolff & Aroca (1995), quienes reportaron aspectos relacionados con la reproducción, crecimiento y tasas de explotación, para individuos muestreados frente a Coquimbo entre 1988 y 1989.

La pesquería de langostino amarillo se inició en Chile hace más de 50 años, con niveles de desembarque que en la década del cincuenta alcanzaron



**Figura 1. Áreas de explotación de langostino amarillo en el período 1993-2003. Las líneas muestran los veriles de 100, 500 y 2000 m. La zona oscura corresponde a la zona norte explotada entre 1993 y 2003. La zona punteada, corresponde a la zona centro-sur explotada durante el período 1997-2001.**

**Figure 1. Exploitation areas of yellow squat lobster from 1993 to 2003. The line shows 100, 500 and 2000 m of deep. The shaded area corresponds to the northern exploitation zone from 1993 to 2003 (dark grey) and the southern zone from 1997 to 2001 (light grey).**

las 12.000 toneladas. El máximo histórico se registró en 1967, con poco más de 20.000 toneladas. Posteriormente, en la década del setenta y producto de una fuerte disminución en los rendimientos de langostino amarillo, la flota comenzó la extracción del langostino colorado (Canales *et al.*, 2000). A comienzos de los ochenta, la flota volvió a extraer importantes volúmenes de langostino amarillo, realizando faenas extractivas principalmente en la zona centro-sur del país ( $32^{\circ}10' - 38^{\circ}28'S$ ). Desde inicios de los noventa y hasta la fecha, la actividad extractiva se concentra principalmente en la zona norte ( $26^{\circ}03' - 32^{\circ}10'S$ ). Actualmente, estas dos zonas se encuentran bajo un sistema de manejo independiente. La zona norte ha estado abierta a la actividad extractiva, exceptuando el periodo de enero a marzo, cuando se somete a una veda biológica, mientras que en la zona centro-sur se ha decretado el cierre de la actividad pesquera desde 2002, debido principalmente a la reducción en la abundancia de juveniles en el periodo 1995-1998 (Espejo *et al.*, 2001). Durante el periodo 1997-2001, los resultados de las evaluaciones de stock indican significativas reducciones de biomasa en ambas zonas, como consecuencia de elevadas tasas de explotación entre 1996 y 2000 (Quiroz *et al.*, 2004). En este mismo periodo, las tasas de captura han mostrado coherencia con las estimaciones de biomasa directa realizadas en las zonas de explotación, sugiriendo que los índices de abundancia, basados en la información proveniente de la flota comercial, son probablemente capaces de describir la evolución temporal de la abundancia del stock.

Las tasas de captura son influenciadas por diferentes factores, incluyendo variaciones espaciales y temporales de la biomasa, cambios en la eficiencia de las embarcaciones, así como también por factores ambientales (Hinton & Nakano, 1996). Desde

este punto de vista, los datos de captura y esfuerzo provenientes de las bitácoras de pesca comercial proveen una poderosa fuente de información de los cambios en los patrones de la biomasa de un stock, siempre que las variaciones de las tasas de captura asociadas a la eficiencia de la flota sean removidas adecuadamente desde las observaciones (Punt *et al.*, 2000). La separación de los diferentes factores que influyen las tasas de captura se lleva a cabo mediante la estandarización de éstas. Según Gatica & Cubillos (2002) existen dos enfoques principales para realizar la estandarización de las tasas de captura. El primero está basado en los trabajos de Shimada & Shaefer (1956) utilizando un enfoque de diseño experimental donde todas las embarcaciones que operan en un área determinada son comparadas con una embarcación estándar. El segundo enfoque, utiliza modelos lineales generalizados (MLG) para estandarizar las tasas de captura. Este tipo de modelos permite incorporar tanto variables físicas como categóricas asociadas a la evolución de la flota y que pueden resultar en cambios en la capturabilidad (Quinn & Deriso, 1999). Por otra parte, los MLG son flexibles a diferentes formas de analizar la información, en especial en la exploración de diferentes alternativas para la distribución de la variable respuesta (Punt *et al.*, 2000). Estas características han llevado en la actualidad a que este método sea ampliamente utilizado en la estandarización de las tasas de captura (Maunder & Punt, 2004).

En el presente trabajo se analiza la información histórica disponible para la zona norte de langostino amarillo, puesto que actualmente en este sector se desarrolla la actividad extractiva. Se demuestra mediante un MLG que el comportamiento de la flota y las características biológicas de esta especie, hacen que las tasas de captura estandarizadas sean adecuadas para describir los cambios temporales en la abundancia. Destaca para este recurso, que las variaciones temporales en las tasas de captura responderían principalmente a cambios en la abundancia, más que a cambios en la eficiencia de la flota. Esto posibilita utilizar las tasas de captura estandarizadas como calibradores de la abundancia en los modelos de evaluación indirecta de stock.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Datos utilizados

Los datos utilizados en este trabajo son obtenidos desde el Programa de Seguimiento de las Principales Pesquerías Nacionales de Crustáceos (PSPC) desarrollado por el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP). Los registros de pesca utilizados corresponden a los de la flota arrastrera que operó en la zona norte de Chile en el período 1993-2003. Para cada año y mes, los registros dan cuenta de la captura en peso, horas de arrastre, número de lances, zona de pesca y profundidad de arrastre por embarcación. Dos unidades de esfuerzo, correspondiente al número de lances y horas de arrastre, han sido evaluadas previamente para la construcción de las tasas de captura mensuales nominales (Montenegro *et al.*, 2004; Quiroz *et al.*, 2004). Estas dos series temporales presentan similitud en tendencia y magnitud, y por tanto, posibilitan restringir el análisis a sólo una de ellas, usándose aquí las tasas de captura en kilogramos por hora de arrastre ( $\text{kg}\cdot\text{h}\cdot\text{a}^{-1}$ ), las cuales serán analizadas considerando sus variaciones anuales, mensuales, por zona de pesca, profundidad, clase de embarcación y posibles interacciones.

La flota arrastrera de crustáceos que opera en aguas de la zona norte es multiespecífica, centrandose su actividad en la captura de langostino amarillo (*Cervimunida johni*), langostino colorado (*Pleuroncodes monodon*) y camarón nailon (*Heterocarpus reedi*). Sin embargo, en cada una de estas pesquerías la especie objetivo da cuenta de poco más del 80% de la captura en peso. La fauna acompañante es diversa, incluyendo especies de peces teleósteos, condrictios y cefalópodos, entre otros (Montenegro *et al.*, 2004). No obstante la diversidad específica en la captura de langostino amarillo, la especie asociada más abundante y de mayor importancia en peso es la merluza común (*Merluccius gayi*).

En la zona norte, durante el período 1993-2003 operó un total de 42 embarcaciones, con un mínimo de 11 en 1993 y un máximo de 29 en 1997. Durante 2002-2003 operaron en promedio 21 embarcaciones. El incremento de embarcaciones en el período 1993-1997 fue consecuencia del sostenido aumento de los rendimientos de pesca, que llevó a los industriales a aumentar el número de naves orientadas a la explotación de langostino amarillo. Sin embargo, la reducción de la población a contar de 1998 (Quiroz *et al.*, 2004), derivó en el cese de la

actividades de algunas empresas extractivas y la reorientación del esfuerzo de pesca hacia otras latitudes o recursos pesqueros. En términos generales, las características tecnológicas y geométricas de la flota no han sufrido variaciones considerables. La mayoría de las embarcaciones tiene un rango de eslora entre 20 y 28 m y una capacidad de bodega que no supera los 155 m<sup>3</sup>. Además, la fuerte correlación entre las principales variables geométricas y funcionales, como por ejemplo, la potencia del motor (HP) y tonelaje de registro grueso (TRG) ( $r^2 = 0,89$ ;  $p < 0,05$ ), o también, la eslora (ES) y TRG ( $r^2 = 0,88$ ;  $p < 0,05$ ), permiten utilizar cualquiera de éstas para recoger la variabilidad asociada al poder de pesca de las embarcaciones. Por tanto, para explorar si las diferencias en la flota influyen las variaciones en las tasas de captura, el TRG fue clasificado de acuerdo a su distribución de frecuencia (Fig. 2a), distinguiéndose cinco estratos de embarcaciones: I ( $< 50 \text{ m}^3$ ), II ( $50 \text{ m}^3 \leq x < 100 \text{ m}^3$ ), III ( $100 \text{ m}^3 \leq x < 150 \text{ m}^3$ ), IV ( $150 \text{ m}^3 \leq x < 200 \text{ m}^3$ ) y V ( $> 200 \text{ m}^3$ ).

Las tres principales especies de crustáceos explotados en Chile (langostino amarillo, langostino colorado y camarón nailon), presentan un gradiente longitudinal en su distribución. El camarón nailon se encuentra en aguas más profundas, langostino colorado en aguas más someras de la plataforma continental y langostino amarillo en aguas intermedias (Acuña & Villarroel, 2002). Con objeto de analizar las variaciones de las tasas de captura de langostino amarillo a diferentes profundidades, los registros de profundidad de arrastre se categorizaron en seis estratos de acuerdo a su distribución de frecuencia (Fig. 2b): I ( $< 150 \text{ m}$ ), II ( $150 \text{ m} \leq x < 200 \text{ m}$ ), III ( $200 \text{ m} \leq x < 250 \text{ m}$ ), IV ( $250 \text{ m} \leq x < 300 \text{ m}$ ), V ( $300 \text{ m} \leq x < 350 \text{ m}$ ) y VI ( $> 350 \text{ m}$ ). Para validar las variaciones latitudinales en las tasas de captura, las zonas de pesca se dividieron según los límites latitudinales de cada región política: III Región  $26^\circ 03' - 29^\circ 10' \text{ S}$  y IV Región  $29^\circ 10' - 32^\circ 10' \text{ S}$  (Fig. 1).

En el análisis se excluyeron los lances considerados anómalos que cumplieran con al menos una de las siguientes características: 1) profundidad de arrastre menor a 50 m y mayor a 600 m, 2) velocidad de la embarcación durante el arrastre mayor a 6 nudos, 3) duración del lance menor a 30 min y mayor a 360 min, y 4) captura mayor a 16 ton.

## Modelo

Las tasas de captura de langostino amarillo son predichas mediante una combinación lineal de diferentes variables explicatorias utilizando un MLG. Las variables categóricas incluidas en el análisis son año, mes, zona, profundidad y estrato de embarcación. El modelo a utilizar es el siguiente:

$$g(Y) = \eta$$

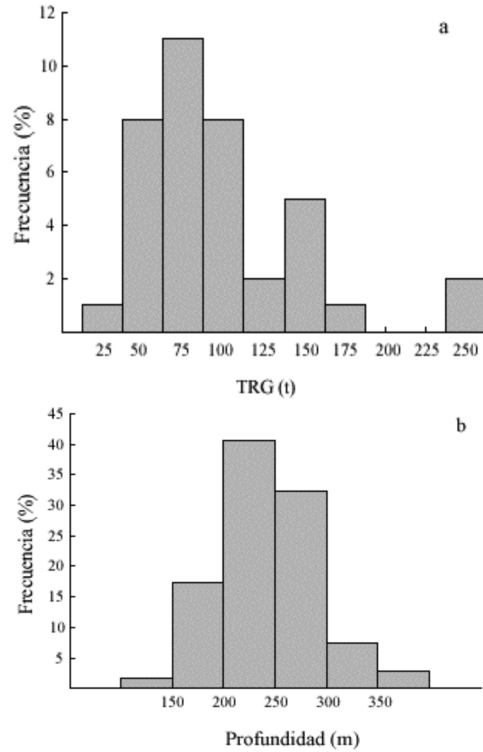
donde;  $Y \sim$  familia exponencial

$$\eta = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \delta_l + \xi_m \quad (\text{modelo 1})$$

donde,  $Y$  es la tasa de captura observada, con distribución de probabilidad perteneciente a la familia exponencial,  $g(\cdot)$  es la función de enlace,  $\eta$  es el predictor lineal;  $\mu$  es la media global de las tasas de captura;  $\alpha$  es el índice de abundancia en el año  $i$ -ésimo;  $\beta$  es el índice de abundancia en el mes  $j$ -ésimo;  $\gamma$  es el índice de abundancia en la zona de pesca  $k$ -ésima;  $\delta$  es la abundancia para el estrato de profundidad  $l$ -ésimo y  $\xi$  es el estrato de embarcación  $m$ -ésimo.

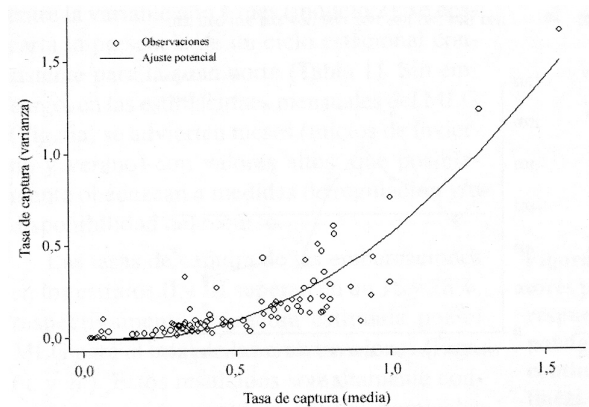
Durante el ajuste se utilizaron las distribuciones de probabilidad gamma y log-normal para describir la variable respuesta ( $Y$ ), con función de enlace logarítmica e identidad, respectivamente. La selección de estas distribuciones se basó en la bondad de ajuste de diferentes modelos que relacionan la media y la varianza de las tasas de captura mensuales (McCullagh & Nelder, 1989). Según Punt *et al.*, (2000) las distribuciones gamma y log-normal son candidatas adecuadas para describir la distribución de la variable respuesta, siempre que la varianza de las tasas de captura sea proporcional al cuadrado de la media. En el caso de las tasas de captura mensuales de langostino amarillo para la zona norte, la relación potencial no es significativamente diferente de la cuadrática ( $P < 0,05$ ;  $r^2 = 0,85$ ) (Fig. 3).

Una de las principales razones para la estandarización de las tasas de captura es desarrollar un índice de abundancia relativa, que pueda ser usado directamente como medida de manejo o más comúnmente, como calibrador de la abundancia en modelos poblacionales (Hinton & Maunder, 2004). Esta tarea demanda seleccionar adecuadamente los factores que explican la variabilidad en las tasas de captura, pues, la ausencia de un factor que explique un porcentaje significativo de la variabilidad en las tasas de captura puede ser atribuido al factor año, mientras que, por el contrario, demasiadas variables



**Figura 2. Distribución de frecuencia de: a) Tonelaje de Registro Grueso (TRG) y b) profundidad de los lances en el período 1993-2003.**

**Figure 2. Frequency distribution of: a) Gross Registered Tonnage (TRG) and b) haul depth covering from 1993 to 2003.**



**Figura 3. Relación entre la varianza y la media de las tasas de captura mensuales (kg·h.a.<sup>-1</sup>) en las Regiones III y IV en el período 1993-2003.**

**Figure 3. Relationship between variance and median catch rates (kg·h.a.<sup>-1</sup>) by month in the Region III and IV from 1993 to 2003.**

explicatorias incluidas en el modelo podrían sesgar la variabilidad de este factor, atribuido a variaciones en la abundancia. Desde este punto de vista, Maunder & Punt (2004) señalan que se deben tomar las variables explicatorias de las cuales se tenga algún fundamento para señalar que pueden estar influenciando la capturabilidad.

La bondad del ajuste será expresada a través de la *deviance*, que es el valor negativo del doble de la diferencia entre la log-verosimilitud maximizada (i.e. factores seleccionados) y la máxima log-verosimilitud de un modelo saturado (con todos los factores). La teoría estadística detrás de los MLG ha sido ampliamente documentada, tanto para aplicaciones relacionadas con poblaciones marinas (Punt *et al.*, 2000; Maunder & Punt, 2004), como para acabadas técnicas estadísticas (McCullagh & Nelder, 1989), por consiguiente no será discutida en este trabajo.

Muchos análisis no incluyen interacciones porque posiblemente invalidan el factor año como indicador de la abundancia. Si bien, en algunos casos esta aproximación es fácil de implementar e interpretar, puede conducir a la estimación de un índice de abundancia sesgado, principalmente cuando existen interacciones significativas con el factor año (Maunder & Punt, 2004). Teniendo presente lo anterior, acentuamos que el objeto de ajustar un modelo con interacciones (modelo 2) es principalmente reconocer si existe un patrón estacional en las tasas de captura y no aislar una estimación anual representativa de la variabilidad de la abundancia. Para esto, se utilizó básicamente el mismo modelo descrito anteriormente, incorporando en el predictor lineal el factor interacción año-mes de la forma:

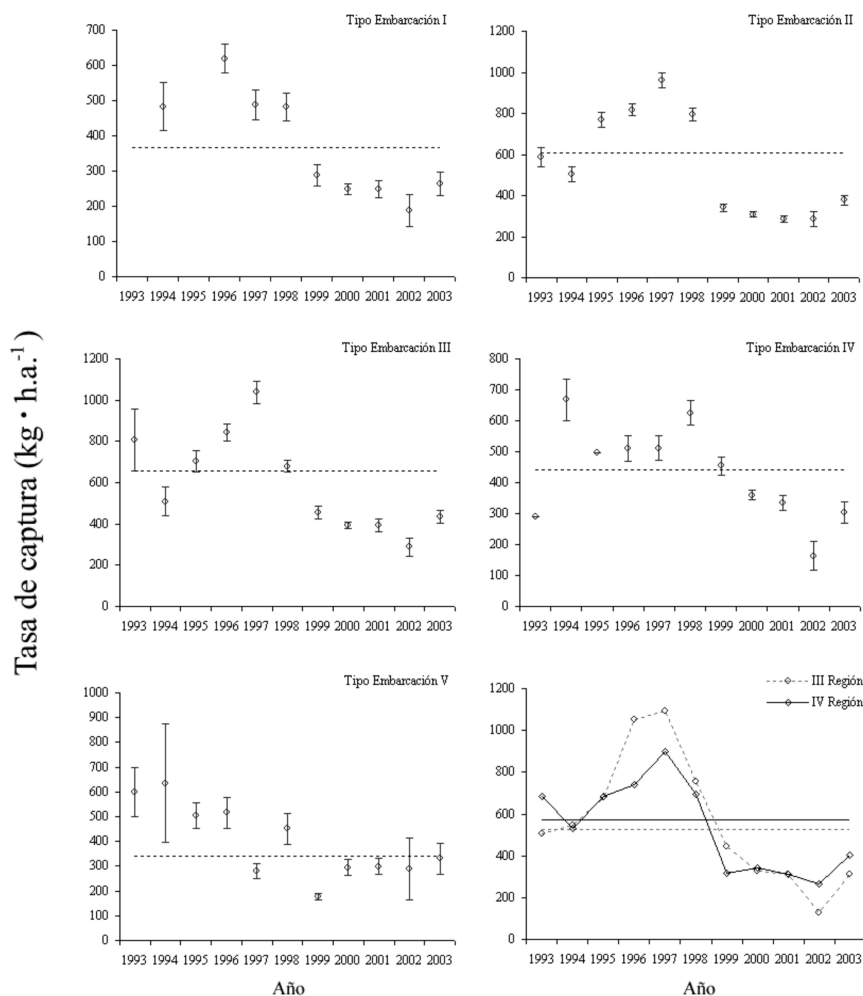
$$\eta = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \delta_l + \xi_m + (\alpha\beta)_{ij} \quad (\text{modelo 2})$$

donde,  $\alpha\beta_{ij}$  es la interacción año-mes y los factores principales restantes fueron descritos anteriormente en el modelo 1.

## RESULTADOS

En las tasas de captura nominales se observaron significativas variaciones interanuales por región de pesca y por tipo de embarcación (Fig. 4). Durante el período 1993-2003 la correlación de las tasas de captura en la zona norte de Chile es fuerte y positiva ( $r^2 = 0,91$ ;  $p < 0,05$ ) indicando un sincronismo en las variaciones poblacionales (e.g. disponibilidad, abundancia) de langostino amarillo en la zona norte. Esta misma consistencia se observa por tipo de

embarcación (Fig. 4), sugiriendo que diferencias en el poder de pesca escasamente influenciarían la tendencia interanual de las tasas de captura. Además, no se está frente a un escenario donde las embarcaciones posean la misma eficiencia, puesto que las tasas de captura en los barcos más pequeños (tipo I) y más grandes (tipo IV y V), fluctúan en torno a los 367 kg.h.a.<sup>-1</sup> y 457 kg.h.a.<sup>-1</sup>, respectivamente, mientras en los barcos medianos (tipos II y III) sobrepasan los 600 kg.h.a.<sup>-1</sup> (Fig. 4).



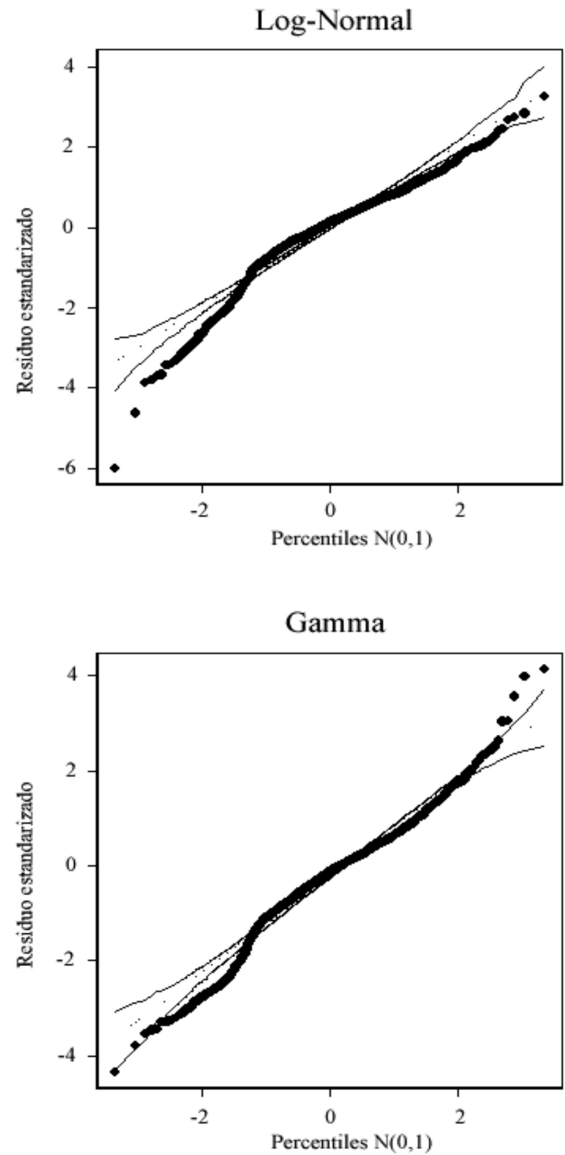
**Figura 4.** Tasas de captura nominales (kg.h.a.<sup>-1</sup>) por estrato de embarcación y regiones de pesca en el período 1993-2003. Las líneas horizontales corresponden a la media de cada serie. En el tipo de embarcación las líneas verticales en cada observación corresponden a 2 errores estándar.

**Figure 4.** Nominal catch rates (kg.h.a.<sup>-1</sup>) by vessel stratum and fishing region from 1993 to 2003. The horizontal lines correspond to the mean of each series. In the vessel class the vertical lines in each observation correspond to two standard errors.

El principal fundamento para utilizar las distribuciones gamma y log-normal en la descripción de la variable respuesta y posteriormente en el análisis, es la dificultad para discriminar, a través de métodos gráficos o de bondad de ajuste el candidato más adecuado (Dick, 2004). Sin perjuicio de esto, los percentiles de la distribución normal teórica de los residuales de los MLG indican que el modelo log-normal describe de mejor forma la distribución de las tasas de captura, en comparación con la distribución gamma (Fig. 5).

Las estimaciones obtenidas por el modelo 1, considerando una distribución log-normal y gamma, se muestran en las figuras 6 y 7, respectivamente. Las variaciones en las tasas de captura entre año, mes, tipo de embarcación y estrato de profundidad son estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ). Por el contrario, no se encontraron diferencias ( $p > 0,05$ ) entre las Regiones III y IV (Tabla 1). El factor año es una de las variables que más explica la variabilidad de las tasas de captura (~25%, Tabla 1). Durante el período 1994-1997 las tasas de captura anuales alcanzaron un 77% por sobre la media del modelo ( $\mu$ ). A contar de 1998 se presentó una marcada reducción, situando a las estimaciones durante el período 2001-2002 un 60% por debajo de la media. Durante el año 2003 ambos modelos muestran un incremento en las tasas de captura (Figs. 6a y 7a). Al incluir una interacción significativa ( $p < 0,05$ ) entre la variable año y mes (modelo 2), se descarta la presencia de un ciclo estacional consistente para la zona norte (Tabla 1). Sin embargo, en las estimaciones mensuales del MLG (Fig. 6a) se advierten meses (inicios de invierno y verano) con valores altos, que posiblemente obedezcan a medidas de regulación y/o disponibilidad del recurso.

Las tasas de captura de las embarcaciones en los estratos II y III superan en un 16 y 28%, respectivamente, la media estimada por el MLG para el total de las embarcaciones (Figs. 6c y 7c). Estos resultados son altamente consistentes con las tasas de captura nominales (Fig. 4). Además, las estimaciones para el factor año (Figs. 6a y 7a) son semejantes a las variaciones interanuales de las tasas de captura nominales por tipo de embarcación (Fig. 4), situación que sumada a una reducida explica



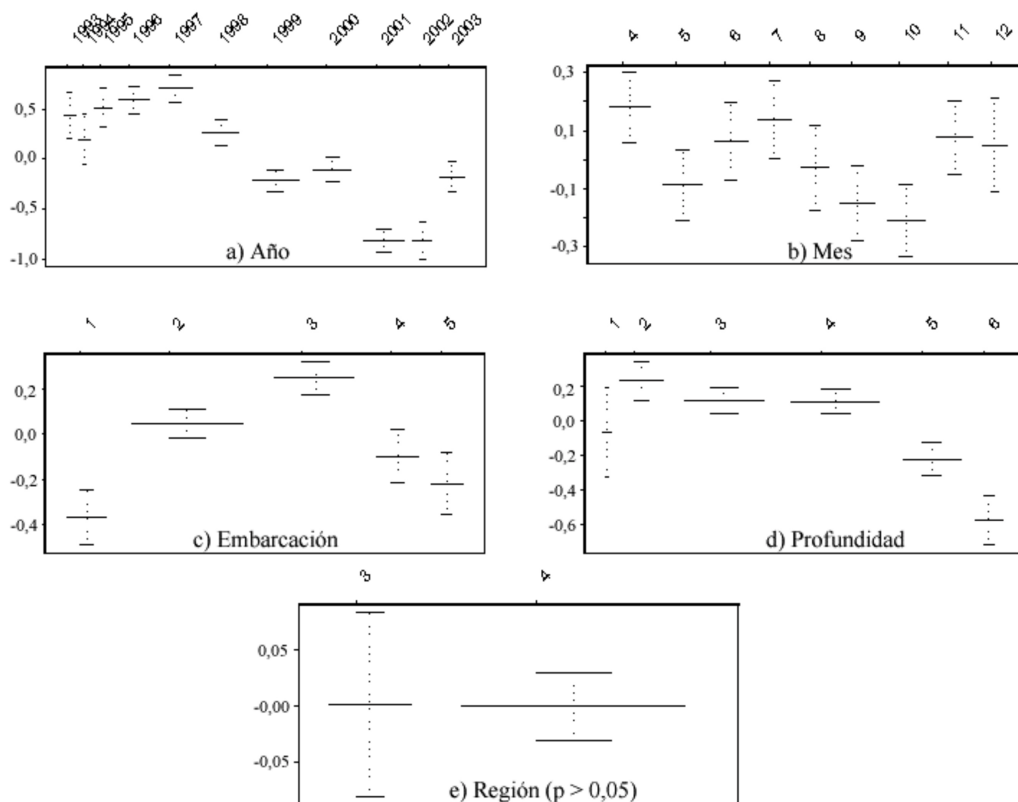
**Figura 5.** Distribución de los residuales del modelo con factores principales (modelo 1) y distribuciones de la variable respuesta log-normal y gamma. La línea punteada corresponde al percentil de la distribución normal. Las líneas continuas corresponden al percentil del 95% del predictor lineal.

**Figure 5.** Residuals distribution with principal factors (modelo 1), log-normal and gamma variable responses distributions. The pointed line corresponds to the normal distribution percentile. The solid lines correspond to 95% of lineal predictor percentile.

ción de la varianza por el factor embarcación (Tabla 1), sugiere que durante el período modelado la flota escasamente ha influenciado la tendencia de las tasas de captura. Un examen de las figuras 6 y 7, revela que el rango de distribución (con respecto al valor medio del factor) de los coeficientes año es bastante más extenso que el rango estimado para los coeficientes de los estratos de embarcaciones, mostrando su mayor importancia en el porcentaje de varianza explicada. Este último punto es interesante, considerando que en la mayoría de los trabajos de identificación de factores que alteran las ta-

sas de captura, el tipo de embarcación y la experiencia del capitán de pesca son altamente significativos.

Las estimaciones para los diferentes estratos de profundidad, indican que en operaciones de pesca realizadas a profundidades mayores a 300 m (estratos V y VI) se obtienen tasas de captura inferiores a la media. Las capturas realizadas en aguas someras (< 200 m), si bien, muestran tasas de captura superiores, tienen un elevado error estándar (Figs. 6d y 7d), lo que reduce la certidumbre de las estimaciones. En términos generales, las mayores tasas de



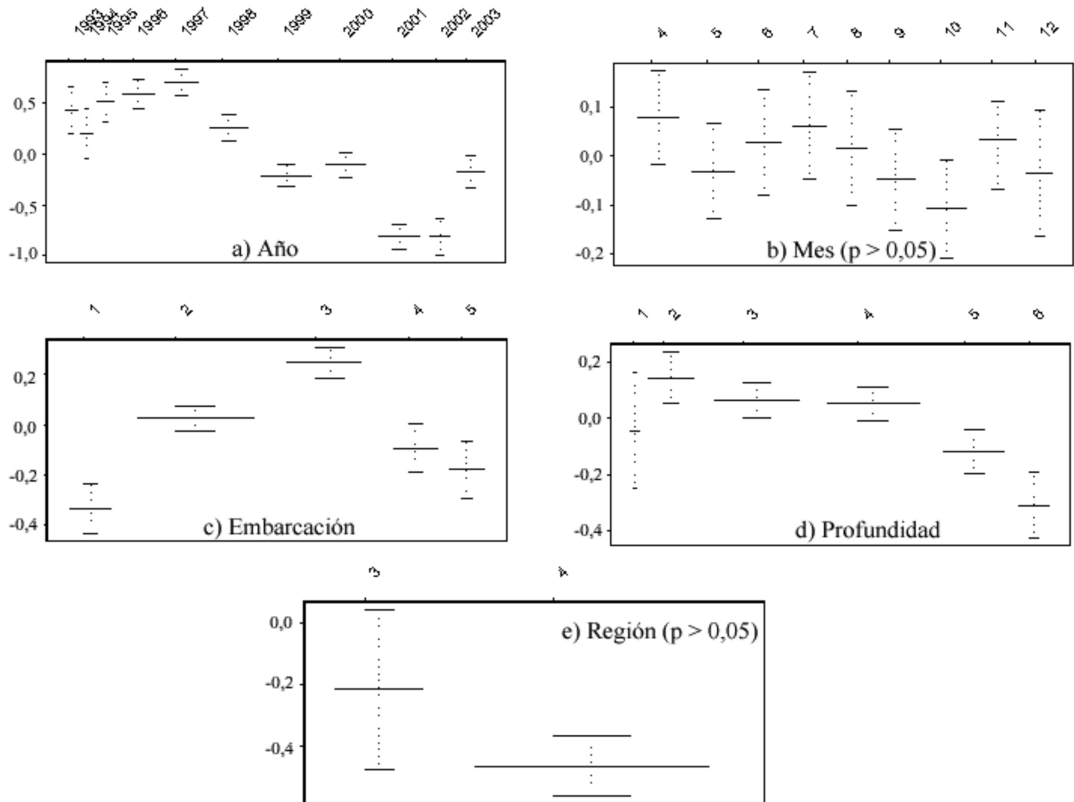
**Figura 6.** Contribución de los principales factores al predictor lineal de las tasas de captura con distribución log-normal. a) factor año, b) factor mes, c) factor embarcación, d) factor profundidad y e) factor región. Los valores estimados para cada variable son referenciados a la media global para cada caso. Las barras verticales representan dos errores estándar. La longitud de las barras horizontales es proporcional al número de observaciones. Se señala el valor de probabilidad ( $p$ ) sólo para aquellos factores que resultaron no significativos ( $p > 0,05$ ).

**Figure 6.** Principal factors contribution to the catch rates lineal predictor with log-normal distribution. a) year factor, b) month factor, c) vessel factor, d) depth factor and e) region factor. Each value estimate is referenced to the global mean. The vertical bar length are proportional to the number of observation. The probability values ( $p$ ) are shown in those cases in which the factor is not significant ( $p > 0.05$ ).

captura son obtenidas entre los 200 y 300 m de profundidad. Bajo ambos supuestos de distribución (log-normal y gamma) la región de pesca no es significativa y explica menos del 1% de la variabilidad de las tasas de captura (Figs. 6e y 7e).

El modelo 1 con distribución de la variable respuesta log-normal y gamma, explicó 35,94 y 30,48% respectivamente, de la variación en las tasas de captura de la zona norte (Tabla 1). La inclusión de una interacción año-mes mejoró en 46% (log-normal) y 49% (gamma) el porcentaje de variabilidad explicado por el MLG con factores principales (Tabla 1).

Resultados de otros trabajos, orientados a la estandarización de las tasas de captura, como el lenguado (*Solea solea*) en el Canal de la Mancha (Large, 1992), el tiburón escuela (*Galeornihus galeus*) en Australia (Punt *et al.*, 2000) y el atún de aleta amarilla (*Thunnus albacares*) en el océano Pacífico oriental (Punsly & Nakano, 1992), explican una fracción de la varianza de las observaciones muy similar a los resultados obtenidos por el modelo 1, indicando que la reducida explicación de la varianza en las tasas de captura mediante un GLM, no necesariamente representa una deficiencia del modelo.



**Figura 7.** Contribución de los principales factores al predictor lineal de las tasas de captura con distribución gamma. a) factor año, b) factor mes, c) factor embarcación, d) factor profundidad y e) factor región. Los valores estimados para cada variable son referenciados a la media global para cada caso. Las barras verticales representan dos errores estándar. La longitud de las barras horizontales es proporcional al número de observaciones. Se señala el valor de probabilidad ( $p$ ) sólo para aquellos factores que resultaron no significativos ( $p > 0,05$ ).

**Figure 7.** Principal factors contribution to the catch rates lineal predictor with gamma distribution. a) year factor, b) month factor, c) vessel factor, d) depth factor, e) region factor. Each value estimate is referenced to the global mean. The vertical bar length are proportional to the number of observation. The probability values ( $p$ ) are shown in those cases in which the factor is not significant ( $p > 0.05$ ).

## DISCUSIÓN

Es ampliamente reconocido que las características técnicas de la flota y su especialización (e.g. eficiencia) son los principales factores que influyen en las tasas de captura (Hilborn & Walters, 1992). Sin embargo, en este estudio el tipo de embarcación explica escasamente la variabilidad en las tasas de captura, y por el contrario, los factores temporales (año y mes) y su interacción dan cuenta por sobre 84% de la variabilidad explicada por el MLG (Tabla 1). Esta importancia en las variaciones temporales de las tasas de captura, es reforzada al observar una tendencia interanual muy semejante en las tasas de captura nominales por tipo de embarcación (Fig. 4). Esta consistencia entre las embarcaciones no es producto de su semejanza en eficiencia, pues, las condiciones de pesca, la experiencia del capitán, los caladeros de pesca y la multiespecificidad de la flota, son consistentes con las diferencias significativas por tipo de embarcación ( $p < 0,05$ ) estimada por el MLG (Tabla 1). La utilización de sólo una característica técnica (TRG) para categorizar por tipo de embarcación, no es un argumento adecuado para cuestionar la escasa influencia de la flota sobre la variabilidad en las tasas de captura, pues, la composición y eficiencia de la flota han tendido a mantenerse estable a través del tiempo. Además, en trabajos similares la categorización de la flota en estratos ha sido utilizada con éxito para remover el factor del poder de pesca y la eficiencia de la flota (Large, 1992; Goñi *et al.*, 1999).

Las estimaciones anuales de las tasas de captura (Figs. 6a y 7a) muestran un significativo incremento en el período 1993-1997 y posteriormente, un abrupto descenso que se estabiliza el año 2000 como consecuencia de fuertes regulaciones administrativas. Esta drástica variación en la abundancia ha sido atribuida a una excesiva presión de pesca en el período 1995-1999 y reclutamientos poco exitosos (Quiroz *et al.*, 2004). Por otra parte, es interesante destacar que las estimaciones anuales del MLG son consistentes con las variaciones temporales de las biomásas estimadas mediante área barrida (Fig. 8). Consecuentemente, las fluctuaciones en las tasas de captura anuales modeladas pueden ser explicadas por la fuerza de las clases anuales y cambios sistemáticos en el esfuerzo de pesca. La interacción años-mes, que representa los cambios estacionales en la disponibilidad y/o abundancia, sugiere que no existe un sincronismo en los procesos poblacionales como reclutamiento y reproducción. En este con-

texto, es probable que las variaciones mensuales de las tasas de captura no sólo sean explicadas por cambios sistemáticos en las estrategias o esfuerzo de pesca, sino también, por consecuencia de la dinámica y características biológicas del langostino amarillo.

Se destacan tres incrementos en las estimaciones mensuales obtenidas por el MLG (Figs. 6b y 7b), que no obedecen a un ciclo estacional en las tasas de capturas. El primero, a principio de otoño (abril) que obedecería a un aumento de abundancia como consecuencia del período de cierre de la pesquería entre los meses enero y marzo. El segundo, a inicios de invierno (junio-julio) que coincide con la mayor proporción de hembras ovíferas en las capturas (Acuña *et al.*, 1998; Montenegro *et al.*, 2004), las cuales por su mayor tamaño son más vulnerables al arte de pesca (Wolff & Aroca, 1996). El tercero, a fines de primavera (noviembre-diciembre), que coincide con la agrupación reproductiva a inicios de la cópula, en concomitancia con la reducción de hembras ovíferas y eclosión larvaria (Acuña *et al.*, 1998; Montenegro *et al.*, 2004).

La semejanza en la tendencia de la abundancia en las Regiones III y IV, permite postular la existencia de uniformidad en la estructura espacial del langostino amarillo (Figs. 6e y 7e). Esto no es una sorpresa si se considera que las actividades de pesca en ambas regiones se realizan durante la misma época y las agregaciones detectadas por cruceros de evaluaciones directas son relativamente estables en el tiempo (Escuela de Ciencias del Mar, 2000; Bahamonde *et al.*, 2002, 2003, 2004). Las tasas de captura por estrato de profundidad indican que gran parte de la abundancia del recurso se concentra entre los 200 y 300 m de profundidad (Figs. 6d y 7d).

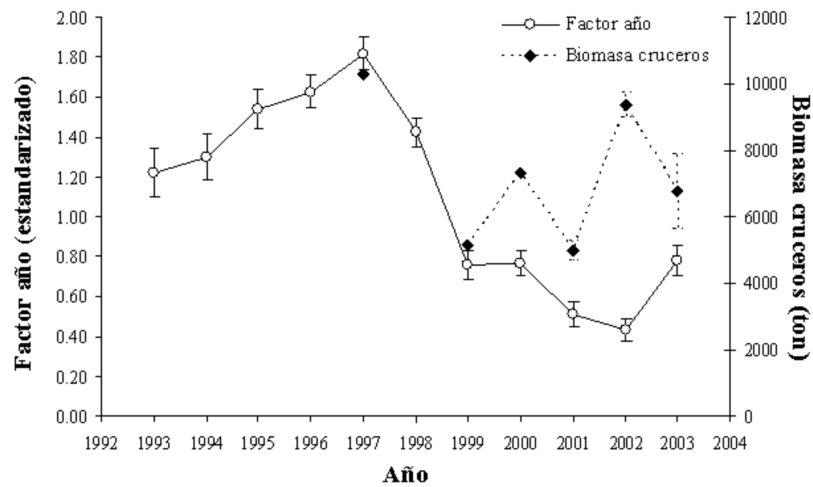
Las diferencias estimadas en las tasas de captura por tipo de embarcación, indican que las embarcaciones con mayor TRG (estratos IV y V) alcanzan menores tasas de captura que embarcaciones con menor TRG (estratos II y III). Esta situación podría ser explicada por la extremada especificación hacia langostino amarillo reportada por las embarcaciones en los estratos II y III, las cuales tienden a operar a los 150-300 m y durante la totalidad del período de pesca (Montenegro *et al.*, 2004). En contraste, las embarcaciones de mayor tamaño reportan una mayor proporción de langostino colorado y camarón nailon en sus capturas, disminuyendo el éxito de las capturas de langostino amarillo.

De allí que la reducida influencia de la flota en

**Tabla 1. Porcentaje de la variación de las tasas de captura explicadas por los modelos log-normal y gamma. Las celdas sombreadas corresponden a factores no significativos ( $p > 0,05$ ).**

**Table 1. Variation percentages of catch rates explained by log-normal and gamma distributions. Shared areas correspond to not significant factors ( $p > 0.05$ ).**

	Distribución variable respuesta			
	log-normal		gamma	
	% explicación	p (valor $F$ )	% explicación	p (valor $F$ )
Variable explicatoria				
Año	25,84%	0	23,47%	0
Mes	1,70%	0	0,36%	0,45
Tipo de embarcación	3,51%	< 0,0001	4,62%	0
Región	0,01%	0,69	0,07%	0,22
Estrato de profundidad	4,88%	0	1,95%	0
<b>Interacción</b>				
Año-mes	16,65%	0	15,00%	0
<b>Total</b>	52,59%		45,48%	



**Figura 8. Índice de CPUE factor año estandarizado a la media del modelo (línea continua) y biomazas estimadas por evaluación directa (línea punteada). Las líneas verticales indican dos errores estándar.**

**Figure 8. Standardized year factor of CPUE index referenced to the model median (solid lines) and biomass estimations from trawl surveys (pointed line). The vertical lines correspond to two standard errors.**

las tasas de captura permite sustentar la hipótesis que la intensidad de la mortalidad por pesca y los procesos poblacionales del langostino amarillo, son los principales responsables de variaciones en las tasas de captura en el período 1993-2003. La delimitada distribución longitudinal y batimétrica de esta especie permite, posiblemente, que las variaciones en su distribución espacial sean recogidas adecuadamente por las tasas de captura, posibilitando que variaciones temporales de éstas sean proporcionales a variaciones en la abundancia. Esto indicaría, que los registros de pesca de la flota comercial podrían ser utilizados adecuadamente para la obtención de un índice de abundancia relativa.

### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es financiado en el marco del proyecto Investigación y CTP Langostino amarillo 2005, y por el Programa de Seguimiento de las Principales Pesquerías Nacionales, proyecto Investigación Situación Pesquerías de Crustáceos, desarrollados por el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP). Se desea agradecer también a tres revisores anónimos cuyos comentarios ayudaron a enriquecer el presente manuscrito.

### REFERENCIAS

- Acuña, E., H. Arancibia, A. Mujica, L. Cid & R. Roa. 1998.** Análisis de la pesquería y evaluación indirecta del stock de langostino amarillo en la III y IV Regiones. Informe Final, Proyecto FIP/IT 96-08: 127 pp.
- Acuña, E. & J. Villarroel. 2002.** Bycatch of sharks and rays in the deep sea crustacean fishery off the Chilean coast. IUCN/SSC Shark Specialist Group, Shark News, 14: 16-18.
- Bahamonde, R., C. Canales, M.A. Barbieri, B. Leiva, P. Arana, A. Guerrero, M. Ahumada, T. Melo, D. Queirolo, C. Hurtado & P. Gálvez. 2003.** Evaluación directa del langostino colorado y langostino amarillo entre la II y VIII Regiones, año 2002. Informe Final, Proyecto FIP 2002-06: 229 pp.
- Bahamonde, R., C. Canales, M.A. Barbieri, B. Leiva, P. Arana, S. Palma & T. Melo. 2002.** Evaluación directa de langostino colorado y langostino amarillo entre la II y VIII Regiones, año 2001. Informe Final, Proyecto FIP 2001-06: 202 pp.
- Bahamonde, R., B. Leiva, C. Canales, M.A. Barbieri, J. Cortés, J.C. Quiroz, P. Arana, A. Guerrero, M. Ahumada, T. Melo, D. Queirolo, C. Hurtado & P. Gálvez. 2004.** Evaluación directa del langostino colorado y langostino amarillo entre la II y VIII Regiones, año 2003. Informe Final, Proyecto FIP 2003-31: 287 pp.
- Canales, C., C. Montenegro, A. Parma, T. Peñailillo, H. Pool & V. Espejo. 2000.** Análisis de estrategia de explotación del langostino amarillo y langostino colorado. Informe Final, Proyecto FIP/IT 99-18: 138 pp.
- Daneri, G., V. Dellarosa, R. Quiñones, B. Jacob, P. Montero & O. Ulloa. 2000.** Primary production and community respiration in the Humboldt Current System off Chile and associated oceanic areas. Mar. Ecol. Progr. Ser., 197: 41-49.
- Dick, E.J. 2004.** Beyond 'lognormal versus gamma': discrimination among error distributions for generalized linear models. Fish. Res., 70: 351-366.
- Escuela de Ciencias del Mar. 2000.** Evaluación directa de camarón nailon, langostino amarillo y langostino colorado, año 2000. Informe Final, Proyecto FIP 2000-05: 315 pp.
- Espejo, V., C. Canales & C. Montenegro. 2001.** Investigación evaluación y CTP langostino amarillo 2002. Instituto de Fomento Pesquero – Subsecretaría de Pesca. Informe Final, 35 pp.
- Gatica, C. & L. Cubillos. 2002.** Análisis de las tasas de captura de jurel (*Trachurus symmetricus*) en Chile centro-sur, 1987-1999. Invest. Mar., Valparaíso, 30(2): 45-56.
- Goñi, R., F. Alvarez & S. Adlerstein. 1999.** Application of generalized linear modeling to catch rate analysis of Western Mediterranean fisheries: the Castellon trawl fleet as a case a study. Fish. Res., 42: 291-302.
- Hilborn, R. & C. Walters. 1992.** Quantitative fisheries stock assessment. Chapman and Hall, New York, 570 pp.
- Hinton, M. & H. Nakano. 1996.** Standardizing catch and effort statistics using physiological, ecological, or behavioral constraints and environmental data, with an application to blue marlin (*Makaira nigricans*) catch and effort data from Japanese long-

- line fisheries in the Pacific. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. Bull.*, 21: 171-197.
- Hinton, M. & M. Maunder. 2004.** Methods for standardizing cpue and how to select among them. *Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 56(1): 169-177.
- Large, P.A. 1992.** Use of a multiplicative model to estimate relative abundance from commercial CPUE data. *ICES J. Mar. Sci.*, 49: 253-261.
- Maunder, M.N. & A.E. Punt. 2004.** Standardizing catch and effort data: a review of recent approaches. *Fish. Res.*, 70: 141-159.
- McCullagh, P. & J.A. Nelder. 1989.** Generalized linear models. Chapman & Hall, New York, 511 pp.
- Montenegro, C., G. Arriagada, M. Zilleruelo, J.C. Quiroz, C. Canales, M. Nilo, E. Palta, C. Toledo, P. Gálvez & J. Pérez. 2004.** Investigación situación pesquería crustáceos 2003. Instituto de Fomento Pesquero-Subsecretaría de Pesca. Informe Final, 228 pp.
- Punsly, R.G. & H. Nakano. 1992.** Analysis of variance and standardization of longline hook rates of bigeye (*Thunnus obesus*) and yellowfin (*Thunnus albacares*) in the eastern Pacific Ocean during 1975-1987. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. Bull.*, 20: 165-184.
- Punt, A.E., T.I. Walker, B.L. Taylor & F. Pribac. 2000.** Standardization of catch and effort data in a spatially-structured shark fishery. *Fish. Res.*, 45: 129-145.
- Quinn II, T.J. & R.B. Deriso. 1999.** Quantitative fish dynamics. Oxford University Press, New York, 542 pp.
- Quiroz, J.C., C. Canales & C. Montenegro. 2004.** Investigación y evaluación captura total permisible langostino amarillo, 2004. Instituto de Fomento Pesquero-Subsecretaría de Pesca. Informe Final, 65 pp.
- Shimada, B.M. & M.B. Shaefer. 1956.** A study of changes in fishing effort, abundance, and yield for yellowfin and skipjack tuna in the eastern tropical Pacific Ocean. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. Bull.*, 1: 351- 421.
- Wolff, M. & T. Aroca. 1995.** Population dynamics and fishery of the Chilean squat lobster *Cervimunida johnii* Porter (Decapoda, Galatheididae), off the coast of Coquimbo, northern Chile. *Rev. Biol. Mar.*, 30: 57-70.

*Recibido: 29 diciembre 2004; Aceptado: 30 marzo 2005*