

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
ESCUELA DE CIENCIAS DEL MAR



“Parámetros biológico-pesqueros del camarón de vega, *Parastacus pugnax* (Poëppig, 1835) en la zona de Tiuquilemu, Región del Bío-Bío”

Proyecto para optar al Título de Ingeniero Pesquero
por
Mauricio Andrés Ibarra Monsalva

Valparaíso, 2010

Comisión del Proyecto de Título

Profesor Guía : Sr. Patricio Arana E.
Profesor : Sr. Gabriel Yany G.
Profesor : Sr. Guido Plaza P.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE VALPARAISO

Escuela de Ciencias del Mar

Casilla 1020 – Fono/Fax: (56) 32 274247 - Valparaíso - Chile

Valparaíso, 22 de junio del 2010

ACTA DEL PROYECTO DE TITULACION

Tesis: "Parámetros biológico-pesqueros del camarón de vega, *Parastacus pugnax* (Poeping, 1835) en la zona de Tiuquilemu, Región del Bio-Bío"

Alumno Sr.: Mauricio Andrés IBARRA Monsalva

Referencia: Memorándum N°39/2010 JD/ECM

Tengo el agrado de informar a Ud. que la Comisión de Titulación se reunió con fecha 22/jun/2010, con el objeto de proceder a la revisión final del Proyecto de Título del alumno Sr. **Mauricio A. Ibarra Monsalva**, acordando lo siguiente:

1°.- Es opinión unánime de la Comisión que el alumno cumplió con los objetivos planteados para la realización del trabajo de titulación;

2°.- Se destaca que el presente proyecto fue realizado por iniciativa personal del alumno y representa un aporte significativo al conocimiento científico de una especie endémica nacional, hasta la fecha escasamente estudiada;

3°.- Se reconoce un trabajo personal meritorio en la ejecución del proyecto;

4°.- Se reconoce en el desarrollo de trabajo un diseño de muestreo original y apropiado en la experimentación, acorde con los fines propuestos:

2°.- No obstante lo anterior, se considera excesiva la proyección de los resultados, los que requieren de un mayor fundamento para su determinación;

3°.- La tesis ha sido calificada con Nota **6,8** (Seis coma ocho); y,

4°.- Se autoriza el empaste de la tesis y se solicita que el Candidato al Título inicie el trámite correspondiente para rendir el Examen de Titulación.



Guido Plaza Pasten
Profesor



Gabriel Yany González
Profesor



Patricio Arana Espina
Profesor Guía

Valparaíso 21 de junio de 2010

AUTORIZACIÓN DE USO

Al presentar este Proyecto como último requisito para la obtención del título de Ingeniero Pesquero, autorizo a la biblioteca de la Escuela de Ciencias del Mar de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, para que disponga libremente de ella. Autorizo además reproducciones parciales o totales de este Proyecto solamente con fines académicos. Sin mi consentimiento escrito, no se permitirán reproducciones con propósitos comerciales o fines de lucro.

Mauricio Andrés Ibarra Monsalva

Dedico este Proyecto de Título:

A todos mis amigos, los que de una u otra forma han estado presentes en cada etapa de mi vida, los de infancia en la villa, los de O'higgins, los de educación básica y media, los de universidad, los de la “coordinadora”, los “VL” y a los que se han agregado en el transcurso de mi vida, no los mencionaré, porque la lista es extensa, sabrán a quienes me refiero.

A mis familiares: abuela, tías, tíos, primos, cuñada y a los que ya no están en cuerpo, especialmente a la abuelita “Gina” (Q.E.P.D.), porque se que estuve presente en sus buenos deseos y en sus oraciones.

A mis sobrinos, Sebastián Rojas Díaz y Matías Ibarra Díaz, este último, la más reciente felicidad de la familia.

Quiero dedicar este trabajo, con especial énfasis, a mis hermanos, Úrsula Ibarra Monsalva y James Ibarra Monsalva, y sobre todo a mis padres, Jaime Ibarra y María Magdalena Monsalva, por su incondicional apoyo y amor, a ellos, porque siempre que los necesité estuvieron conmigo.

Para terminar quiero dedicar este trabajo a quienes luchan día a día, incansablemente, y por quienes e trabajado en este último período de mi vida, los trabajadores de Chile.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer sinceramente a todos aquellos que hicieron posible la realización de este trabajo y me apoyaron física, emocional y técnicamente.

Al Profesor Patricio Arana E., guía de este trabajo, por su apoyo, consejos y permanente confianza, además de su labor educativa y formativa en todos estos años de estudio. A los profesores Gabriel Yany G. y Guido Plaza P., por formar parte de la comisión revisora de este proyecto. Quiero agradecer también, a quien fuera parte de esta última, profesor Rodolfo Olivari M. (Q.E.P.D.).

Además quiero agradecer al señor Erich Rudolph, profesor titular de la Universidad de Los Lagos, por su valioso aporte Bibliográfico, e importantes antecedentes, fundamentales en el desarrollo de este trabajo.

A “el padrino” Lorenzo Acuña, su esposa “la madrina” Aida Riquelme por facilitarme el terreno en donde se llevó a cabo esta investigación, a María Acuña Riquelme, hija de ambos, por su amabilidad y atenciones prestadas en los días en que concurrimos a realizar los muestreos, a “Don Tito” por su absoluta disposición y esmerada participación en todas labores que se realizaron en el transcurso de esta investigación.

A Carolina por su importante compañía y apoyo, a mis amigos, quienes en más de una ocasión me acompañaron al sur y participaron de este proyecto.

Quiero agradecer además, de forma especial, a mi padre y a mi madre por hacerse partícipes activos de este trabajo, colaborando en reiteradas ocasiones en las actividades de muestreo.

A todos ellos, muchas gracias

CONTENIDO

| | pág. |
|---|-------------|
| Portilla | |
| Comisión del Proyecto de Título | i |
| Informe sobre el Proyecto de Título | ii |
| Autorización de uso | iii |
| Dedicatoria | iv |
| Agradecimientos | v |
| Contenido | vi |
| Índice de figuras | ix |
| Índice de tablas | xiii |
| Resumen | xv |
| Abstract | xvi |
| Introducción | 1 |
| Objetivos | 3 |
| Antecedentes | 4 |
| Zona de estudio | 4 |
| <i>Geografía</i> | 4 |
| <i>Hidrografía</i> | 4 |
| <i>Producción agropecuaria</i> | 5 |
| Taxonomía de crustáceos malacostráceos | 5 |
| Antecedentes generales de crecimiento en crustáceos | 7 |
| <i>Período de muda</i> | 9 |
| Marcaje | 9 |
| <i>Marcas utilizadas en camarones</i> | 9 |
| De la especie | 11 |
| <i>Generalidades</i> | 11 |
| <i>Taxonomía</i> | 13 |
| <i>Claves taxonómicas para su identificación</i> | 13 |
| <i>Características de huevos y juveniles</i> | 13 |

| | pág. |
|--|-------------|
| <i>Intersexualidad</i> | 15 |
| <i>Biológico-pesqueros</i> | 16 |
| Materiales y métodos | 18 |
| Area de estudio | 18 |
| Muestreo | 20 |
| <i>Diseño de muestreo</i> | 24 |
| Marcaje | 25 |
| Estructura de talla | 26 |
| Crecimiento | 27 |
| Relación talla-peso | 30 |
| Período de portación | 31 |
| Fecundidad | 31 |
| Talla de primera madurez sexual | 32 |
| Proporción sexual global | 32 |
| Proporción sexual a la talla | 33 |
| Resultados | 35 |
| Aspectos generales | 35 |
| Parásitos | 35 |
| Estructura poblacional | 36 |
| Crecimiento individual | 43 |
| Relación talla-peso | 47 |
| Reproducción | 51 |
| <i>Período reproductivo</i> | 51 |
| <i>Talla de primera madurez sexual</i> | 51 |
| <i>Proporción sexual global y a la talla</i> | 54 |
| Discusión | 58 |
| Conclusiones | 67 |
| Referencias | 69 |

| | pág. |
|--|-------------|
| Anexos | 75 |
| Anexo 1. Fotografías del estudio realizado sobre el camarón de vega (<i>P. pugnax</i>) | 76 |
| Anexo 2. Fotografías del platelminto <i>Temnocephala</i> , detectado en los ejemplares de <i>P. pugnax</i> . | 81 |
| Anexo 3. Formularios utilizados para el registro de datos obtenidos en camarón de vega (<i>P. pugnax</i>). | 83 |
| Anexo 4. Códigos generados para el marcaje de ejemplares de <i>P. pugnax</i> . | 86 |
| Anexo 5. Personas que participaron en las actividades llevadas a cabo en la investigación. | 88 |

INDICE DE FIGURAS

| | pág. |
|--|------|
| Figura 1. Distribución mundial de las tres familias de cangrejos (Astacidae, Cambridae, Parastacidae). Fuente: http://tolweb.org/Astacidea/6655/1995.06.01 . | 2 |
| Figura 2. Ubicación de la localidad de Ñiquén (San Gregorio), en la Región del Bío-Bío. | 5 |
| Figura 3. Modelo matemático de von Bertalanffy, utilizado para describir el crecimiento. Fuente: Sparre & Venema (1997). | 8 |
| Figura 4. Comparación gráfica del modelo de von Bertalanffy, con y sin la incorporación del término que produce oscilaciones estacionarias. Fuente: Sparre & Venema (1997). | 9 |
| Figura 5. Marca tipo cinturón. Fuente: Riesco (1984). | 11 |
| Figura 6. Camarón de vega (<i>Parastacus pugnax</i>). | 12 |
| Figura 7. Vista lateral de los estados juveniles de <i>Parastacus pugnax</i> . A) Primer juvenil; B) Segundo juvenil; C) Tercer juveniles. Fuente: Rudolph & Ríos (1987). | 15 |
| Figura 8. <i>P. pugnax</i> . Región esternal y coxas de los pereiópodos asociados a los segmentos corporales XI a XIV. (a) intersexo I; (b) intersexo II. Escala= 0,5 cm. (Ba: basipodito; Co: coxopodito; GFI: gonópodo femenino; GM: gonópodo masculino; PL: proceso lateral; XI: segmento corporal XI; XIV: segmento corporal XIV). Fuente: Rudolph (1997). | 16 |
| Figura 9. Localización del área de estudio en la Región del Bío-Bío. | 18 |
| Figura 10. Imágenes del predio. a) Predio antes del cerco. b) Predio cercado. | 19 |
| Figura 11. Esquema del área abarcada para la realización del estudio. | 19 |
| Figura 12. (a) Bomba de vacío artesanal o bomba camaronera utilizada para extraer ejemplares de <i>Parastacus pugnax</i> . (b) Esquema de los componentes de la bomba camaronera. | 20 |
| Figura 13. Pozo cavado con el objetivo de obtener agua para regar el área de estudio. | 21 |
| Figura 14. a) bomba de 0,5 hp de potencia, con capacidad para levantar agua hasta 7 m de altura; b) bomba de 1,0 hp de potencia, con capacidad para levantar agua hasta 14 m de altura. | 22 |

| | pág. |
|---|-------------|
| Figura 15. Disposición de las bombas en el momento que se extrae agua. | 23 |
| Figura 16. Representación gráfica del muestreo aleatorio sistemático. Fuente: Casal & Mateu (2003). | 24 |
| Figura 17. Esquema del muestreo sistemático por rejilla (a) rectangular y (b) polar. Fuente: Mason & Douglas (1992). | 24 |
| Figura 18. Marca tipo generada con algunos de los colores mencionados, que corresponde al código 0102. | 26 |
| Figura 19. Formas de medición de la longitud cefalotorácica. LCO = Longitud cefalotorácica desde la órbita ocular. LCR = Longitud cefalotorácica desde la furca del rostro. Fuente: Arias & Muñoz (1991). | 27 |
| Figura 20. Gráfico correspondiente a la relación establecida por Gulland & Holt (1959), para determinar los parámetros de la curva de crecimiento de von Bertalanffy. Fuente: Sparre & Venema (1997). | 29 |
| Figura 21. Gráfico de von Bertalanffy, para la estimación de t_0 . Fuente: Sparre & Venema.(1997). | 29 |
| Figura 22. Tallas promedios mensuales, calculadas en machos y hembras de camarón de vega (<i>Parastacus pugnax</i>). | 37 |
| Figura 23. Distribución de frecuencia de tallas en el total de ejemplares de <i>Parastacus pugnax</i> (machos + hembras + indeterminados). | 38 |
| Figura 24. Distribución de frecuencias de tallas en machos de camarón de vega (<i>Parastacus pugnax</i>). | 39 |
| Figura 25. Distribución de frecuencia de tallas en hembras de camarón de vega (<i>Parastacus pugnax</i>). | 40 |
| Figura 26. Distribución de frecuencia de tallas en ejemplares indeterminados de camarón de vega (<i>Parastacus pugnax</i>). | 41 |
| Figura 27. Distribución de frecuencia de tallas en hembras ovíferas de camarón de vega (<i>Parastacus pugnax</i>). | 42 |
| Figura 28. Gráfico del análisis de progresión modal realizado en el paquete estadístico FiSAT II. | 43 |

| | pág. |
|--|-------------|
| Figura 29. Relación lineal entre la diferencia de longitud cefalotorácica, en un cierto período de tiempo, y el promedio de ambas longitudes en ejemplares de <i>P. pugnax</i> . | 43 |
| Figura 30. Gráfico de von Bertalanffy, para determinar el valor de t_0 . | 44 |
| Figura 31. Separación de las cohortes, utilizando el paquete computacional FiSAT II (FAO-ICLARM Stock Assessment Tools II). | 45 |
| Figura 32. Relación talla-peso en machos de camarón de vega (<i>P. pugnax</i>). | 47 |
| Figura 33. Relación talla-peso en hembras de camarón de vega (<i>P. pugnax</i>). | 48 |
| Figura 34. Relación talla-peso en el total de ejemplares de camarón de vega (<i>P. pugnax</i>). | 49 |
| Figura 35. Porcentaje de hembras ovíferas de <i>P. pugnax</i> por mes. | 51 |
| Figura 36. Curva sigmoidea ajustada con la que se estimó la talla de primera madurez sexual en camarón de vega (<i>P. pugnax</i>). | 52 |
| Figura 37. Distribución de frecuencias de tallas porcentual y porcentual acumulada de camarón de vega (<i>P. pugnax</i>). | 53 |
| Figura 38. Proporción sexual global de machos y hembras de camarón de vega (<i>P. pugnax</i>) y proporción de intersexos I y II por mes. | 55 |
| Figura 39. Proporción sexual a la talla por mes, en camarón de vega (<i>P. pugnax</i>). | 57 |
| Figura 40. Número total de huevos portados por las hembras de <i>P. pugnax</i> a cada longitud cefalotorácica. | 58 |
| Figura 41. Distribución de frecuencias de tallas en machos y hembras de <i>P. pugnax</i> , por clase de talla y mes. Fuente: Rudolph (1997). | 61 |
| Figura 42. Distribución de frecuencias por clase de tallas de <i>P. pugnax</i> colectados entre agosto de 1999 y septiembre de 2000. Fuente: del Valle (2002). | 62 |
| Figura 43. Curvas de crecimiento obtenidas para <i>P. pugnax</i> . | 64 |
| Figura 44. Comparación de las curvas de crecimiento de cuatro especies de camarones excavadores. Fuente: modificado de del Valle (2002). | 64 |
| Figura 45. Curvas de crecimiento individual de tres especies de parastácidos. | 65 |

| | pág. |
|---|-------------|
| Figura 46. Muestreo y faenas de extracción del camarón de vega (<i>P. pugnax</i>) en el área de estudio. | 77 |
| Figura 47. Faenas generales desarrolladas en el presente estudio sobre camarón de vega (<i>P. pugnax</i>). | 78 |
| Figura 48. Vista superior y lateral de una cueva de <i>P. pugnax</i> . | 79 |
| Figura 49. Actividades de riego, efectuadas en el área de estudio para facilitar las faenas de extracción de <i>P. pugnax</i> . | 80 |
| Figura 50. Ejemplar de <i>P. pugnax</i> capturado en el presente estudio con platelmintos en el caparazón. | 82 |
| Figura 51. Imagen ampliada del platelminto ectocomensal encontrado en <i>P. pugnax</i> . | 82 |
| Figura 52. Imágenes de algunas de las personas que apoyaron las actividades de muestreo. | 89 |

INDICE DE TABLAS

| | pág. |
|---|------|
| Tabla 1. Especificaciones técnicas de las bombas utilizadas para extraer agua del pozo cavado en el área de estudio. | 22 |
| Tabla 2. Color correspondiente a cada dígito para la generación del código. | 25 |
| Tabla 3. Resumen del número de ejemplares muestreados, marcados y recapturados. | 35 |
| Tabla 4. Longitud cefalotorácica promedio calculada por mes en machos, hembras y el total de ejemplares de <i>P. pugnax</i> . | 36 |
| Tabla 5. Análisis de varianza (ANOVA) del modelo propuesto por Gulland & Holt (1959), para determinar los parámetros de crecimiento de von Bertalanffy. | 46 |
| Tabla 6. Datos utilizados en la determinación del parámetro t_0 , mediante el método propuesto por von Bertalanffy (1934). | 46 |
| Tabla 7. Resumen de los coeficientes del ajuste potencial para la relación talla-peso en machos de camarón de vega (<i>P. pugnax</i>). | 47 |
| Tabla 8. Tabla ANOVA estimada para la función talla-peso en machos de <i>P. pugnax</i> . | 48 |
| Tabla 9. Resumen de los coeficientes del ajuste potencial para la relación talla-peso en hembras de camarón de vega (<i>P. pugnax</i>). | 48 |
| Tabla 10. Tabla ANOVA estimada para la función talla-peso en hembras de <i>P. pugnax</i> . | 49 |
| Tabla 11. Resumen de los coeficientes del ajuste potencial para la relación talla-peso en el total de ejemplares de camarón de vega (<i>P. pugnax</i>). | 50 |
| Tabla 12. Tabla ANOVA estimada para la función talla-peso en el total de ejemplares de <i>P. pugnax</i> . | 50 |
| Tabla 13. Valor-p estimado utilizado para inferir respecto de la proporción esperada de 50% en machos de <i>P. pugnax</i> ($\alpha = 0,05$). | 54 |
| Tabla 14. Análisis de varianza (ANOVA) del modelo propuesto para determinar la fecundidad a la talla en camarón de vega (<i>P. pugnax</i>) | 56 |
| Tabla 15. Resumen del modelo propuesto para estimar el número de huevos totales portados por una hembra de camarón de vega, a partir de la longitud cefalotorácica. | 58 |

| | pág. |
|---|-------------|
| Tabla 16. Códigos generados a partir de la asignación de números a los colores de la marca tipo “cinturón”. | 87 |

RESUMEN

Con el objetivo de determinar parámetros biológico-pesqueros del camarón de vega (*P. pugnax*), en la localidad de Tiuquilemu, Región del Bío-Bío, se capturaron mensualmente, entre agosto de 2007 y agosto de 2008, 3.512 ejemplares de esta especie. A los individuos se les registró la longitud total, longitud cefalotorácica (LC), peso total y sexo. A las hembras se les determinó el número total de huevos. Se determinaron las estructuras de tallas mensuales separadamente de machos, hembras, indeterminados y del total (machos + hembras + indeterminados), las que fueron polimodales en gran parte de los meses estudiados, disminuyendo la frecuencia de juveniles entre 20 y 30 mm de LC, en casi la totalidad de los meses en que se llevó a cabo el presente estudio. Se determinó que el período reproductivo de *P. pugnax* se desarrolla entre mediados de primavera y finales de otoño, con fecundidades que van de 3 a 45 huevos por hembra. La relación entre la longitud cefalotorácica y el número de huevos quedó definida por la función lineal $NTH = -26,76 + 1,31 \cdot LC$. La talla de primera madurez, en hembras, se calculó en 38,1 mm de LC. Se observó mayor proporción de machos sobre hembras en la mayoría de las clases de tallas y meses analizados. En cuanto a la proporción sexual global, hubo predominio de machos en 11 de los 12 meses en que se realizó el estudio; no obstante, estas no difieren de una razón esperada 1:1. Se estimaron los parámetros de la curva de crecimiento mediante los métodos de análisis de progresión modal y de marcaje y recaptura. Con el primero se obtuvieron valores de L_{∞} , K y t_0 , correspondientes a 55,3 mm de LC, $0,23 \text{ mm} \cdot \text{año}^{-1}$ y $-0,58$ años, respectivamente. El segundo de los métodos arrojó valores de $L_{\infty} = 55,9$ mm de LC, $K = 0,35 \text{ mm} \cdot \text{año}^{-1}$ y $t_0 = 0,38$ años. La relación talla-peso en machos quedó definida por la función $W_t = 0.00053 \cdot LC_t^{2.97}$ y en hembras por $W_t = 0.00050 \cdot LC_t^{2.99}$, determinándose en ambos casos crecimiento de tipo isométrico.

Palabras clave: camarón de vega, *Parastacus pugnax*, crecimiento, reproducción, estructura poblacional, parámetros biológico-pesqueros, talla-peso, Región del Bío-Bío, Chile.

ABSTRACT

With the aim to determine biology-fisheries parameters of mud shrimp (*P. pugnax*), in the locality of Tiuquilemu, Bío-Bío Region, were collected monthly, between August 2007 and August 2008, 3.512 specimens of this species through systematic sampling, using a manual vacuum pump. To the individuals were recorded total length, carapace length (CL), total weight and sex. The females were determined the total number of eggs and additionally were photographed and quantified ectocommensals organisms identified as belonging to the class of flatworm Temnocephala, found in 98% of shrimp sampled, longer than 26 mm of CL. With the above data structures were determined monthly length separately from males, females, undetermined and the total (male + female + indeterminate), be polymodal throughout much of the months studied, decreasing the frequency of juveniles between 20 and 30 mm of CL in almost all the months that was conducted this study. It was found that the reproductive period of *P. pugnax* takes place between mid spring and late autumn, with fertility ranging between 3 and 45 eggs per carrier female. The relationship between carapace length and number of eggs is defined by the linear function $NTH = -26.76 + 1.31 \cdot LC$. The size at first maturity in females was estimated at 38,1 mm de LC. Regarding the sex ratio to size, there was a predominance of males over females in most size classes and months analyzed. As for the overall sex ratio, there was a predominance of males in 11 of the 12 months that the survey was conducted, however, found that these ratios do not differ from expected 1:1 ratio. Parameters were estimated growth curve by the methods of modal progression analysis of mark-recapture. With the former values were L_{∞} , K and t_0 , corresponding to 55.3 mm CL, $0.23 \text{ mm}\cdot\text{yr}^{-1}$ and -0.58 years, respectively. The second method had values of $L_{\infty} = 55.9$ mm CL, $K = 0.35 \text{ mm}\cdot\text{yr}^{-1}$ and $t_0 = 0.38$ years. The length-weight relationship for males was defined by the function $W_t = 0.00053 \cdot LC_t^{2.97}$ and females by $W_t = 0.00050 \cdot LC_t^{2.99}$, determined in both cases isometric growth.

Keywords: mud shrimp, *Parastacus pugnax*, growth, reproduction, population structure, fisheries-biological parameters, height-weight, Bío-Bío Region, Chile.

INTRODUCCION

Entre los artrópodos, los crustáceos representan un extenso subfiló, con más de 67.000 especies ya descritas, estimándose aún por descubrir hasta cinco o diez veces esta cantidad. Las especies acuáticas de este grupo incluyen varios conocidos grupos de animales, como langostas, jaibas, camarones, cangrejos, langostinos y picorocos. Estos animales habitan en zonas costeras, en aguas someras y aguas profundas, en hábitats de aguas saladas, salobres y dulce. Constituyen uno de los grupos zoológicos con mayor éxito biológico, tanto por el número de especies vivientes como por la diversidad de hábitats que han colonizado.

Los malacostráceos son el mayor subgrupo de crustáceos e incluyen a casi todos los crustáceos conocidos, como los decápodos (langosta de Juan Fernández, langostino colorado, langostino amarillo, y otros), estomatópodos, anfípodos e isópodos. Hasta ahora se han descrito más de 42.000 especies, que involucra casi las dos terceras partes de todas las especies de crustáceos (Brusca & Brusca, 2005), dentro de los que se encuentran también los llamados cangrejos de agua dulce, que se distribuyen en todos los continentes excepto en África (Fig. 1).

Estos últimos, taxonómicamente se separan en tres familias, dos familias con distribución en el hemisferio norte, Astacidae y Cambaridae y la familia Parastacidae en el hemisferio sur. Existen dos áreas de concentración de especies, la primera situada en el sureste de Estados Unidos, donde se puede encontrar, aproximadamente el 80% de las especies Cambridae, la segunda en Victoria, Australia; en este lugar habita aproximadamente el 85% de especies parastácidos (Crandall & Fetzner, 1995).

Los Astacidae se encuentran al oeste de las Montañas Rocosas en el noreste de Estados Unidos en British Columbia, Canadá y Europa. Los Cambridae al este de los Estados Unidos y México, mientras que los Parastacidae están distribuidos en Australia, Nueva Zelanda, América del Sur y Madagascar (Manning & Hobbs, 1977; Hobbs, 1988; Hobbs, 1991). Dentro de malacostráceos limnéticos existentes en Chile, cinco especies pertenecen a la familia Parastacidae (Jara *et al.*, 2006): *Parastacus nicoleti* (Philippi, 1882), *Parastacus pugnax* (Poepping, 1835), *Samastacus spinifrons* (Philippi, 1882), *Virilastacus araucanus* (Faxon, 1914) y *Virilastacus rucapilhueleensis* (Rudolph & Crandall, 2005).

De las especies mencionadas, *P. pugnax* y *S. spinifrons* son intensamente explotadas para consumo humano (Porter, 1904; Rudolph, 2002; Rudolph *et al.*, 2006). Bahamonde *et al.* (1998) determinaron que *P. pugnax* se encuentra en situación “vulnerable” en gran parte de su área de distribución. A pesar de esto, son pocos los trabajos que se centran en el estudio de aspectos biológico-pesqueros, necesarios, para regular la explotación de estas especies. La mayoría de los trabajos referentes a esta especie se focalizan en el estudio de intersexualidad (Rudolph, 1997), desarrollo de primeros estadios (Rudolph & Ríos, 1987) y ecología (Arias & Muñoz, 1991; del Valle, 2002). Es por esta escasa información sobre parámetros poblacionales referentes a *P. pugnax*, que el presente trabajo se centra en el análisis del crecimiento, distribución por tallas, aspectos reproductivos, y otros aspectos que pudiesen aportar al conocimiento de esta especie.

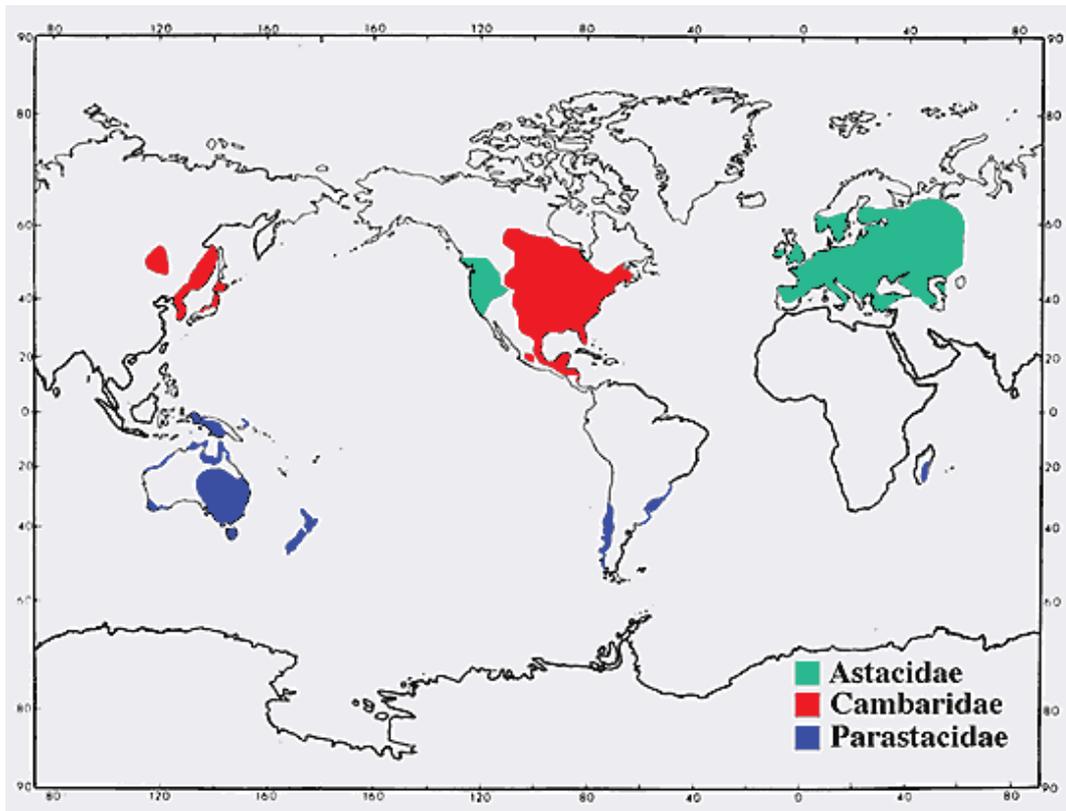


Figura 1. Distribución mundial de las tres familias de cangrejos (Astacidae, Cambaridae, Parastacidae). Fuente: <http://tolweb.org/Astacidea/6655/1995.06.01>.

Obtener información sobre reproducción y crecimiento, por mencionar algunos aspectos, será de utilidad si se desea conocer el potencial de esta especie para su posible cultivo. La fecundidad, por ejemplo, puede dar aproximaciones de la cantidad de ovas que se obtendría a partir de un determinado número de hembras, considerando los niveles de mortalidad en esta etapa de cultivo. Por otra parte, el crecimiento puede indicar, como primeros antecedentes, los tiempos aproximados que demoraría el proceso productivo hasta la cosecha de ejemplares, cuya talla comercial haya sido fijada. Es pertinente pensar en la posibilidad de desarrollar el cultivo de este u otros camarones dulceacuícolas que se encuentren en Chile, ya que Briggs *et al.* (2005) mencionan que el consumo de estos animales se incrementa cada año, cuyo déficit se podría resolver mediante su producción en ambiente controlado. Además, Silva & Spoerer (2006) concluyeron que es factible comercializar *P. pugnax* en el mercado local, no descartando su futura venta fuera de Chile.

Además de lo anterior, los resultados que se puedan obtener permitirían conocer parte de la dinámica poblacional del recurso, y de esta forma la autoridad sectorial podría programar el desarrollo de esta “pesquería” sobre bases científicas, que permitan explotar racionalmente el recurso y evitar la sobrepesca o el subaprovechamiento, y establecer los periodos de veda u otras medidas complementarias para reglamentar la captura con el fin de conservar esta especie.

Así, de acuerdo a lo expuesto anteriormente, se plantean los siguientes objetivos:

Objetivo general

- Determinar parámetros biológico-pesqueros del camarón de vega (*Parastacus pugnax*), en la zona de Tiuquilemu, San Carlos, Región del Bío-Bío.

Objetivos específicos

- Determinar la composición de tallas y sexos en un ciclo anual de observación.
- Establecer la función talla-peso.
- Estimar la talla de primera madurez sexual.
- Determinar período reproductivo, proporción sexual a la talla, proporción sexual global y fecundidad.
- Estimar los parámetros de la función talla-edad y la curva de crecimiento.

ANTECEDENTES

Zona de estudio

Según datos proporcionados por la Ilustre Municipalidad de Ñiquén, el área de estudio presenta las siguientes características:

Geografía

La localidad de Tiuquilemu, pertenece a la comuna de Ñiquén (San Gregorio), en el sector septentrional de la Región del Bío-Bío, siendo la puerta norte de ingreso a la misma (Fig. 2). El número de habitantes es de 11.421 y la mayor concentración de estos se encuentra en zonas rurales (10.278), mientras que en zonas urbanas la población es de 1.143 personas (INE, 2003).

Posee una forma alargada en sentido noroeste-sureste con una mayor estrechez a la altura de Flor de Ñiquén. De este a oeste tiene una extensión de 54 km y una superficie de 582 km². Está emplazada transversalmente en la depresión intermedia, conocida también como llano central fluvio-glacio-volcánico, que tiene un aspecto de planicie intensamente irrigada con notables ventajas desde el punto de vista climático, conformando parte de un conjunto fluvial que se comunica con el cono glacio - volcánico del río Ñuble.

Hidrografía

Los recursos hídricos de esta comuna conforman una verdadera red integrada por los ríos Ñiquén, Buli, estero de Colliguay y otros de menor importancia, que en su conjunto confluyen en el río Perquilauquén, el cual es un importante tributario del río Maule. Además de los ríos y esteros, los agricultores han construido tranques que favorecen el regadío; estos se encuentran en Huenutil del Peumo, a orillas de la carretera, otros en el fundo San Vicente, al sur del acceso al sector de Las Rosas y el tercero en el fundo El Socorro.

Tiuquilemu se caracteriza también, por la abundante presencia de humedales que corresponden a zonas de tierras, generalmente planas, en la que la superficie se inunda permanente o intermitentemente; al cubrirse regularmente de agua, el suelo se satura, quedando desprovisto de oxígeno y dando lugar a un ecosistema híbrido entre los puramente acuáticos y los terrestres. De acuerdo a la Convención Ramsar, “son humedales las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad de marea baja no exceda de seis metros”. Los humedales que presenta esta zona son de tipo palustre, es decir, que incluye bañados, marismas, pantanos, ciénagas, lodazales, vegas, como los principales en esta clasificación.



Figura 2. Ubicación de la localidad de Ñiquén (San Gregorio), en la Región del Bío-Bío.

Producción agropecuaria

La comuna de Ñiquén posee una variada producción agropecuaria en forma similar al resto de la provincia de Ñuble. En orden de importancia, la principal producción comunal está constituida por la remolacha, arroz, porotos y trigo. Menor importancia tiene la lenteja, la papa y el maíz. Por otra parte, la ganadería ovina y bovina, la apicultura y la producción vitivinícola se encuentran en reducidos sectores de la comuna.

Otra de las actividades agropecuarias relevantes de esta zona es la extracción del camarón de vega, el cual es endémico de la zona centro-sur del país. Este recurso es extraído de los humedales (vegas) por personas de esta localidad o de localidades vecinas, generalmente en temporadas invernales, para su posterior comercialización.

Taxonomía de crustáceos malacostráceos

Según lo descrito por Jara *et al.* (2006), las taxa de crustáceos malacostráceos presentes en ecosistemas acuáticos continentales en Chile, son como se indica a continuación:

- Clase:** Malacostraca
- Orden:** Decapoda
- Familia:** Palaemonidae

Cryphiops caementarius (Molina, 1782)

Familia: Parastacidae

Parastacus nicoleti (Philippi, 1882)
Parastacus pugnax (Poeppig, 1835)
Samastacus spinifrons (Philippi, 1882)
Virilastacus araucanius (Faxon, 1914)
Virilastacus rucapihuelensis (Rudolph & Crandall, 2005)

Familia: Aeglidae

Aegla abtao (Schmitt, 1942a)
Aegla affinis (Schmitt, 1942b)
Aegla alacalufi (Jara & López, 1981)
Aegla araucaniensis (Jara, 1980)
Aegla bahamondei (Jara, 1982)
Aegla concepcionensis (Schmitt, 1942a)
Aegla cholchol (Jara, 1999)
Aegla denticulata denticulata (Nicolet, 1842)
Aegla denticulata lacustris (Jara, 1989)
Aegla expansa (Jara, 1992)
Aegla hueicollensis (Jara, 1999)
Aegla laevis laevis (Schmitt, 1942b)
Aegla laevis talcahuano (Schmitt, 1942b)
Aegla manni (Jara, 1980)
Aegla neuquensis (Schmitt, 1942b)
Aegla occidentalis (Jara, Pérez-Losada & Crandall, 2003)
Aegla papudo (Schmitt, 1942b)
Aegla pewencha (Jara, 1994)
Aegla rostrata (Jara, 1977)
Aegla spectabilis (Jara, 1986)

Orden: Amphipoda

Familia: Hyalellidae

Hyalella araucana (Grosso & Peralta, 1999)
Hyalella chiloensis (González & Watling, 2001)
Hyalella costera (González & Watling, 2001)
Hyalella fossamancinii (Cavalieri, 1959)
Hyalella franciscae (González & Watling, 2003)
Hyalella kochi (González & Watling, 2001)
Hyalella simplex (Schellenberg, 1943)

Orden: Isopoda

Familia: Janiridae

Heterias (Fritzianira) exul (Müller, 1892)

Antecedentes generales de crecimiento en crustáceos

El crecimiento se manifiesta como el aumento en longitud, volumen o peso. En organismos sin exoesqueleto la longitud aumenta en forma continua, aunque con una tasa que disminuye con la edad; en los adultos, generalmente este proceso se detiene. En los crustáceos, que poseen un tegumento rígido, el crecimiento se transforma en un proceso discontinuo. Debido a esto, se distinguen dos componentes fundamentales. Uno es el incremento que ocurre en cada muda, el otro es el lapso de intermuda o intervalo de muda, que es el período comprendido entre dos mudas sucesivas. Estos dos componentes del proceso de crecimiento son básicamente contrapuestos, con respuestas muy diferentes a cambios externos, lo que requiere un análisis independiente (Hartnoll, 1982).

El crecimiento es uno de los parámetros básicos en la dinámica de poblaciones. En el caso de los crustáceos es de difícil determinación, ya que no presentan estructuras óseas que permitan observar marcas de crecimiento, y, de este modo estimar la edad, como ocurre en los peces (García & Le Reste, 1986). Sin embargo, existen otros métodos para determinar el crecimiento en crustáceos; aunque, hay que tener en cuenta que ninguno de los métodos brinda absoluta seguridad, por lo que es necesario realizar distintas verificaciones y comparaciones antes de tomar una decisión sobre la edad de la especie en estudio. A pesar de ello, toda la información que sea posible adelantar sobre el crecimiento de una especie (a veces de manera tentativa), puede servir de ayuda y guía para estudios posteriores (Petriella & Boschi, 1997).

Los métodos más utilizados para el estudio de la edad y crecimiento en crustáceos son:

- a) Examen de distribuciones de frecuencias de tallas modales (método de Petersen). Corresponde al examen estadístico de distribuciones de frecuencias por clases de tallas (largo total o largo del caparazón) en muestras poblacionales extraídas desde el ambiente natural de la especie, que interpretado biológicamente puede dar una idea acerca de la velocidad de crecimiento en distintos rangos de tallas y épocas del año;
- b) Marcación de animales en poblaciones naturales. El principio se sustenta en la identificación de un grupo de ejemplares con una cierta marca o marbete que permita individualizar a los ejemplares. Aquí el crecimiento (aumento de tamaño) se puede determinar entre el momento de ser marcados y el momento en que se les recaptura;
- c) Mantenimiento de animales en cautividad. Corresponde a la obtención de registros directos sobre el aumento en el largo y en el peso de los individuos mantenidos en acuarios o estanques de cultivo. Sin embargo, los resultados obtenidos de esta forma se recomienda no extrapolarlos a poblaciones naturales, debido a que en la mayoría de los casos las condiciones bióticas y abióticas en ambientes controlados difieren al ambiente natural, además, el animal en cautiverio tiene mayores probabilidades de sufrir estrés; estos factores afectan el crecimiento del individuo, haciéndolo más lento y en algunos casos incluso provocando un retroceso en su tamaño; y,

- d) Frecuencia de mudas y tasa de crecimiento por muda. Conociendo el ritmo de muda en el tiempo, que varía con la edad del individuo, y el incremento en peso o talla que se produce luego de cada ecdisis, se puede trazar la curva de crecimiento.

El modelo matemático generalmente utilizado para describir el crecimiento en crustáceos es el de von Bertalanffy (1934), el cual considera la talla del cuerpo como una función de la edad (Fig. 3). Si bien el crecimiento individual de un crustáceo es escalonado, debido a los intervalos en las mudas, el empleo de esta función es una aproximación a la curva de crecimiento promedio de una cohorte que permite estimar los parámetros K , t_0 y L_{∞} (Sparre & Venema, 1997).

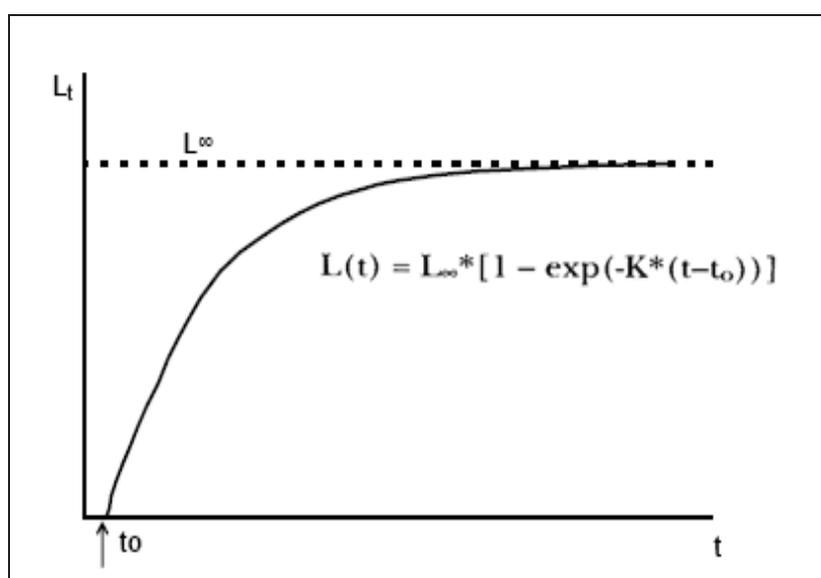


Figura 3. Modelo matemático de von Bertalanffy, utilizado para describir el crecimiento.
Fuente: Sparre & Venema (1997).

En algunos estudios de crecimiento también se ha utilizado la ecuación normal de von Bertalanffy, pero con un término adicional que produce oscilaciones estacionales de la tasa de crecimiento durante el año. Generalmente se cita en la bibliografía como:

$$L_t = L_{\infty} \left(1 - e^{-\left[k(t-t_0) + C \frac{k}{2\pi} \text{sen}(2\pi(t-t_s)) \right]} \right)$$

el cual se representa gráficamente en la figura 4.

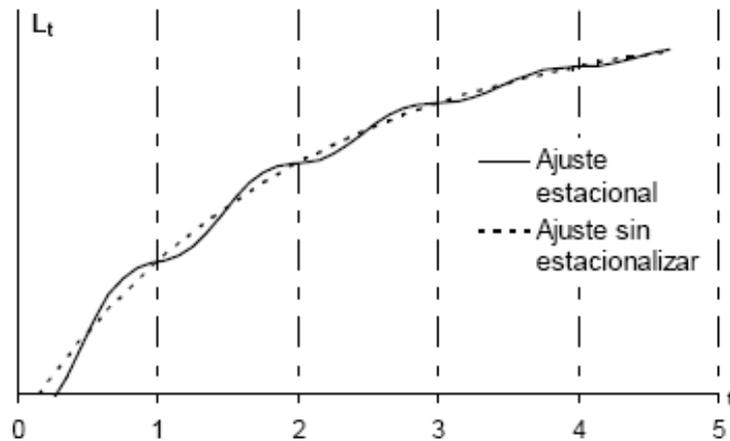


Figura 4. Comparación gráfica del modelo de von Bertalanffy, con y sin la incorporación del término que produce oscilaciones estacionales. Fuente: Sparre & Venema (1997).

Período de muda

Usualmente el crecimiento en los crustáceos se efectúa en períodos bien definidos. Esta característica implica la eliminación del antiguo exoesqueleto, la formación de un tegumento nuevo, generalmente de mayor tamaño y el posterior endurecimiento de este último, siendo el conjunto de estos sucesos conocido como ciclo de muda. Drach (1939), trabajando con *Cancer pagurus* y *Maia squinado* introdujo el concepto de intermuda, como la secuencia de transformaciones comprendidas entre dos mudas, en cuyo período se cumple un ciclo completo de modificaciones morfológicas, fisiológicas y bioquímicas, responsables del crecimiento.

Es necesario destacar que existen mudas sin incremento en talla o peso, particularmente en los ejemplares más longevos. También hay que mencionar que los procesos reproductivos tales como maduración gonadal y vitelogénesis modifican el ciclo de muda, como se ha demostrado en muchas especies. Así también el crecimiento puede variar en algunas especies entre machos y hembras (Hartnoll, 1985).

Marcaje

Marcas utilizadas en camarones

Numerosos métodos para marcar camarones han sido descritos, pero pocos han demostrado ser verdaderamente satisfactorios. No existe una marca ideal que pueda ser utilizada en todos los trabajos ó ser aplicada a cualquier especie. El método más apropiado en cada caso se debe escoger considerando las ventajas de cada marca y también los efectos negativos. Es evidente que el tipo de marca que ha de emplearse en un experimento depende de qué especie es la que se va a marcar, para qué se utiliza, dónde se coloca y cómo se las va a recuperar (Jones, 1966).

Cabe mencionar que en la literatura existen confusiones sobre los conceptos de marca, que corresponde a característica(s) natural(es) que puede(n) distinguir a un recurso; y marbete, que se define como un objeto fijado exterior ó interiormente para la identificación de un pez, crustáceo o molusco. Generalmente, y así queda demostrado en la literatura citada en este trabajo, se menciona como marcas a elementos adosados al cuerpo de los individuos. Es por esta razón que en este documento se utilizará la palabra marca para hacer referencia al marbete utilizado para individualizar a los individuos de *P. pugnax* recolectados.

Según Petriella & Boschi (1997), para que los resultados de las marcaciones puedan ser utilizados en la determinación del crecimiento, se deben cumplir los siguientes requisitos:

- La marca no se debe desprender durante la muda, para el caso de marcas que se sujetan al exoesqueleto.
- El procedimiento de marcación y la marca misma no deben afectar el comportamiento ni la fisiología del animal.
- Para conocer el tamaño o peso medio alcanzado por la población, los ejemplares marcados deben distribuirse homogéneamente, conservando el mismo comportamiento y con igual probabilidad de ser recapturados.
- Asegurar la devolución de los animales marcados.

Estos autores señalan que los tipos de marcas utilizadas comúnmente en el marcaje de camarones son:

a) *Marcas externas*

- Disco de Petersen
- Marcas de alambre
- Marcas tipo dardo

b) *Marcas internas*

- Tinción por inyección
- Marcas metálicas con codificación
- Marcas de vaselina pigmentada
- Marcas de cloruro de polivinilo
- Introducción de pigmentos granulares

Entre las marcas posibles de emplear en esta especie se encuentra la llamada “marca cinturón” (Fig. 5), que es una adaptación de las marcas tipo alambre. Esta marca ha sido utilizada en camarón de roca (*Rhynchocinetes typus*) (Díaz, 1980; Roa, 1981; Riesco, 1984) y en camarón de río del norte (*Cryphiops caementarius*) (Arana & Toro, 1985). Su confección se realiza en forma manual, utilizándose hilo nylon de 0,3 mm de diámetro y pequeños trozos de plástico de forma cilíndrica y huecos. Este plástico se obtiene de la envoltura de alambre

eléctrico. Diferentes colores permiten organizar un código, mediante el cual cada individuo queda individualizado. La marca se coloca alrededor del camarón entre el cefalotórax y el primer segmento abdominal, cuidando que el código quede ubicado en la región dorsal del animal.



Figura 5. Marca tipo cinturón. Fuente: Riesco (1984).

Esta marca fue probada inicialmente por los mencionados autores concordando en que ofrece ciertas garantías respecto de las otras marcas probadas, recomendándola para experiencias de marcaje en terreno por las siguientes características:

- a) Es de fácil identificación.
- b) Presenta bajo porcentaje de desprendimiento.
- c) Presumiblemente no provoca mortalidad adicional.
- d) Perdura con las mudas.
- e) No cuenta con apéndices que interfieran en el comportamiento del camarón y lo haga más susceptible de sufrir predación o ser selectivamente vulnerado por el arte de pesca.

De la especie

Generalidades

Parastacus pugnax (Fig. 6), es un camarón excavador que habita terrenos semipantanosos, desde el río Aconcagua (32°50'S; 70°59'W) hasta la localidad de Carahue (38°40'S; 73°09'W), en la zona centro-sur de Chile (Rudolph, 1997). Construye galerías subterráneas en terrenos semipantanosos conocidos como vegas o gualves de hasta 2 m de profundidad (Kilian, 1959; Bahamonde & López, 1963). Estas galerías pueden estar

compuestas de 1 a 14 entradas, en promedio, con 0,9 y 7,5 entradas por metro cuadrado (del Valle, 2002). La extracción se realiza con la utilización de una bomba de vacío artesanal, construida por las propias personas que se dedican a esta actividad.

El camarón de vega *P. pugnax*, es una especie que en temporadas invernales es explotado artesanalmente, como alternativa de ingreso para las personas dedicadas a la agricultura en la zona centro-sur del país (Arias & Muñoz, 1991; Rudolph *et al.*, 1991). Hasta hoy en el Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA), no existen registros sobre los volúmenes de extracción de esta especie, pero Silva & Spoerer (2006) y Rudolph *et al.* (2006) entregan los primeros datos acerca de la presión extractiva a la cual se encuentra sometida esta especie en algunas localidades de la Región del Bío-Bío, como así mismo de los ingresos que podría generar su comercialización.



Figura 6. Camarón de vega (*Parastacus pugnax*).

Rudolph (1997), señala que “los conocimientos biológicos de la especie son escasos y se circunscriben básicamente a aspectos de índole taxonómico, de distribución y de descripción de las primeras etapas de su desarrollo ontogenético en condiciones de laboratorio.

De esta especie sólo se sabe que tiene desarrollo directo con cuidados parentales extendidos hasta el segundo juvenil (Fig. 7) (Rudolph & Ríos, 1987); que sus representantes son gonocóricos, aunque todos ellos tienen gonoductos y gonoporos supernumerarios (Rudolph, 1997); que posee carne sabrosa con 15% de contenido proteico en base húmeda (Rudolph *et al.*, 1991); y que ha sido categorizada como una especie vulnerable, desde la Región de O’Higgins a la Región de la Araucanía (Bahamonde *et al.*, 1998)”.

Taxonomía

| | | |
|--------------|---|--------------------------------|
| Clase | : | Malacostraca |
| Subclase | : | Eumalacostraca |
| Superorden | : | Eucarida (Calman, 1904) |
| Orden | : | Decapoda (Latreille, 1802) |
| Suborden | : | Pleocyemata (Burkenroad, 1963) |
| Infraorden | : | Astacidea (Latreille, 1802) |
| Superfamilia | : | Parastacoidea (Huxley, 1879) |
| Familia | : | Parastacidae |
| Género | : | <i>Parastacus</i> |
| Especie | : | <i>pugnax</i> (Poeppig, 1835) |

Claves taxonómicas para su identificación

Según lo descrito por Guzmán (2003), las claves taxonómicas para la identificación a nivel de familia para *Parastacus pugnax* son las siguientes: branquias no dendítricas, caparazón cilíndrico o comprimido dorso-ventralmente, difiere del resto de los crustáceos en la presencia de escafognatitos en las maxilas y en que los maxilípedos desarrollan un protópodo lamelar con enditos abiertos medialmente; caparazón notoriamente comprimido dorso-ventralmente; tercer pereiópodo similar al pereiópodo uno, quelado; abdomen siempre recto y pleuras simétricamente bien desarrolladas y abanico caudal ancho; rostro bien desarrollado; cuerpo al menos cilíndrico; pereiópodos quelados; dedos móviles ubicados en el lado interno; podobranquias sin lámina, pero el pedúnculo puede ser alado; pleópodos uno ausentes en ambos sexos; anténulas con un flagelo bien desarrollado; caparazón angosto ventralmente.

Características de huevos y juveniles

Según Rudolph & Ríos (1987), “los huevos y juveniles de *P. pugnax* presentan las siguientes características:

a) Huevos

Los huevos son ovalados, rodeados de una membrana lisa, amarillos, su diámetro máximo oscila entre 2,55 y 2,84 mm. Se mantienen sujetos firmemente a varias setas plumosas de los pleópodos mediante un delicado filamento retorcido. Según los cambios morfológicos, los huevos pueden clasificarse en cuatro estados:

- *Estado I:* huevo con vitelo de distribución homogénea, este no presenta ningún tipo de estructura.
- *Estado II:* comienza la formación del blastóporo. El fin de este estado está dado por la presencia de manchas oculares en ambos lados del embrión. El vitelo ocupa el 75% del volumen del huevo.

- *Estado III*: el huevo es más claro producto de la disminución de vitelo, que ahora ocupa el 50% del volumen del huevo. Se aprecian los apéndices en formación y los latidos cardíacos.
- *Estado IV*: la membrana del huevo es casi transparente; se observa al futuro juvenil completamente formado, con el abdomen plegado por debajo del cefalotórax; en este último se concentra la totalidad del vitelo restante, el cual ocupa aproximadamente el 25% del volumen del huevo.

b) *Juveniles*

- *Primer juvenil*

En este primer estado los juveniles son blandos, inactivos, sin pigmentación y lecitotróficos. En esta etapa presentan longitud cefalotorácica media de 2,8 mm y longitud total media de 5,6 mm (Fig. 7A). En cuanto a sus características morfológicas, el cefalotórax es aglobado, liso y de color amarillo debido a la presencia de vitelo; los ojos son sésiles y grandes; el rostro es pequeño y curvado hacia abajo entre los ojos. El telson es similar a un cuadrado. Presenta todos los apéndices del adulto, salvo los urópodos; también a diferencia del adulto posee ganchos apicales en los dáctilos de los pereiópodos cuatro y cinco. Además, presenta apéndices sin pigmentación ni pilosidad.

- *Segundo juvenil*

En este estado los juveniles siguen siendo blandos y lecitotróficos, pero se advierte cierta movilidad de los apéndices y una tenue pigmentación rojiza en la región cefalotorácica dorsal. Las longitudes que presenta en esta etapa son: longitud cefalotorácica media 3,2 mm y longitud media total 6,5 mm (Fig. 7B). El cefalotórax se mantiene liso pero pierde el aspecto aglobado y se reduce la cantidad de vitelo; presenta surco cervical diferenciable pero incompleto; los ojos son pedunculados y pigmentados en sus bordes externos; rostro más grande y más recto que en el estado anterior, el telson presenta invaginaciones laterales, entre ellas el borde se presenta sinuoso. Los urópodos se observan en formación por debajo del telson, los apéndices sin pigmentación y escasa pilosidad.

- *Tercer juvenil*

Juvenil idéntico al adulto y completamente independiente. Sus dimensiones medias son: longitud cefalotorácica 3,8 mm y longitud total 7,8 mm (Fig. 7C). El cefalotórax presenta setas lisas y abundante pigmentación rojiza, surco cervical totalmente estructurado; ojos pedunculados y enteramente pigmentados, rostro fuerte y recto. El abdomen presenta setas lisas y una tenue pigmentación rojiza dorsal. Los urópodos están completamente formados y al igual que el telson con largas setas plumosas sobre sus bordes libres. Apéndices con abundante pilosidad y pigmentación incipiente; los ganchos existentes en los dáctilos de los pereiópodos cuatro y cinco de primer y segundo juvenil desaparecen y en su lugar se observa una uña recta”.

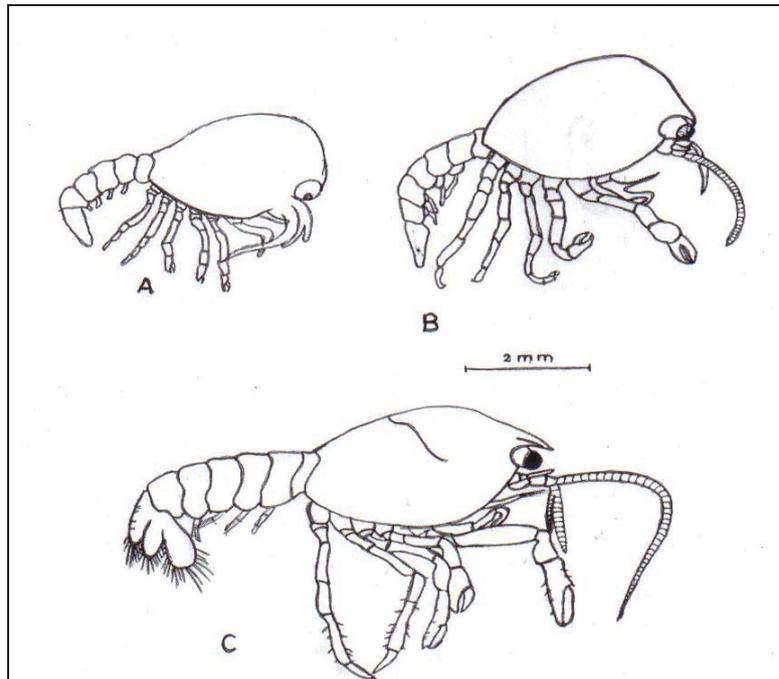


Figura 7. Vista lateral de los estados juveniles de *Parastacus pugnax*. A) Primer juvenil; B) Segundo juvenil; C) Tercer juveniles. Fuente: Rudolph & Ríos (1987).

Intersexualidad

En esta especie machos y hembras son intersexo, con gonóporos supernumerarios y con una gónada única, masculina o femenina según el caso, de la cual emergen gonoductos de ambos sexos hacia los respectivos gonóporos.

Rudolph, 1997, señala que “el examen de los caracteres sexuales externos permite distinguir dos formas sexuales:

- *Intersexo I*: ejemplares que presentan esbozos de gonóporos femeninos de forma semielipsoidal, muy calcificados, sin pilosidad ni rastro de abertura, en las coxas del tercer par de pereiópodos. Además, presentan una papila fija calcificada, en cuyo extremo apical se abre el gonoporo masculino, en el borde interno de las coxas del quinto par de pereiópodos (Fig. 8a). La talla de este intersexo fluctúa entre 6,6 y 47,4 mm de longitud cefalotorácica.
- *Intersexo II*: ejemplares con gonóporos femeninos de forma elipsoidal, rodeados por abundante y larga pilosidad y cubiertos por una membrana que puede ser fina, semitransparente y algo convexa, o bien presentarse parcialmente calcificada plana y no transparente. Presentan además gonóporos masculinos similares en su morfología a los descritos en los intersexo 1 (Fig. 8b). La longitud cefalotorácica de los ejemplares fluctúa entre 26,2 y 45,4 mm.

Las diferencias se observan al comparar los tamaños medios de las papilas genitales masculinas. En machos la papila genital masculina es más alta que la respectiva papila existente en hembras. Esta característica es más evidente en ejemplares de talla superior a 26 mm de longitud cefalotorácica”.

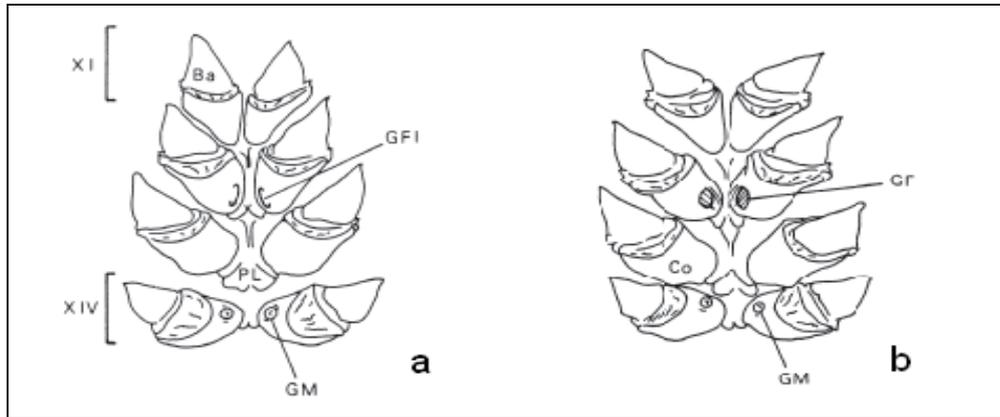


Figura 8. *P. pugnax*. Región esternal y coxas de los pereiópodos asociados a los segmentos corporales XI a XIV. (a) intersexo I; (b) intersexo II. Escala= 0,5 cm. (Ba: basipodito; Co: coxopodito; GFI: gonóporo femenino; GM: gonóporo masculino; PL: proceso lateral; XI: segmento corporal XI; XIV: segmento corporal XIV). Fuente: Rudolph (1997).

Biológico-pesqueros

- *Densidad poblacional*

Arias & Muñoz (1991) establecen las densidades en tres diferentes vegas, ubicadas en zonas aledañas a la ciudad de Chillán. Inicialmente determinaron el número de individuos recolectados y el área en m²:

- Vega 1 (Boyen). Superficie de 35.200 m², con un total de ejemplares recolectados correspondiente a 105.600 unidades.
- Vega 2 (El Mono). Superficie estimada en 28.280 m² y un total de 141.400 ejemplares recolectados.
- Vega 3 (Las Lajuelas). Presentó la menor superficie, la que fue calculada en 2.916 m², con un total de ejemplares que alcanzan 8.700 unidades.

De acuerdo a lo anterior, las densidades calculadas corresponden a 3 ind./m² en la vega Boyén (1); 5 ind./m² en la vega El Mono (2), y en la vega Las Lajuelas (3) 2,98 ind./m². La densidad estimada, para el total de individuos colectados y el total del área muestreada es de 3,85 ind./m².

- *Estructura poblacional*

Arias & Muñoz (1991), establecen una agrupación de los individuos en tres categorías, sobre la base a la longitud cefalotorácica (LC), medida desde la orbita ocular hasta la línea que divide el cefalotórax de los segmentos abdominales: “Estadio 1” (6-22 mm), “Juveniles” (23-38 mm) y “Adultos” (39-54 mm). Estos autores determinaron, que la mayor proporción de ejemplares, catalogados como adultos, fueron capturados en agosto (muestreo realizado en un mismo año, entre julio y agosto). Además, los ejemplares que se encontraron en mayor proporción, son los ejemplares catalogados como estadio 1, tomando en cuenta las tres veces y el período total.

- *Proporción sexual (global y por clase de talla)*

Rudolph (1997), en ejemplares de longitud superior a 25 mm de LC, establece una proporción sexual global, que no difiere de la razón esperada 1:1 ($\bar{x} = 11,51$; $p < 0,05$). La proporción sexual determinada fue de 53,8% en machos y un 46,2% en hembras, esto establece una razón (M:H) de 1,2:1. También establece, que en aquellas tallas menores a 26 mm de LC, el número de machos es mayor. De igual forma, esto también ocurre en tallas mayores: 40,0-44,9 mm y 45,0-49,9 mm de LC. Lo último no es igual en las clases de tallas comprendidas entre 25 y 40 mm de LC, en donde la mayor proporción de ejemplares, para cada clase de tallas son hembras. Solo en las clases de tallas entre 20,0-24,9 mm y 45,0-49,9 mm de LC se encontraron diferencias significativas de una razón esperada 1:1.

- *Crecimiento*

La primera aproximación de los parámetros de la ecuación de crecimiento estacionalizada de von Bertalanffy, para esta especie la realiza del Valle (2002), por medio del análisis de las distribuciones por clase de tallas, obteniendo lo siguiente:

$L_{\infty} = 59,5$ mm (LC); $K = 0,334$ mm·año⁻¹; $C = 0,5$; $WP = 0,6$; $t_s = 0,1$ años y $t_0 = -0,168$ años

donde:

L_{∞} = Longitud asintótica (mm), que es la longitud media máxima que un camarón de un stock dado puede alcanzar, si ellos crecieran indefinidamente.

K = Es la tasa (de dimensión en el tiempo⁻¹) a la cual L_{∞} es alcanzado.

t_0 = Es la edad del organismo a longitud cero.

C = Es la intensidad de las oscilaciones del crecimiento.

WP = Punto de invierno, el cual designa el período del año (expresado como una fracción del año) cuando el crecimiento es lento.

t_s = Es el principio de la primera oscilación relativa a $t = 0$.

MATERIALES Y METODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en la localidad de Tiúquilemu ($36^{\circ}22'S$; $71^{\circ}38'W$), perteneciente a la comuna de San Gregorio, en el extremo norte de la Región del Bío Bío (Fig. 9).

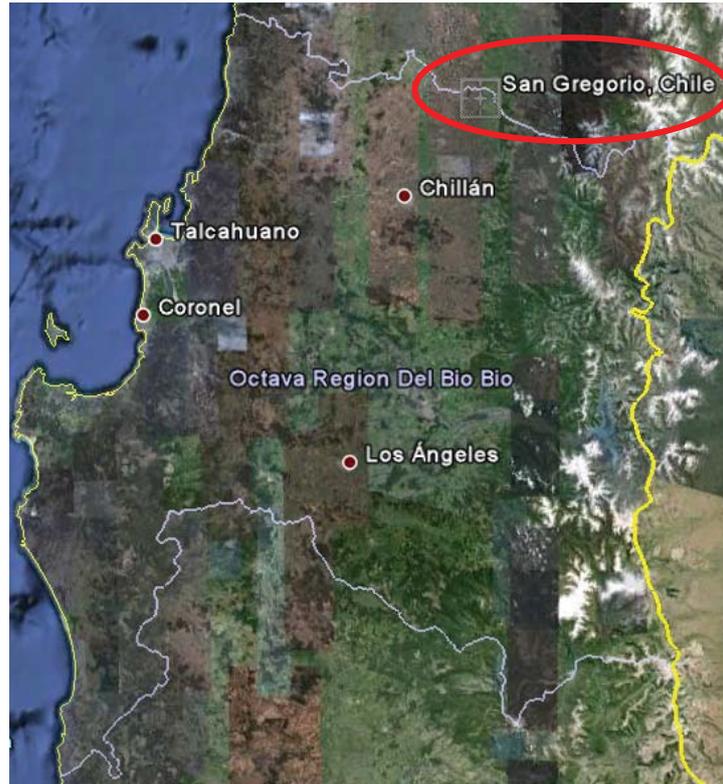


Figura 9. Localización del área de estudio en la Región del Bío-Bío.

En esta zona y en las localidades aledañas existe una intensa explotación de *P. pugnax* para consumo humano (Rudolph *et al.*, 1991), por lo que las vegas en que habita este crustáceo, son ocupadas por lugareños con la finalidad de extraerlo, en ocasiones sin la autorización de los propietarios. Debido a esto, se tomó la decisión de cerrar el área de estudio, con un cerco conformado por alambre de acero liso y con púas combinado con malla de nailon, comúnmente denominada malla kiwi (Fig. 10). Esto permitió además, mantener confinada la población de camarones, factor importante, ya que se deseaba estudiar una misma población, pero no se contaba con antecedentes suficientes sobre el comportamiento migratorio de esta especie.

El área abarcada para la realización del estudio fue de 900 m^2 (Fig. 11). Los criterios considerados para la selección de esta fueron: densidad de cuevas observadas y los costos asociados a la compra de materiales, es decir, abarcar la mayor superficie, con el mayor número de cuevas, pero con el menor costo posible.

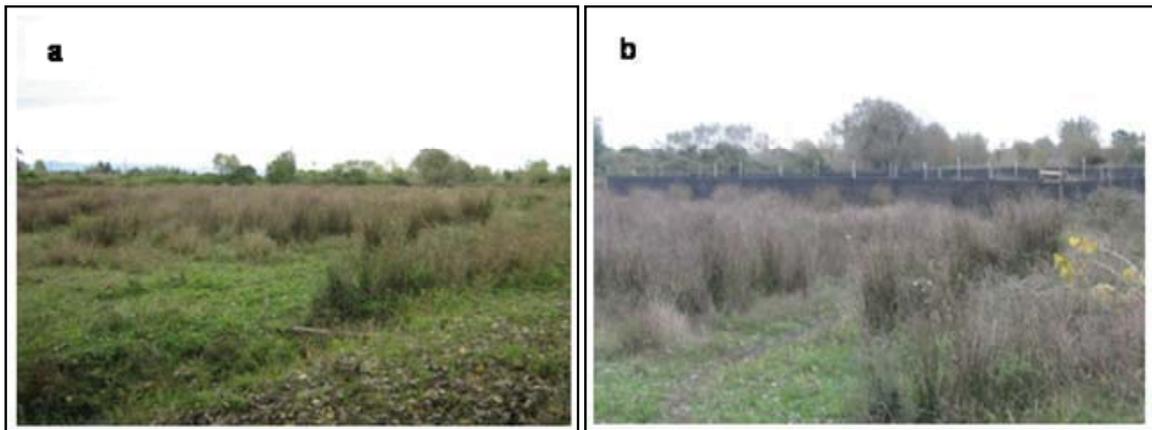


Figura 10. Imágenes del predio. **a)** Predio antes del cerco. **b)** Predio cercado.

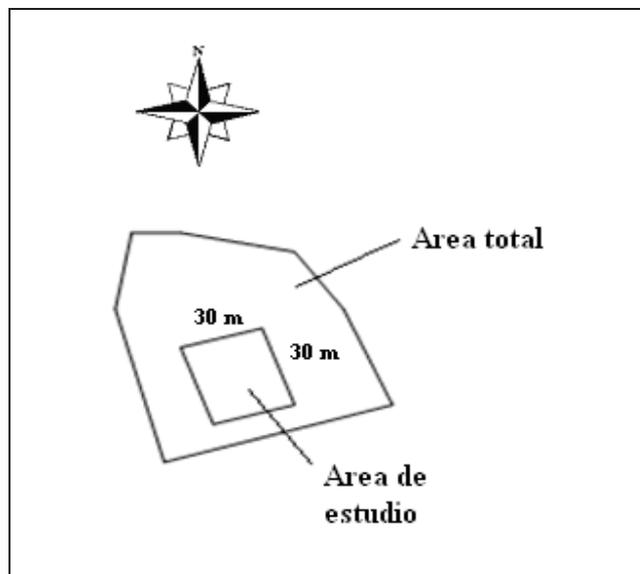


Figura 11. Esquema del área abarcada para la realización del estudio.

Muestreo

Los muestreos (Anexo 1, Figs. 46 y 47), se llevaron a cabo mensualmente, desde agosto de 2007 hasta agosto de 2008, para obtener información biológica del recurso en un ciclo anual. Los ejemplares de *P. pugnax* fueron sacados desde sus cuevas con la utilización de una bomba de vacío artesanal (Fig. 12a), la cual esta conformada por un tubo de PVC de aproximadamente 70 cm de alto, y 15 a 20 cm de diámetro. El tubo es atravesado verticalmente por una vara de metal, que se encuentra unida en la parte superior a una manilla ovalada y en su parte inferior a una goma circular de diámetro igual al del interior del tubo de PVC, que tiene como objetivo producir la succión (Fig. 12b).

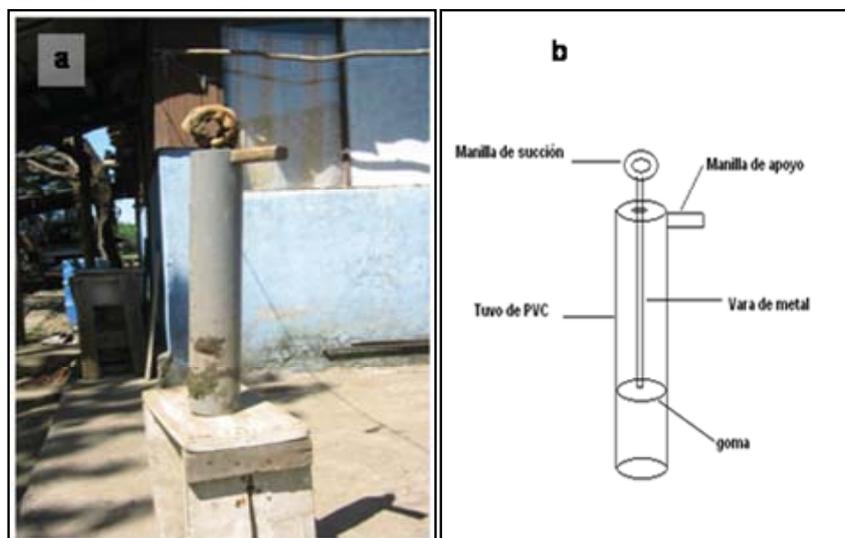


Figura 12. (a) Bomba de vacío artesanal o bomba camaronera utilizada para extraer ejemplares de *Parastacus pugnax*. (b) Esquema de los componentes de la bomba camaronera.

El método para extraer los camarones, consiste en apoyar la parte inferior del tubo de PVC, sobre la superficie de la cueva cavada por el camarón (Anexo 1, Fig. 48). Con un rápido movimiento vertical se levanta la manilla sin despegar el tubo del suelo, lo que provoca un efecto de succión. Una vez que la vara de metal se asoma por la parte superior en aproximadamente un 90% de su longitud, se debe mover el tubo de forma inmediata hacia un costado de la cueva, para que, si se tiene éxito, el o los camarones extraídos no vuelvan a caer en la cueva.

Cabe destacar, que para obtener buenos resultados en la extracción de camarones, es necesario que haya gran cantidad de agua en las cuevas que habita este crustáceo, de no ser así la captura de ejemplares es casi nula. Por lo tanto, en los meses de verano, cuando disminuyó la cantidad de agua disponible en la vega, se procedió a regar el área de estudio (Anexo 1, Fig. 49). El agua fue obtenida desde un pozo de 18 m³ (Fig. 13), el cual fue cavado (con máquina retroexcavadora) dentro del área cercada. Para extraer el agua, se utilizaron dos bombas (Fig. 14), cuyas características se describen en la Tabla 1. La disposición de las bombas para succionar agua se muestra en la Figura 15.



Figura 13. Pozo cavado con el objetivo de obtener agua para regar el área de estudio.

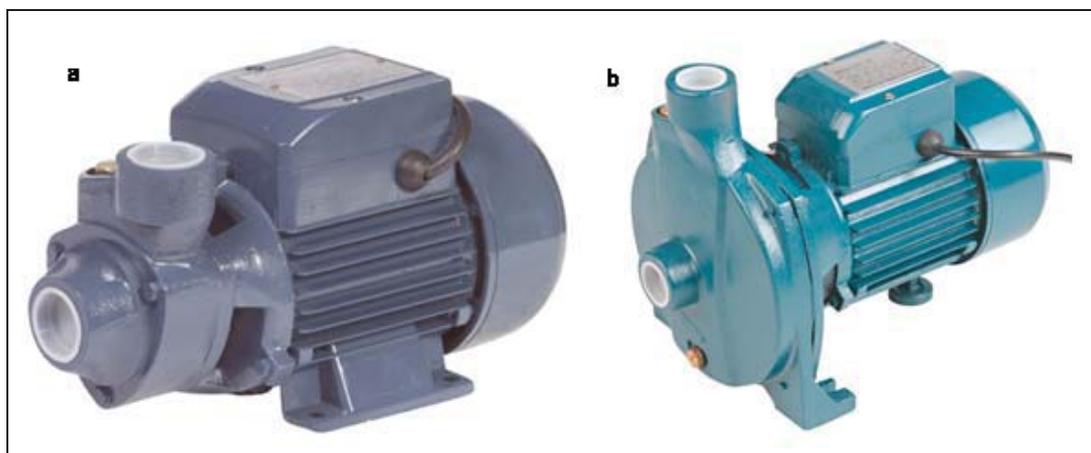


Figura 14. a) bomba de 0,5 hp de potencia, con capacidad para levantar agua hasta 7 m de altura; b) bomba de 1,0 hp de potencia, con capacidad para levantar agua hasta 14 m de altura.

Tabla 1

Especificaciones técnicas de las bombas utilizadas para extraer agua del pozo cavado en el área de estudio

| Item | Bomba a | Bomba b |
|------------------------------------|---|--|
| Marca | Humboldt | Humboldt |
| Modelo | TPM-60 | TCPM-158 |
| Tipo bomba | Periférica | Centrífuga |
| Energía que utiliza | Eléctrica | Eléctrica |
| Potencia (Hp) | 0,5 | 1 |
| Diámetro de descarga (pulg) | 1 | 1 |
| Diámetro de entrada succión (pulg) | 1 | 1 |
| Caudal máximo (l/min) | 31 | 115 |
| Profundidad máxima aspiración (m) | 7 | 10 |
| Altura de máximo alcance (m) | 7 | 14 |
| Presión máxima (bar) | 3,1 | 3 |
| Tensión (volts) | 220 | 220 |
| Uso | Succionar agua. Para riegos por sistemas. Acumulación de agua en estanques. | Succiona agua. Para riegos por sistemas. Acumulación de agua en estanques. |



Figura 15. Disposición de las bombas en el momento que se extrae agua.

Los ejemplares recolectados fueron puestos en recipientes, para su posterior análisis, el cual se realizó en una sala preparada para este fin. Posteriormente fueron devueltos al área de estudio, de la cual fueron extraídos. Las hembras portadoras de huevos y los ejemplares adultos, fueran estos machos o hembras, que se encontraron acompañados de crías fueron marcados, medidos y pesados en terreno y devueltos, inmediatamente a sus cuevas, con la finalidad de mantener el menor tiempo posible a los juveniles fuera de su hábitat y así generar el menor impacto posible en la población objeto de estudio.

Posteriormente, los ejemplares fueron examinados, registrando a cada uno la longitud cefalotorácica, utilizando un pie de metro (de 0,1 mm de precisión), peso (obtenido mediante una balanza analítica de 0,2 g de precisión), intersexo, sexo, número de machos y hembras. En estas últimas, se determinó el número de portadoras de huevos y la cantidad de estos. Cabe mencionar que se utilizó una lupa de escritorio, para determinar el sexo de los ejemplares, en el caso en que esta tarea no era posible llevarla a cabo a ojo descubierto.

Además de los datos señalados anteriormente, se obtuvo el registro del tamaño de las quelas (medidas desde la base de las coxas hasta la punta), y dada la presencia de parásitos (Anexo 2, Figs. 50 y 51), se determinó el número de estos por ejemplar de *P. pugnax* y a algunos camarones se les extrajo muestras, para su posterior análisis.

El registro de datos fue realizado en formularios (Anexo 3), cuya construcción se basó en el formato de los utilizados por el Departamento de Recursos Bentodemersales de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

Diseño de muestreo

Debido al escaso conocimiento del recurso, en los primeros dos meses, el muestreo se realizó en forma aleatoria, eligiendo diversas zonas del área de estudio. En el tercer mes, se obtuvieron ejemplares de las áreas que presentaron mayor disponibilidad de agua, ya que fue más fácil la extracción, obteniéndose un número mayor de camarones.

Se consideró que la anterior metodología, pudo haber producido sesgo en la muestra, por lo que, en los meses posteriores, se procedió a realizar muestreos sistemáticos. Este tipo de muestreo es una herramienta que se puede utilizar para reducir la variabilidad de las muestras, las que son ubicadas en un patrón regular en toda la zona de estudio (Fig. 16); se puede realizar a partir de un punto determinado al azar, del cual se establece cierta distancia para ubicar los demás puntos (a distancias uniformes entre sí), se puede realizar por rejilla rectangular o polar (Figs. 17a y 17b) (Mason & Douglas, 1992), en superficies de cualquier tamaño, dado que las muestras se pueden ubicar de acuerdo con las dimensiones y forma del terreno, es decir, la distancia equidistante entre los puntos de muestreo pueden ser de unos centímetros, metros o hasta kilómetros, lo que depende del tipo de estudio que se esté realizando (Valencia & Hernández, 2002).

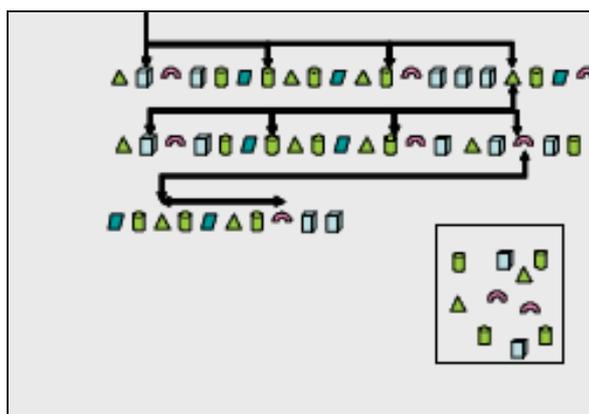


Figura 16. Representación gráfica del muestreo aleatorio sistemático.
Fuente: Casal & Mateu (2003).

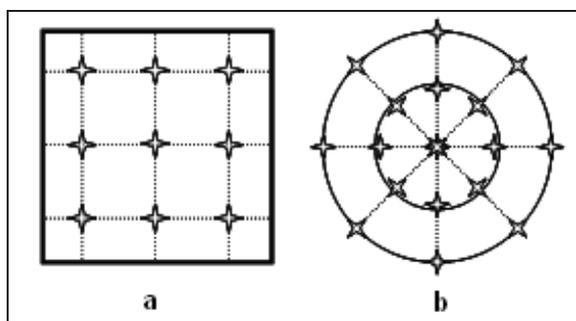


Figura 17. Esquema del muestreo sistemático por rejilla (a) rectangular y (b) polar.
Fuente: Mason & Douglas (1992).

Marcaje

Para estudiar el crecimiento del camarón de vega durante el período en que se realizó la investigación, los ejemplares de *P. pugnax* fueron marcados y liberados en el mismo sitio que fueron extraídos. De acuerdo a los antecedentes expuestos la marca seleccionada para ser aplicada en este estudio fue la marca tipo cinturón. La selección se fundamenta en las características que presenta esta marca y los objetivos planteados en el presente estudio.

Los códigos de las marcas fueron generados con siete colores, a los que se les asignó un dígito (Tabla 2), al unir los colores se forma un número que fue puesto en el ejemplar muestreado. Si bien esta marca es de fácil lectura, se consideraron ciertos criterios, con la finalidad de no cometer errores en la identificación del código:

- Cada código debe comenzar con color negro (0), pero no finalizar con este mismo, para que la lectura se realice solo desde este extremo, y a la vez, dar fluidez al proceso de marcaje, ya que no se debe buscar una posición exacta de los colores, si no que solo tener en cuenta que la marca quede expuesta hacia la zona dorsal. Un ejemplo es el código 1231: como las marcas están hechas con colores, en este ejemplo el amarillo se repite en los extremos, por lo que la lectura podría ser realizada desde cualquiera de estos llevando a un error al investigador, es decir, el código podría ser identificado como 1231 ó 1321.
- Un color no debe repetirse sucesivamente, ya que estos al ser pequeños, además de que el estudio fue desarrollado en zonas con gran cantidad de barro, presentan una mayor dificultad para ser diferenciados. Un ejemplo es que el código 0122, el cual presenta dos dígitos iguales y puede ser confundido, al ser tomado en cuenta solo uno de los que se repiten, por lo que la lectura errónea sería 012.

Tabla 2
Color correspondiente a cada dígito para la generación del código

| Color | Dígito correspondiente |
|---|------------------------|
|  | 0 |
|  | 1 |
|  | 2 |
|  | 3 |
|  | 4 |
|  | 5 |
|  | 6 |
|  | 7 |

Por lo tanto, con los siete dígitos asignados y teniendo en cuenta las respectivas consideraciones se logra generar un total de 595 marcas para este estudio (Anexo 4). La Figura 18 muestra construida una de las marcas que fueron utilizadas. Se puede apreciar que esta comienza sólo con color negro y no hay colores iguales sucesivos.

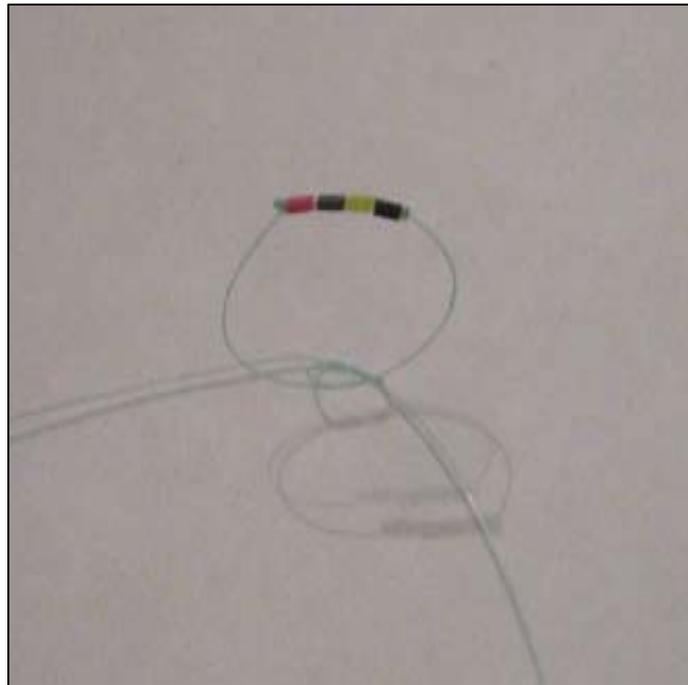


Figura 18. Marca tipo generada con algunos de los colores mencionados, que corresponde al código 0102.

Estructura de tallas

La talla de estos crustáceos está determinada por su longitud cefalotorácica, utilizando para su medición un pie de metro de 0,1 mm de precisión. La longitud cefalotorácica puede ser medida de dos formas: una a partir del extremo apical del rostro y otra a partir de la órbita ocular del mismo, ambas hasta la furca del caparazón (Fig. 19). En este estudio se utilizó la segunda alternativa, ya que presenta una menor varianza (Arias & Muñoz, 1991).

A partir de los datos recopilados se confeccionaron distribuciones de frecuencias de tallas, agrupando las mediciones individuales de longitud cefalotorácica (LC) en intervalos de 1 mm, separadamente para machos, hembras totales, hembras ovíferas, indeterminados y el total de ejemplares (machos, hembras totales e indeterminados). En cada caso, se estimó la talla media y la desviación estándar.

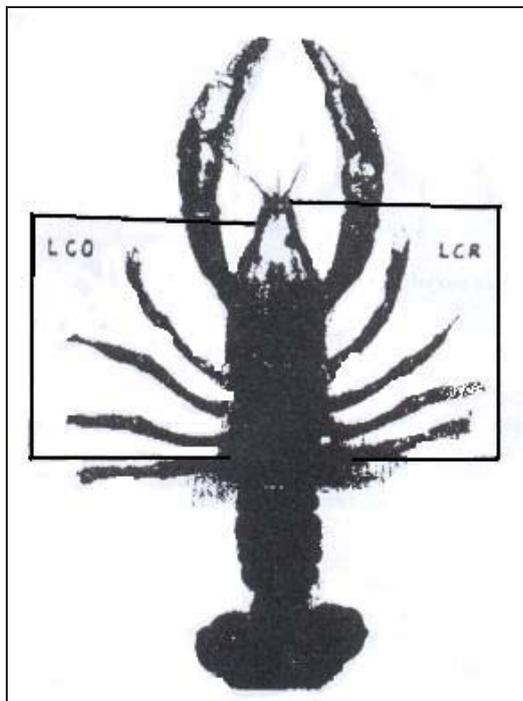


Figura 19. Formas de medición de la longitud cefalotorácica. LCO = Longitud cefalotorácica desde la órbita ocular. LCR = Longitud cefalotorácica desde la furca del rostro. Fuente: Arias & Muñoz (1991).

Crecimiento

Dado que no es posible establecer la edad de los ejemplares muestreados de *P. pugnax*, y en general en crustáceos, para determinar los parámetros de la curva de crecimiento de von Bertalanffy, se aplicaron dos métodos, los que no consideran esta variable, es decir, analizan sólo datos de distribuciones de frecuencias de tallas.

El primero presentado por Gulland & Holt (1959), se basa en la técnica de captura, marcaje y recaptura. Este permite la estimación de los parámetros K y L_{00} , empleando los incrementos en longitud, basados en el hecho de que en la función de von Bertalanffy, las tasas de crecimiento declinan linealmente conforme crecen los individuos, alcanzando valores de cero cuando llegan a su máxima longitud. Así, este autor relaciona, linealmente, la diferencia de longitud de una cohorte determinada en un cierto período de tiempo, con el promedio de ambas longitudes (Fig. 20).

Usando la longitud cefalotorácica promedio ($\overline{LC}_{(t)}$) como variable independiente y la variación de la longitud cefalotorácica en un determinado período de tiempo ($\Delta LC/\Delta t$) como la variable dependiente, la ecuación lineal queda representada como $\Delta LC/\Delta t = a + b \cdot \overline{LC}_{(t)}$, donde $k = -b$ y $L_{00} = -a/b$.

Cabe mencionar, que las tasas de crecimiento $\Delta L/\Delta t$ fueron expresadas como el incremento en longitud en milímetros por unidad de tiempo (mes), donde:

- ΔL (mm): $L_r - L_m$ (L_r : longitud al momento de la recaptura; L_m : longitud al momento del marcaje).
- Δt (meses): $t_r - t_m$ (t_r : fecha de recaptura; t_m : fecha de marcaje).

El segundo método utilizado, correspondió a la aplicación del programa computacional ELEFAN I (Electronic Length Frequency Analysis), el cual realiza estimaciones de los parámetros de crecimiento, mediante el análisis de frecuencias de tallas (Pauly & David, 1981; Pauly, 1987). A este fueron ingresadas las frecuencias de longitud registradas mensualmente, agrupadas en intervalos de 1 mm, de agosto de 2007 a agosto de 2008.

Para llevar a cabo este análisis se identificaron los grupos de edad, mediante el método de Bhattacharya (1967), que resulta útil para dividir una distribución de frecuencias de tallas compuesta en sus correspondientes distribuciones normales, cuando una misma muestra incluye varias cohortes.

El método mencionado utiliza las diferencias de los logaritmos de las frecuencias de talla de dos clases consecutivas para obtener una serie de líneas rectas correspondientes a los componentes de la curva de Gauss y a partir de las cuales se obtienen la longitud media y su desviación típica (Sparre & Venema, 1997). Para ello, se utilizó el software FiSAT II (FAO-ICLARM Stock Assessment Tools II) versión 1.2.2, en el cual fueron ingresadas las distribuciones de frecuencias de tallas registradas mensualmente.

En ambos casos, una vez determinado el parámetro L_∞ , la estimación de t_0 se realizó mediante el gráfico y la ecuación propuesta por von Bertalanffy (1934) (Fig. 21), cuya expresión corresponde a:

$$-\ln\left(1 - \frac{L(t)}{L_\infty}\right) = -K \cdot t_0 + K \cdot t$$

Con la edad t (año), como variable independiente (x), la cual fue asignada arbitrariamente a una cohorte identificada, y el lado izquierdo como variable dependiente (y), la ecuación define una regresión lineal, en que K representa la pendiente, y el intercepto es $a = -K \cdot t_0$.

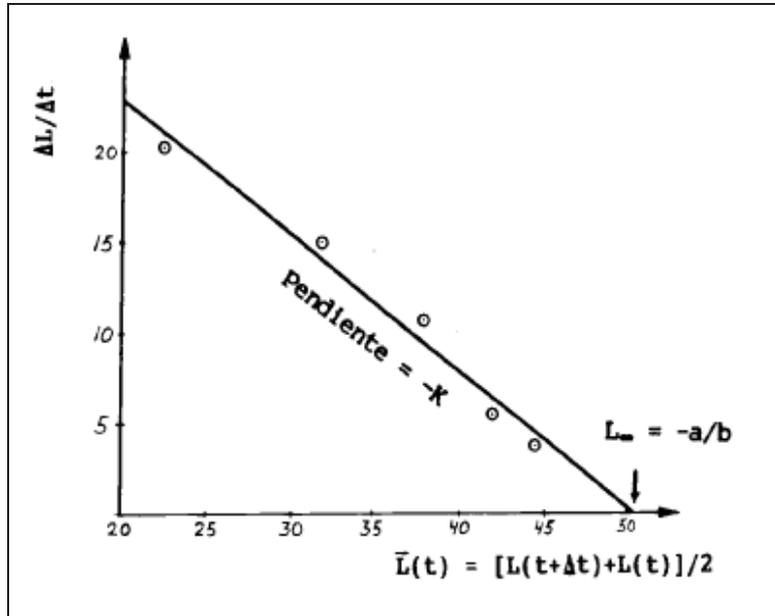


Figura 20. Gráfico correspondiente a la relación establecida por Gulland & Holt (1959), para determinar los parámetros de la curva de crecimiento de von Bertalanffy.
Fuente: Sparre & Venema (1997).

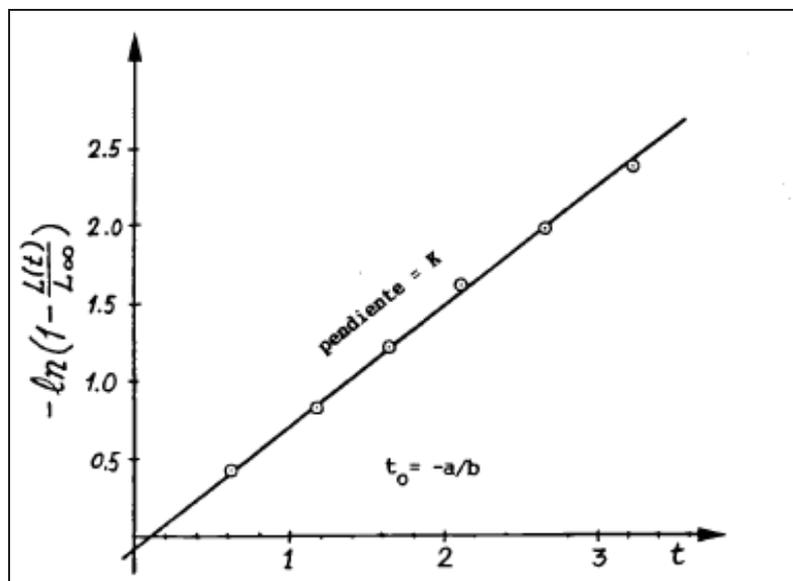


Figura 21. Gráfico de von Bertalanffy, para la estimación de t_0 .
Fuente: Sparre & Venema.(1997).

Considerando que cada uno de los métodos representa aproximaciones de los parámetros de la función que describe el crecimiento, no es posible asegurar la precisión absoluta de cada una de estas, por lo que se procedió estimar una curva común, a la que se denominó como curva de crecimiento individual promedio. Para ello, se calculó la \overline{LC}_t , que corresponde al promedio de la LC a cada edad, estimada con cada uno de los dos métodos antes mencionados. Posteriormente, se estimaron los parámetros de esta nueva curva de crecimiento, mediante la minimización de la sumatoria de las diferencias cuadráticas entre los valores observados y estimados, es decir minimizar $\sum (\overline{LC}_t - L_{\infty} \cdot (1 - e^{(-k \cdot (t-t_0))}))^2$, a partir de datos de entrada de L_{∞} , k y t_0 . Para llevar a cabo este procedimiento se utilizó la herramienta Solver, incorporada en el paquete computacional Microsoft Excel.

Relación talla-peso

Se determinó la relación talla-peso en machos y hembras de *P. pugnax*, separadamente, utilizándose para tal efecto la función de poder tradicional:

$$W_i = a \cdot LC_i^b$$

donde W_i corresponde al peso total del individuo, LC_i es la longitud cefalotorácica del camarón, a y b corresponden a los parámetros de condición y crecimiento, respectivamente. Estos últimos fueron estimados mediante la linealización de los datos obteniéndose que $\ln(W_i) = \ln(a) + b \cdot \ln(L_i)$ y aplicando, al igual que en el caso anterior, el método de los mínimos cuadrados. En esta ocasión se minimizó $\sum_{i=1}^t [\ln(w_i) - (\ln(a) + b \cdot \ln(L_i))]^2$.

Con el objetivo de establecer el tipo de crecimiento relativo (alométrico–isométrico) que presenta el camarón de vega (*P. pugnax*), se aplicó la prueba de t Student ($t_{\alpha/2, n-2}$) (Dixon & Massey, 1957). La dócima de hipótesis respecto de la isomería es:

$$\begin{aligned} H_0: b &= 3 \\ H_1: b &\neq 3 \end{aligned}$$

El estadístico de prueba t Student calculado se define como:

$$t_c = \frac{(3-b)}{S_b}$$

Además, se compararon las curvas de la relación talla-peso entre ambos sexos, empleándose para ello el test F($1-\alpha; 2; n_1+n_2-4$) (Neter & Wasserman, 1974).

$$F^* = \frac{\frac{SSE_{CA+TQ} - SSE_T}{2}}{\frac{SSE_T}{n_1 + n_2 - 4}}$$

donde $SSE = \sum (\ln(W_i) - \ln(a) - b \cdot (L_i))^2$ y SSE_{M+H} es la suma del cuadrado de los errores de la regresión combinada de los ejemplares de ambos sexos y SSE_T la suma del cuadrado de los errores de los ejemplares de machos y hembras. Para probar la igualdad de ambas regresiones se debe cumplir que $F^* \leq F(1-\alpha; 2; n_1+n_2-4)$.

Período de portación

El período de portación de los huevos fue determinado estableciendo la relación porcentual entre hembras ovíferas y no ovíferas, la que está dada por:

$$\%HO = \frac{NH_{ovíferas}}{NH_{totales}}$$

donde $\%HO$ corresponde al porcentaje de hembras ovíferas, $NH_{ovíferas}$ al número total de hembras portadoras de huevos y $NH_{totales}$ al número de hembras totales. Si esta relación era diferente de cero se entendió que hubo presencia de hembras con huevos y se registró el o los períodos en que se observó la presencia de estas. Además se establecieron las frecuencias porcentuales a la talla de hembras en esta condición.

Fecundidad

La fecundidad se refiere al potencial reproductivo de una hembra ovífera (Arana *et al.*, 1985). Para determinar el número total de huevos, se contaron estos a ojo descubierto según las características descritas por Rudolph & Ríos (1987). Posteriormente se estableció la relación existente entre esta y la longitud cefalotorácica de las hembras portadoras de huevos en *P. pugnax* (Arana & Tiffou, 1970; Arana *et al.*, 1985; Quiroga & Soto, 1997; Cabrera *et al.*, 2001; Sánchez *et al.*, 2008). Con el objetivo de determinar la expresión que representa mejor la relación entre la longitud cefalotorácica y la fecundidad, se probaron cinco modelos matemáticos, al igual que lo realizado por Palma & Arana (1997), que corresponden a los siguientes:

- a) Lineal (Guzmán & Campodonico, 1972) : $NTH = a + b \cdot LC$
- b) Poder (Arana *et al.*, 1985) : $NTH = a \cdot LC^b$
- c) Exponencial (Guzmán & Ríos, 1986) : $NTH = a \cdot \exp^{(b \cdot LC)}$
- d) Doble exponencial lineal (Guzmán & Ríos, 1986) : $NTH = \exp(\exp(a + b \cdot LC))$
- e) Doble exponencial potencial (Guzmán & Ríos, 1986): $NTH = \exp(\exp(a \cdot LC^b))$

donde NTH corresponde al número total de huevos, a y b son los parámetros de la regresión y LC es la longitud cefalotorácica.

Talla de primera madurez sexual

Para determinar la talla de primera madurez sexual (TMS_{50%}) en *P. pugnax*, en primera instancia se estableció la presencia de huevos en la zona abdominal de las hembras. Posteriormente se calculó la proporción de hembras ovíferas respecto del número de total de hembras en cada rango de LC, que en esta oportunidad correspondió a 1 mm. A continuación se ajustó la curva sigmoidea, la cual está dada por la expresión:

$$\% HO = \frac{100}{1 + e^{(a-b \cdot LC_i)}}$$

donde:

% HO: Porcentaje de hembras ovíferas
a y b: Parámetros del modelo del ajuste

Así, la TMS_{50%} queda establecida por $-a/b$ (Arana & Tiffou, 1970; Arana *et al.*, 1985; Palma & Arana, 1997; Felício *et al.*, 2002; Arana & Ahumada, 2006; Bertini *et al.*, 2007; Sánchez *et al.*, 2008; Torres *et al.*, 2008; Hjelset, 2009).

Proporción sexual global

Para la determinación del sexo se analizaron caracteres sexuales secundarios, en ejemplares cuya LC fue igual o superior a 26 mm, ya que la diferencia entre estos es más evidente. Esta especie al presentar características de ambos sexos, presenta papilas genitales masculinas en todos los ejemplares, pero en machos estas son más desarrolladas, es decir, que la papila genital masculina presenta mayor altitud, que la respectiva papila en las hembras.

Al analizar los abdómenes de machos y hembras también se encuentran diferencias significativas. El abdomen de las hembras es significativamente más ancho que el de los machos, sus pleuras significativamente más altas y las ramas internas y externas de los urópodos son significativamente más largas y más anchas. Sólo la longitud de los somitos abdominales y el largo y ancho del telson son similares en ambos sexos (Rudolph, 1997).

Cabe mencionar que los ejemplares que midieron menos de 26 mm de LC fueron catalogados como indeterminados, dado que no es posible determinar el sexo a ojo descubierto (Rudolph, 1997), por lo que no fueron considerados en el cálculo de la proporción sexual global y a la talla.

La proporción sexual se analizó mensualmente, la que está definida, en el caso de los machos como:

$$\% machos = \frac{N_m}{N_m + N_h} \cdot 100$$

y en el caso de las hembras como:

$$\% \text{ hembras} = \frac{N_h}{N_m + N_h} \cdot 100$$

donde:

N_m : Cantidad total de machos

N_h : Cantidad total de hembras

Posteriormente se determinó la existencia o no de diferencias significativas de una proporción esperada del 50%. Esta se evaluó aplicando el test Z con un nivel de significancia del 5% y un grado de libertad.

$$Z_c = \frac{\hat{p} - P_0}{\sqrt{\frac{P(1-P_0)}{n}}}$$

donde:

Z es el estadístico de prueba para comparar proporciones, \hat{p} la proporción de la muestra, P_0 corresponde a la proporción esperada y n al tamaño de la muestra.

Se estableció como hipótesis nula (H_0) que la proporción de la muestra es igual a la proporción teórica esperada de 50%. de machos, por lo tanto la hipótesis alternativa (H_1) será que, la proporción esperada de machos es distinta de 50%. De aceptarse la hipótesis nula se supondrá que la proporción de machos y hembras es igual al 50%, por el contrario, si se rechaza H_0 se entenderá que ambos sexos difieren de una razón 1:1. A partir del “valor-p” se rechazará o no H_0 de acuerdo a:

$$\text{valor} - p = P(|Z| > Z_c)$$

$$P(|Z| > Z_c) = P(Z > Z_c) + P(Z < -Z_c)$$

Por lo que, si el valor de p resulta menor que 0,05 se rechaza la hipótesis de nulidad.

Proporción sexual a la talla

La talla se separó en clases de intervalos de un milímetro de longitud cefalotorácica y se determinó el número de ejemplares totales (machos + hembras) existentes en cada una de estas. Posteriormente se determinó la cantidad de ejemplares por sexo en cada clase de longitud para determinar la proporción sexual a la talla. Las proporciones estarán dadas, en el caso de los machos por:

$$\% machos_{LC} = \frac{N_{m(LC)}}{N_{m(LC)} + N_{h(LC)}} \cdot 100$$

y en hembras por:

$$\% hembras_{LC} = \frac{N_{h(LC)}}{N_{m(LC)} + N_{h(LC)}} \cdot 100$$

donde:

- $\% hembras_{LC}$: Porcentaje de hembras a longitud cefalotorácica LC
- $\% machos_{LC}$: Porcentaje de machos a longitud cefalotorácica LC
- $N_{m(LC)}$: Número de ejemplares machos a la longitud cefalotorácica LC
- $N_{h(LC)}$: Número de ejemplares hembras a la longitud cefalotorácica LC

RESULTADOS

Aspectos generales

La investigación se llevó a cabo entre agosto de 2007 y agosto de 2008, exceptuando enero de 2008. En todo el período se realizaron 12 muestreos, examinando un total de 3.512 ejemplares de *P. pugnax*, calculándose un promedio mensual de 293 individuos muestreados. Del total de ejemplares, se marcaron 166 y se recapturaron en 45 ocasiones (Tabla 3), lo que equivale al 27% de recapturas.

Tabla 3

Resumen del número de ejemplares muestreados, marcados y recapturados

| Fecha de muestreo | Nº de ejemplares muestreados | Nº de ejemplares marcados | Nº de ejemplares recapturados |
|-------------------|------------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| 10-ago-07 | 39 | 39 | — |
| 08-sep-07 | 197 | 13 | 1 |
| 29-oct-07 | 212 | 14 | 3 |
| 21-nov-07 | 220 | 17 | 2 |
| 18-dic-08 | 225 | 14 | 3 |
| 23-feb-08 | 242 | 13 | 4 |
| 26-mar-08 | 325 | 11 | 2 |
| 29-abr-08 | 307 | 8 | 6 |
| 26-may-08 | 444 | 13 | 3 |
| 22-jun-08 | 479 | 13 | 7 |
| 27-jul-08 | 460 | 11 | 8 |
| 26-ago-08 | 362 | — | 6 |
| Total | 3.512 | 166 | 45 |

Respecto de las faenas de muestreo, estas en general se realizaron los últimos días de cada mes, con luz natural y artificial, en las cuales participaron un total de siete personas. Para efectuar la investigación de manera adecuada, el mínimo de personas requerido por mes fue tres, mientras que la cantidad máxima de participantes fue cinco (Anexo 5, Fig. 52).

Parásitos

De acuerdo a las características descritas por (Sielfeld, 2002) los invertebrados (Anexo 2, Figs. 50 y 51), detectados en las coxas, abdomen y cefalotórax de los camarones, corresponden a un ectocomensal, perteneciente a la clase de platelminto Temnocephala. La presencia de este se registró en el 98% de los ejemplares de *P. pugnax*, sobre 20 mm de LC.

Estructura poblacional

Durante la realización de los muestreos se capturaron ejemplares entre 5,5 y 53,7 mm de LC. En general, en la totalidad de los meses en que se realizaron labores de muestreo, los ejemplares que midieron entre 20 y 30 mm de LC presentaron proporción de captura baja. Cabe destacar que entre agosto y octubre de 2007, febrero y junio de 2008 no se registraron ejemplares entre 20 y 25 mm de LC.

Los tamaños promedios máximos calculados en el camarón de vega (*P. pugnax*) correspondieron a 42,2 y 44,4 mm de LC en machos y hembras, respectivamente (Tabla 4). La talla media mínima calculada en machos correspondió a 38,8 mm de LC (marzo 2008), en hembras este valor fue 36,2 mm de LC (septiembre 2007).

En general, las tallas no difieren en forma notoria entre machos y hembras, salvo en agosto y septiembre. Por otra parte, en tres de los 12 meses en que se realizaron los muestreos (agosto y septiembre de 2007 y abril de 2008), los machos presentaron longitudes cefalotorácicas promedio notoriamente superiores a las que presentaron las hembras (Fig. 22).

Al analizar las distribuciones de frecuencias de tallas de camarón de vega por mes, se observan estructuras multimodales en la mayoría de estos. Tanto en machos como en hembras se observaron estructuras bimodales a partir de diciembre de 2007. En ejemplares indeterminados este último patrón se presentó a partir de marzo de 2008 (Figs. 23 a 27).

Tabla 4

Longitud cefalotorácica promedio calculada por mes en machos, hembras y el total de ejemplares (machos + hembras) de *P. pugnax*

| Mes/año | Longitud cefalotorácica promedio (mm) | | | | | | | |
|-----------------|---------------------------------------|---------------------|-----------------|---------------------|----------------|---------------------|-------|---------------------|
| | Machos | Desviación estandar | Hembras totales | Desviación estandar | Indeterminados | Desviación estandar | Total | Desviación estandar |
| Agosto 2007 | 39,1 | 5,3 | 36,6 | 4,9 | 8,7 | 2,2 | 42,0 | 5,7 |
| Septiembre 2007 | 39,5 | 4,2 | 36,2 | 5,5 | 9,1 | 1,9 | 38,0 | 5,1 |
| Octubre 2007 | 40,1 | 5,5 | 41,0 | 3,0 | 10,1 | 1,3 | 40,5 | 4,5 |
| Noviembre 2007 | 39,9 | 4,4 | 39,8 | 4,7 | 11,2 | 2,0 | 39,9 | 4,5 |
| Diciembre 2007 | 41,5 | 5,2 | 42,0 | 4,4 | 14,9 | 2,3 | 41,7 | 4,9 |
| Febrero 2008 | 40,8 | 5,6 | 40,9 | 4,7 | 15,3 | 2,7 | 40,8 | 5,2 |
| Marzo 2008 | 38,8 | 5,5 | 40,2 | 5,7 | 7,4 | 4,1 | 39,3 | 5,6 |
| Abril 2008 | 42,1 | 5,8 | 40,0 | 5,9 | 9,0 | 4,3 | 41,2 | 5,9 |
| Mayo 2008 | 42,2 | 7,8 | 44,4 | 5,4 | 9,5 | 4,9 | 43,0 | 7,0 |
| Junio 2008 | 40,0 | 4,7 | 40,7 | 5,1 | 11,7 | 3,6 | 40,3 | 4,9 |
| Julio 2008 | 40,0 | 4,4 | 41,1 | 4,8 | 11,3 | 3,6 | 40,6 | 4,6 |
| Agosto 2008 | 39,0 | 5,9 | 38,9 | 5,0 | 12,4 | 4,3 | 39,0 | 5,4 |

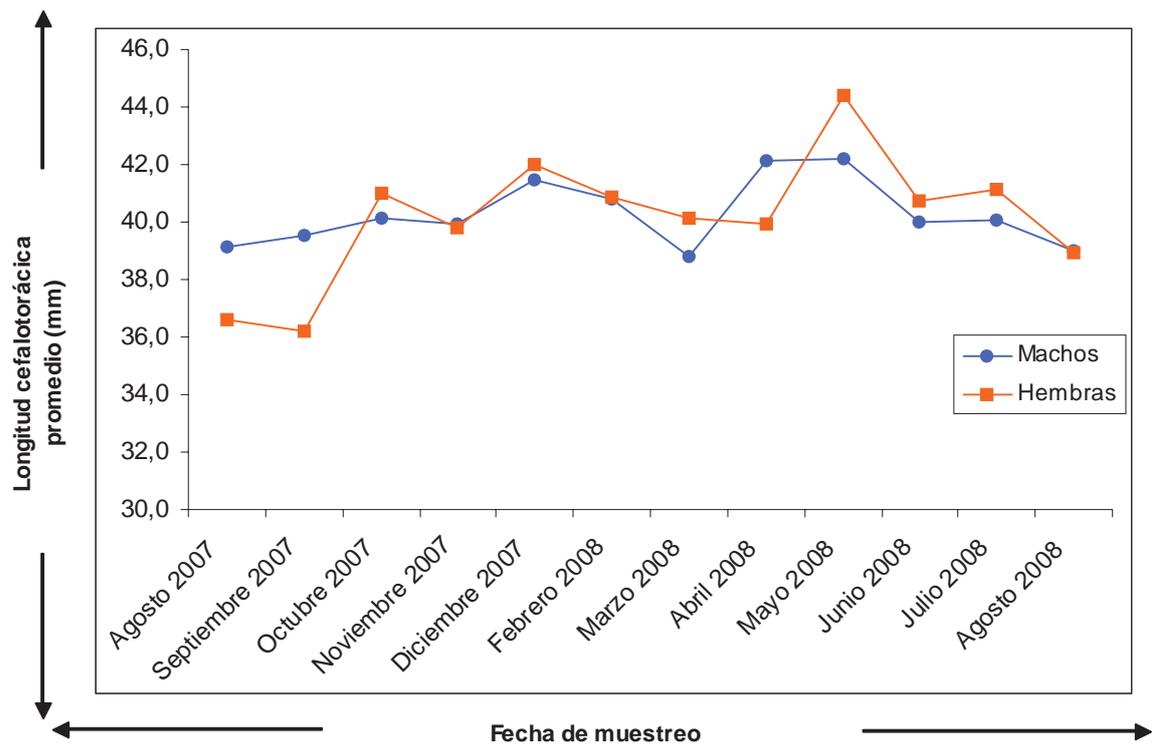


Figura 22. Tallas promedios mensuales, calculadas en machos y hembras de camarón de vega (*Parastacus pugnax*).

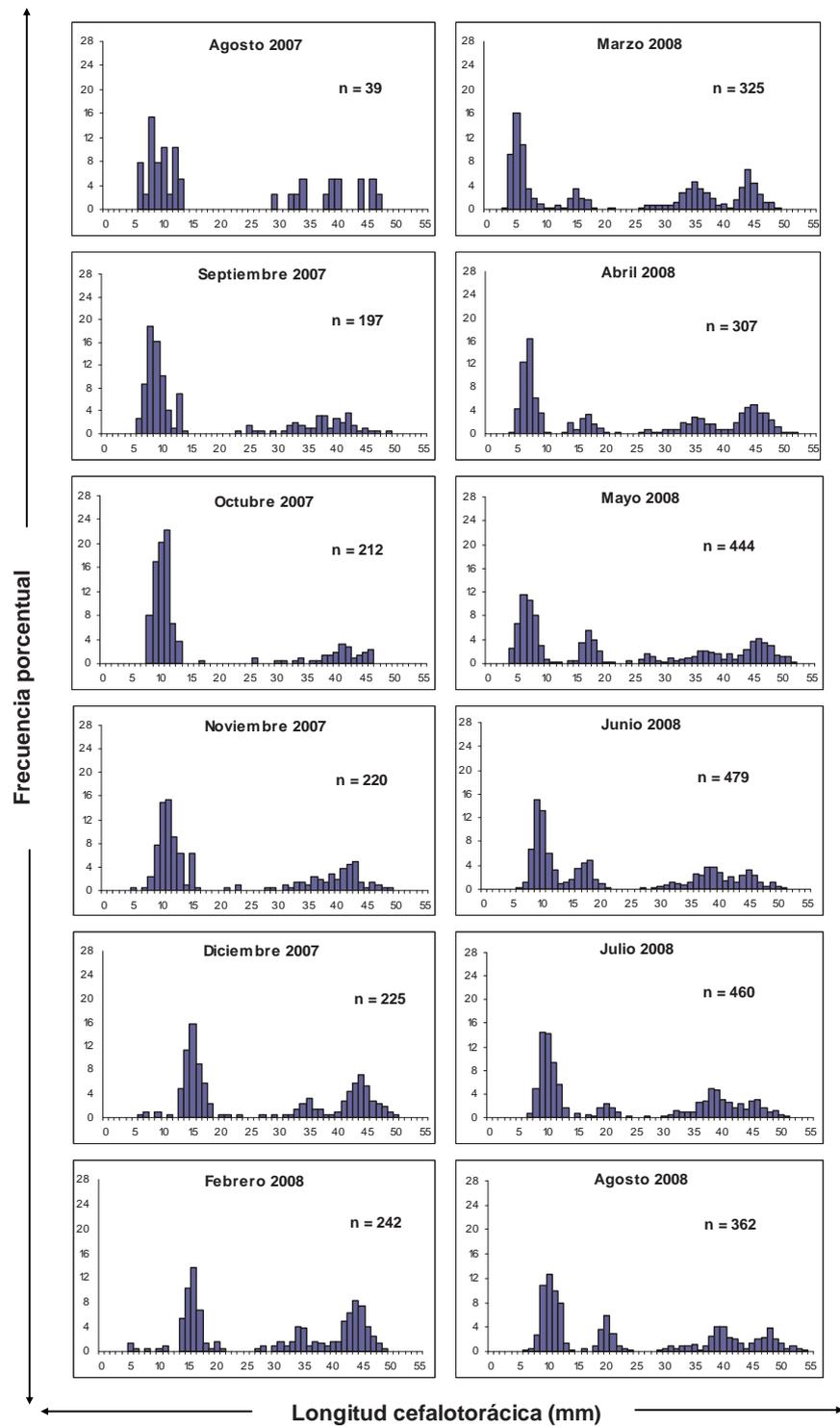


Figura 23. Distribución de frecuencia de tallas en el total de ejemplares de *Parastacus pugnax* (machos + hembras + indeterminados).

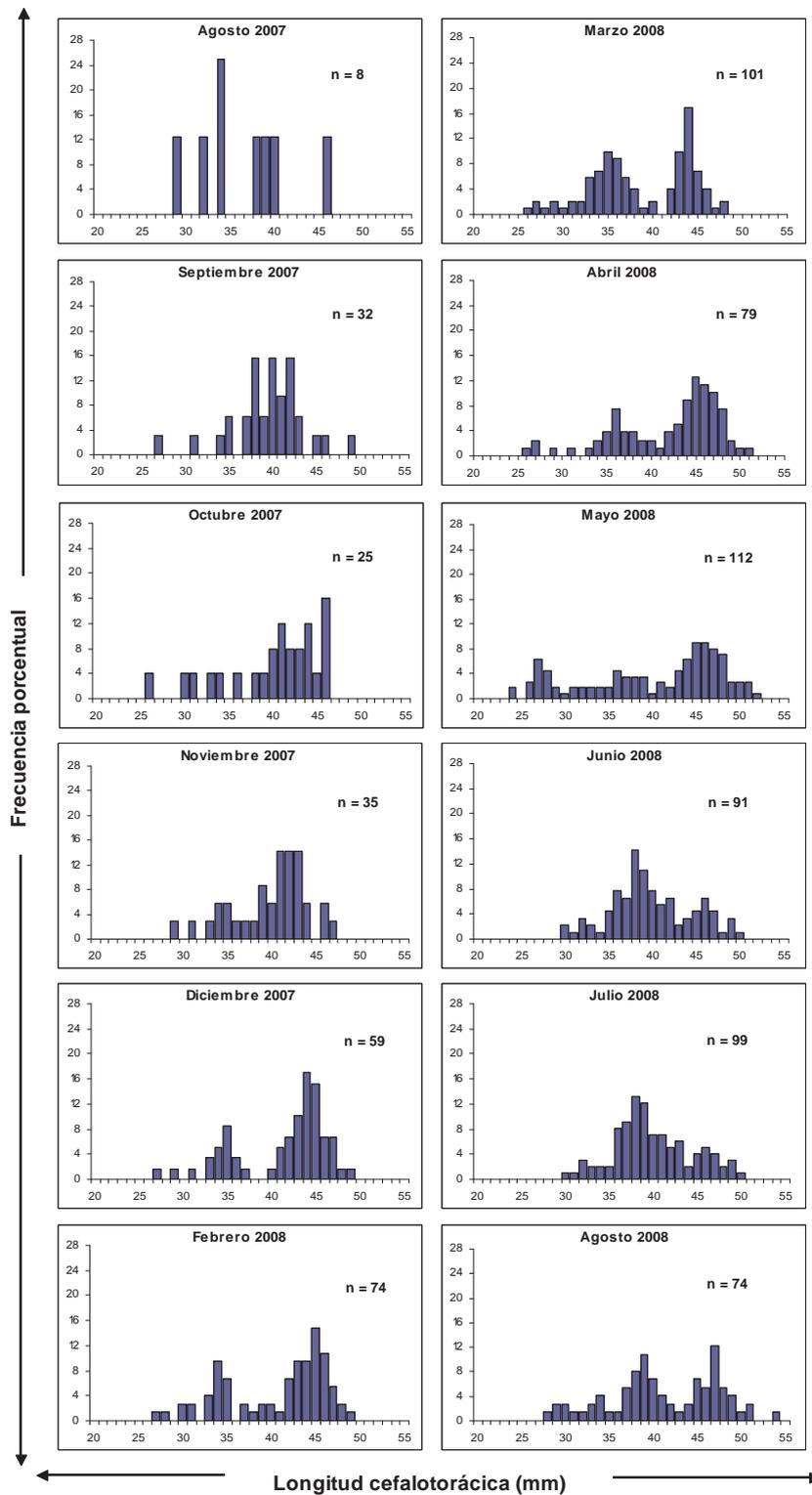


Figura 24. Distribución de frecuencias de tallas en machos de camarón de vega (*Parastacus pugnax*).

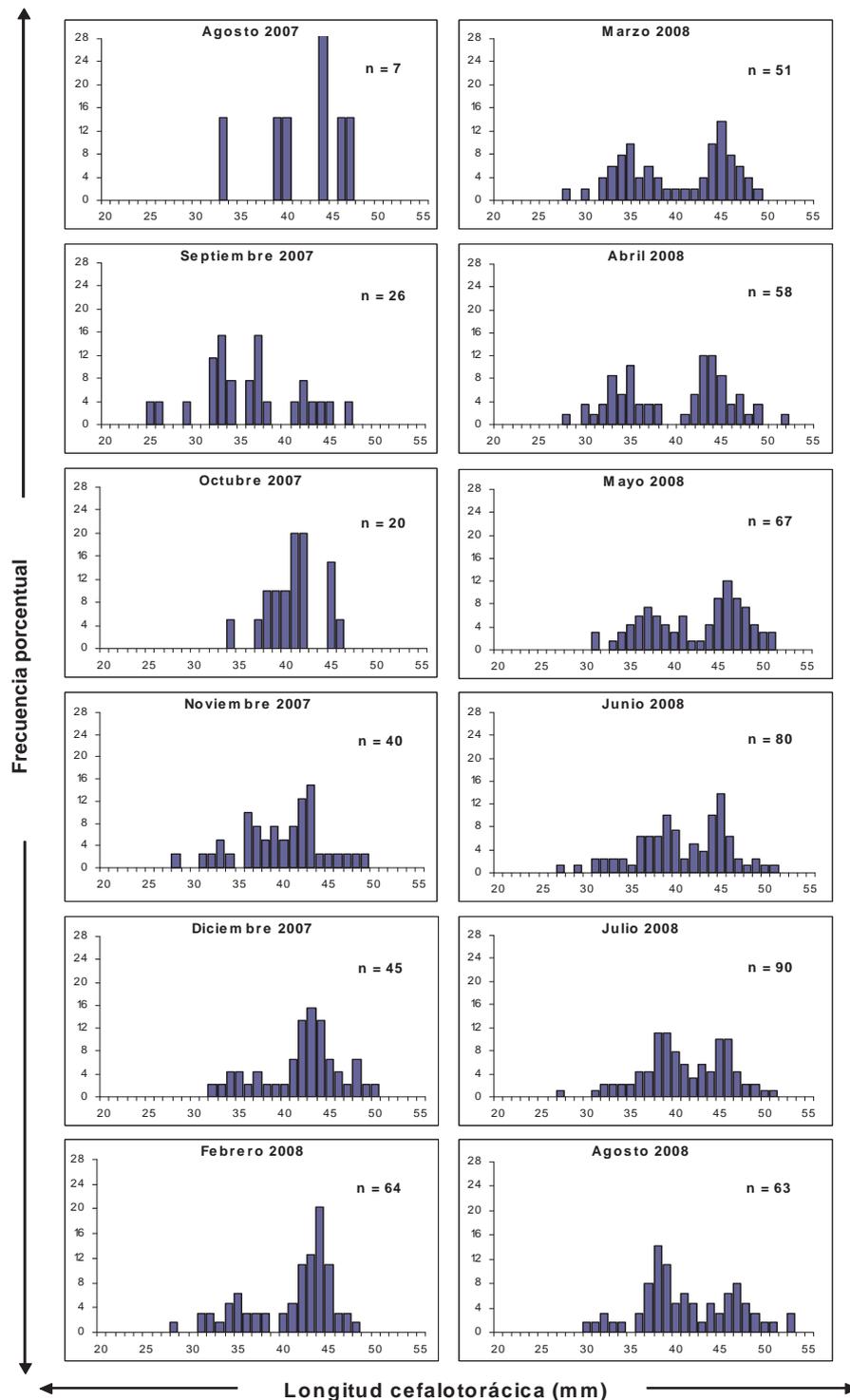


Figura 25. Distribución de frecuencia de tallas en hembras de camarón de vega (*Parastacus pugnax*).

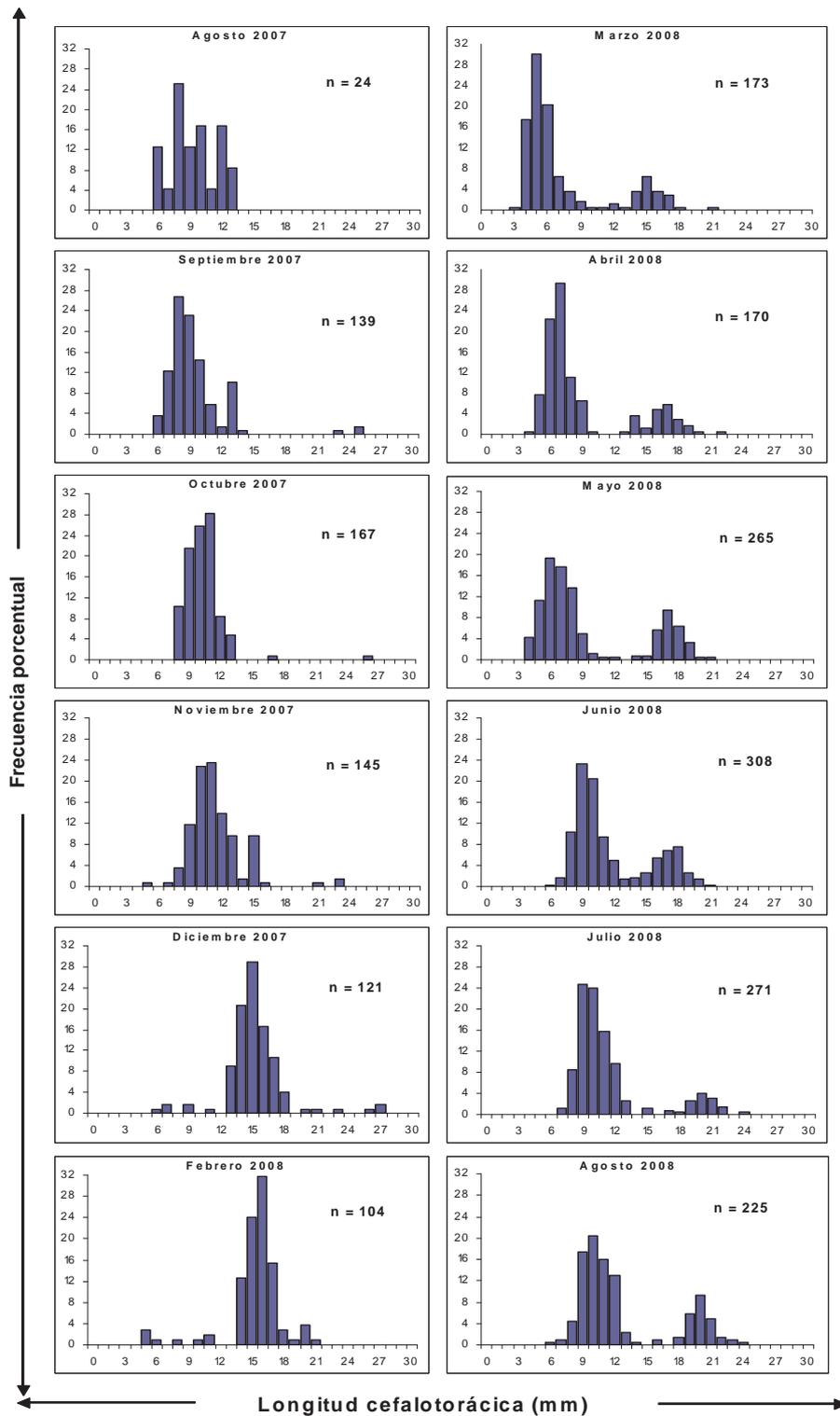


Figura 26. Distribución de frecuencia de tallas en ejemplares indeterminados de camarón de vega (*Parastacus pugnax*).

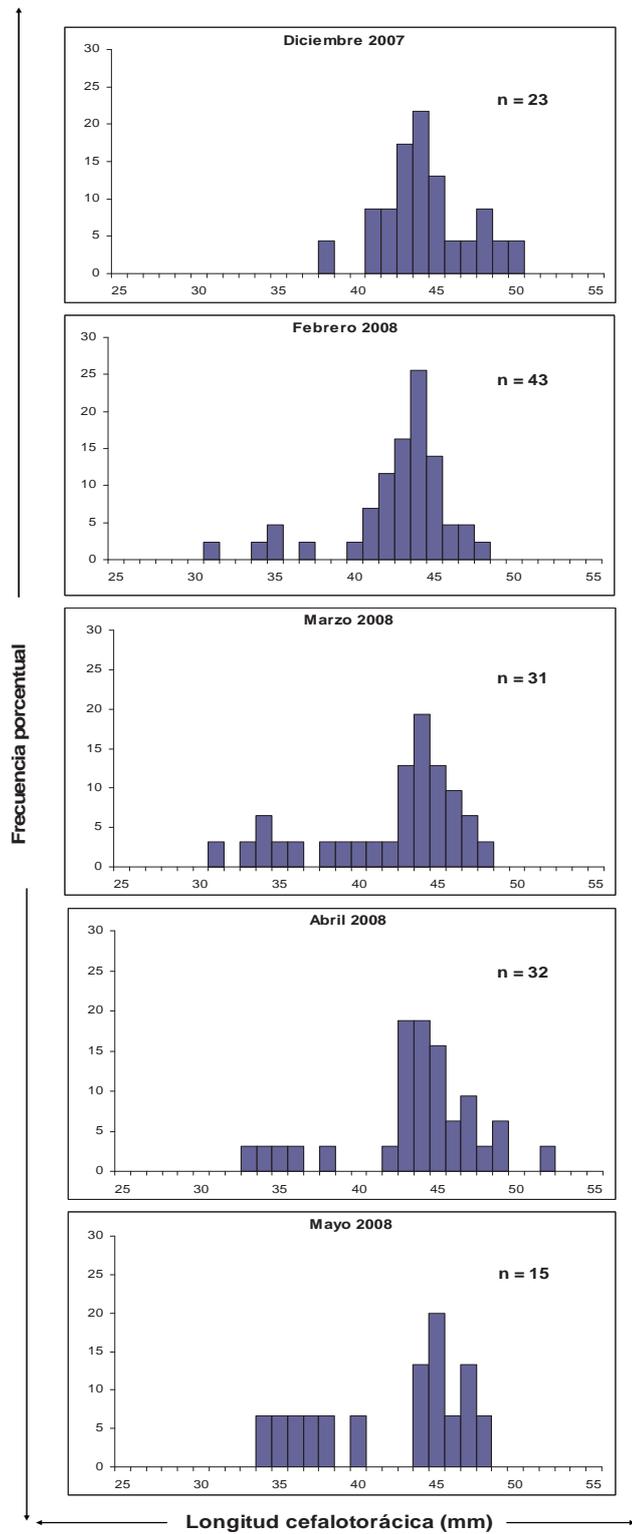


Figura 27. Distribución de frecuencia de tallas en hembras ovíferas de camarón de vega (*Parastacus pugnax*).

Crecimiento individual

Los parámetros de la curva de crecimiento de von Bertalanffy estimados mediante el análisis de progresión modal, utilizando con este fin el programa computacional ELEFAT I (Fig. 28), fueron $L_{\infty} = 55,3$ mm, que correspondiente al valor de longitud cefalotorácica promedio máxima que puede alcanzar el camarón de vega, y $K = 0,23$ $\text{mm}\cdot\text{año}^{-1}$ que es el valor de la velocidad o tasa de crecimiento.

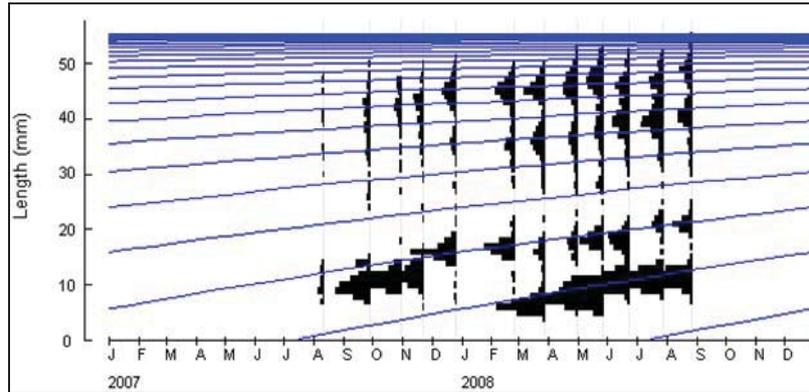


Figura 28. Gráfico del análisis de progresión modal realizado en el paquete estadístico FiSAT II.

Mediante el método establecido por Gulland y Holt se determinó la relación lineal entre la diferencia de longitud cefalotorácica, en un cierto período de tiempo, con el promedio de ambas longitudes en ejemplares de *P. pugnax* ($p < 0,05$) (Tabla 5), la cual está dada por la función $\Delta LC / \Delta t = 1,62 - 0,029 \cdot \overline{LC}_{(t)}$ (Fig. 29). A partir del ajuste lineal se determinaron los parámetros L_{∞} y K , con valores que correspondieron a 55,9 mm de LC y $0,35$ $\text{mm}\cdot\text{año}^{-1}$, respectivamente.

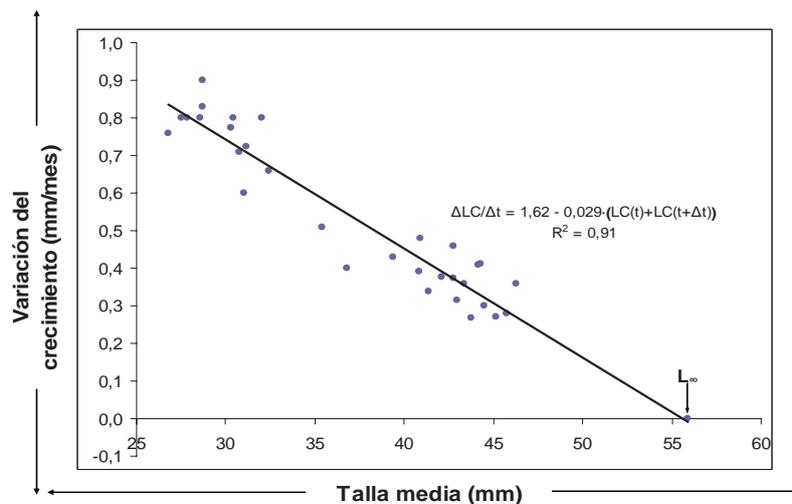


Figura 29. Relación lineal entre la diferencia de longitud cefalotorácica, en un cierto período de tiempo, y el promedio de ambas longitudes en ejemplares de *P. pugnax*.

Para determinar el valor del parámetro t_0 , se asignó arbitrariamente la edad 0/12 años a la cohorte de menor tamaño nacida en marzo de 2008, el siguiente mes la edad correspondiente asignada fue de 1/12 años, así sucesivamente hasta la edad 5/12 años, que correspondió a la alcanzada en agosto de 2008 por esta cohorte. A partir de esto se supuso que la edad de la cohorte de menor tamaño en agosto de 2007 correspondió, de igual forma a 5/12 años. Esta última cohorte en julio de 2008 alcanza la edad 17/12 años.

La regresión lineal de von Bertalanffy (Fig. 30), para estimar el valor de t_0 se realizó con las edades en que se observan aumentos sustanciales en las tallas medias de las cohortes identificadas (Fig. 31), es decir, 0/12 (0), 3/12 (0,3), 19/12 (0,8) y 16/12 (1,3) años (Tabla 6), según la asignación realizada. Con lo anterior, el valor calculado para t_0 corresponde a -0,58 años, estimado con un valor de L_∞ correspondiente a 55,3 mm de LC (análisis de progresión modal) y -0,38 años, estimado con L_∞ igual a 55,9 mm de LC (marcaje y recaptura).

Con todo lo anterior, los valores estimados de los parámetros de la curva de crecimiento promedio son 55,24 mm, 0,29 mm·año⁻¹ y -0,48 años, correspondientes a L_∞ , K y t_0 , respectivamente.

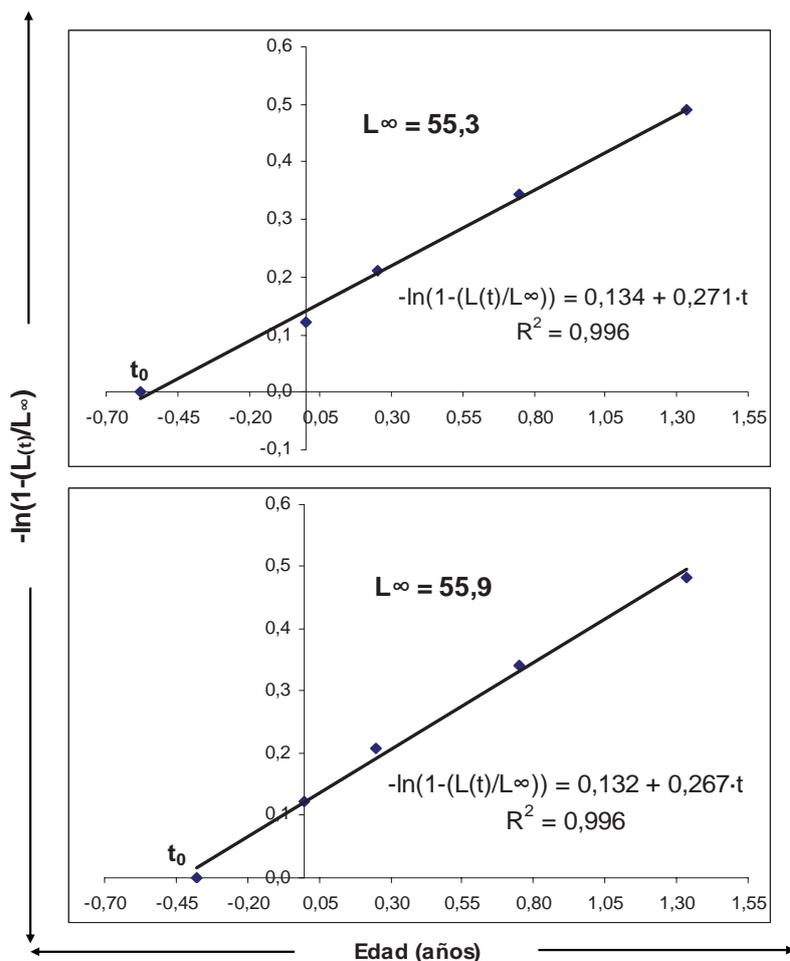


Figura 30. Gráfico de von Bertalanffy, para determinar el valor de t_0 .

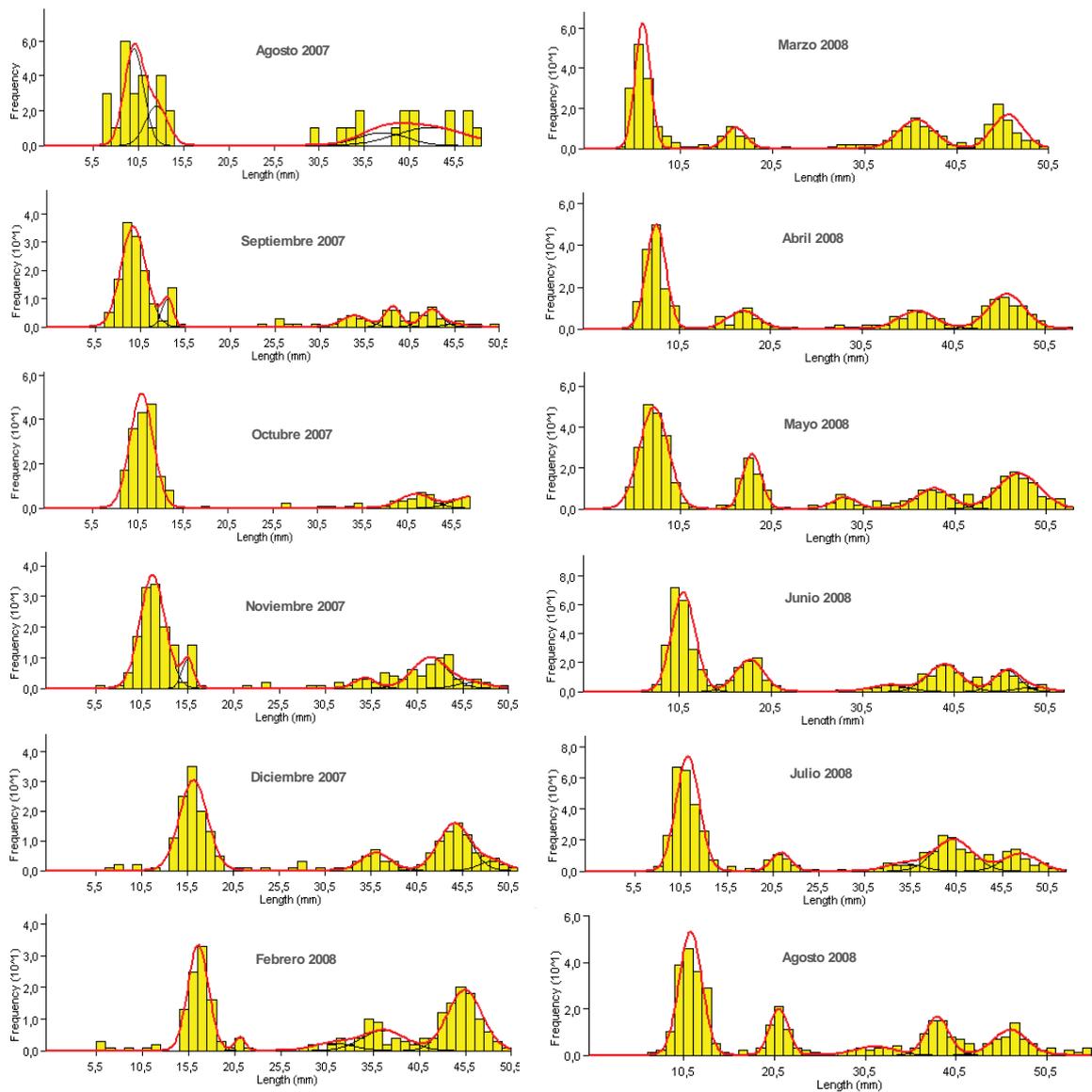


Figura 31. Separación de las cohortes, utilizando el paquete computacional FiSAT II (FAO-ICLARM Stock Assessment Tools II).

Tabla 5

Tabla de análisis de varianza (ANOVA) del modelo de regresión lineal ajustado, propuesto por Gulland & Holt (1959), para determinar los parámetros de crecimiento de von Bertalanffy

| Fuente de variación | Suma de cuadrados | Grados de libertad (gl) | Cuadrados medios | F | Valor-p |
|---------------------|-------------------|-------------------------|------------------|-------|---------------------|
| Regresión | 1,17 | 1 | 1,2 | 285,1 | $1,6 \cdot 10^{-5}$ |
| Residual | 0,11 | 26 | 0,004 | | |
| Total | 1,27 | 27 | | | |

Tabla 6

Datos utilizados en la determinación del parámetro t_0 , mediante el método propuesto por von Bertalanffy (1934)

| Fecha de muestreo | Edad | Talla media (x) | $L_{\infty} = 55,3$ | $L_{\infty} = 55,9$ |
|-------------------|------|-----------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| | | | $-\ln(1 - L(t) / L_{\infty})$ (y) | $-\ln(1 - L(t) / L_{\infty})$ (y) |
| mar-08 | 0,0 | 6,4 | 0,123 | 0,122 |
| jun-08 | 0,3 | 10,5 | 0,21 | 0,21 |
| dic-07 | 0,8 | 16,1 | 0,34 | 0,34 |
| jul-07 | 1,3 | 21,4 | 0,49 | 0,48 |

Relación talla-peso

La relación talla-peso, fue construida para machos y hembras con la finalidad de comparar las funciones determinadas. Para ello, se midieron y pesaron 781 ejemplares de machos y 614 de hembras.

El ajuste potencial de los datos de tallas y pesos (Fig. 32), registrados en machos de camarón de vega (*P. pugnax*) arroja como valor 0,00053 correspondiente al factor de condición (a); el valor estimado del factor de crecimiento (b) es 2,97 (Tabla 7). De acuerdo a los resultados obtenidos, esta relación puede ser considerada significativa dado el reducido valor-p (Tabla 8). Además se estableció que el crecimiento en machos es de tipo isométrico ($t_c = 1,77 < t_t = 1,96$).

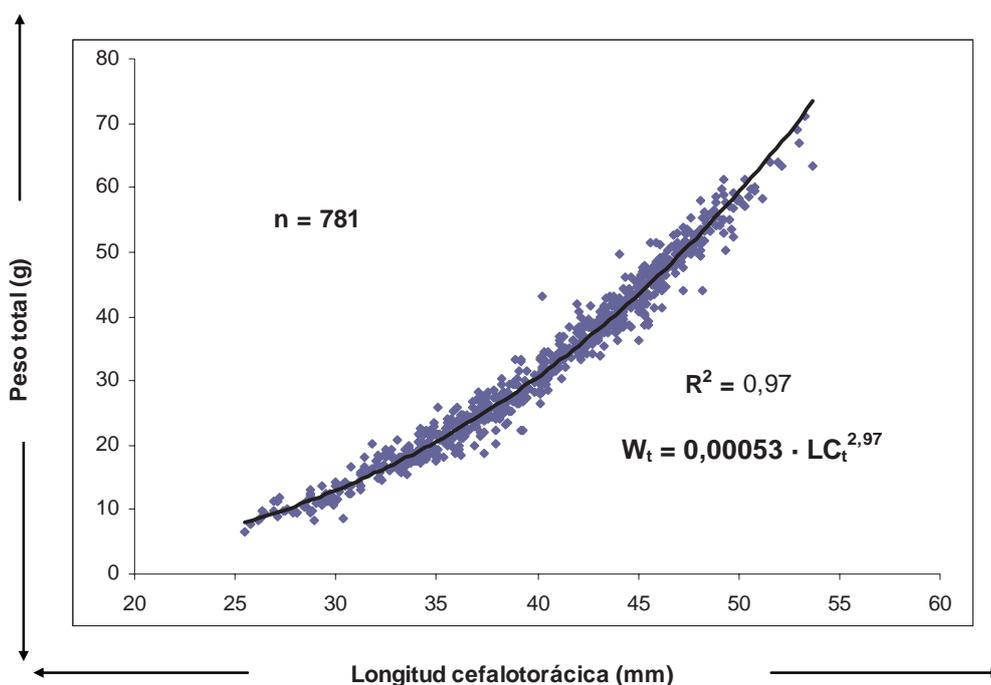


Figura 32. Relación talla-peso en machos de camarón de vega (*P. pugnax*).

Tabla 7

Resumen de los coeficientes del ajuste potencial para la relación talla-peso en machos de camarón de vega (*P. pugnax*)

| Coefficientes | Estimado | Error típico | t-student | Valor p |
|---------------|----------|--------------|-----------|---------|
| a | 0,00053 | 0 | 15,5 | 0,000 |
| b | 2,97 | 0,017 | 170,3 | 0,000 |

Tabla 8

Tabla ANOVA estimada para la función talla-peso en machos de *P. pugnax*

| Fuente de variación | Suma de cuadrados | Grados de libertad (gl) | Media cuadrática | F | Valor p |
|---------------------|-------------------|-------------------------|------------------|---------|---------|
| Regresión | 158,5 | 1 | 158,5 | 29004,8 | 0,000 |
| Residual | 4,3 | 779 | 0,005 | | |
| Total | 162,8 | 780 | | | |

De acuerdo al ajuste potencial realizado en hembras de *P. pugnax* (Fig. 33), los valores estimados para el factor de condición (a) y el factor de crecimiento (b) corresponden a 0,0005 y 2,99, respectivamente (Tabla 9). El ajuste se considera significativo dado que el valor-p es menor que 0,05 (Tabla 10). Además, a partir de los datos obtenidos se estableció que las hembras presentan un crecimiento de tipo isométrico ($t_c = 0,48 < t_t = 1,96$).

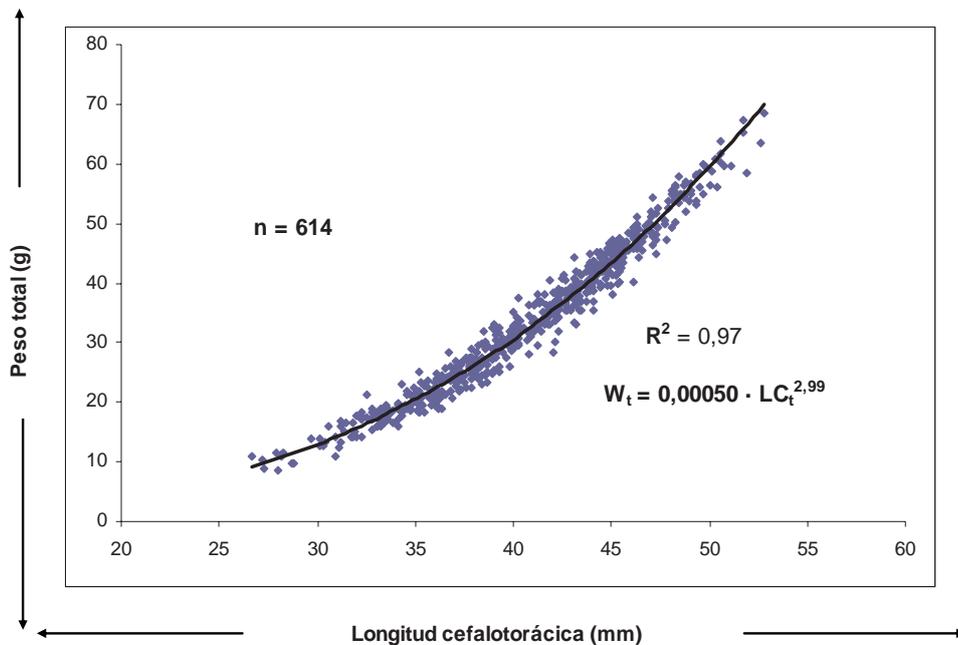


Figura 33. Relación talla-peso en hembras de camarón de vega (*P. pugnax*).

Tabla 9

Resumen de los coeficientes del ajuste potencial para la relación talla-peso en hembras de camarón de vega (*P. pugnax*)

| Coeficientes | Estimado | Error típico | t-student | Valor p |
|--------------|----------|--------------|-----------|---------|
| a | 0,00050 | 0,0 | 12,9 | 0,000 |
| b | 2,99 | 0,021 | 142,2 | 0,000 |

Tabla 10

Tabla ANOVA estimada para la función talla-peso en hembras de *P. pugnax*

| Fuente de variación | Suma de cuadrados | Grados de libertad (gl) | Media cuadrática | F | Valor p |
|---------------------|-------------------|-------------------------|------------------|---------|---------|
| Regresión | 93,6 | 1 | 93,6 | 20227,2 | 0,000 |
| Residual | 2,8 | 612 | 0,005 | | |
| Total | 96,4 | 613 | | | |

El test de comparación de regresiones estableció que no existe diferencias significativas entre sexos de camarón de vega (*P. pugnax*) en la relación talla-peso, por cuanto se aceptó la hipótesis nula (H_0) de igualdad de interceptos-pendientes de las regresiones ($F_c = 0,29 < F_{t(0,05; 2; 1391)} = 3,002$).

A partir de lo anterior, los parámetros estimados de la relación talla-peso (Fig. 34) para el total de ejemplares (1.395) corresponden a 0,00052 para el factor de condición (a) y 2,98 para el factor de crecimiento (b) (Tabla 11). Este ajuste se considera significativo dado que el valor $p < 0,05$ (Tabla 12). A partir de la prueba de isomería se puede establecer que el crecimiento de *P. pugnax* es de tipo isométrico ($t_c = 1,54 < t_t = 1,96$).

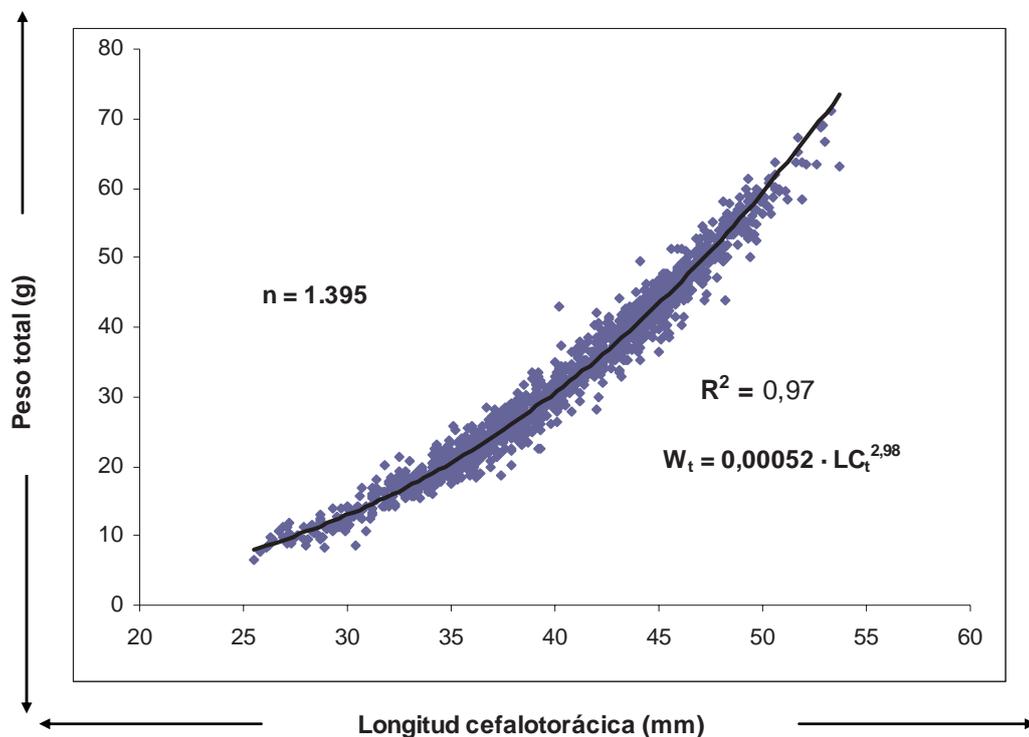


Figura 34. Relación talla-peso en el total de ejemplares de camarón de vega (*P. pugnax*).

Tabla 11

Resumen de los coeficientes del ajuste potencial para la relación talla-peso en el total de ejemplares de camarón de vega (*P. pugnax*)

| Coeficientes | Estimado | Error típico | t-student | Valor p |
|---------------------|-----------------|---------------------|------------------|----------------|
| a | 0,00052 | 0,0 | 20,3 | 0,000 |
| b | 2,98 | 0,013 | 222,9 | 0,000 |

Tabla 12

Tabla ANOVA estimada para la función talla-peso en el total de ejemplares de *P. pugnax*

| Fuente de variación | Suma de cuadrados | Grados de libertad (gl) | Media cuadrática | F | Valor p |
|----------------------------|--------------------------|--------------------------------|-------------------------|----------|----------------|
| Regresión | 252,9 | 1 | 252,9 | 49680,6 | 0,000 |
| Residual | 7,1 | 1393 | 0,005 | | |
| Total | 260,0 | 1394 | | | |

Reproducción

Período reproductivo

La presencia de hembras ovíferas se registró durante cinco meses consecutivos, a excepción de enero, mes en que no se realizaron muestreos, haciéndose notoria la mayor cantidad de hembras portadoras durante el verano. Por el contrario, no se registró presencia de hembras portadoras desde agosto hasta octubre de 2007 y de abril a agosto de 2008. Los mayores porcentajes de hembras ovíferas se registraron en febrero de 2008 (Fig. 35).

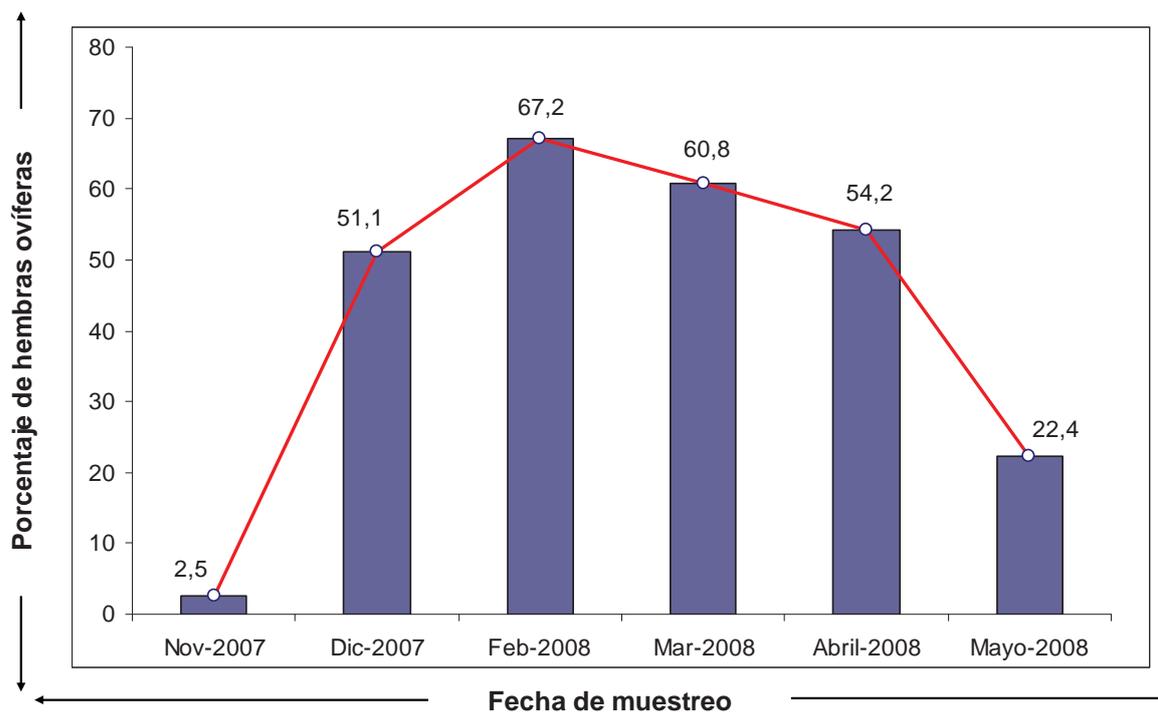


Figura 35. Porcentaje de hembras ovíferas de *P. pugnax* por mes.

Talla de primera madurez sexual

Los datos agrupados en intervalos de 1 mm muestran la existencia de ejemplares maduros desde los 28 mm de LC. A partir de los 47 mm de LC, el 100% de las hembras de *P. pugnax* se encuentran maduras, motivo por el cual no fue necesario reescalar los datos para proceder al ajuste de la ojiva de madurez.

Considerando el método de proporción de animales maduros a cada talla, mediante el ajuste de los datos a la curva sigmoidea, se determinó una talla de primera madurez sexual ($TMS_{50\%}$) de 38,1 mm de LC (Fig. 36). Cabe mencionar que sólo en septiembre de 2007, menos del 50% de los ejemplares adultos (sobre 26 mm de LC) se encontraron bajo la $TMS_{50\%}$ (Fig. 37).

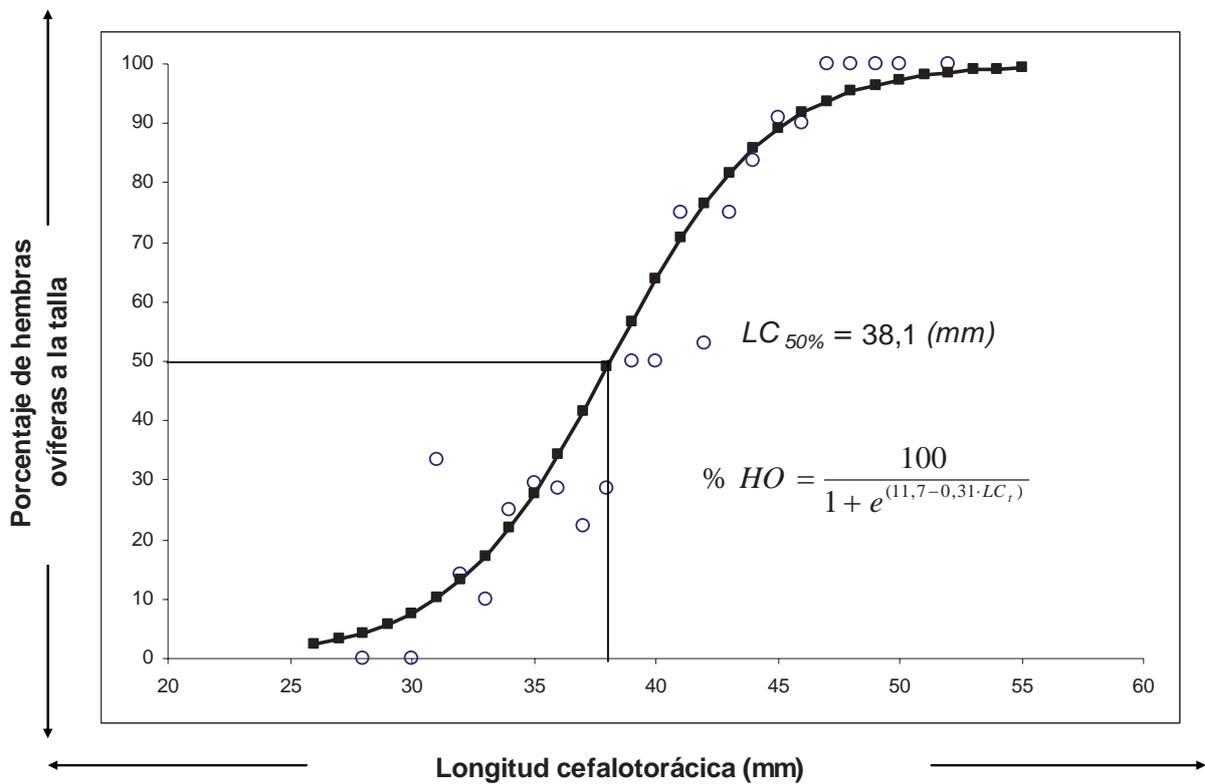


Figura 36. Curva sigmoidea ajustada, con la que se estimó la talla de primera madurez sexual en camarón de vega (*P. pugnax*).

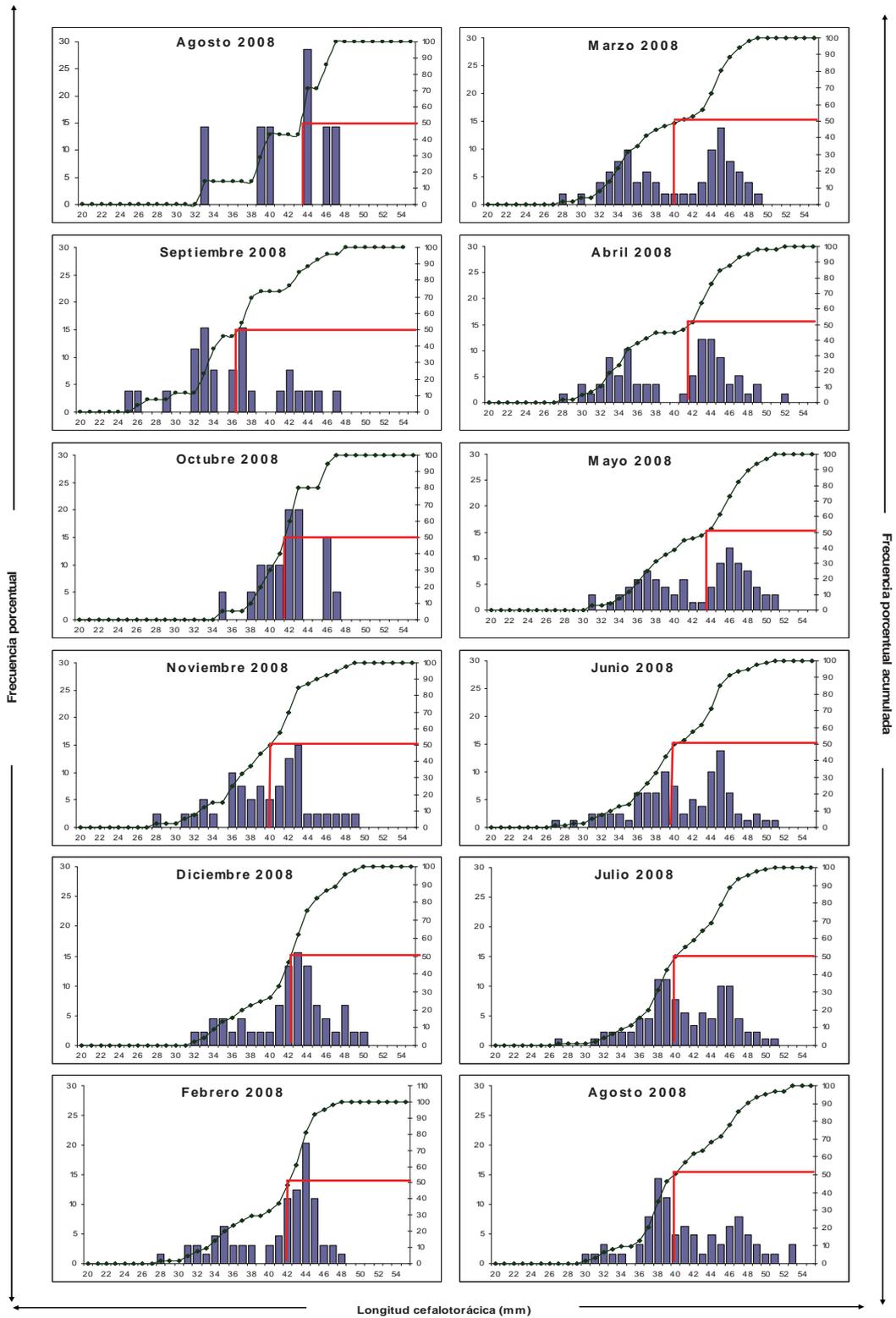


Figura 37. Distribución de frecuencias de tallas porcentual y porcentual acumulada de *P. pugnax*. La línea roja muestra la talla en que se agrupa el 50% de los ejemplares.

Proporción sexual global y a la talla

La proporción sexual global mensual, en general mostró predominio del número de machos por sobre las hembras, sólo en noviembre de 2007 la proporción de hembras superó a la de machos (Fig. 38). No obstante, se determinó en la mayoría de los muestreos realizados, que no existe diferencias significativas respecto al porcentaje esperado de 50%, por lo que la razón machos-hembras es 1:1, excepto en marzo y mayo de 2008 (Tabla 13).

Tabla 13

Valor-p estimado utilizado para inferir respecto de la proporción esperada de 50% en machos de *P. pugnax* ($\alpha = 0,05$)

| Fecha de muestreo | Valor-p | Nivel de significancia |
|-------------------|---------|------------------------|
| Agosto 2007 | 0,8000 | n.s |
| Septiembre 2007 | 0,4340 | n.s |
| Octubre 2007 | 0,4400 | n.s |
| Noviembre 2007 | 1,4320 | n.s |
| Diciembre 2007 | 0,1600 | n.s |
| Febrero 2008 | 0,3960 | n.s |
| Marzo 2008 | 0,0001 | * |
| Abril 2008 | 0,0734 | n.s |
| Mayo 2008 | 0,0008 | * |
| Junio 2008 | 0,4000 | n.s |
| Julio 2008 | 0,5200 | n.s |
| Agosto 2008 | 0,5200 | n.s |

(*) Significativamente distinto de una razón esperada 1:1, con un nivel de certeza de 95%

(n.s) No es significativamente distinto de una relación esperada 1:1, con un nivel de certeza de 95%

En cuanto a la proporción sexual a la talla en todos los meses, existió predominio de machos en la mayoría de las marcas de clase de LC; por el contrario, en agosto de 2008 las hembras predominaron en seis clases de talla. Cabe mencionar que existió mayor proporción de machos entre 25 y 30 mm de LC, en todos los meses en que se llevaron a cabo las labores de muestreo (Fig. 39A).

Respecto a la intersexualidad de *P. pugnax*, existió predominio de ejemplares intersexo I, observándose menor presencia de estos en solo 4 de los meses estudiados (Fig. 39B). Si se considera el total de ejemplares, la proporción calculada de intersexo I e intersexo II correspondió a 55,4% y 44,6%, respectivamente.

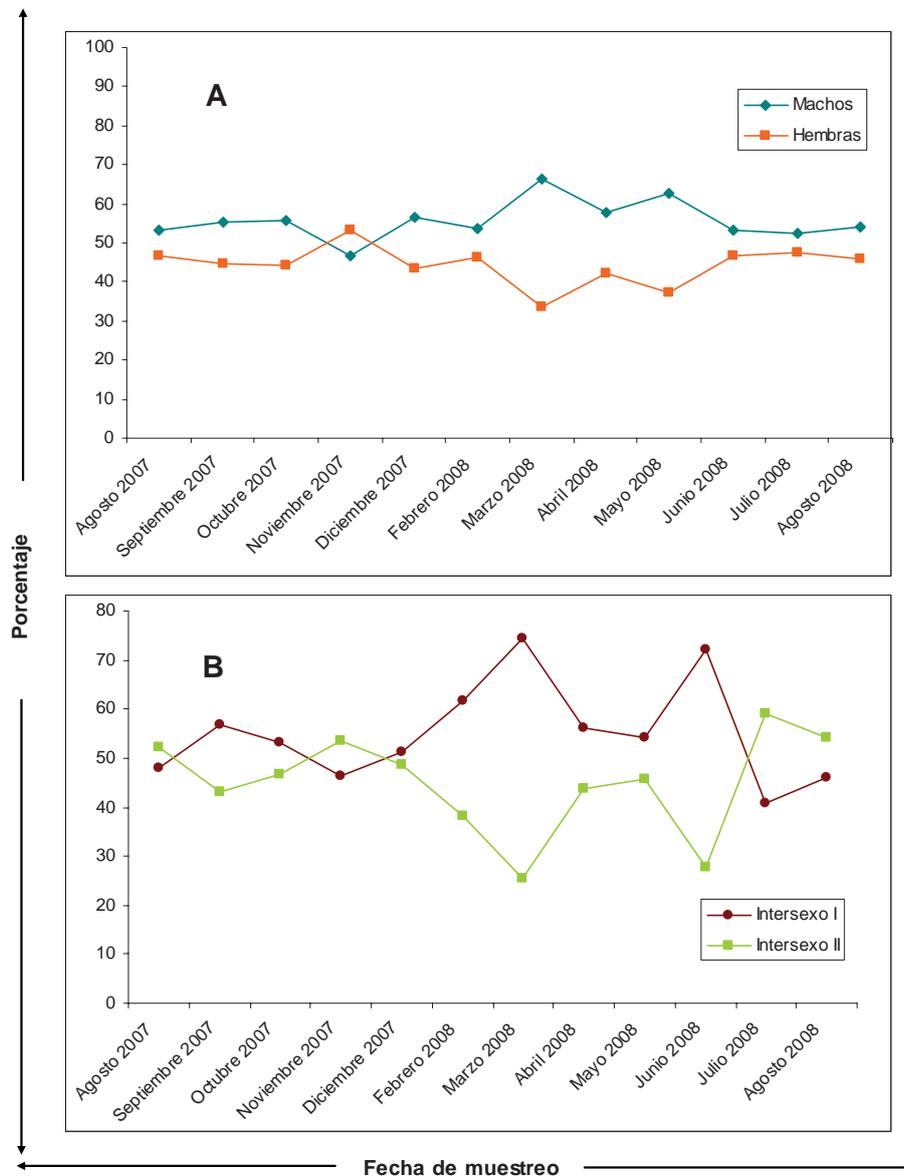


Figura 38. Proporción sexual global por mes de machos y hembras y proporción de intersexos I y II por mes en camarón de vega (*P. pugnax*).

La fecundidad del camarón de vega se estimó sobre la base del análisis de los huevos portados en 145 hembras, cuyo rango de tallas estuvo entre los 27,9 y 52,4 mm de LC. En este se determinó una fecundidad individual comprendida entre 5 y 46 huevos.

De acuerdo a los distintos modelos matemáticos empleados para definir la relación entre la longitud cefalotorácica y el número total de huevos portados por las hembras, considerando la proporción de la variabilidad total explicada ($R^2 = 0,8$) y el valor-p ($< 0,05$), se determinó que los datos se ajustan de mejor forma al modelo lineal $NTH = -26,76 + 1,31 \cdot LC$ (Tabla 14, Fig. 40). El resumen de los parámetros se presenta en la Tabla 15.

Tabla 14

Análisis de varianza (ANOVA) del modelo propuesto para determinar la fecundidad a la talla en camarón de vega (*P. pugnax*)

| Fuente de variación | Suma de cuadrados | Grados de libertad (gl) | Cuadrados medios | F | Valor-p |
|----------------------------|--------------------------|--------------------------------|-------------------------|----------|----------------|
| Regresión | 12576,8 | 1 | 12576,8 | 1023,2 | 0,00 |
| Error | 3134,3 | 255 | 12,3 | | |
| Total | 15711,1 | 256 | | | |

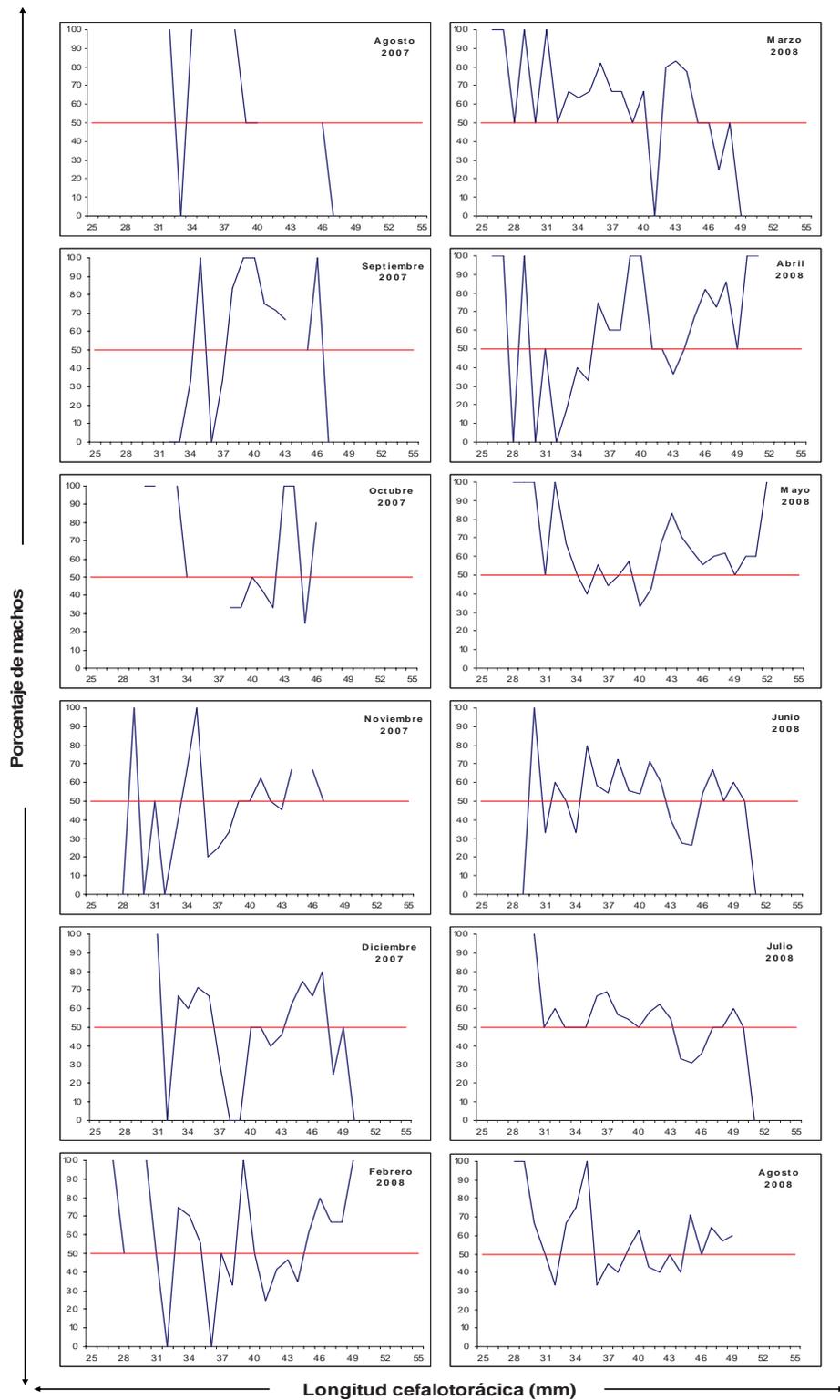


Figura 39. Proporción sexual a la talla por mes, en camarón de vega (*P. pugnax*). La línea roja (50%) es una referencia para determinar si el porcentaje de individuos está sobre o bajo esta.

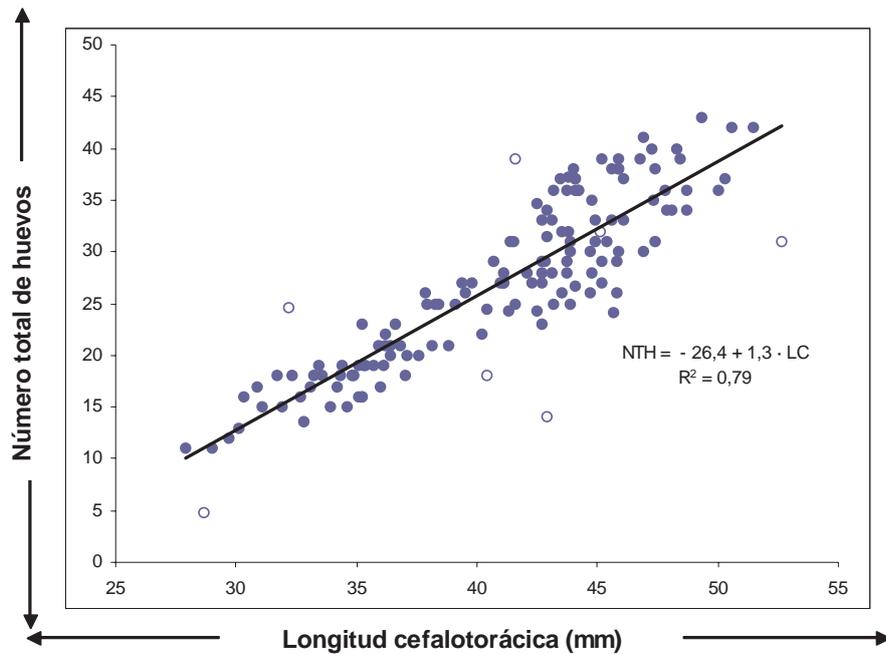


Figura 40. Número total de huevos portados por las hembras de *P. pugnax* a cada longitud cefalotorácica. (○) Datos no considerados en el análisis.

Tabla 15

Resumen del modelo propuesto para estimar el número de huevos totales portados por una hembra de camarón de vega, a partir de la longitud cefalotorácica

| Parámetro | Estimado | Error típico | t- student | Valor-p | Límite inferior | Límite superior |
|-----------|----------|--------------|------------|---------|-----------------|-----------------|
| a | -26,8 | 1,70 | -15,70 | 0,00 | -30,11 | -23,40 |
| b | 1,3 | 0,04 | 31,99 | 0,00 | 1,23 | 1,39 |

DISCUSIÓN

El estudio biológico-pesquero de *P. pugnax* se realizó en una vega ubicada en la localidad de Tiuquilemu (Región del Bío-Bío), mientras que del Valle (2002), Arias & Muñoz (1991) y Rudolph (1997) trabajaron en San Carlos (Región del Bío-Bío), Chillán (Región del Bío-Bío) y Nehuentué (Región de la Araucanía), respectivamente. Las diferentes zonas en que se realizaron estas investigaciones no son un factor que impida una comparación entre los resultados logrados en estos lugares y los obtenidos en el presente trabajo, dado que Rudolph (*com. pers.*) señala que “la literatura disponible a la fecha no indica diferencias morfológicas, conductuales, ecológicas, y de otro tipo entre poblaciones de esta especie, de modo tal que por antecedentes bibliográficos las poblaciones de camarones excavadores estudiadas entre el río Aconcagua y el río Toltén corresponderían a *P. pugnax*”.

En cuanto a los aspectos generales de este trabajo, el cerco instalado y el pozo cavado para facilitar las experiencias, son elementos que no se han mencionado en trabajos anteriores sobre *P. pugnax* u otras especies de parastácidos. En este sentido los resultados obtenidos avalan las decisiones tomadas, ya que fue posible mantener confinada la población analizada, además de evitar la extracción no autorizada de camarones, durante el período en que se realizó el estudio. Por otro lado, se pudo comprobar que en la presente investigación fue posible realizar los muestreos, sin dificultades con solo tres personas.

Respecto al marcaje de camarones, Díaz (1980), Roa (1981), Riesco (1984) y Arana & Toro (1985) señalan que el empleo de la marca tipo cinturón no presenta dificultades en su construcción y manipulación, es de bajo costo y además, es fácil de colocar alrededor del cuerpo del animal y perdura con las mudas. Todo lo anterior ha sido realizado y ratificado en el presente trabajo, destacándose que en las recapturas, se observó un ejemplar de *P. pugnax* con la marca adosada a su cuerpo nueve meses después de ser marcado, en perfectas condiciones, permitiendo la lectura e identificación del individuo sin dificultad. No obstante, en ejemplares de tallas menores a 25 mm de LC, se recomienda adecuar la marca, disminuyendo el tamaño de los materiales utilizados en su construcción.

Rudolph (1997) determinó que en individuos de tamaño superior a 26 mm de LC, es posible diferenciar sin dificultad el tipo de intersexo. A partir de esto, en la presente investigación se estableció que la proporción de ejemplares intersexos I es superior en la mayoría de los meses estudiados. Si se considera el total de ejemplares recolectados en todo el período de estudio, los porcentajes de intersexos I e intersexos II corresponden a 55,4 y 44,6%, respectivamente. Esto se asemeja a los resultados obtenidos por el autor antes mencionado, quien a partir del análisis gonadal de ejemplares de esta especie, igualmente sobre 26 mm de LC, determinó que el 59% correspondió a Intersexos I y el 41% a intersexos II.

Las tallas de *P. pugnax* determinadas en este estudio estuvieron comprendidas entre 5,5 y 53,7 mm de LC, similar a lo presentado por del Valle (2002), quien registra tamaños entre 4,7 y 52 mm de LC. Sin embargo se presentan algunas diferencias con lo comunicado por Arias & Muñoz (1991) y Rudolph (1997) quienes indican rangos de tallas de 8 a 49 mm y de 6,6 a 47,4 mm de LC, respectivamente.

En general, las hembras de *P. pugnax* presentan longitudes cefalotorácicas promedio mayores que los machos, dado que en solo tres de los 12 meses en que se llevaron a cabo muestreos la LC media de estas fue superada por este último sexo. Esto se asocia al hecho que las hembras están preparadas físicamente para portar huevos en su cuerpo y cuidar a las crías lo que fue comprobado por Rudolph (1997), quien determinó que éstas presentan abdómenes, en promedio más anchos y largos que los machos de esta especie.

Mediante el análisis de la estructura de tallas, se determinó en la mayoría de los meses al menos tres grupos modales. En marzo de 2008 se observó la aparición de un nuevo grupo, producto posiblemente de una eclosión anterior. La estructura de tallas de ejemplares adultos se identifica a partir de diciembre de 2007, lo que puede estar asociado principalmente al aumento del tamaño muestral, a partir de esa fecha (Fig. 23). La baja proporción de ejemplares entre 20 y 30 mm de LC determinada en la mayoría de los muestreos realizados, es similar a la encontrada previamente por Arias & Muñoz (1991), quienes registraron disminución de las frecuencias porcentuales, principalmente en el rango de tallas entre 16 y 25 mm de LC. Igualmente, Rudolph (1997) no registró presencia de ejemplares entre 20 y 25 mm de longitud cefalotorácica en noviembre de 1994, junio y octubre de 1995, pero si se detectaron ejemplares en este rango de tallas en la mayoría de los meses restantes, aunque en baja cantidad (Fig. 41).

Así también, del Valle (2002) presenta estructuras de tallas de *P. pugnax*, en las que es posible apreciar escaso número de ejemplares en el rango antes señalado; no obstante, la comparación pierde relevancia dado que el número de ejemplares adultos encontrado por este autor también es reducido, por lo que no es posible observar con claridad esta disminución. Sin embargo en septiembre de 1999 con un número mayor de ejemplares muestreados, es factible apreciar igualmente una fuerte disminución en el número de ejemplares entre 21 y 31 mm de LC (Fig. 42).

Esta particular estructura de tallas observada en *P. pugnax*, aún no tiene explicación. No obstante, una primera hipótesis que se puede plantear es que los ejemplares, al alcanzar tallas entre 12 y 18 mm de LC en la temporada de invierno (seis meses después la eclosión de los huevos), se independizan y comienzan a cavar pequeños orificios desde las cuevas o galerías parentales (del Valle, 2002): Esto dificultaría su extracción y reduciría al mismo tiempo la probabilidad de ser capturados, hasta que alcancen una mayor talla.

Respecto de la proporción sexual global, en general existió leve predominio de machos en la mayoría de los meses en que se desarrolló este estudio; no obstante se estableció que la proporción de machos y hembras no difiere de una razón 1:1, lo que concuerda con los resultados obtenidos por Rudolph (1997), en ejemplares sobre 25 mm de LC.

De igual forma, Rudolph (2002) estudió la proporción sexual global en *Samastacus spinifrons*, determinando que en general existe predominio de machos, pero que estas proporciones tampoco difieren de una razón 1:1. Esta característica se repite en *Parastacus defossus* (1 macho: 0,88 hembras), según lo determinado por Noro & Buckup (2009), semejante a lo obtenido por Fontoura & Buckup (1989a, 1989b) en *Parastacus brasiliensis*.

Por otra parte, Noro & Buckup (2009) señalan que en investigaciones sobre otras especies de camarones de agua dulce, la proporción sexual 1:1 también ha sido corroborada, por lo tanto podría suponerse que esta es una característica propia de la familia de parastácidos, y en general de los camarones de agua dulce.

Las proporciones sexuales a la talla, en general muestran predominio de machos en la mayoría de los rangos de tallas. Esto coincide con lo determinado por Rudolph (1997), para ciertos intervalos de clases de tallas, quien señala que el predominio de este sexo se da en todos los rangos de longitud menores a 26 mm de LC y en tallas que comprenden desde 40 hasta 49,9 mm de LC.

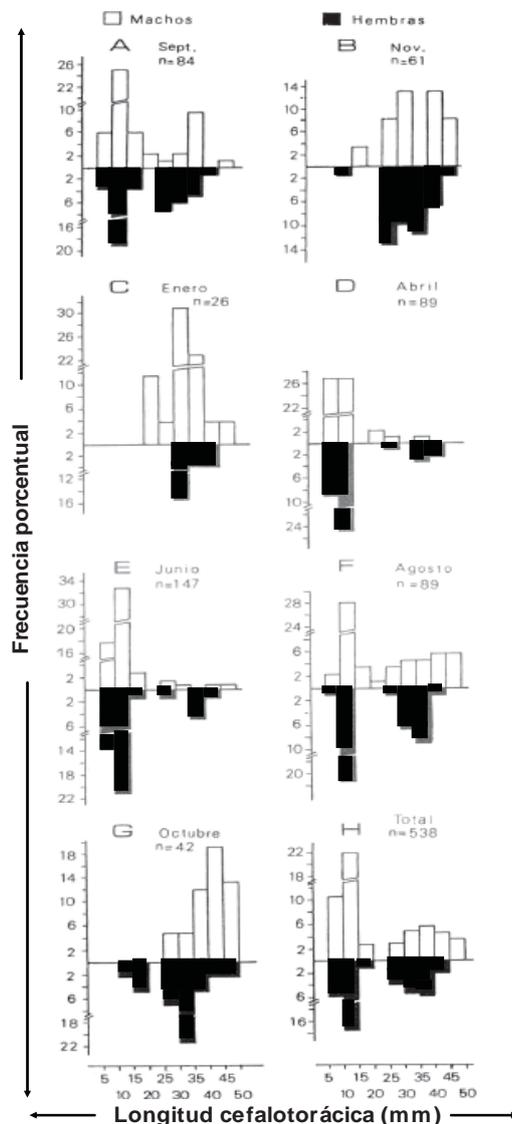


Figura 41. Distribución de frecuencias de tallas en machos y hembras de *P. pugnax*, por clase de talla y mes. Fuente: Rudolph (1997).

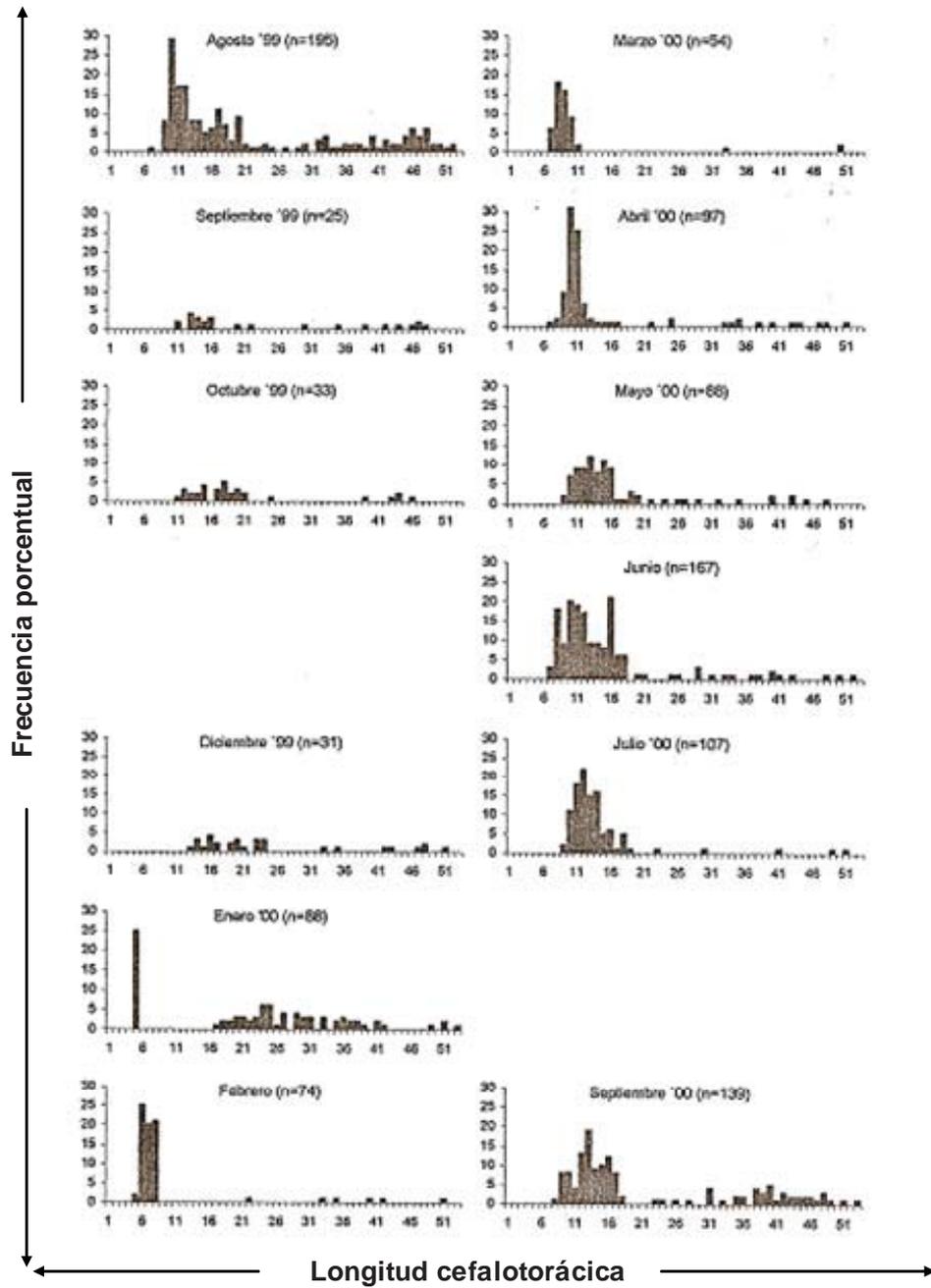


Figura 42. Distribución de frecuencias por clase de tallas de *P. pugnax* colectados entre agosto de 1999 y septiembre de 2000. Fuente: del Valle (2002).

Los parámetros de la curva de crecimiento promedio estimada corresponden a $0,29 \text{ mm}\cdot\text{año}^{-1}$, $55,24 \text{ mm}$ y $-0,48 \text{ años}$, para los parámetros K , L_{∞} y t_0 , respectivamente. De acuerdo a los estudios realizados sobre esta especie por Arias & Muñoz (1991), Rudolph (1997) y del Valle (2002), además de lo realizado en el presente trabajo, se puede suponer que el valor estimado de L_{∞} , es adecuado ya que se asemeja a los valores de LC máximos encontrados por los autores mencionados.

En este sentido, Pauly (1983) señala que la longitud máxima encontrada en cualquier especie es menor a la longitud asintótica y corresponde al 95% de esta última. Así la ecuación que determina esta relación está dada por $L_{\text{max}} = L_{\infty} \cdot 0,95$, la que puede ser aplicada solo si el nivel de explotación de la población es bajo. Considerando esta última ecuación y la LC máxima encontrada en el presente estudio, la longitud asintótica correspondería a $59,67 \text{ mm}$ de LC, que se aproxima al valor de L_{∞} estimado de $55,24 \text{ mm}$.

No obstante, se presentan ciertas diferencias entre las curvas de crecimiento obtenidas por del Valle (2002) y la estimada en la presente investigación (Fig. 43). Estas pueden estar influenciadas por los diferentes diseños de muestreo aplicados en ambos estudios, dado que el primero recolecta los individuos en zonas distintas de la vega, cuya selección fue realizada de forma arbitraria, contrario a lo ejecutado esta oportunidad, en la cual se aplicó un diseño de muestreo sistemático sobre una misma población.

Además no es posible diferenciar la estructura de tallas de los ejemplares adultos presentada por del Valle (2002), hecho que puede afectar el análisis de progresión modal, el cual se basa en las diferencias de los tamaños promedios de las cohortes, nacidas en distintos años o estaciones (Sparre & Venema, 1997). Así también, se debe agregar que la vega en que realizó el estudio del Valle (2002) fue utilizada para actividades agrícolas, modificando el ambiente del recurso, factor que pudo ser determinante en las diferencias encontradas entre las curvas de crecimiento de ambos estudios.

Independiente de la investigación que se tome como referencia, las estimaciones de los parámetros de crecimiento (K y L_{∞}) de *P. pugnax* siguen siendo superiores a lo calculado en otros camarones de agua dulce. Lo anterior puede ser observado en la comparación realizada por del Valle (2002) con *Parastacus brasiliensis*, *Parastacoides tasmanicus tasmanicus* y *Procambarus clarkii* (Fig. 44) y lo ejecutado en el presente trabajo con *Parastacus brasiliensis* y *Parastacus defossus* (Fig. 45).

A partir de la estimación de la relación talla-peso, se determinó que no existen diferencias estadísticas significativas entre las relaciones establecidas en ambos sexos, determinándose además que el crecimiento en esta especie es de tipo isométrico ($b \approx 3$). Este resultado difiere al obtenido en *Samastacus spinifrons*, en que el crecimiento en machos es de tipo isométrico y las hembras de tipo alométrico negativo (Bocic *et al.*, 1998). Estos muestra que no existe un patrón común en la relación talla-peso entre especies de una misma familia y entre sexos de una misma especie.

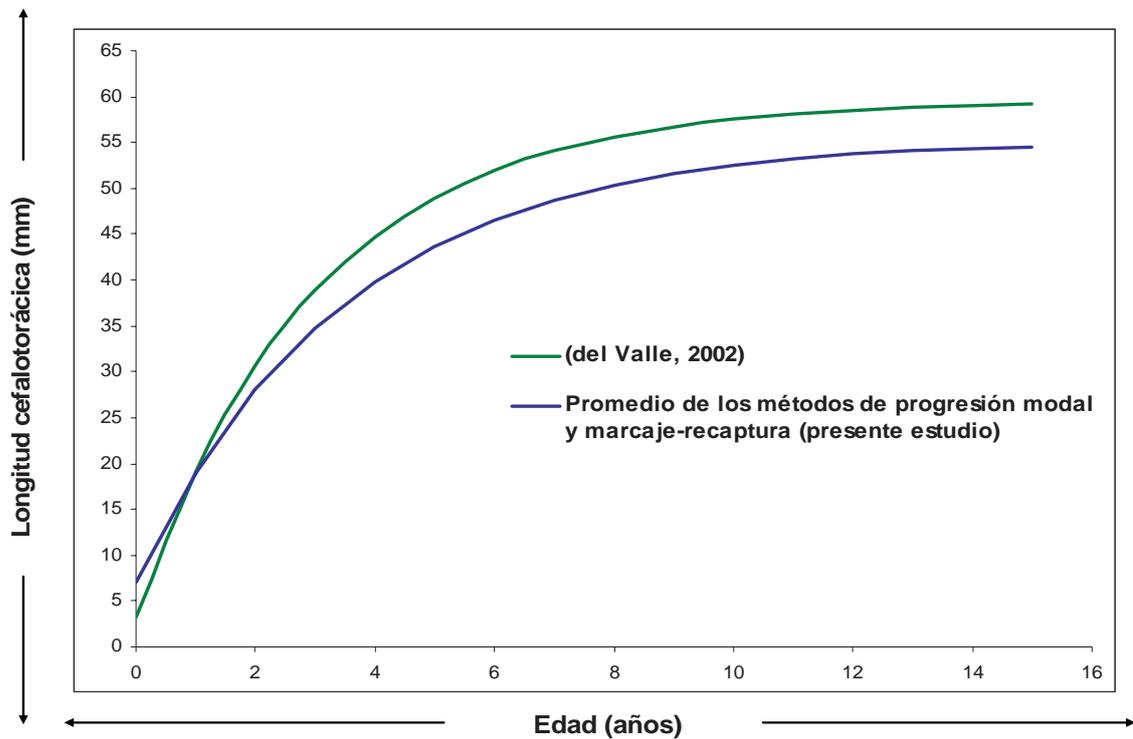


Figura 43. Curvas de crecimiento obtenidas para *P. pugnax*.

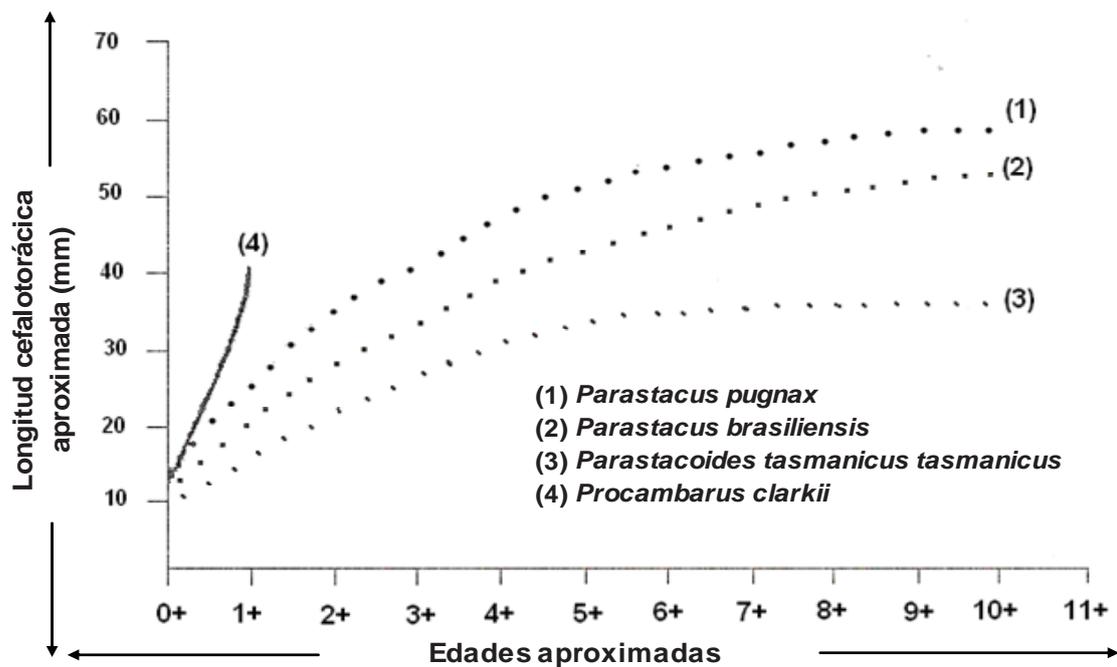


Figura 44. Comparación de las curvas de crecimiento de cuatro especies de camarones excavadores. Fuente: modificado de del Valle (2002).

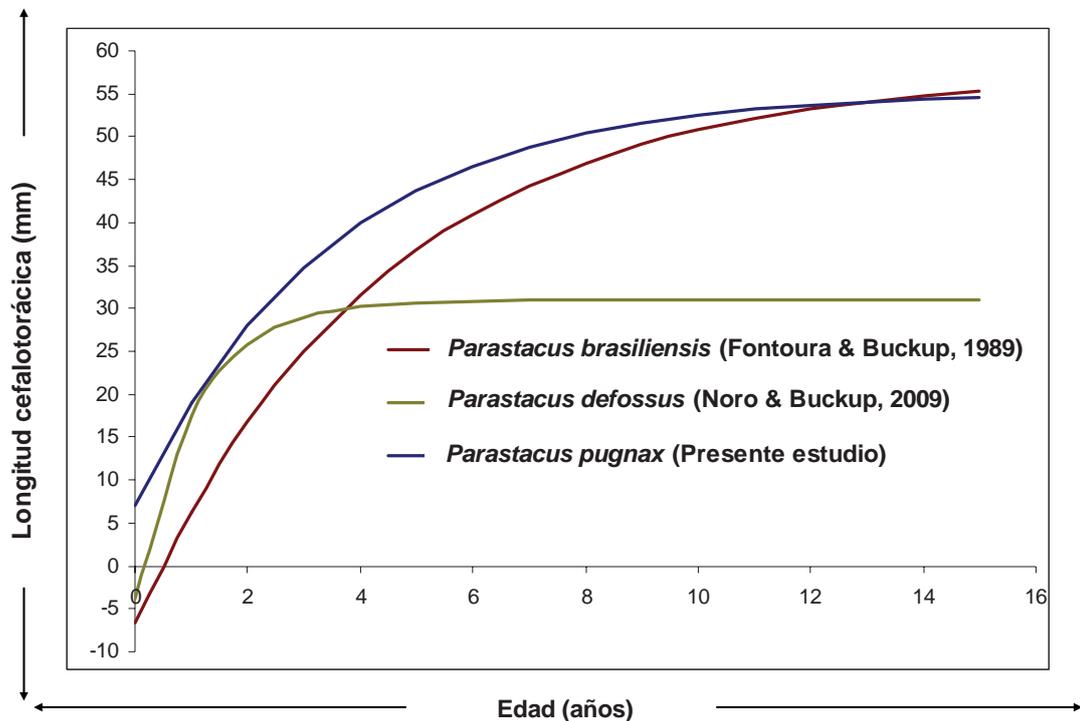


Figura 45. Curvas de crecimiento individual de tres especies de parastácidos.

En cuanto a la reproducción, los resultados obtenidos mostraron la presencia de hembras portadoras de huevos entre noviembre de 2007 y mayo de 2008, con una proporción máxima de ejemplares en esta condición en febrero de 2007. Al respecto del Valle (2002) capturó una hembra ovífera en diciembre de 1999 y dos hembras en fase de incubación post-embriónica en enero de 2000. Además, Rudolph (1997) registró la presencia de hembras ovíferas en octubre, noviembre y enero, lo que se asemeja al período establecido en el presente estudio, lo que permite deducir que la época de reproducción de *P. pugnax* se desarrollaría entre mediados de primavera y finales de otoño.

Uno de los aspectos que difiere de los resultados obtenidos por los mencionados autores, es la proporción de hembras portadoras, la que en el presente trabajo alcanzó un máximo de 67,2% (febrero de 2008), mientras que del Valle (2002) registra la captura de sólo una hembra ovífera y Rudolph (1997) registra 10% de hembras con huevos. Los anteriores resultados podrían estar afectados por el grado de presión extractiva, al que se encuentran sometidas las poblaciones de *P. pugnax* en el área trabajada por ambos autores. Según Tabash (2006) “los procesos reproductivos de los recursos hidrobiológicos se ven afectados por la actividad extractiva, dado que la población desovante empieza a sufrir directamente las consecuencias de la mortalidad por pesca”.

La talla de primera madurez sexual ($TMS_{50\%}$) de *P. pugnax* se estimó en 38,1 mm de LC, que según los parámetros de crecimiento estimados, sería alcanzada alrededor de 3,6 años. No se encontraron hembras ovíferas bajo 28 mm de LC lo que se asemeja a lo expuesto por Rudolph (1997), quien no registró la presencia de hembras en esta condición bajo los 30 mm

de LC. Además este mismo autor señala que la maduración de las hembras de esta especie comenzaría aproximadamente a los 26 mm de LC, talla en que se produciría la muda de pubertad, la que alcanzarían a los 1,7 años.

Respecto a la fecundidad, se encontraron en este estudio hembras de *P. pugnax* portando un mínimo de tres y un máximo de 46 huevos. A excepción de Porter (1904), quien registra una fecundidad máxima de 165 huevos, los resultados obtenidos en el presente estudio coinciden con lo expuesto por otros autores, cuyo rango de fecundidad varió entre seis y 34 huevos (Dalannais, 1984; Rudolph & Ríos, 1987; Rudolph, 1997, del Valle, 2002).

En general la baja fecundidad es característica de los camarones de vida semiterrestre, comparada con la de otros camarones, que desarrollan casi la totalidad de su vida en agua dulce, como son *S. spinifrons* (Rudolph, 2002) y *Cryphiops caementarius* (Meruane *et al.*, 2006). Esta baja fecundidad que se presenta en los astácidos y parastácidos, guarda relación con el desarrollo directo que caracteriza a estos crustáceos de agua dulce (Rudolph, 2002), y con el cuidado extensivo de las crías que describe del Valle (2002) para *P. pugnax*, suponiendo además que en este período las hembras invertirían mucho tiempo y energía, quedando sin reservas para su reproducción.

Se estableció que la relación entre la LC y el número de huevos que portaría una hembra ovífera de *P. pugnax*, está definida por la función lineal $NTH = -26,76 + 1,31 \cdot Lc$ ($p < 0,05$). Al igual que en estudios sobre otras especies de camarones de agua dulce, la función que mejor representa esta relación es de tipo lineal (Sanz, 1986; Rudolph, 2002; Alvarez & Rangel, 2007).

Si bien no existen estadísticas de captura oficiales, se estima que existe un alto nivel de explotación en este recurso. Según Silva & Spoerer (2006) al año se extraerían alrededor de 42 millones de especímenes; si se considera que el peso promedio es 30 g, el nivel de capturas anual aproximado sería de 1.260 ton, que equivale a casi a un tercio de las capturas registradas en el mismo período en camarón nailon (*Heterocarpus reedi*), que es uno de los recursos de mayor importancia, en volumen de extracción, entre los crustáceos marinos de Chile. Cabe mencionar que el volumen de captura de camarón de vega antes indicado no considera lo que se extrae y comercializa en pueblos pequeños, por lo que esta cifra pudiese ser aún superior (E. Rudolph, *com. pers.*).

Todos los trabajos mencionados, son aportes valiosos al conocimiento de *P. pugnax*, que debiesen ser considerados en el corto plazo, para desarrollar planes de manejo orientados a la explotación sustentable de esta especie, endémica de Chile. Además de lo anterior, se destaca la necesidad que se continúe con los estudios que aporten conocimientos sobre este crustáceo, el que se presenta como una opción de ingresos para quienes se dedican a la actividad agrícola en las regiones en que habita y también como una alternativa para diversificar la acuicultura y disminuir el impacto en otros camarones chilenos producto de su extracción.

CONCLUSIONES

El presente estudio se realizó con el objetivo de conocer aspectos biológico-pesqueros del camarón de vega (*P. pugnax*). Es así, que producto de los análisis realizados a los datos recolectados mensualmente en la localidad de Tiuquilemu, Región del Bío-Bío, Chile, se puede concluir que:

- La marca tipo cinturón utilizada perdura en el cuerpo de los camarones por períodos prolongados de tiempo, dado que han sido recapturados ejemplares con esta en su cuerpo después de nueve meses de haber sido marcados. Este hallazgo sugiere que la técnica de marcaje es adecuada para el estudio del crecimiento de crustáceos, considerando que se desea conocer las variaciones de talla y el tiempo transcurrido.
- La longitud cefalotorácica máxima correspondió a 53,7 mm y la mínima fue de 25,5 mm, ambas registradas en machos. En hembras las longitudes extremas fueron 26,7 y 52,8 mm de LC. Se determinaron estructuras polimodales en la mayoría de los meses estudiados, presentándose escasa representatividad entre 20 y 30 mm de LC debido, posiblemente, a que en esas tallas los individuos presentan menor vulnerabilidad a su extracción.
- En general no existen diferencias estadísticas significativas en la proporción de machos y hembras, sobre los 26 mm de LC, talla sobre la cual es posible determinar el sexo de los ejemplares a ojo descubierto. Por lo tanto se puede concluir que la proporción sexual esperada en las poblaciones de *P. pugnax*, sobre esta talla de referencia no será diferente a una relación 1:1 entre sexos.
- La función de crecimiento individual de von Bertalanffy, estimada para *P. pugnax* quedó establecida como $L_t(mm) = 55,24 \cdot (1 - e^{(-0,29 \cdot (t+0,48))})$. Así, se puede inferir que la velocidad de crecimiento y talla máxima alcanzada, es superior a otras especies de parastácidos de América del Sur, hecho que lo hace atractivo para ser cultivado y comercializado.
- El período reproductivo de *P. pugnax* se estableció entre mediados de primavera y finales de otoño. Sin embargo, como esta especie no está sujeta a veda, se recomendaría a la autoridad sectorial implementarla en dicho período, considerando que desde principios de abril este recurso se comienza a extraer (época en que comienzan las lluvias), superponiéndose a la etapa de reproducción determinada.
- La talla de primera madurez sexual en hembras de *P. pugnax* se determinó en 38,1 mm de LC, la que sería alcanzada a los 3,6 años, aproximadamente. La autoridad sectorial podría establecer ésta longitud como talla mínima de captura, para ayudar a mantener las poblaciones de esta especie en el tiempo.
- El rango de tallas de hembras ovíferas estuvo comprendido entre 27,9 y 52,4 mm de LC. En ese rango se determinó una fecundidad individual que va de 5 a 45 huevos. Se

estableció además, que la relación entre la LC y el número de huevos que porta una hembra de *P. pugnax* esta dada por la función lineal $NTH = -26,76 + 1,31 \cdot LC$. Con esto, y considerando la composición de tallas, se puede concluir que es posible determinar el aporte de crías, a la población, por cada clase de longitud.

- No se establecieron diferencias estadísticas significativas entre la relación talla-peso de machos y hembras. Además, ambos sexos presentan un crecimiento de tipo isométrico. De esta forma, la función determinada en *P. pugnax* correspondió a $W_t = 0,00052 \cdot LC_t^{2,98}$. Esta relación contribuiría a posteriores estudios biológico-pesqueros sobre esta especie analizando, entre otros aspectos, el factor de isometría y condición del recurso.
- Este camarón, endémico de Chile presenta expectativas positivas en cuanto a su posible desarrollo en cultivo, ya que como se mostró en este trabajo, presenta tasas de crecimiento comparativamente rápidas y una fecundidad que puede alcanzar hasta 46 huevos. Además investigaciones anteriores señalan que este camarón soporta condiciones ambientales adversas, su carne es nutritiva y posee alta demanda a nivel nacional.
- Para finalizar se recomienda considerar la información aquí señalada para tomar decisiones e implementar medidas de manejo sobre esta especie, ya que todos los antecedentes expuestos señalan un alto volumen de explotación, desconociendo aún el nivel de impacto sobre las poblaciones de *P. pugnax*.

REFERENCIAS

- Alvarez F. & R. Rangel. 2007.** Estudio poblacional del acocil *Cambarellus montezumae* (Crustacea: Decapoda: Cambaridae) en Xochimilco, México. *Rev. Mex. de Biod.*, 78: 431-437.
- Arana, P. & M. Ahumada. 2006.** Camarón navaja (*Campylonotus semistriatus*), crustáceo de aguas profundas frente a la costa central de Chile (Crustacea, Decapoda, Campylonotidae). *Invest. Mar.*, Valparaíso, 34(1): 3-14.
- Arana, P., E. Dupré & V. Gaete. 1985.** Ciclo reproductivo, talla de primera madurez sexual y fecundidad de la langosta de Juan Fernández (*Jasus frontalis*). En: P. Arana (ed.). *Investigaciones Marinas en el Archipiélago de Juan Fernández*, Escuela de Ciencias del Mar, UCV, Valparaíso, 187-211.
- Arana, P. & C. Toro. 1985.** Experiencias de transporte y cultivo del camarón de río (*Cryphiops caementarius*), en pozas construidas en Lo Rojas, Quillota. *Estud. Doc.*, Univ. Católica Valparaíso, 1(85): 78 pp.
- Arana, P. & M. Tiffou. 1970.** Madurez sexual, sexualidad y fecundidad del camarón nylon (*Heterocarpus reedi*). *Invest. Mar.*, Valparaíso, 1(11): 260-281.
- Arias, P. & D. Muñoz. 1991.** Antecedentes bioecológicos del camarón de vega *Parastacus pugnax* (Poeppig, 1835), en el área de Chillán. *Agro-Ciencia*, 7(2): 167-172.
- Bahamonde, N., A. Carvacho, C. Jara, M. López, F. Ponce, M.A. Retamal & E. Rudolph. 1998.** Categorías de conservación de Decápodos nativos de aguas continentales de Chile. *Bol. Mus. Nac. Hist. Nat.*, 47: 91-100.
- Bahamonde, N. & M.T. López. 1963.** Decápodos de aguas continentales en Chile. *Invest. Zool. Chil.*, 10: 123-149.
- Bertini, G., A. Araújo, A. Fransozo, M. de Oliveira, A. Corrêa & F.A. de Morais. 2007.** Relative growth and sexual maturity of the stone crab *Menippe nodifrons* Stimpson, 1859 (Brachyura, Xanthoidea) in southeastern Brazil. *Braz. Arch. Biol. Technol.*, 50(2): 259-267.
- Bhattacharya, C.G. 1967.** A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. *Biometrics*, 23: 115-135.
- Bocic, V., E. Rudolph & D. López. 1988.** Biología reproductiva y dinámica poblacional del camarón de río *Samastacus spinifrons* (Philippi, 1882). *Bol. Soc. Biol.*, Concepción, Chile, 59: 9-21.

- Briggs, M., S. Funge-Smith, R.P. Subasinghe & Michael Phillips.** Introducciones y movimiento de dos especies de camarones peneidos en Asia y el Pacífico. FAO, Doc. Téc. Pesca, 476: 85 pp.
- Brusca, R. & G. Brusca. 2005.** Invertebrados. 2ª edición. McGraw-Hill-Interamericana, Madrid, 1005 pp.
- Cabrera, J.P., M. Protti, M. Urriola, O. Sáenz & R. Alfaro. 2001.** Tallas y fecundidad de *Juxtafabia muliniarum* (Brachyura: Pinnotheridae) asociado con *Saccostrea palmula* (Bivalvia: Ostreidae), Costa Rica. Rev. Biol. Trop., 49(3-4): 889-894.
- Casal, J. & E. Mateu. 2003.** Tipos de muestreo. Rev. Epidem. Med. Prev., 1: 3-7.
- Crandall, K. & J. Fetzner, Jr. 1995.** Astacidea. Freshwater crayfish. Version 01 June 1995 (under construction). <http://tolweb.org/Astacidea/6655/1995.06.01> in The Tree of Life Web Project, <http://tolweb.org>.
- Dalannais, R. 1984.** Contribución al conocimiento de la biología y ecología del camarón de vega (*Parastacus pugnax*) en la zona de Talcahuano. Seminario de Título. Pontificia Universidad Católica de Chile. Sede Regional Talcahuano. Depto. Biol. Tec. Del Mar, 37 pp.
- del Valle, E. 2002.** Dinámica poblacional y ecología del camarón de vega *Parastacus pugnax*. Tesis Universidad Católica del Norte, Coquimbo, 52 pp.
- Díaz, M. 1980.** Marcaje en camarón de roca (*Rhynchocinetes typus*). Inf. Interno, Escuela de Ciencias del Mar, Univ. Católica de Valparaíso, 18 pp.
- Dixon, W. & J. Massey. 1957.** Introduction to statistical analysis. 2nd ed. McGraw-Hill, New York, 488 pp.
- Drach, P. 1939.** Mue et cycle d'intermue chez les crustacés décapodes. Ann. Inst. océanogr. Mónaco, 19: 103-391.
- Faxon, W. 1914.** Notes on the crayfishes in the United States. National Museum and the Museum of Comparative Zoology, with descriptions of new species and subspecies to which is appended a Catalogue of the known species and subspecies. Memoirs of the Museum of Comparative Zoology, Harvard, 40: 347-427.
- Felício, M., M. Viegas, P. Santos & F. Carvalho. 2002.** Estudio de la actividad reproductora del camarón *Palaemon serratus* (Pennant, 1777) capturado en Angeiras (costa norte de Portugal). Bol. Inst. Esp. Oceanogr., 18(1-4): 159-163.
- Fontoura, N.F. & L. Buckup. 1989a.** O crescimento do *Parastacus brasiliensis* (von Martens, 1869) (Crustácea, Decápoda, Parastaciade). Revista Brasileira de Biología, 49(4): 897-909.

- Fontoura, N.F. & L. Buckup. 1989b.** Dinâmica populacional e reprodução em *Parastacus brasiliensis* (von Martens, 1869) (Crustácea, Decápoda, Parastaciade). Revista Brasileira de Biología, 49(4): 911-921.
- García, S. & L. Le Reste. 1986.** Ciclos vitales, dinámica, explotación y ordenación de las poblaciones de camarones peneidos costeros. FAO. Doc. Téc. Pesca, 203: 180 pp.
- Gulland, J.A. & S.J. Holt. 1959.** Estimation of growth parameters for data at unequal time intervals. J. Cons. CIEM, 25(1): 47-49.
- Guzmán, G. 2003.** Crustáceos chilenos: Orden Decápoda. Guías de Identificación y Biodiversidad Fauna Chilena. Apuntes de Zoología, Universidad Arturo Prat, Iquique, Chile, 28 pp.
- Guzmán, L. & I. Campodonico. 1972.** Fecundidad de la centolla *Lithodes antarctica* Jacquinot (Crustacea, Decapoda, Anomura: Lithodidae). Ans. Inst. Patagonia, Punta Arenas (Chile), 3(1-2): 249-258.
- Guzmán, L. & C. Ríos. 1986.** La doble exponencial potencial, una nueva función para describir la relación talla-fecundidad en la centolla (*Lithodes antarcticus* Jacquinot 1853). In: P. Arana (ed.). La Pesca en Chile. Escuela de Ciencias del Mar, UCV, 103-112.
- Hartnoll, R.G. 1982.** Growth. In: D. Bliss (ed.). The Biology of Crustacea. Academic Press, New York, 2: 111-185.
- Hartnoll, R.G. 1985.** Growth, sexual maturity and reproductive output. In: A.M. Wenner (ed.). Factors in adults growth. A.A. Balkema, Rotterdam, 101-128.
- Hjelset, A.M., J.H. Sundet & E.M. Nilssen. 2009.** Size at sexual maturity in the female red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) in a newly settled population in the Barents Sea, Norway. J. Northw. Atl. Fish. Sci., 41: 173–182.
- Hobbs, H.H, Jr. 1988.** Crayfish distribution, adaptive radiation and evolution. In D.M. Holdich & R.S. Lowery (eds.), Freshwater crayfish: biology, management and exploitation. Timber Press, Portland, 52-82.
- Hobbs, H.H, Jr. 1991.** A new generic assignment for a South-American crayfish (Decápoda: Parastacidae) with revised diagnoses of the South American genera and comments on the parastacid mandible. Proc. Biol. Soc. Washington, 104(4): 800-811.
- Instituto Nacional de Estadísticas (INE). 2003.** CENSO 2002. Síntesis de resultados, 50 pp.
- Jara, C., E. Rudolph & E. González. 2006.** Estado de conocimiento de los malacostráceos dulceacuícolas de Chile. Gayana, 70(1): 40-49.

- Jones, R. 1966.** Manual de métodos para la evaluación de los stocks de peces. FAO, Fish. Tech. Pap., 51: 52 pp.
- Kilian, E. 1959.** La construcción de los tubos habitacionales del *Parastacus nicoleti* (Philippi). Facultad de Estudios Generales, Universidad Austral de Chile, 1: 1-7.
- Manning, R.B. & H.H. Hobbs, Jr. 1977.** Decapoda. In: S.H. Hulbert (ed.), Biota acuática de Sudamérica austral. San Diego State University, San Diego, California, pp. 157-162.
- Mason, R. & L. Douglas. 1992.** Estadística para administración y economía. Edit. Alfaomega. México, 911 pp.
- Meruane, J., M. Morales, C. Galleguillos, M. Rivera & H. Hosokawa. 2006.** Experiencias y resultados de investigaciones sobre el camarón de río del norte *cryphiops caementarius* (Molina, 1782) (Decapoda: Palaemonidae): Hist. Nat. y Cultivo, Gayana, 70(2): 280-292.
- Neter, J. & W. Wasserman. 1974.** Applied linear statistical models. Regression, analysis of variance, and experimental designs. Ed. Richard D. Irwin, Inc. Illinois, 842 pp.
- Noro, C.K. & L. Buckup. 2009.** O crescimento do *Parastacus defossus* (Crustácea: Decápoda: Parastaciade). Zoologia, 26(1): 54-60.
- Palma, S. & P. Arana. 1997.** Aspectos reproductivos del langostino colorado (*Pleuroncodes monodon* H. Milne Edwards, 1837), frente a la costa de Concepción, Chile. Invest. Mar. Valparaíso, 25: 203-221.
- Pauly, D. 1983.** Algunos métodos simples para la evaluación de recursos pesqueros tropicales. FAO. Doc. Tec. Pesca, 234:49 pp.
- Pauly, D. 1987.** A review of the ELEFAN system for analysis of length-frequency data in fish and aquatic invertebrates. ICLARM Conf. Proc., (13): 7-34.
- Pauly, D. & N. David. 1981.** ELEFAN I, a BASIC program for the objective extraction of growth parameters from length-frequency data. Meeresforschung, 28(4): 205-211.
- Petriella, A. & E. Boschi. 1997.** Crecimiento en crustáceos decápodos: resultados de investigaciones realizadas en Argentina. Invest. Mar., Valparaíso, 25: 135-157.
- Philippi, R. 1882.** Zoología chilena. Sobre los *Astacus*. Anales de la Universidad de Chile, 61: 624-628.
- Poeppig, E. 1835.** Reise in Chile, Peru und auf dem Amazonenstromen während der Jahre 1827-1832: 1-466.

- Porter, C. 1904.** Materiales para la fauna carcinológica de Chile. Algunos datos sobre dos parastácidos. Rev. Chil. Hist. Nat., 8: 254-261.
- Quiroga, E. & R. Soto. 1997.** Relaciones biométricas y fecundidad de *Glyphocrangon alata* (Faxon, 1893) en la zona norte de Chile (21°19'S; 70°20'W). Invest. Mar., Valparaíso, 25: 281-285.
- Riesco, M. 1984.** Experimentos de marcaje realizados sobre el camarón de roca *Rhynchocinetes typus* (Milne Edwards, 1837) en Valparaíso. Tesis, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, 51 pp.
- Roa, G. 1981.** Resultado de marcas utilizadas en el camarón de roca (*Rhynchocinetes typus*, Milne Edwards, 1837). Inf. Interno, Laboratorio de Crustáceos, Univ. Católica de Valparaíso, 10 pp.
- Rudolph, E. 1997.** Intersexualidad en el camarón excavador *Parastacus pugnax* (Poepping, 1835) (Decapoda; Parastacidae). Invest. Mar., Valparaíso, 25: 7-18.
- Rudolph, E. 2002.** Sobre la biología del camarón de río *Samastacus spinifrons* (philippi 1882) (Decapoda, Parastacidae). Gayana 66(2): 147-159.
- Rudolph, E. & K. Crandall. 2005.** A new species of burrowing crayfish, *Virilastacus rucapihuelensis* (Crustacea: Decapoda: Parastacidae), from southern Chile. Proceedings of the Biological Society of Washington, 118(4): 765-776.
- Rudolph, E., L. De la Fuente, M.E. Van Hasselt, A. Díaz & S. Dumenes. 1991.** Composición química proximal de los tejidos comestibles y desperdicios de los camarones dulceacuícolas *Samastacus spinifrons*, *Parastacus pugnax* y *Parastacus nicoleti* (Crustacea: Decapoda: Parastacidae). Alimentos, 16(2): 23-29.
- Rudolph, E., E. del Valle., F. Retamal & A. Martínez. 2006.** Primeros datos respecto a la presión extractiva ejercida sobre el camarón excavador *Parastacus pugnax* (Decápoda, Parastacidae). III Congreso Sociedad Chilena de Limnología, Punta Arenas, Chile.
- Rudolph, E. & J. Ríos. 1987.** Desarrollo ontogenético del camarón de las vegas *Parastacus pugnax* (Poeppig, 1835), en condiciones de laboratorio. Biota, 3: 45-58.
- Sánchez, J., R. Beltrán & J.P. Ramírez. 2008.** Crecimiento y reproducción del camarón *Atya margaritacea* (Decapoda: Atyidae) en el Río Presidio, Sinaloa, México. Rev. Biol. Trop., 56(2): 513-522.
- Sanz, A. 1986.** Biología del camarón de agua dulce *Palaemone teszariquieyi* Sollaud, 1939 (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae). Limnética, 2: 293-304.

- Sielfeld, W. 2002.** Phylum Platyhelminthes: clases temnocephalida y turbelaria. Guías de Identificación y biodiversidad fauna chilena. Apuntes de zoología, Universidad Arturo Prat, Iquique, Chile, 9 pp.
- Silva, P. & M. Spoerer. 2006.** Estudio de prefactibilidad para la comercialización de camarones de vega. Tesis Universidad de Valparaíso, Valparaíso, 177 pp.
- Sparre, P. & S.C. Venema. 1997.** Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. FAO, Doc. Téc. Pesca, 306(1): 420 pp.
- Tabash, F. 2006.** Explotación de la pesquería de arrastre de camarón durante el período 1991-1999 en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. Rev. Biol. Trop., 55 (1): 207-218.
- Torres, M^a.G., J.C. Zepeda, J.A. Meza, A.S. Hernández & M. Villarejo. 2008.** Reproducción de hembras de la langosta *Panulirus inflatus* (Bouvier, 1895) en el litoral del Pacífico de México. Rev. Biol. Mar. y Oceanog., 43(1): 129-136.
- Valencia, I.E. & B.A. Hernández. 2002.** Muestreo de suelos, preparación de muestras y guía de campo. UNAM, 131 pp.
- von Bertalanffy, L. 1934.** Untersuchungen über die Gesetzlichkeiten des Wachstums. 1. Allgemeine Grundlagen der Theorie. Roux' Arch-Entwicklungsmech. Org., 131: 613-653.

ANEXOS

Anexo 1
Fotografías del estudio realizado sobre el
camarón de vega (*P. pugnax*)



Figura 46. Muestreo y faenas de extracción del camarón de vega (*P. pugnax*) en el área de estudio.



Figura 47. Faenas generales desarrolladas en el presente estudio sobre camarón de vega (*P. pugnax*).



Figura 48. Vista superior y lateral de una cueva de *P. pugnax*.



Figura 49. Actividades de riego, efectuadas en el área de estudio para facilitar las faenas de extracción de *P. pugnax*.

Anexo 2
**Fotografías del platelminto *Temnocephala*, detectado en los
ejemplares de *P. pugnax***



Figura 50. Ejemplar de *P. pugnax* capturado en el presente estudio con platelmintos en el caparazón.

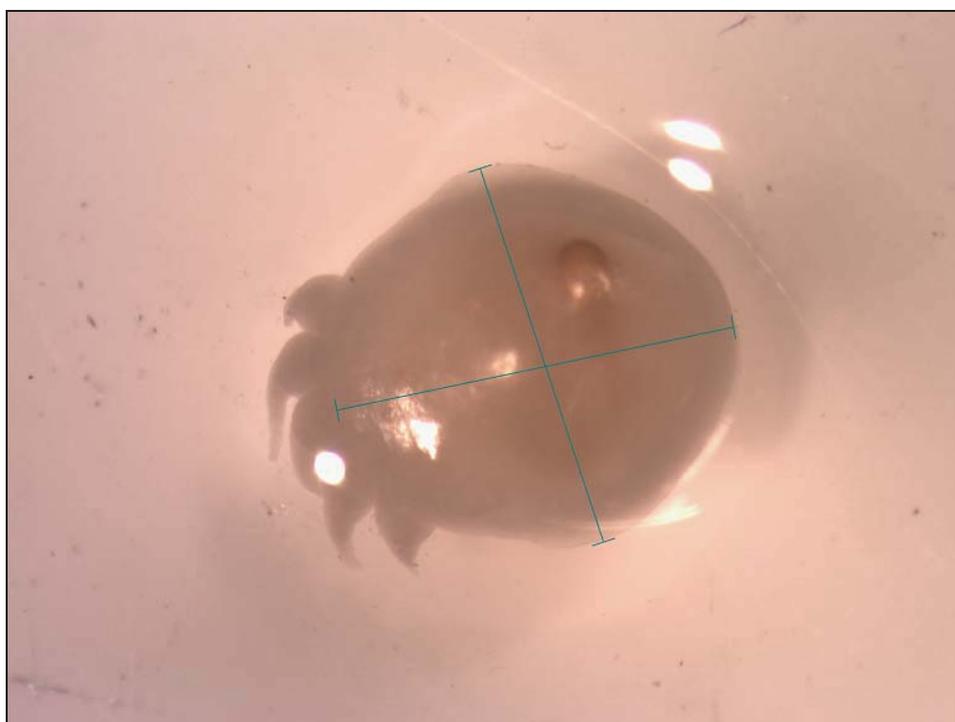


Figura 51. Imagen ampliada del platelminto ectocomensal encontrado en *P. pugnax*.

Anexo 3
**Formularios utilizados para el registro de datos obtenidos en
camarón de vega (*P. pugnax*)**



FORMULARIO PARA EL REGISTRO
DE DISTRIBUCION DE FRECUENCIA DE TALLAS
CAMARON DE VEGA (*Parastacus pugnax*)
FICHA DE TERRENO



Fecha _____ / _____ / _____ Ficha N° _____

Intersexo I

Sexo: Macho

| Lc (mm) | Lc (mm) | Lc (mm) | Lc (mm) |
|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 21 | 41 | |
| 2 | 22 | 42 | |
| 3 | 23 | 43 | |
| 4 | 24 | 44 | |
| 5 | 25 | 45 | |
| 6 | 26 | 46 | |
| 7 | 27 | 47 | |
| 8 | 28 | 48 | |
| 9 | 29 | 49 | |
| 10 | 30 | 50 | |
| 11 | 31 | 51 | |
| 12 | 32 | 52 | |
| 13 | 33 | 53 | |
| 14 | 34 | 54 | |
| 15 | 35 | 55 | |
| 16 | 36 | 56 | |
| 17 | 37 | 57 | |
| 18 | 38 | 58 | |
| 19 | 39 | 59 | |
| 20 | 40 | 60 | |

Sexo: Hembra

| Lc (mm) | Lc (mm) | Lc (mm) | Lc (mm) |
|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 21 | 41 | |
| 2 | 22 | 42 | |
| 3 | 23 | 43 | |
| 4 | 24 | 44 | |
| 5 | 25 | 45 | |
| 6 | 26 | 46 | |
| 7 | 27 | 47 | |
| 8 | 28 | 48 | |
| 9 | 29 | 49 | |
| 10 | 30 | 50 | |
| 11 | 31 | 51 | |
| 12 | 32 | 52 | |
| 13 | 33 | 53 | |
| 14 | 34 | 54 | |
| 15 | 35 | 55 | |
| 16 | 36 | 56 | |
| 17 | 37 | 57 | |
| 18 | 38 | 58 | |
| 19 | 39 | 59 | |
| 20 | 40 | 60 | |

Sexo: Hembra ovífera

| Lc (mm) | Lc (mm) | Lc (mm) | Lc (mm) |
|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 21 | 41 | |
| 2 | 22 | 42 | |
| 3 | 23 | 43 | |
| 4 | 24 | 44 | |
| 5 | 25 | 45 | |
| 6 | 26 | 46 | |
| 7 | 27 | 47 | |
| 8 | 28 | 48 | |
| 9 | 29 | 49 | |
| 10 | 30 | 50 | |
| 11 | 31 | 51 | |
| 12 | 32 | 52 | |
| 13 | 33 | 53 | |
| 14 | 34 | 54 | |
| 15 | 35 | 55 | |
| 16 | 36 | 56 | |
| 17 | 37 | 57 | |
| 18 | 38 | 58 | |
| 19 | 39 | 59 | |
| 20 | 40 | 60 | |

Mestreador: _____

Observaciones



**FORMULARIO PARA EL
MUESTREO BIOLÓGICO-PESQUERO
CAMARON DE VEGA (*Parastacus pugnax*)**



Fecha: ____ / ____ / ____

Ficha N° _____

Sexo: Macho (M)

Hembra(H)

Hembra ovífera (HO)

| N° | Marcaje (M) Recaptura (R) | Código | Intersexo | Sexo | Longitud Cefalotorax | Longitud total | Peso total | Contex. Caparazón | Mad. Huevos/ N° de huevos |
|----|------------------------------|--------|-----------|------|-------------------------|-------------------|------------|----------------------|------------------------------|
| 1 | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | |
| 0 | | | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | |
| 0 | | | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | |
| 0 | | | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | |
| 0 | | | | | | | | | |

Muestreador: _____

Observaciones:

Anexo 4
Códigos generados para el marcaje de ejemplares de *P. pugnax*

Tabla 16
Códigos generados a partir de la asignación de números a los colores de la marca tipo
“cinturón”

| Código |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 101 | 175 | 273 | 367 | 464 | 602 | 676 | 765 | 1074 | 1272 | 1367 | 1454 | 1542 | 1637 | 1735 |
| 102 | 176 | 274 | 371 | 465 | 603 | 701 | 767 | 1075 | 1273 | 1371 | 1456 | 1543 | 1641 | 1736 |
| 103 | 201 | 275 | 372 | 467 | 604 | 702 | 1012 | 1076 | 1274 | 1372 | 1457 | 1545 | 1642 | 1737 |
| 104 | 202 | 276 | 373 | 501 | 605 | 703 | 1013 | 1201 | 1275 | 1373 | 1461 | 1546 | 1643 | 1741 |
| 105 | 203 | 301 | 374 | 502 | 606 | 704 | 1014 | 1202 | 1276 | 1374 | 1462 | 1547 | 1645 | 1742 |
| 106 | 204 | 302 | 375 | 503 | 607 | 705 | 1015 | 1203 | 1301 | 1375 | 1463 | 1561 | 1646 | 1743 |
| 107 | 205 | 303 | 376 | 504 | 612 | 706 | 1016 | 1204 | 1302 | 1376 | 1464 | 1562 | 1647 | 1745 |
| 121 | 206 | 304 | 401 | 505 | 613 | 712 | 1017 | 1205 | 1303 | 1401 | 1465 | 1563 | 1651 | 1746 |
| 123 | 207 | 305 | 402 | 506 | 614 | 713 | 1021 | 1206 | 1304 | 1402 | 1467 | 1564 | 1652 | 1747 |
| 124 | 212 | 306 | 403 | 507 | 615 | 714 | 1023 | 1207 | 1305 | 1403 | 1471 | 1565 | 1653 | 1751 |
| 125 | 213 | 307 | 404 | 512 | 616 | 715 | 1024 | 1212 | 1306 | 1404 | 1472 | 1567 | 1654 | 1752 |
| 126 | 214 | 312 | 405 | 513 | 617 | 716 | 1025 | 1213 | 1307 | 1405 | 1473 | 1571 | 1656 | 1753 |
| 127 | 215 | 313 | 406 | 514 | 621 | 717 | 1026 | 1214 | 1312 | 1406 | 1474 | 1572 | 1657 | 1754 |
| 131 | 216 | 314 | 407 | 515 | 623 | 721 | 1027 | 1215 | 1313 | 1407 | 1475 | 1573 | 1671 | 1756 |
| 132 | 217 | 315 | 412 | 516 | 624 | 723 | 1031 | 1216 | 1314 | 1412 | 1476 | 1574 | 1672 | 1757 |
| 134 | 231 | 316 | 413 | 517 | 625 | 724 | 1032 | 1217 | 1315 | 1413 | 1501 | 1575 | 1673 | 1761 |
| 135 | 232 | 317 | 414 | 521 | 626 | 725 | 1034 | 1231 | 1316 | 1414 | 1502 | 1576 | 1674 | 1762 |
| 136 | 234 | 321 | 415 | 523 | 627 | 726 | 1035 | 1232 | 1317 | 1415 | 1503 | 1601 | 1675 | 1763 |
| 137 | 235 | 323 | 416 | 524 | 631 | 727 | 1036 | 1234 | 1321 | 1416 | 1504 | 1602 | 1676 | 1764 |
| 141 | 236 | 324 | 417 | 525 | 632 | 731 | 1037 | 1235 | 1323 | 1417 | 1505 | 1603 | 1701 | 1765 |
| 142 | 237 | 325 | 421 | 526 | 634 | 732 | 1041 | 1236 | 1324 | 1421 | 1506 | 1604 | 1702 | 1767 |
| 143 | 241 | 326 | 423 | 527 | 635 | 734 | 1042 | 1237 | 1325 | 1423 | 1507 | 1605 | 1703 | |
| 145 | 242 | 327 | 424 | 531 | 636 | 735 | 1043 | 1241 | 1326 | 1424 | 1512 | 1606 | 1704 | |
| 146 | 243 | 341 | 425 | 532 | 637 | 736 | 1045 | 1242 | 1327 | 1425 | 1513 | 1607 | 1705 | |
| 147 | 245 | 342 | 426 | 534 | 641 | 737 | 1046 | 1243 | 1341 | 1426 | 1514 | 1612 | 1706 | |
| 151 | 246 | 343 | 427 | 535 | 642 | 741 | 1047 | 1245 | 1342 | 1427 | 1515 | 1613 | 1707 | |
| 152 | 247 | 345 | 431 | 536 | 643 | 742 | 1051 | 1246 | 1343 | 1431 | 1516 | 1614 | 1712 | |
| 153 | 251 | 346 | 432 | 537 | 645 | 743 | 1052 | 1247 | 1343 | 1432 | 1517 | 1615 | 1713 | |
| 154 | 252 | 347 | 434 | 541 | 646 | 745 | 1053 | 1251 | 1345 | 1434 | 1521 | 1616 | 1714 | |
| 156 | 253 | 351 | 435 | 542 | 647 | 746 | 1054 | 1252 | 1346 | 1435 | 1523 | 1617 | 1715 | |
| 157 | 254 | 352 | 436 | 543 | 651 | 747 | 1056 | 1253 | 1351 | 1436 | 1524 | 1621 | 1716 | |
| 161 | 256 | 353 | 437 | 545 | 652 | 751 | 1057 | 1254 | 1352 | 1437 | 1525 | 1623 | 1717 | |
| 162 | 257 | 354 | 451 | 546 | 653 | 752 | 1061 | 1256 | 1353 | 1441 | 1526 | 1624 | 1721 | |
| 163 | 261 | 355 | 452 | 547 | 654 | 753 | 1062 | 1257 | 1354 | 1442 | 1527 | 1625 | 1723 | |
| 164 | 262 | 356 | 453 | 561 | 656 | 754 | 1063 | 1261 | 1356 | 1443 | 1531 | 1626 | 1724 | |
| 165 | 263 | 357 | 454 | 562 | 657 | 756 | 1064 | 1262 | 1357 | 1445 | 1532 | 1627 | 1725 | |
| 167 | 264 | 361 | 456 | 563 | 671 | 757 | 1065 | 1263 | 1361 | 1446 | 1534 | 1631 | 1726 | |
| 171 | 265 | 362 | 457 | 564 | 672 | 761 | 1067 | 1264 | 1362 | 1447 | 1535 | 1632 | 1727 | |
| 172 | 267 | 363 | 461 | 565 | 673 | 762 | 1071 | 1265 | 1363 | 1451 | 1536 | 1634 | 1731 | |
| 173 | 271 | 364 | 462 | 567 | 674 | 763 | 1072 | 1267 | 1364 | 1452 | 1537 | 1635 | 1732 | |
| 174 | 272 | 365 | 463 | 601 | 675 | 764 | 1073 | 1271 | 1365 | 1453 | 1541 | 1636 | 1734 | |

Anexo 5
Personas que participaron en las actividades llevadas a cabo en la investigación



Figura 52. Imágenes de algunas de las personas que apoyaron las actividades de muestreo.