

**Pontificia Universidad Católica de Valparaíso  
Facultad de Recursos Naturales  
Escuela de Ciencias del Mar  
Valparaíso - Chile**

**INFORME FINAL**

**“Evaluación de stock y distribución de la langosta y el  
cangrejo dorado en el archipiélago de Juan Fernández”  
(Proyecto FIP N°2005-21)**

**Valparaíso, diciembre de 2006**



---

<b>Título del Proyecto</b>	“Evaluación de stock y distribución de la langosta y el cangrejo dorado en el archipiélago de Juan Fernández” (Proyecto FIP N°2005-21)
<b>Requirente:</b>	Fondo de Investigación Pesquera (FIP)
<b>Contraparte:</b>	Pontificia Universidad Católica de Valparaíso Facultad de Recursos Naturales
<b>Unidad Ejecutora:</b>	Escuela de Ciencias del Mar Avda. Altamirano 1480 Casilla 1020 Valparaíso
<b>Investigador responsable:</b>	Patricio Arana E. Escuela de Ciencias del Mar Pontificia Universidad Católica de Valparaíso Fonos: (32) 2274247 - 2274237 Fax: (32) 2274247 E-mail: parana@ucv.cl

---

Referencia del documento:

**P. Arana, M. Ahumada, A. Guerrero, V. Espejo, E. Yáñez, C. Silva, B. Ernst & J.M. Orensanz. 2006.**  
“Evaluación de stock y distribución de la langosta y el cangrejo dorado en el archipiélago de Juan Fernández” (Proyecto FIP N°2005-21). Informe final. Estud. Doc, Pont. Univ. Católica Valparaíso, 27/2006: 257 pp.

Distribución de ejemplares:

---

10	Fondo de Investigación Pesquera (FIP)
1	Escuela de Ciencias del Mar, PUCV
1	Investigador responsable

---

## DOCUMENTOS GENERADOS DURANTE LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO

---

**Escuela de Ciencias del Mar (PUCV). 2005.** "Evaluación de stock y distribución de la langosta y el cangrejo dorado en el archipiélago de Juan Fernández" (Proyecto FIP N°2005-21). Propuesta Técnica, Pont. Univ. Católica Valparaíso, 187 pp.

**Escuela de Ciencias del Mar (PUCV). 2005.** Evaluación de stock y distribución de la langosta y el cangrejo dorado en el archipiélago de Juan Fernández" (Proyecto FIP N°2005-21). Propuesta Económica, Pont. Univ. Católica Valparaíso, 28 pp.

**Arana, P., M. Ahumada & A. Guerrero. 2006.** Evaluación de stock y distribución de la langosta y el cangrejo dorado en el archipiélago de Juan Fernández" (Proyecto FIP N°2005-21). Informe de Avance. Estud. Doc, Pont. Univ. Católica Valparaíso, 5/2006: 192 pp.

**Arana, P., M. Ahumada, A. Guerrero, V. Espejo, E. Yáñez, C. Silva, B. Ernst & J.M. Orensanz. 2006.** "Evaluación de stock y distribución de la langosta y el cangrejo dorado en el archipiélago de Juan Fernández" (Proyecto FIP N°2005-21). Pre Informe final. Estud. Doc, Pont. Univ. Católica Valparaíso, 16/2006: 230 pp.

**P. Arana, M. Ahumada, A. Guerrero, V. Espejo, E. Yáñez, C. Silva, B. Ernst & J.M. Orensanz. 2006.** "Evaluación de stock y distribución de la langosta y el cangrejo dorado en el archipiélago de Juan Fernández" (Proyecto FIP N°2005-21). Informe final. Estud. Doc, Pont. Univ. Católica Valparaíso, 27/2006: 257 pp.

---

## CRONOLOGÍA

---

### "Evaluación de stock y distribución de la langosta y cangrejo dorado en el archipiélago de Juan Fernández" (Proyecto FIP N°2005-21)

---

<u>Fecha</u>	<u>Actividad</u>
30.may.05	La Pontificia Universidad Católica de Valparaíso postula al llamado a concurso convocado por el Fondo de Investigación Pesquera.
20.jul.05	Por carta FIP N°556, se informa que fue adjudicado a la Universidad la ejecución del proyecto, con observaciones que deben ser respondidas a la brevedad.
04.ago.05	Se hace entrega al FIP de las cuatro copias firmadas del Contrato de Investigación y la Boleta de Garantía de fiel cumplimiento del contrato.
15.ago.05	Se envía al FIP carta y la respuesta a las observaciones formuladas por los evaluadores de la propuesta.
31.ago.05	La Subsecretaría de Pesca emite Decreto Supremo N°1059 que aprueba contrato de Investigación celebrado entre el Consejo de Investigación Pesquera y la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.
31.ago.05	La Contraloría General de la República toma razón del proyecto de investigación.
23.sep.05	Se envía factura y boleta de garantía para el cobro del primer aporte para la realización del proyecto.
07.oct.05	Se recibe el primer aporte financiero (50%) de parte del FIP para la realización del proyecto.
03.oct.05	Investigadores de la PUCV viajan al archipiélago para dar inicio a las actividades del proyecto.
23.nov.05	Comienzan las labores destinadas a determinar la distribución en profundidad del cangrejo dorado mediante la realización de tres transectas entre 300 y 1000 m, mediante el empleo de dos chalupas de alta mar.  Paralelamente, se efectúa las experiencias de filmaciones submarinas tanto diurnas como nocturnas, entre 5 y 12 m de profundidad, las que se extienden hasta el 01 de diciembre.
04.mar.06	Finaliza la ejecución de las transectas.
20.mar.06	Se da comienzo al experimento de reducción de stock.
31.mar.06	Se hace entrega al FIP del Informe de Avance.
04-may.06	Se da término al experimento de reducción de stock.

24.abr.06	Se recibe del FIP carta aprobando el Informe de Avance.
03.may.06	Se envía factura y boleta de garantía para el cobro del segundo aporte para la realización del proyecto, al haber sido aprobado el Informe de Avance.
09.may.06	La Unidad Ejecutora del proyecto solicita postergación de la fecha de entrega del Preinforme Final para el 30 de junio de 2006 y la realización del Taller de Difusión a la primera semana de octubre.
18.may.06	La secretaría del FIP acepta las modificaciones solicitadas por el Ejecutor del proyecto
02.jun.06	Se recibe el segundo aporte financiero (20%) de parte del FIP para la realización del proyecto.
14.jul.06	Se entrega el Preinforme Final.
21.sep.06	El FIP informa que ha sido aprobado del pre-informe final, solicitando al mismo tiempo que se incorporen en el informe final algunas observaciones menores sugeridas por el evaluador.
29.sep.06	Se realiza Taller Técnico en el cual se exponen los resultados. Este se realiza en el Auditorio Ximena Reyes de la Escuela de Ciencias del Mar (PUCV).
10.oct.06	La unidad ejecutora del proyecto envía carta a la Secretaría del FIP solicitando postergación de la entrega del Informe final en atención a que se debe realizar el taller de difusión de resultados en la isla y que por dificultades en los vuelos que conectan ese archipiélago con el continente sólo se podrá realizar a finales de noviembre.
13.oct.06	Se recibe respuesta afirmativa de la Secretaría del FIP, autorizando la entrega en fecha posterior a la realización del Taller de Difusión de Resultados que se realizará en la isla Robinson Crusoe.
26.nov.06	Se realiza en el auditorium de la Casa de la Cultura de isla Robinson Crusoe (archipiélago de Juan Fernández) el Taller de Difusión de Resultados.
06.dic.06	Se hace entrega al FIP del Informe Final del proyecto.

---

## CONTENIDO

pág.

---

<b>AUTORES</b>	<b>1</b>
<b>TERMINOS BASICOS DE REFERENCIA</b>	<b>2</b>
<b>RESUMEN EJECUTIVO</b>	<b>7</b>
<b>LISTADO DE TABLAS</b>	<b>12</b>
<b>LISTADO DE FIGURAS</b>	<b>15</b>
<b>PRESENTACION</b>	<b>21</b>
<b>METODOLOGIA DE TRABAJO</b>	<b>22</b>
<b>ASPECTOS GENERALES</b>	<b>22</b>
Especies objetivo	23
Área global de prospección y período de estudio	23
Aspectos operacionales	24
Embarcaciones y aparejos de pesca	24
Diseño de muestreo	28
Diseño proyecto FIP 2004-48	28
Diseño de evaluación directa	30
Área de influencia de las trampas	30
Método de reducción de stock	30
<b>METODOLOGÍA DE TRABAJO POR OBJETIVO</b>	<b>31</b>
<b>Objetivo N°1. Determinar la distribución geográfica y batimétrica de la langosta de Juan Fernández y del cangrejo dorado</b>	<b>31</b>
Distribución espacial de los recursos objetivo	31
Recopilación de información	31
Cartografía	31
<b>Objetivo N°2. Determinar la biomasa vulnerable total (en peso) y abundancia vulnerable total (n°individuos), según talla y sexo, de ambos recursos en el área de estudio, al interior y exterior del área de reserva de pesca artesanal (ARPA)</b>	<b>36</b>
Evaluación del stock de langosta de Juan Fernández	37
Información utilizada	37
Método de evaluación indirecta del stock de langosta de Juan Fernández estructurado a la talla	39

---

---

Modelo dinámico estructurado por tallas	42
Dinámica poblacional de la langosta de Juan Fernández	42
Modelo de dinámica poblacional	43
Bases de datos	44
Estadísticas pesqueras	45
Modelación	46
Evaluación del stock de cangrejo dorado	48
Método de evaluación indirecta del stock estructurado a la talla	48
Información utilizada	48
Método de evaluación del stock de cangrejo dorado estructurado a la talla	49
Dinámica de poblaciones	50
Modelo de las observaciones	51
Modelo Estadístico	51
Método de área teórica de influencia de las trampas	53
Estimación del área de influencia del aparejo de pesca	54
Método de reducción de stock	56
Estructura del stock	58
Estructura de tallas	58
Proporción sexual global y a la talla	59
Relación longitud-peso	59
Desagregación de la biomasa vulnerable	61
Intervalos de confianza de la biomasa vulnerable	62
Estimación de biomasa al interior y exterior del ARPA	62
Comportamiento in situ de la langosta de Juan Fernández	62
Cámara Submarina	63
Embarcación participante	65
Área y período de estudio	65
Metodología de filmaciones	66
<b>Objetivo N°3. Caracterizar la fauna acompañante asociada a la extracción de ambos recursos</b>	<b>68</b>
<b>Objetivo N°4. Determinar el estado de situación de la langosta de Juan Fernández</b>	<b>69</b>
<b>Objetivo N°5. Analizar las medidas de regulación actualmente aplicadas en la pesquería de langosta de Juan Fernández y recomendar medidas para mejorar su administración</b>	<b>70</b>
<b>Objetivo N°6. Proponer medidas de regulación y desarrollo para la pesquería de cangrejo dorado en el archipiélago de Juan Fernández</b>	<b>72</b>

---

---

<b>RESULTADOS</b>	<b>73</b>
Resultados operacionales	73
Transectas de pesca	76
Estimación del área de influencia del aparejo de pesca	79
Experimento de reducción de stock	80
<b>RESULTADOS POR OBJETIVO</b>	<b>82</b>
<b>Objetivo N°1. Determinar la distribución geográfica y batimétrica de la langosta de Juan Fernández y del cangrejo dorado</b>	<b>82</b>
a) Langosta de Juan Fernández	82
b) Cangrejo dorado	96
<b>Objetivo N°2. Determinar la biomasa vulnerable total (en peso) y abundancia vulnerable total (nº individuos), según talla y sexo, de ambos recursos en el área de estudio, al interior y exterior del área de reserva de pesca artesanal (ARPA)</b>	<b>105</b>
Evaluación del stock de langosta	105
Incertidumbre	109
Modelo dinámico estructurado por tallas	113
Datos históricos	113
Modelo dinámico	122
Evaluación del stock de cangrejo dorado	124
Incertidumbre	126
Método de área teórica de influencia de las trampas	131
Rendimientos de pesca	131
Estructura de tallas	133
Experimento de separación de trampas	133
Método de reducción de stock	139
Estructura de tallas	141
Estructura del stock	144
Proporción sexual y estructura de tallas	144
a) Langosta de Juan Fernández	144
Proporción sexual	144
Porcentaje de hembras ovíferas	145
Talla media y distribución de frecuencia de tallas	146
b) Cangrejo dorado	150
Proporción sexual	150
Talla media y distribución de frecuencia de tallas	150
Relación longitud-peso	155
a) Langosta de Juan Fernández	155
b) Cangrejo dorado	155
Filmaciones submarinas	157

---

---

<b>Objetivo N°3. Caracterizar la fauna acompañante asociada a la extracción de ambos recursos</b>	<b>167</b>
Obtención de la información	167
Análisis de la información	167
Cangrejo dorado de Juan Fernández	170
<b>Objetivo N°4. Determinar el estado de situación de la langosta de Juan Fernández</b>	<b>172</b>
<b>Objetivo N° 5. Analizar las medidas de regulación actualmente aplicadas en la pesquería de la langosta de Juan Fernández y recomendar medidas para mejorar su administración</b>	<b>175</b>
<b>Objetivo N° 6. Proponer medidas de regulación y desarrollo para la pesquería de cangrejo dorado en el archipiélago de Juan Fernández</b>	<b>175</b>
<b>ADDENDUM</b>	
<b>Características oceanográficas alrededor de la isla Robinson Crusoe (Diciembre de 2005 a marzo de 2006)</b>	<b>189</b>
<b>DISCUSIÓN</b>	<b>203</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>213</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b>	<b>217</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>223</b>
<b>ANEXO 1. EVALUACIÓN INDIRECTA DEL STOCK DE LANGOSTA INCORPORANDO, LA INCERTIDUMBRE DE LA MORTALIDAD NATURAL</b>	<b>223</b>
<b>ANEXO 2. MATERIAL FOTOGRÁFICO DEL PROYECTO</b>	<b>237</b>
<b>ANEXO 3. DESAGREGACIÓN DE LA BIOMASA VULNERABLE (ton) A LA TALLA (mm), SEXO Y ESPECIE OBJETIVO</b>	<b>245</b>
<b>ANEXO 4. PERSONAL PARTICIPANTE Y HORAS HOMBRE (HH) COMPROMETIDAS EN EL PROYECTO</b>	<b>250</b>

---

## **EVALUACIÓN DE STOCK Y DISTRIBUCIÓN DE LA LANGOSTA Y EL CANGREJO DORADO EN EL ARCHIPIÉLAGO DE JUAN FERNÁNDEZ (PROYECTO FIP Nº2005-21)**

### **AUTORES**

Patricio Arana E.  
*Jefe de Proyecto*

Mauricio Ahumada E.  
*Evaluación directa de cangrejo dorado*

Aurora Guerrero C.  
*Análisis de información biológica pesquera de cangrejo dorado y langosta de Juan Fernández*

Víctor Espejo B.  
*Evaluación indirecta de langosta de Juan Fernández y cangrejo dorado.*

Eleuterio Yáñez R.  
*Evaluación indirecta de langosta de Juan Fernández y cangrejo dorado.*

Claudio Silva G.  
*Análisis espacial de información biológico-pesquera.*

Billy Ernst E.  
*Modelo dinámico de biomasa langosta, análisis medidas de regulación.*

J.M. Orensanz  
*Modelo dinámico de biomasa langosta, análisis medidas de regulación.*

### **COLABORADORES**

Pedro Apablaza B.  
*Coordinación operacional de actividades de monitoreo en Juan Fernández.*

Nelson Silva S.  
*Caracterización oceanográfica de la isla Robinson Crusoe.*

Yenny Guerrero A.  
*Caracterización oceanográfica de la isla Robinson Crusoe.*

Carmen Luz Fernández R.  
*Asesoría computacional*

Sergio Salinas M.  
*Digitación información, análisis datos*

Alejandra Arellano M.  
*Análisis de datos.*

## TERMINOS BASICOS DE REFERENCIA

- 1 **PROYECTO:** "Evaluación de stock y distribución de la langosta y cangrejo dorado en el Archipiélago de Juan Fernández"

### 2 ANTECEDENTES

La economía del Archipiélago de Juan Fernández, territorio insular frente a las costas de Chile central, se caracteriza por estar basada en la extracción de recursos del mar, y en menor escala, en el turismo durante los meses de verano. Así, la pesca de la langosta de Juan Fernández (*Jasus frontalis*), ha permitido por décadas la subsistencia de familias, ya sea por su captura y comercialización, o por el aporte de visitantes atraídos al lugar por su historia y la fama de dicho recurso.

De esta manera, y de acuerdo a la importancia del recurso precitado para la subsistencia del archipiélago, resulta inquietante constatar la sostenida disminución de desembarques de *J. frontalis* durante las últimas décadas, los cuales han pasado de cifras entorno a las 120 ton/año en el período 1952 - 1964 a alrededor de 20 ton en promedio durante los últimos años. En este contexto, trabajos de investigación en las islas, efectuados en la década de los años ochenta y noventa (FIP IT 96/22), constataron ya niveles de explotación intensos, previéndose la consiguiente reducción de la biomasa en el largo plazo.

En el caso del cangrejo dorado (*Chaceon chilensis*), su explotación es una actividad incipiente en las islas. En efecto, los primeros antecedentes respecto de su potencialidad pesquera fueron recopilados en 1997, en el marco de un proyecto destinado a la identificación de especies alternativas a *J. frontalis*, a fin de disminuir la presión pesquera sobre este último recurso (FIP IT 95/25). La información disponible a la fecha respecto de esta especie es aun incompleta, conociéndose una estimación de biomasa vulnerable preliminar entorno a las islas Robinson Crusoe y Santa Clara, además de información relativa a proporción sexual, distribución batimétrica, relaciones morfométricas, mortalidad natural y parámetros de crecimiento.

En el contexto precitado, el Consejo de Investigación Pesquera teniendo presente lo informado por la Subsecretaría de Pesca y la conveniencia de contar con estos antecedentes para evaluar las decisiones relevantes de administración pesquera relacionadas con los niveles de explotación permisibles, ha decidido incluir el presente proyecto de investigación pesquera del año 2005.

### **3 OBJETIVO GENERAL**

- 3.1 Realizar una evaluación de stock de langosta de Juan Fernández (*Jasus frontalis*) y de cangrejo dorado (*Chaceon chilensis*) en el Archipiélago de Juan Fernández.

### **4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- 4.1 Determinar la distribución geográfica y batimétrica de la langosta de Juan Fernández y del cangrejo dorado.
- 4.2 Determinar la biomasa vulnerable total (en peso) y abundancia vulnerable total (Nº individuos), según talla y sexo, de ambos recursos en el área de estudio, al interior y exterior del Área de Reserva de Pesca Artesanal (ARPA).
- 4.3 Caracterizar la fauna acompañante asociada a la extracción de ambos recursos.
- 4.4 Determinar el estado de situación de la langosta de Juan Fernández.
- 4.3 Analizar las medidas de regulación actualmente aplicadas en la pesquería de la langosta de Juan Fernández y recomendar medidas para mejorar su administración.
- 4.6 Proponer medidas de regulación y desarrollo para la pesquería de cangrejo dorado en el Archipiélago de Juan Fernández.

### **5 METODOLOGÍA**

- 5.1 El proponente deberá desarrollar en su propuesta técnica, en concordancia a con lo consignado en el punto 5.1, letra (d) de las Bases Administrativas de los concursos FIP lo siguiente: (i) descripción de la o las metodologías que utilizará para dar cumplimiento al objetivo general y objetivos específicos en términos fundados; (ii) un programa de actividades detallado; (iii) composición y organización del equipo de trabajo; (iv) cronograma mensual de la asignación de las horas hombre (HH) de cada miembro del equipo de trabajo; (v) experiencia de dicho equipo de trabajo y del proponente en el tema del proyecto.

Además, el proponente deberá en la propuesta económica dar cumplimiento a lo consignado en el punto 5.2, letra d) de las Bases Administrativas precitadas. De la misma forma el proponente deberá considerar en su proposición de plan de pago una última cuota equivalente al 20% del monto total propuesto para ejecutar el proyecto, a ser cancelada una vez aprobado el informe final del proyecto.

El proponente no podrá incluir dentro de su propuesta económica inversiones en activos fijos. Sin perjuicio de lo anterior, el Consejo podrá autorizar en forma extraordinaria la incorporación de inversiones cuando ellas sean indispensables para la ejecución del proyecto y el equipo o tecnología no se encuentre disponible en Chile y/o no pueda ser arrendado, en cuyo caso pasarán a ser propiedad del Estado de Chile.

- 5.2 Para dar cumplimiento al objetivo general y los objetivos específicos del proyecto, el consultor deberá considerar los siguientes aspectos metodológicos relevantes: (i) Un análisis crítico de las alternativas de evaluación directa aplicables a ambos recursos, (ii) Un diseño de muestreo que permita determinar la distribución y biomasa vulnerable de ambos recursos objetivo, tomando en cuenta lo indicado en el punto anterior; (iii) Un diseño de muestreo que permita determinar la estructura de tallas de ambos recursos objetivo; (iii) Estimadores de biomasa e intervalos de confianza asociados; (iv) Desarrollo de un taller de difusión de resultados y discusión de alternativas de manejo de ambos recursos, en la isla Robinson Crusoe, y que

cuenta con la participación de pescadores artesanales para lo cual se deberá indicar su fecha tentativa de ejecución, así como los mecanismos de difusión del mismo en la isla; (v) La toma de datos debe desarrollarse, al menos, entorno a las islas Santa Clara y Robinson Crusoe.

- 5.3 Para el desarrollo del Objetivo N°1, los proponentes deberán elaborar cartografía con la posición georreferenciada de cada lance de pesca indicando el límite del Área de Reserva Artesanal, para lo cual se deberá considerar información del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile (SHOA).
- 5.4 En el Objetivo N°2, la Propuesta Técnica deberá justificar técnicamente la metodología de evaluación directa que al menos empleará, considerando las características de ambas pesquerías. Los resultados deberán considerar esquemas de los aparejos de pesca empleados en el transcurso de la prospección, además de las características de la(s) embarcación(es) utilizada(s) como plataforma de trabajo.
- 5.5 Para llevar a cabo el Objetivo N°3, la propuesta técnica deberá considerar metodológicamente, al menos, la proporción de la captura (en peso), de cada especie extraída, respecto a la captura total y a la captura de la especie objetivo, además de su frecuencia de ocurrencia.
- 5.6 El estado de situación del stock de langosta de Juan Fernández deberá discutirse a la luz de la información histórica disponible. Igualmente, y tomando en cuenta los resultados del taller de difusión y discusión que se desarrollará en la isla Robinson Crusoe, se deberá recomendar medidas para mejorar su administración.
- 5.7 El desarrollo del Objetivo N°5 deberá considerar la opinión de los actores participantes en la captura de cangrejo dorado, tanto artesanales, como industriales si los hubiere a la fecha de desarrollo del estudio. Las medidas propuestas deberán considerar las conclusiones del taller de difusión y discusión.
- 5.8 El proyecto tendrá una duración de siete (7) meses, debiendo desarrollarse las actividades de pesca el segundo semestre de 2005, luego de la fecha de término de tramitación del decreto del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción que aprueba el contrato de investigación entre el Consejo de Investigación Pesquera y el consultor adjudicatario de la licitación. En la eventualidad que el inicio del proyecto difiera de la fecha indicada en el párrafo anterior el consultor deberá explicitar y justificar claramente las razones por las cuales el proyecto deberá desarrollarse en los plazos por él indicados, lo antes señalado deberá estar inserto en el capítulo de metodología. Esta modificación, en caso que corresponda, será analizada y sancionada por el Consejo de Investigación Pesquera para su aprobación definitiva, durante el proceso de calificación de las propuestas técnicas recibidas en el concurso de este proyecto.
- 5.9 El consultor deberá entregar al Consejo de Investigación Pesquera los siguientes informes, los cuales deberán presentar un formato acorde a lo señalado en el punto 15.4 de las Bases Administrativas del FIP.
  - a) Un Informe de avance, un mes después de finalizados la totalidad de los cruceros, detallando las actividades operacionales realizadas durante los mismos, la georreferenciación de los lances desarrollados, y la totalidad de las bases de datos generadas durante los cruceros.
  - b) Un Preinforme final, con todos los resultados consignados en los Términos Básicos de Referencia, el que deberá entregarse a más tardar un mes después de aprobado el Informe de Avance.

Se deberá poner a disposición del Consejo de Investigación Pesquera las bases de datos de la información generada, desarrollada y recopilada en el proyecto, en formato DBF, en diskettes de alta densidad de 3,5" o CD. El nombre del archivo deberá tener un máximo de 8 caracteres y deberá ser alfanumérico; dentro del archivo cada columna deberá ser identificada con un nombre de campo, el cual deberá tener una extensión máxima de 10 caracteres, no conteniendo espacios.

No deberá existir ningún texto explicativo dentro del archivo de datos mismo. Deberá entregarse un archivo de índice, el cual deberá contener una descripción de todos y cada uno de los archivos de datos que conforman el proyecto. Este archivo deberá tener formato DBF y estará formado por cuatro campos (Campo 1= COD\_PROYEC; Campo 2=RUTA; Campo 3= ARCH; Campo 4= DESCRIPCIO), el cual será usado por el sistema para conectar los archivos de datos e información y asociarlos al proyecto. Este requerimiento será evaluado junto con el pre-informe final.

- c) Un informe final, al finalizar el plazo de ejecución del proyecto, habida consideración de las observaciones realizadas al pre-informe final.

En cada uno de los informes (avance, pre-informe final, informe final) deberá contener un anexo específico que se titulará "Personal participante por actividad", donde deberá consignarse el personal participante señalando para cada objetivo del proyecto los nombres de los profesionales, técnicos y/o muestreadores que ejecutaron las actividades más relevantes, indicando las horas empleadas en cada una de ellas. Asimismo, en el caso de muestreos deberán entregarse detalles de período (fechas) y lugares (geográficos).

- 5.10 El proponente deberá comprometer la obtención de material fotográfico y/o audiovisualmente que de cuenta de las principales actividades del proyecto, éste deberá estar indicado en la propuesta técnica, describiendo el contenido del material para (los) informe(s) de avance y/o el pre-informe final, para fines de difusión que el Consejo del FIP determine. Este material podrá ser entregado en medios magnéticos, negativo o impreso.
- 5.11 La Subsecretaría de Pesca autorizará una pesca de investigación para la realización del presente proyecto. Luego del muestreo, y de la retención de muestras para análisis de laboratorio, se podrá disponer de las capturas obtenidas durante los cruceros de prospección y evaluación.
- 5.12 El proponente deberá presentar, en su respectiva Propuesta Técnica, una carta compromiso de la organización de pescadores artesanales del archipiélago, dando cuenta de su colaboración respecto del empleo de naves y de la organización del taller de difusión y discusión.

## **6 RESULTADOS ESPERADOS**

El proponente deberá incluir los siguientes resultados tanto en el preinforme final como en el informe final.

- 6.1 Distribución espacial de ambos recursos en torno a las islas Robinson Crusoe y Santa Clara.
- 6.2 Biomasa y abundancia vulnerable total, por sexo e intervalos de confianza asociados, de ambos recursos, al interior y exterior del Área de Reserva Artesanal.
- 6.3 Estructura de tallas por sexo, proporción sexual global, proporción de hembras ovadas, y relación longitud-peso de ambas especies.
- 6.4 Composición de especies de fauna acompañante, y su relación respecto a las captura de ambos recursos.

- 6.5 Situación actual de la pesquería de langosta de Juan Fernández.
- 6.6 Conclusiones y recomendaciones del taller de difusión y discusión de medidas de manejo.
- 6.7 Proposición de medidas de administración, a la luz del estado de situación de la langosta de Juan Fernández, y de la discusión efectuada durante el taller de difusión en Robinson Crusoe.
- 6.8 Proposición de medidas de regulación y de desarrollo para la pesquería del cangrejo dorado, considerando la discusión efectuada durante el taller de difusión en Robinson Crusoe.

El proponente deberá tanto en el pre-informe final como en el informe final describir la metodología utilizada en el proyecto, proporcionar el resumen ejecutivo en formato Word (.doc), el que no deberá exceder de cinco paginas, y el documento íntegro en formato Word (.doc) y Excel (.xls), según corresponda, en diskettes de alta densidad de 3,5" o CD. Deberá estar documentada la estructura y contenido de todos los archivos que se entreguen.

**7      PRESUPUESTO: \$40.000.000.**

## RESUMEN EJECUTIVO

Con el fin de llevar a cabo el propósito general del proyecto, esto es, la evaluación de stock de *Jasus frontalis* y de *Chaceon chilensis*, el presente estudio fue complementado con datos provenientes del monitoreo de ambos recursos objetivo, generados en el marco del proyecto FIP 2004-48, el cual igualmente ha sido desarrollado por el consultor. De acuerdo a dicha fuente, se cuantificaron 141 salidas de pesca orientadas a la extracción de cangrejo dorado y 190 a la langosta de Juan Fernández. De este modo, durante dichas faenas se registró una captura comercial total de 8.370 ejemplares de cangrejo dorado (julio de 2005 a marzo de 2006) y 6.317 ejemplares de langosta (octubre de 2005 a marzo de 2006).

En tanto, en dicho lapso la captura total monitoreada (captura comercial más individuos bajo talla), correspondió a 10.696 ejemplares de cangrejo dorado y 35.904 de langosta de Juan Fernández. En el caso de las langostas, los machos presentaron rangos de talla entre 36,1 y 207,8 mm y entre 36,4 y 180,5 mm en hembras, mientras que en el cangrejo dorado en tanto, los rangos de talla fueron 48,0 y 177,4 mm en machos y, en las escasas hembras capturadas, se concentraron entre 73,2 y 117,2 mm de longitud cefalotorácica.

Respecto del número de trampas revisadas, éste fue 673 y 4.438 unidades en cangrejo dorado y langosta, respectivamente. En el cangrejo dorado la mayor cantidad se efectuó en agosto de 2005 (204 trampas) y en la langosta en enero de 2006 (1.070 trampas).

Igualmente, y de modo complementario, para levantar datos destinados a la evaluación directa de cangrejo dorado, entre el 23 de noviembre de 2005 y el 04 de marzo de 2006 se realizaron estaciones de pesca sobre tres transectas. Para ello, se utilizaron los botes N°115 "Don Pedro" y N°26 "Margarita". De este modo, el bote N°115 efectuó labores en las transectas 1 y 2 ("Cerro Alto" y "Bahía Cumberland), mientras que el bote N°26 fue utilizado en las tareas llevadas a cabo en la transecta 3. ("Puerto Francés"), para ello, se calaron trampas en 131 ocasiones, capturándose un total de 1.165 ejemplares de cangrejo entre 300 y 1000 m de profundidad.

Para estimar el radio de influencia del aparejo de pesca se llevó a cabo una experiencia *ad hoc* entre el 20 de febrero y el 08 de marzo de 2006. De acuerdo a los datos obtenidos, se estimó un radio efectivo ( $r_{ef}$ ) de 23,7 m por trampa, el cual genera un área efectiva ( $A_{ef}$ ) de 1.765 m<sup>2</sup>. Se efectuaron igualmente dos experimentos de reducción de stock, los que fueron llevados a cabo entre el 22 de marzo y el 28 de abril de 2006, a bordo de la embarcación "Guaiteca" (bote N°54).

A partir del análisis de la distribución de los recursos objetivo, la CPUE total (langostas capturadas/trampa) entre octubre 2005 y marzo 2006 indicó gran variabilidad, registrando valores altos (>2,5 langostas/trampa) en áreas costeras. Temporalmente, sobresalieron los altos valores de CPUE de octubre en contraposición a los bajos niveles obtenidos hacia finales del período de pesca.

Temporalmente, al inicio del período analizado (octubre) las tallas promedio fueron 93,0 mm incrementándose hasta llegar a un promedio máximo de 99,0 mm en diciembre. Con posterioridad, las tallas promedio disminuyeron alcanzando en marzo un mínimo de 91,0 mm de longitud cefalotorácica promedio.

Respecto del cangrejo dorado, entre julio 2005 y marzo 2006, se observó que los valores más altos por zona de pesca alcanzaron: 20,8 unidades/trampa en el estrato de profundidad entre 700 y 750 m en la zona 1; 16,3 unidades/trampa en profundidades entre 600 y 650 m en la zona 2; y 19 unidades/trampa en profundidades de 450 y 500 m en la zona 10.

La biomasa media explotable para la langosta se estimó en 179,1 ton (230.000 ejemplares). Por efecto de la explotación pesquera, la remoción en número fluctuó en torno al 12% respecto de la abundancia relativa disponible a inicios de la temporada. El nivel de explotación, tomando en cuenta los PBR  $F_{0.1}$  o  $F_{75\%F_{max}}$ , debería equivaler a una remoción en peso de un 7%, es decir, no mayor a 44 toneladas o 54.700 individuos por temporada.

Igualmente, se efectuó una evaluación incorporando incertidumbre a la estimación de mortalidad natural, estimada en torno a 0,19 y 0,17 para hembras y machos respectivamente. Las magnitudes de mortalidad por pesca del grupo de tallas completamente reclutado a la pesquería, en torno a 1,4 y 1,3, para hembras y machos respectivamente, resultaron superiores a la estimación del punto biológico de referencia (PBR)  $F_{max}$ , considerado como umbral de explotación, sobre que el cual comienza el riesgo de sobreexplotar la población desovante y de reducir el futuro reclutamiento.

La información biológico-pesquera actualmente disponible para la langosta de Juan Fernández tiene una serie de limitantes para el análisis. Así, resulta necesario fundamental abordar los siguientes aspectos: obtener un registro no sesgado de las capturas de langostas, tomar las medidas del caso para llevar una confiable estadística mensual, considerar como unidad de captura al número de langostas, agrupar los registros de captura por temporada, establecer una estadística de desembarque por isla, registrar capturas por salida y número de trampas utilizadas por pescador y por mes.

Respecto del cangrejo dorado, se estimó que la abundancia media para esta temporada de pesca fluctuó en torno a los 517.000 individuos "machos" (585,13 toneladas como biomasa media). Este dato concuerda con la estimación directa de *C. chilensis*, mediante área de influencia del aparejo de pesca.

Así, las faenas de pesca realizadas durante el período de análisis, debieron remover en torno al 5% de la abundancia media y una magnitud similar respecto de la biomasa media de la fracción de machos de la población. Considerando una mortalidad natural  $M = 0,15$  (año<sup>-1</sup>), la condición del recurso cangrejo dorado de Juan Fernández (*Chaceon chilensis*) es saludable. De acuerdo a ello, es recomendable que en el corto plazo no se excedan las 35 ton por temporada de pesca o por año calendario, evitándose de esta forma que se remueva más del 7% de la biomasa media.

Finalmente, cabe indicar que el ejecutor del proyecto efectuó por su cuenta un análisis oceanográfico de la isla durante el período en que se desarrolló la toma de datos a fin de enriquecer la información disponible para dicho territorio insular y favorecer la discusión de aspectos biológico-pesqueros tomando en cuenta su interacción con aspectos oceanográficos.

De esta manera, la distribución de la langosta se relaciona con las Aguas Subantárticas, caracterizadas por una relativamente baja salinidad, alto contenido de oxígeno disuelto y temperaturas en el rango de 18°C a 10°C en el límite inferior de esta masa de agua (200 m). El Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS), caracterizada por mayor salinidad y por un bajo nivel de oxígeno disuelto (<2 mL·L<sup>-1</sup>), es habitada por la centolla de Juan Fernández (*Paromola rathbuni*). Bajo dicha masa de agua, predomina el Agua Intermedia Antártica, con mayores contenidos de oxígeno disuelto y menor salinidad, con el núcleo centrado alrededor de los 600 m, rango concordante con la distribución en profundidad del cangrejo dorado, cuya mayor disponibilidad se encuentra entre 450 y 700 m.

Conforme a lo discutido en el Taller de difusión de resultados realizado en Valparaíso, existe consenso entre investigadores de distintas instituciones en cuanto a señalar el fracaso de los esfuerzos destinados a describir la dinámica poblacional de la langosta de Juan Fernández mediante modelos tradicionales. Así, se estima que los aspectos que deben abordarse para perfeccionar el diagnóstico de *J. frontalis* corresponden a mejorar la calidad de la información estadística disponible, además de tópicos relativos al estudio del ciclo larval y de su etapa de asentamiento, a fin de propender a la comprensión de las fases previas al reclutamiento a la pesquería.

Muchos asistentes manifestaron que en caso de que la Autoridad desee fijar medidas de manejo adicionales para el recurso, y siempre cuando los usuarios de la pesquería, es decir, los pescadores de Juan Fernández, manifiesten su conformidad, éstas debiesen orientarse al control del esfuerzo más que a los desembarques. Entre algunas ideas indicadas cabe señalar:

Establecer un número máximo de trampas por embarcación, las que sólo podrían ser trasladadas a caladero en un período acotado de tiempo, sin posibilidad de recambio durante la temporada.

Acortar el periodo en que se permite la extracción de la especie, sugiriéndose el cierre de la pesquería el 15 de abril de cada año.

Respecto de la pesquería de *C. chilensis*, hubo concordancia en cuanto a la conveniencia de mantener dicha actividad lo más libre de reglamentaciones posible a fin de fomentarla. No obstante lo anterior, se propuso como medida precautoria el establecer como tamaño mínimo de desembarque ejemplares que cuenten con a lo menos 130 mm de ancho cefalotorácico, que corresponde a la actual talla mínima de comercialización, a fin de proteger a los machos inmaduros y prácticamente la totalidad de las hembras, dado su menor tamaño relativo.

En el caso del Taller de divulgación efectuado en la isla de Robinson Crusoe, los pescadores artesanales manifestaron que el principal problema que afecta a *J. frontalis* es la falta de control de las normas vigentes por parte de SERNAPESCA. Así, reiteraron la necesidad de que un inspector de dicha repartición se traslade a la isla con el fin de fiscalizar la extracción de ejemplares bajo talla, manifestando su frustración ante el hecho de que sus peticiones han sido ignoradas repetidamente por la Autoridad.

En este sentido, las inquietudes de los pescadores artesanales de langosta tienen un fuerte énfasis en los mecanismos de control, estimando necesario implementar medidas efectivas que obstaculicen el tráfico ilícito de langostas mediante sanciones ejemplificadoras a los infractores. Igualmente, manifestaron la necesidad de modificar la toma de datos de desembarque, con el fin de sea registrado separadamente para Robinson Crusoe-Santa Clara y Alejandro Selkirk, y en unidades (número de langostas), además de buscar mecanismos con el fin reservar la pesca de *J. frontalis* exclusivamente para los habitantes de la isla, reglamentando las características de las naves a utilizar a fin de impedir un aumento en la capacidad de acarreo de trampas.

Respecto del cangrejo dorado hubo una buena acogida respecto de establecer una talla mínima de captura de 130 mm de ancho cefalotorácico como medida precautoria. Al respecto, indicaron que según los pescadores artesanales el principal obstáculo para el desarrollo de una pesquería de *C. chilensis* es la carencia de plantas de proceso en la isla, dadas las numerosas trabas burocráticas y/o normativas asociadas a la obtención de permisos.

## LISTADO DE TABLAS

- Tabla 1. Parámetros biológicos de *J. frontalis* en el archipiélago de Juan Fernández
- Tabla 2. Modelo delay-difference desarrollado para la dinámica poblacional de la langosta desde la temporada 1967-1968 y separando Selkirk de Robinson/Santa Clara. Los residuos del reclutamiento ( $v_t$ ) se estimaron considerando un coeficiente de variación de 1. El índice temporal refleja comienzo de temporada
- Tabla 3. Parámetros biológicos de *C. chilensis* en el archipiélago de Juan Fernández
- Tabla 4. Cuadro resumen filmaciones nocturnas de trampas en operación
- Tabla 5. Antecedentes operacionales de faenas de monitoreo realizadas en la pesquería de la langosta de Juan Fernández, entre octubre de 2005 y marzo de 2006 (Proyecto FIP 2004-48)
- Tabla 6. Antecedentes operacionales de faenas de monitoreo realizadas en la pesquería de cangrejo dorado, entre octubre de 2005 y marzo de 2006 (Proyecto FIP 2004-48)
- Tabla 7. Características de las naves utilizadas durante la realización de las transectas de pesca
- Tabla 8. Número de estaciones por transecta, rango batimétrico de las capturas y embarcación utilizada
- Tabla 9. Estimadores Máximo Verosímil (EMV) y matriz de varianza-covarianza. Langostas de Juan Fernández, hembras
- Tabla 10. Estimadores Máximo Verosímil (EMV) y matriz de varianza-covarianza asociada. Langostas de Juan Fernández, machos
- Tabla 11. Macro indicadores de desempeño que dan cuenta de la condición actual del stock de langosta de Juan Fernández
- Tabla 12. Hembras: Estimación central e intervalo al 95% de confianza de los EMV en el modelo talla estructurado
- Tabla 13. Hembras: Estimación central e intervalo al 95% de confianza en variables de salida en el modelo talla estructurado
- Tabla 14. Machos: Estimación central e intervalo al 95% de confianza de los EMV, en el modelo talla estructurado
- Tabla 15. Machos: Estimación central e intervalo al 95% de confianza en variables de salida en el modelo talla estructurado
- Tabla 16. Desembarques totales de langostas (en toneladas) para el archipiélago de Juan Fernández es islas Desventuradas por año calendario (Enero-mayo/Octubre-diciembre)
- Tabla 17. Estimadores Máximo Verosímil (EMV) y matriz de varianza-covarianza asociada en cangrejo dorado de Juan Fernández

Tabla 18.	Macro indicadores de desempeño que dan cuenta de la condición actual del stock de cangrejo dorado de Juan Fernández
Tabla 19.	Estimación central e intervalo al 95% de confianza de los EMV
Tabla 20.	Estimación central e intervalo al 95% de confianza en variables de salida. Modelo talla estructurado
Tabla 21.	Puntos biológicos de referencia (PBR), rendimientos y biomاسas en equilibrio. Cangrejo dorado de Juan Fernández
Tabla 22.	Captura por unidad de esfuerzo (unidades/trampa), por sexo, en las transectas empleadas durante el estudio
Tabla 23.	Capturas por trampa (unidades) de cangrejo dorado durante experimento de separación de trampas en líneas de pesca
Tabla 24.	Parámetros de la función ajustada a fin de obtener el radio de atracción de las trampas
Tabla 25.	Estimación de biomasa, abundancia vulnerable e intervalos de confianza de cangrejo dorado en las islas Robinson Crusoe y Santa Clara, año 2006
Tabla 26.	Escenarios de evaluación considerados para el método de reducción de stock
Tabla 27.	Principales estadígrafos de la longitud cefalotorácica en la langosta de Juan Fernández, entre octubre de 2005 y marzo de 2006
Tabla 28.	Principales estadígrafos de la longitud cefalotorácica de cangrejo dorado entre de julio 2005 y marzo de 2006
Tabla 29.	Test de isometría en la relación longitud-peso de la langosta de Juan Fernández (t calculado)
Tabla 30.	Parámetros de regresión, por región y sexo, de la relación longitud-peso de langosta de Juan Fernández
Tabla 31.	Parámetros de regresión, por región y sexo, de la relación longitud-peso de cangrejo dorado
Tabla 32.	N° de ejemplares, por especie de fauna acompañante, registradas en trampas langosteras
Tabla 33.	Porcentaje en peso de la fauna asociada, respecto de la captura en peso de langosta en trampas totales (A), y en trampas con la presencia de fauna acompañante (B) (%RO)
Tabla 34.	Porcentaje en peso de la fauna asociada, respecto de la captura en peso total, en trampas totales (A), y en trampas con la presencia de fauna acompañante (B) (%RT)
Tabla 35.	Frecuencia de ocurrencia (%FO) de la fauna asociada, en trampas totales (A), y en trampas con la presencia de fauna acompañante (B)

Tabla 36.	N° de ejemplares, por especie de fauna acompañante, registradas en trampas cangrejeras
Tabla 37.	Porcentaje en peso de la fauna asociada, respecto de la captura en peso de cangrejo dorado en trampas totales (A), y en trampas con la presencia de fauna acompañante (B) (%RO)
Tabla 38.	Porcentaje en peso de la fauna asociada, respecto de la captura en peso total, en trampas totales (A), y en trampas con la presencia de fauna acompañante (B) (%RT)
Tabla 39.	Frecuencia de ocurrencia (%FO) de la fauna asociada, en trampas totales (A), y en trampas con la presencia de fauna acompañante (B)
Tabla 40.	Hembras: Puntos biológicos de referencia (PBR), rendimientos y biomاسas en equilibrio en la langosta de Juan Fernández
Tabla 41.	Machos: Puntos biológicos de referencia (PBR), rendimientos y biomاسas en equilibrio en la langosta de Juan Fernández
Tabla 42.	Estimadores Máximo Verosímil (EMV) y matriz asintótica de varianza-covarianza
Tabla 43.	Macro indicadores de desempeño que dan cuenta de la condición actual del stock de langosta de Juan Fernández
Tabla 44.	Criterio de Información BIC, considerando el valor de la función logverosímil, el número de parámetro y el tamaño de la muestra
Tabla 45.	Estimación central e intervalo al 95% de confianza y coeficiente de variación (CV) de los estimadores máximo verosímiles (EMV). Modelo talla estructurado
Tabla 46.	Estimación central e intervalo al 95% de confianza y coeficiente de variación (CV) en variables de salida. Modelo tala estructurado
Tabla 47.	Puntos biológicos de referencia (PBR), rendimientos y biomاسas en equilibrio
Tabla 48.	Incertidumbre en el número de reclutas, puntos biológicos de referencia (PBR)
Tabla 49.	Incertidumbre en puntos biológicos de referencia (PBR), rendimientos y biomاسas en equilibrio

## LISTADO DE FIGURAS

Figura 1.	Isla Robinson Crusoe e islote Santa Clara, y subdivisión propuesta para el presente estudio.
Figura 2.	Área de distribución de las especies objetivo en torno a Isla Robinson Crusoe e islote Santa Clara.
Figura 3.	Embarcación artesanal N°7 "Popito" en el muelle de Cumberland, enero de 2006.
Figura 4.	Diseños de trampas, langostera (A), cangrejera (B).

- Figura 5. Estructura de la base datos biológico-pesqueros georreferenciada.
- Figura 6. Imagen base que considera las zonas de pesca y las sub-zonas generadas por estrato de profundidad.
- Figura 7. Estructura de la base datos de tallas georreferenciada.
- Figura 8. Imagen base que considera las zonas de pesca y las sub-zonas por estrato de profundidad para las faenas extractivas del cangrejo dorado.
- Figura 9. Desembarque de langostas entre los años 1930 y 2001. Línea negra representa una media móvil de 5 años.
- Figura 10. Distribución geográfica de la langosta de Juan Fernández, por el sur el Archipiélago de Juan Fernández y por el norte las islas Desventuradas.
- Figura 11. Esquema del equipo de filmación submarina autónoma.
- Figura 12. Esquema del equipo usado en la filmación con buceo autónomo.
- Figura 13. Transductor del ecosonda (A) y motor fuera de borda, en sistema de “cajón”, con virador empleado en el bote 115 (B).
- Figura 14. Georreferenciación de lances de pesca, en rojo con captura, en azul sin captura, de *C. chilensis* en las tres transectas consideradas durante el estudio.
- Figura 15. Georreferenciación de lances de pesca, del experimento de separación de trampas de *C. chilensis*.
- Figura 16. Georreferenciación de lances de pesca, de los experimentos de reducción de stock de *C. chilensis*.
- Figura 17. Distribución geográfica y batimétrica de la captura total monitoreada de langosta, entre octubre de 2005 y marzo de 2006.
- Figura 18. Captura mensual de langosta monitoreada por zona de pesca.
- Figura 19. Distribución geográfica y batimétrica de la captura mensual de langosta monitoreada, entre octubre de 2005 y marzo de 2006.
- Figura 20. Distribución geográfica y batimétrica del esfuerzo total monitoreado de la pesquería de langosta, entre octubre de 2005 y marzo de 2006.
- Figura 21. Esfuerzo mensual monitoreado (número de trampas), en la pesquería de langosta por zona de pesca.
- Figura 22. Distribución geográfica y batimétrica del esfuerzo mensual monitoreado de langosta, entre octubre de 2005 y marzo de 2006.
- Figura 23. Distribución geográfica y batimétrica de la CPUE monitoreada de langosta, entre octubre de 2005 y marzo de 2006.

- Figura 24. CPUE mensual monitoreada de langosta por zona de pesca.
- Figura 25. Distribución geográfica y batimétrica de la CPUE mensual de langosta durante octubre 2005 y marzo 2006.
- Figura 26. Distribución geográfica y batimétrica de la longitud cefalotorácica promedio estimada de langosta entre octubre 2005 y marzo 2006.
- Figura 27. Longitud cefalotorácica promedio mensual en la langosta.
- Figura 28. Distribución geográfica y batimétrica de la longitud cefalotorácica mensual promedio estimada de langosta, entre octubre de 2005 y marzo de 2006.
- Figura 29. Distribución geográfica y batimétrica de las capturas totales monitoreadas de cangrejo dorado, entre julio de 2005 y marzo de 2006.
- Figura 30. Captura mensual monitoreada de cangrejo dorado por zona de pesca, entre julio de 2005 y marzo de 2006.
- Figura 31a -c. Distribución geográfica y batimétrica de la captura mensual monitoreada de cangrejo dorado, entre julio 2005 y marzo 2006.
- Figura 32. Distribución geográfica y batimétrica del esfuerzo total de la pesquería de cangrejo dorado, entre julio 2005 y marzo 2006.
- Figura 33. Esfuerzo mensual monitoreado de cangrejo dorado por zona de pesca, entre julio 2005 y marzo 2006.
- Figura 34a-c. Distribución geográfica y batimétrica del esfuerzo mensual en la pesquería del cangrejo dorado entre julio de 2005 y marzo de 2006.
- Figura 35. Distribución geográfica y batimétrica de la CPUE total en la pesquería de cangrejo dorado entre julio 2005 de marzo 2006.
- Figura 36. CPUE mensual de cangrejo dorado por zona de pesca entre julio de 2005 y marzo de 2006.
- Figura 37a-c. Distribución geográfica y batimétrica de la CPUE monitoreada de cangrejo dorado entre julio 2005 y marzo 2006.
- Figura 38. Hembras: Captura talla-estructurada observada y estimada (línea punteada) y desvíos de proporciones en la langosta de Juan Fernández.
- Figura 39. Hembras: Captura talla-estructurada observada y patrón de explotación en la langosta de Juan Fernández.
- Figura 40. Machos: Captura talla-estructurada observada y estimada (línea punteada) y desvíos de proporciones en la langosta de Juan Fernández.
- Figura 41. Machos: Captura talla-estructurada observada y patrón de explotación en la langosta de Juan Fernández.
- Figura 42. Hembras: Distribución de probabilidad a posteriori de los parámetros (EMV), estimados por el modelo talla-estructurado.

- Figura 43. Función de probabilidad a posteriori de los parámetros estimados por el modelo y variables de salida de éste. Langostas hembras.
- Figura 44. Machos: Distribución de probabilidad a posteriori de los parámetros (EMV), estimados por el modelo talla-estructurado.
- Figura 45. Machos: Función de probabilidad a posteriori de los parámetros estimados por el modelo y variables de salida de éste.
- Figura 46. Desembarques totales en toneladas (archipiélago de Juan Fernandez + islas Desventuradas), por año calendario.
- Figura 47. Desembarque en número y por temporada para las islas Alejandro Selkirk, Robinson Crusoe-Santa Clara y total para el archipiélago de Juan Fernandez.
- Figura 48a. Distribución espacial del esfuerzo (trampas) en torno a las islas Robinson Crusoe y Santa Clara. (Arana *et al.*, 1997).
- Figura 48b. Distribución espacial del esfuerzo (trampas) en las llamadas "Marcas" alrededor de las islas Robinson Crusoe y Santa Clara en la temporada 2004-2005. Distribución georreferenciadas (Proyecto Marcas 2004-2005 y 2005-2006).
- Figura 49. Número de botes registrados y operando en la pesquería de la langosta en el archipiélago de Juan Fernández e islas Desventuradas.
- Figura 50. Número promedio de trampas por bote y por temporada de pesca. Círculos pequeños con línea punteada (datos de las encuestas), cuadrados sólidos: Proyecto Marcas, Triángulos sólidos: Proyectos FIP 1996 y 2005, rombo: IFOP 1986 y círculo grande: Arana, 1976. Gráficos de barra representa el número de chigres que se fueron incorporando a la flota.
- Figura 51. Número promedio de salidas de pesca por bote y por mes.
- Figura 52. Porcentaje de langostas sub-legales respecto de las comerciales durante diversas temporadas de pesca.
- Figura 53. Abundancia relativa. Captura por viaje (CPT) y captura por trampa (CPP) en islas del archipiélago de Juan Fernández.
- Figura 54. Ajuste del modelo. A: Captura y abundancia predicha por el modelo. B: CPP del modelo y observadas.
- Figura 55. Captura talla-estructurada observada (línea punteada), captura talla-estructurada estimada y desvíos de proporciones. Cangrejo dorado de Juan Fernández.
- Figura 56. Captura talla-estructurada observada y patrón de explotación. Cangrejo dorado de Juan Fernández.
- Figura 57. Distribución de probabilidad a posteriori de los parámetros (EMV), estimados por el modelo talla-estructurado.
- Figura 58. Función de probabilidad *a posteriori* para abundancia, abundancia media y biomasa media. Cangrejo dorado de Juan Fernández.
- Figura 59. Rendimiento y biomasa en equilibrio, el punto señala la condición actual en el cangrejo dorado de Juan Fernández.

- Figura 60. Estructura de tallas de cangrejo dorado (machos), por profundidad, durante la ejecución de las transectas de pesca.
- Figura 61. Datos observados y curva ajustada para obtención del radio de atracción de las trampas de cangrejo dorado.
- Figura 62. Función de probabilidad de captura ajustada, respecto a la distancia de la trampa, para la extracción de cangrejo dorado.
- Figura 63. Área de solapamiento (A), estimada en  $388,7 \text{ m}^2$ , para dos trampas adyacentes con radios efectivos estimados de  $23,7 \text{ m}$  cada una, con una distancia entre trampas de  $30 \text{ m}$ .
- Figura 64. Localización de los lances de las experiencias de reducción de stock (R1 y R2) efectuadas en el archipiélago de Juan Fernández.
- Figura 65. Rendimientos de pesca, observados y ajustados, en las dos zonas en que se desarrollaron los experimentos de reducción de stock.
- Figura 66. Estructura de tallas del cangrejo dorado (machos), durante siete mareas de pesca consecutivas, en el experimento de reducción de stock (R1).
- Figura 67. Estructura de tallas del cangrejo dorado (machos), durante seis mareas de pesca consecutivas en el experimento de reducción de stock (R2).
- Figura 68. Proporción sexual global en langosta de Juan Fernández, octubre 2005 - marzo 2006.
- Figura 69. Proporción sexual a la talla en langosta de Juan Fernández, período octubre 2005 - marzo 2006.
- Figura 70. Porcentaje de hembras ovíferas en langosta de Juan Fernández, período octubre de 2005 y marzo de 2006.
- Figura 71. Distribución de frecuencia de tallas en langosta de Juan Fernández, entre octubre de 2005 y marzo de 2006.
- Figura 72. Distribución de frecuencia de tallas relativa (en negro) y acumulada (en rojo) en langosta de Juan Fernández, período octubre 2005 - marzo 2006.
- Figura 73. Proporción sexual global en cangrejo dorado, período julio 2005 - marzo 2006.
- Figura 74. Distribución de frecuencia de tallas (relativa y acumulada) en cangrejo dorado, entre julio de 2005 y marzo de 2006.
- Figura 75. Distribución de frecuencia de tallas (relativa y acumulada) en cangrejo dorado, entre julio y noviembre de 2005.
- Figura 76. Distribución de frecuencia de tallas mensual (relativa y acumulada) en cangrejo dorado, entre diciembre de 2005 y marzo de 2006.
- Figura 77. Langostas capturadas en trampa.
- Figura 78. Langosta en los alrededores.

- Figura 79. Langostas en el entorno.
- Figura 80. Erizos de mar.
- Figura 81. Estrellas de mar en el entorno.
- Figura 82. Estrellas de mar en la carnada.
- Figura 83. Pulpo en entorno de trampa.
- Figura 84. Pulpo huyendo.
- Figura 85. Peces en entorno de trampa.
- Figura 86. Peces en entorno de trampas.
- Figura 87. Peces dentro de la trampa.
- Figura 88. Peces con langostas en hendiduras.
- Figura 89. Peces con langostas en hendiduras.
- Figura 90. Langostas en grupo.
- Figura 91. Langostas en hendiduras.
- Figura 92. Diferentes peces registrados en espacios comunes con langostas.
- Figura 93. Anguila morena entrando en su cueva.
- Figura 94. Enfoque de cámara submarina
- Figura 95. Langosta en la entrada.
- Figura 96. Avistamiento de langosta en sitio adyacente a la trampa.
- Figura 97. Desplazamiento de la trampa.
- Figura 98. Avistamiento de langosta.
- Figura 99. Enfoque del equipo de filmación sin avistamiento de langostas.
- Figura 100. Secuencia de imágenes de filmación captadas en la experiencia N° 5, langostas alrededor (a y b), en la boca (c) y capturada en segunda recámara (d).
- Figura 101. Presencia al costado de la trampa de una langosta.
- Figura 102. Presencia del una langosta al frente de la trampa.
- Figura 103. Fauna acompañante trampas langosteras. (A) Centolla, (B) Estrella, (C) Pulpo, (D) Chancharro, (E) Breca , (F) Anguila, (G) Mutilla, (H) Coral, (I) Erizo.
- Figura 104. Fauna acompañante de cangrejo dorado. A) *Fusitritron magellanicum*, B) Anguila de profundidad C) Erizo rosa y *F. magellanicum*, D) Ofiuo y E) Lirio de mar

- Figura 105. Hembras: Rendimiento y biomasa por recluta, en función de la tasa de mortalidad natural y por pesca en la langosta de Juan Fernández.
- Figura 106. Machos: Rendimiento y biomasa por recluta, en función de la tasa de mortalidad natural y por pesca en la langosta de Juan Fernández.
- Figura 107. Ubicación geográfica de las estaciones de CTD realizadas con el AGOR Vidal Gormaz (A, B, C y D) y con botellas Niskin desde botes (E1 y E2).
- Figura 108. Ecuación de calibración del sensor de salinidad del CTD versus muestras discretas medidas con un salinómetro Inductivo.
- Figura 109. Ecuación de calibración del sensor de oxígeno disuelto del CTDO versus muestras discretas analizadas mediante la modificación de Carpenter (1965) para el método de Winkler.
- Figura 110. Distribución vertical de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y diagramas T-S para la estación A. ASAA = Agua Subantártica; AESS Agua Ecuatorial Subsuperficial; AIAA Agua Intermedia Antártica.
- Figura 111. Distribución vertical de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y diagramas T-S para la estación B. ASAA = Agua Subantártica; AESS Agua Ecuatorial Subsuperficial.
- Figura 112. Distribución vertical de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y diagramas T-S para la estación C. ASAA = Agua Subantártica; AESS Agua Ecuatorial Subsuperficial; AIAA Agua Intermedia Antártica.
- Figura 113. Distribución vertical de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y diagramas T-S para la estación D. ASAA = Agua Subantártica; AESS Agua Ecuatorial Subsuperficial; AIAA Agua Intermedia Antártica.
- Figura 114. Distribución vertical de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y diagramas T-S para las estaciones obtenidas el 30 de enero 2006.
- Figura 115. Estimaciones de mortalidad natural, diferenciada por sexo.
- Figura 116. Captura talla-estructurada observada y estimada (línea) y desvíos de proporciones.
- Figura 117. Captura talla-estructurada observada y estimada (línea) y desvíos de proporciones.
- Figura 118. Captura talla-estructurada observada y patrón de explotación.
- Figura 119. Función de densidad de probabilidad a posteriori de los parámetros (EMV), estimados por el modelo talla-estructurado.
- Figura 120. Función de densidad de probabilidad a posteriori de variables de salida estimadas por el modelo.
- Figura 121. Contraste entre macro indicadores derivados del escenario determinista y el escenario incertidumbre.
- Figura 122. Variabilidad en patrón de explotación, puntos biológicos de referencia (PBR).
- Figura 123. Contraste entre macro indicadores derivados del escenario determinista y el escenario que incorpora la incertidumbre en la mortalidad natural.

- Figura 124. Gráfico matriz de dispersión, rendimientos y biomاسas en equilibrio para PBR  $F_{0.1}$  (hembras).
- Figura 125. Gráfico matriz de dispersión, rendimientos y biomاسas en equilibrio para PBR  $F_{75\%F_{max}}$  (hembras).
- Figura 126. Gráfico matriz de dispersión, rendimientos y biomاسas en equilibrio para PBR  $F_{0.1}$  (machos).
- Figura 127. Gráfico matriz de dispersión, rendimientos y biomاسas en equilibrio para PBR  $F_{75\%F_{max}}$  (machos).

Estud. Doc., Pont. Univ. Católica Valparaíso, 27/2006: 257 pp.

## **INFORME FINAL**

### **Evaluación de stock y distribución de la langosta y el cangrejo dorado en el archipiélago de Juan Fernández (Proyecto FIP N°2005-21)**

**P. Arana, M. Ahumada, A. Guerrero, V. Espejo, E. Yáñez,  
C. Silva, B. Ernst & J.M. Orensanz**  
*Escuela de Ciencias del Mar  
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso  
Casilla 1020, Valparaíso, Chile*

## **PRESENTACIÓN**

La Escuela de Ciencias del Mar, unidad docente y de investigación perteneciente a la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, ha tenido por más de 50 años como uno de sus objetivos el desarrollo de actividades relacionadas con la generación de conocimiento en campos relativos a la ciencia y tecnología del mar. Entre sus múltiples líneas de investigación, ha fortalecido los esfuerzos destinados a propender a la explotación sustentable de los crustáceos presentes tanto en Chile continental, como en las islas oceánicas de nuestro país.

Es así como durante la realización de numerosos proyectos destinados a contribuir con la gestión de los recursos, especies como el camarón nailon (*Heterocarpus reedi*), langostino amarillo (*Cervimunida johni*), langostino colorado (*Pleuroncodes monodon*) y langosta de Juan Fernández (*Jasus frontalis*), han sido objeto de estudio con la finalidad de conocer la situación y evolución de sus poblaciones explotadas. Igualmente, se han efectuado trabajos destinados a la identificación de nuevos recursos que pudiesen constituir alternativas para la actividad pesquera nacional, como es el caso del cangrejo dorado de Juan Fernández (*Chaceon chilensis*) y la gamba (*Haliporoides diomedeeae*), en torno a los cuales se está consolidando nuevas actividades extractivas.

En el caso específico del archipiélago de Juan Fernández, Parque Nacional desde 1935 y Reserva de la Biosfera desde 1977, han sido variados los esfuerzos por disponer de mayores antecedentes de los recursos allí presentes, con el fin de entender su dinámica, y poder entregar elementos para la administración de los recursos pesqueros del archipiélago. En este sentido, la Escuela de Ciencias del Mar de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, desde 1969 ha realizado trabajos diversos sobre oceanografía, biología de recursos, evaluaciones directas e indirectas, pescas exploratorias y experimentales y talleres de divulgación, cuyos resultados han dado origen a dos libros y a numerosas publicaciones, tanto en revistas nacionales como extranjeras.

Considerando la experiencia y trayectoria de la Escuela de Ciencias del Mar en la investigación de crustáceos, su participación en numerosos proyectos del Fondo de Investigación Pesquera (FIP), y en particular, la experiencia acumulada en labores desplegadas en el archipiélago de Juan Fernández, esta unidad académica decidió participar en el proyecto titulado "**Evaluación de stock y distribución de la langosta y el cangrejo dorado en el archipiélago de Juan Fernández**". Conforme a la programación acordada para el desarrollo para el presente proyecto, en esta oportunidad se entrega el Informe final de las actividades iniciadas en la isla Robinson Crusoe a partir de julio de 2005.

Valparaíso, noviembre de 2006

## METODOLOGÍA DE TRABAJO

### ASPECTOS GENERALES

De manera previa al planteamiento metodológico del proyecto es necesario señalar algunos antecedentes acerca de estas particulares pesquerías. En este sentido, el archipiélago de Juan Fernández ubicado frente a la costa de Chile continental, es uno de los territorios insulares de mayor interés científico, dada la importancia geológica y biogeográfica de su biota. Este hecho generó que las islas estén protegidas por el Estado chileno, al declararlas Parque Nacional desde 1935, y por la UNESCO el considerarlas Reserva Mundial de la Biósfera desde 1977. Constituyen las cumbres emergentes de un cordón submarino que se levanta desde la llanura abisal de la placa tectónica de Nazca, las cuales se habrían formado por erupciones volcánicas sucesivas (Vergara y Morales, 1985). La región donde se ubican se caracteriza por un clima subtropical, con abundantes precipitaciones en todas las estaciones del año (Peña y Romero, 1976).

El archipiélago está situado a 360 millas de la costa continental chilena y a 400 mn de las islas Desventuradas (I. San Félix e I. San Ambrosio). El grupo insular está formado por las isla Robinson Crusoe, que es la única con población permanente, servicios públicos y asistenciales; la isla Santa Clara, próxima a la anterior, y por los islotes El Verdugo, El Viudo, Los Chamelos y Juanango. Además, 90 millas al oeste, se encuentra la isla Alejandro Selkirk, aproximadamente de igual tamaño que la isla Robinson Crusoe, en donde los pescadores artesanales montan un campamento con condiciones de habitabilidad mínima durante el período en que realizan faenas de extracción de langostas.

La flora y fauna bentónica del archipiélago es rica y diversificada, con un importante porcentaje de especies de distribución (endémica). El fondo marino se caracteriza por el predominio de rocas volcánicas, siendo alto y escarpado, con abundantes grietas, cuevas y laberintos que albergan numerosas especies. Respecto de la fauna, y de acuerdo a Andrade (1985), la fauna carcinológica del archipiélago da cuenta de 32 especies y una subespecie. En las faenas pesqueras, las especies objetivo o incidentales capturadas más importantes corresponden a la langosta de Juan Fernández (*Jasus frontalis*), el cangrejo dorado (*Chaceon chilensis*), la centolla de Juan Fernández (*Paromola rathbuni*), la jaiba remadadora (*Ovalipes trimaculatus*) y la langosta chata (*Scyllarus delfini*).

Con relación a la fauna íctica, y en fondos cercanos a la costa, destaca el jurel de Juan Fernández (*Caranx georgianus*) y el pampanito de Juan Fernández (*Scorpiis chilensis*), la corvina de Juan Fernández (*Umbrina reedi*) y la jerguilla de Juan Fernández (*Girella albostrigata*). A mayor profundidad, destacan la morena (*Gymnothorax porphyreus*) y lenguados (*Paralichthys fernandezianus*, *Paralichthys* spp.). Los peces demersales de mayor importancia son el bacalao de Juan Fernández o salmón de roca (*Polyprion oxygeneios*), breca (*Cheilodactylus gayi*), chancharro (*Helicolenus lengerichi*), cabrilla de Juan Fernández (*Scorpaena fernandeziana*) y tollo de Juan Fernández (*Squalus mitsukurii*). Entre los peces pelágicos

oceánicos que visitan este archipiélago se encuentra la vidriola (*Seriola mazatlanana*) y la sierra (*Thyrsites atun*). En ciertas oportunidades también arriban cerca de estas islas atunes (*Thunnus* spp.) y el jurel continental (*Trachurus murphyi*). Cabe destacar que en experiencias realizadas con espineles a profundidades superiores a 500 m se estableció la presencia de ribaldo (*Mora pacífica*) (Arana y Vega 2000a).

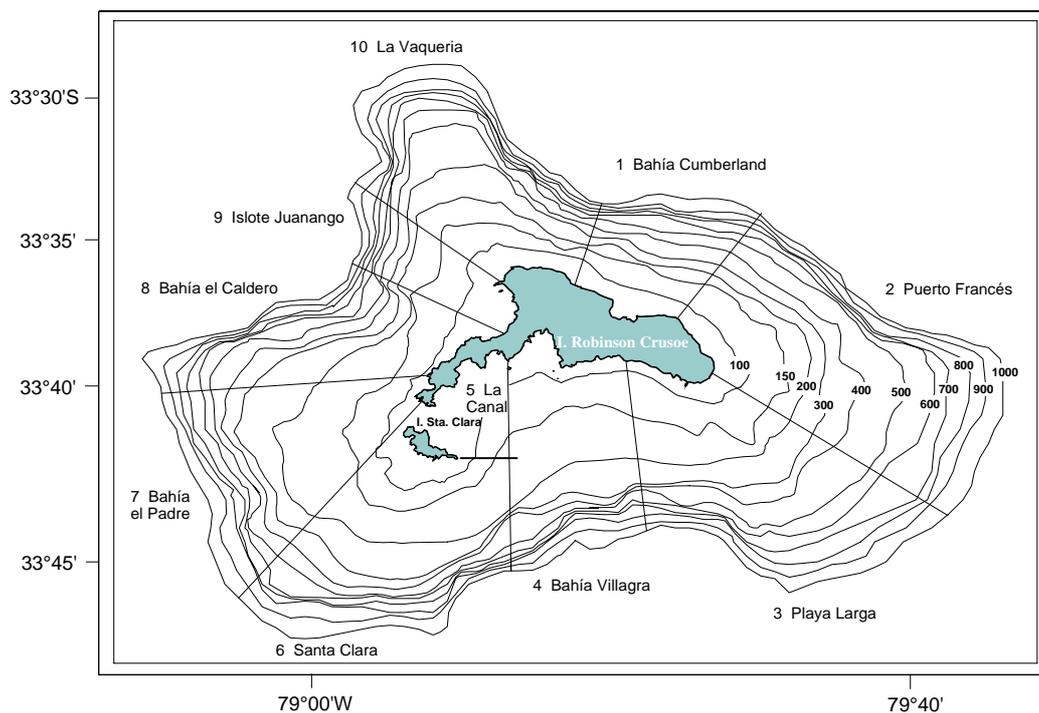
### Especies objetivo

El proyecto tiene como objetivos a evaluar el stock y la distribución de la langosta (*Jasus frontalis*) y el cangrejo dorado (*Chaceon chilensis*) en el archipiélago de Juan Fernández, así como a caracterizar las especies que conforman su fauna acompañante, de acuerdo a los lineamientos entregados en los Términos Básicos de Referencia del proyecto FIP 2005-21.



### Área global de prospección y período de estudio

El área de estudio se localiza aproximadamente entre los 33°35'S y 33°50'S, y longitudinalmente entre los 78°40'W y 79°50'W. Para el estudio de los fondos en torno a las isla Robinson Crusoe e islote Santa Clara se utilizó un esquema de trabajo que considera su subdivisión en diez zonas, de acuerdo al enfoque utilizado con anterioridad en las islas por Arana y Toro (1985) y Arana y Vega, (2000b) (Fig. 1).



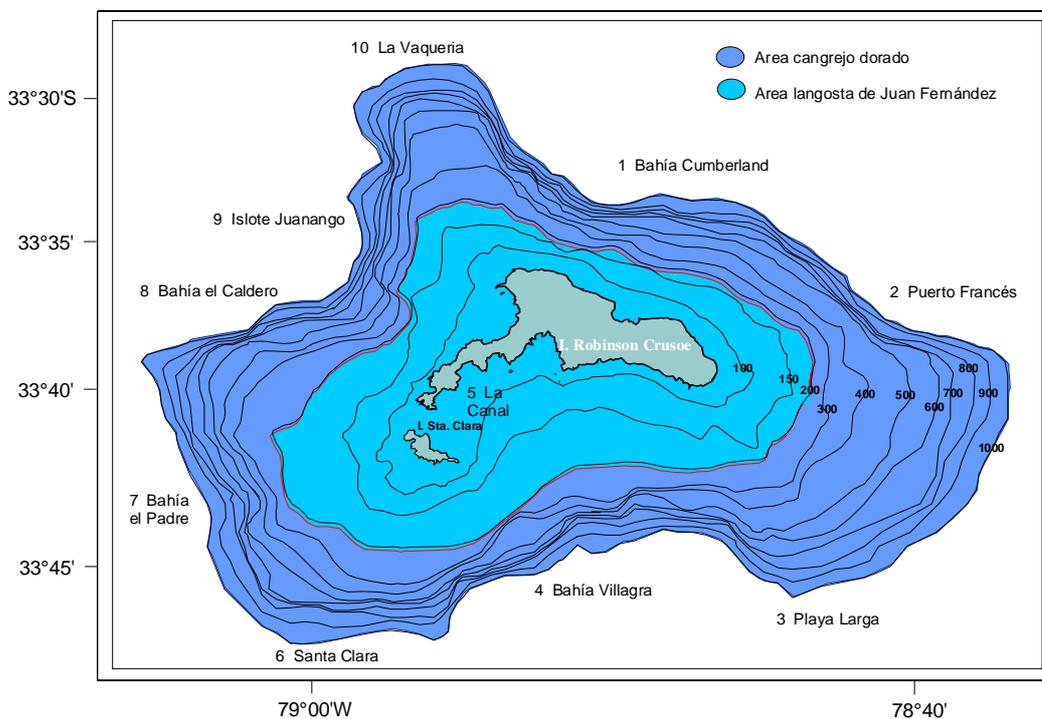
**Figura 1. Isla Robinson Crusoe e islote Santa Clara, y subdivisión propuesta para el presente estudio.**

En términos batimétricos, los datos generados durante la realización de actividades extractivas provinieron de operaciones extractivas que incluyeron fondos entre 20 y 200 m aproximadamente en el caso de la langosta y hasta los 1000 m en el caso del cangrejo dorado (Fig. 2). Este rango batimétrico se determinó sobre la base de los antecedentes de la distribución de estos recursos establecidos en faenas de pesca exploratoria realizadas por Arana (1983 y 2000a).

### **Aspectos operacionales**

#### **Embarcaciones y aparejos de pesca**

De acuerdo a los antecedentes bibliográficos, en la isla en la actualidad existen 48 embarcaciones dedicadas a la pesca. De este total, entre cuatro o cinco se dedican ocasional o permanentemente a la captura de cangrejo dorado, mientras que el resto se dedica exclusivamente a la extracción de langosta de Juan Fernández. Estas naves, en su gran mayoría tienen el diseño de antiguos botes balleneros de doble proa, en torno a 10 m de eslora, equipadas de motores fuera de borda dispuestos en un sistema de cajón interno (Fig. 3).



**Figura 2. Área de distribución de las especies objetivo en torno a Isla Robinson Crusoe e islote Santa Clara.**

El equipamiento de los botes es básico para operar en un territorio insular con grandes profundidades y con condiciones climáticas inestables. Así, algunos de ellos poseen GPS y radio, mientras que entre tres o cuatro cuentan con ecosonda, que les permite operar en fondos de entre 500 y 600 m en la captura de cangrejo dorado.

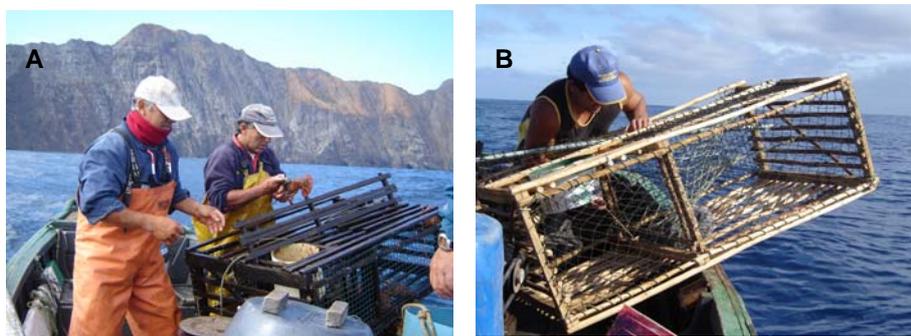
Para realizar el izado de las trampas de *J. frontalis* o de *C. chilensis* en la actualidad la totalidad de las embarcaciones en la isla dispone de viradotes, verticales o de platillo horizontal, los cuales corresponden a una caja reductora con una toma de fuerza provista por una correa transmisora unida a un motor bencinero. Los motores utilizados, generalmente Suzuki o Robin, tienen potencias de 5,0 o 5,5 HP, mientras que en las embarcaciones orientadas a la captura de cangrejo dorado es posible encontrar motores de hasta 10 HP.

El diseño general de las trampas utilizadas en la pesquería de langosta corresponde a aparejos de base rectangular (140\*80\*40 cm app), construidas fundamentalmente en base a madera obtenida localmente, ya sea de listones de eucalipto (*Eucalyptus* sp.) o varillas de maqui (*Aristotelia maqui*). Del mismo modo, todas ellas poseen una entrada tejida en forma de cono, denominada “buche”, ubicada en el panel superior, y doble cámara, localizándose la entrada a la segunda cámara perpendicularmente a la entrada a la trampa. Entre algunas variaciones al diseño precitado, cabe indicar la instalación de una

entrada plástica en la entrada o el uso de paneles laterales contruidos de malla plástica o de paños de red. Los aparejos usados en el cangrejo dorado en tanto corresponden en lo principal a trampas langosteras de mayor tamaño que la utilizadas en la captura de *J. frontalis* (hasta 1,5 m de largo), con mayor lastre, y provistas de un plástico circular en la entrada en su inmensa mayoría, a fin de facilitar la caída de ejemplares y dificultar su escape (Fig. 4).



**Figura 3. Embarcación artesanal N°7 “Popito” en el muelle de Cumberland, enero de 2006**



**Figura 4. Diseños de trampas, langostera (A), cangrejera (B).**

Debido a las dificultades operacionales y por las características de cada embarcación, es común disponer trampas individuales en cada línea en el caso de la langosta, y hasta dos trampas por línea calada en el caso del cangrejo dorado.

De acuerdo a lo indicado previamente, se empleó naves artesanales dedicadas a la captura de langosta y/o cangrejo dorado en las islas. Su selección se efectuó con base a criterios económicos y operativos, priorizando aquellas embarcaciones que presenten mayor superficie de trabajo a bordo, características de construcción que permitan la operación en caladeros alejados de las islas y, de acuerdo a compromiso con el Sindicato de Pescadores de la isla, que pertenezcan a armadores miembros de dicha organización. Las embarcaciones utilizadas, así como las características de los aparejos de pesca empleados durante las labores en terreno, fueron debidamente descritos, generándose además un archivo fotográfico con el fin de dar cumplimiento a lo indicado en los respectivos TBR.

**Al respecto, cabe indicar que acorde a los aspectos indicados previamente, hechos que el proponente ha constatado en base a su experiencia de trabajo *in situ* en el archipiélago, las características de las embarcaciones artesanales utilizadas en las islas determinan condiciones de operación precarias, satisfaciendo apenas los requerimientos de seguridad en faenas pesqueras comerciales. Así, este hecho, además de las restricciones presupuestarias propias del proyecto, determinan las características de los aspectos técnicos a enumerar en los párrafos siguientes, por cuanto están supeditados al empleo de embarcaciones de tamaño reducido, con escasas condiciones de habitabilidad, espacio de trabajo mínimo, con potencia de virado escasa para operar en todo el rango batimétrico del cangrejo dorado (300-1000 m) y en condiciones de tiempo atmosférico y oceanográfico inestable.**

## **Diseño de muestreo**

Con la finalidad de recopilar registros en torno a las islas Robinson Crusoe y Santa Clara, se consideró dos fuentes. La primera de ellas correspondió a los datos generados en el marco del proyecto “Monitoreo biológico-pesquero de la langosta y cangrejo dorado en el archipiélago de Juan Fernández” (FIP N°2004-48), adjudicado a la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, cuyo datos se emplearon fundamentalmente en los estudios atinentes a la langosta de Juan Fernández, mientras que la segunda fuente correspondió al diseño operacional considerado en la isla a fin de realizar las labores de evaluación directa.

### *Diseño proyecto FIP 2004-48*

El proyecto considera información a partir de dos fuentes, las cuales han sido denominadas como “desembarque” y “capturas en el mar”. Esta diferencia se establece como consecuencia de la legislación vigente que permite el desembarque de únicamente ejemplares que superan la talla mínima y que las hembras no registren huevos bajo su abdomen. En el caso de las langostas, las mediciones de los ejemplares capturados se efectuaron a bordo de las embarcaciones, antes de la selección de los ejemplares comerciales, anotando la captura real de cada trampa, la zona de pesca y la profundidad de calado de las mismas. En el caso de los desembarques, se empleó la información consignada en el formulario implementado por el Servicio Nacional de Pesca que recibe mensualmente la Capitanía de Puerto de la isla. Este accionar a fin de dar cuenta de los datos del stock efectivamente explotado de la langosta de Juan Fernández.

En el caso particular del cangrejo, se procedió de igual manera, ya que a pesar de no existir hasta el presente reglamentación que regule talla mínima de desembarque en este recurso, la empresa que compra los ejemplares impone una talla mínima de 13 cm de ancho de caparazón. Los cangrejos de menor talla son descartados en el mismo lugar de captura, siendo devueltos al mar.

Los datos de captura fueron registrados en formularios denominados “Bitácoras de Pesca”, los que fueron llenados con la información correspondiente a cada marea por parte personal técnico que el proyecto dispuso en la isla especialmente para esos fines. La bitácora de pesca corresponde a una adaptación de la propuesta por Larraín y Yáñez (1983), en donde se establece la división referencial de la zona de estudio en 10 subzonas, 9 de ellas alrededor de la isla Robinson Crusoe y una décima al SW de la isla Santa Clara (Fig. 1). El formulario contempla principalmente los siguientes registros: fecha de zarpe y recalada, número distintivo del bote, número relativo de la trampa revisada, zona de pesca, profundidad de calado, captura comercial, captura no comercial y captura total. Cabe destacar que dicha división del área de estudio ha sido utilizada en diversos trabajos, lo cual permite comparar la información obtenida en esta oportunidad con la lograda en años anteriores.

En el caso de los registros de tallas, en la langosta, por el hecho de existir una talla mínima de comercialización de 115 mm de longitud cefalotorácica, y la prohibición de desembarcar hembras ovíferas, los ejemplares son seleccionados inmediatamente después de ser extraídos y sólo aquellos que cumplen con la normativa son retenidos por los pescadores y los restantes son devueltos al mar en el mismo lugar en que fueron capturados (Arana, 1985).

En el caso de los desembarques, que representa las langostas extraídas y luego mantenidas en viveros para ser posteriormente enviadas al continente, se empleó la información consignada en el formulario implementado por el Servicio Nacional de Pesca que recepciona mensualmente la Capitanía de Puerto de la isla. En esos formularios cada patrón indica la fecha en que realizaron salidas de pesca y el número de langostas capturadas (desembarcadas) en cada una de ellas. Con esta información, además de la contenida en el libro de zarpes y recaladas de la Capitanía de Puerto y de aquella correspondiente a Guías de Libre Tránsito, se pudo establecer las langostas desembarcadas por cada bote además del número de botes en operación y el número de salidas de pesca.

Con el fin de determinar la captura registrada en el mar, correspondiente a los ejemplares que son extraídos por las trampas, pero que gran parte de ellos son devueltos al mar en el mismo sitio por no cumplir las normas que regulan su comercialización, se embarcó personal del proyecto a fin de registrar la captura real de langostas en cada trampa, la zona de pesca y la profundidad de calado de las mismas. De este modo, se estableció la fracción comercial, respecto al total de los ejemplares capturados y se determinaron los rendimientos por zona y estrato de profundidad.

En el caso del cangrejo dorado, se procedió de manera similar, pese a no existir limitaciones legales para el desembarque de los ejemplares. Esto debido a que sólo existe una talla mínima comercial de 13,0 cm de ancho cefalotorácico, y al hecho que los ejemplares son pre procesados a bordo, por lo cual no hay desembarque de individuos completos. Cabe destacar, que al no existir una temporada legal de pesca para *C. chilensis*, se comenzó a recopilar información partir de julio de 2005 con el fin de disponer de antecedentes sobre el recurso.

A bordo de las embarcaciones se buscó censar a todos los individuos capturados en las trampas revisadas, disponiendo de información de los ejemplares de talla inferior a la legalmente establecida para la comercialización y de las hembras portadoras de huevos. Así, se determinó la estructura de tallas del stock explotable de la langosta, en tanto que el stock explotado se determinó a partir de la estructura de tallas del stock explotable, considerando la selección efectuada por los propios pescadores a bordo de cada embarcación.

### Diseño de evaluación directa

#### *Area de influencia de las trampas*

El diseño de muestreo se elaboró sobre la base de las posibilidades financieras del proyecto, considerada como la principal limitante del estudio, además de los factores que nacen de la operación en naves de las características oportunamente indicadas, en un territorio con características oceanográficas y climáticas de alta inestabilidad. A fin de llevar a cabo la evaluación directa mediante el método de área de influencia de las trampas, se consideró un diseño sistemático, que contempló el trazado de tres transectas perpendiculares a la costa las que cubrieron el rango batimétrico entre los 300 y 1000 m de profundidad. La profundidad de calado fue obtenida considerando el arriendo de un bote artesanal provisto de ecosonda. Para ello, se embarcó personal técnico en la nave, a fin de supervisar el esquema de trabajo y levantar los datos requeridos mediante formularios *ad hoc*.

La planificación del trabajo contempló el trazado de transectas con ocho estaciones de muestreo cada una, espaciadas entre sí cada 100 m de profundidad. En cada estación se calaron seis trampas con el diseño, la carnada y tiempo de reposo utilizados comúnmente por los pescadores de la isla. Las trampas fueron dispuestas en tenas con un máximo de dos trampas cada una. De este modo, se dispuso un total de 144 trampas. A partir de dicho tamaño muestral, y de acuerdo a datos levantados por el propio consultor en la isla durante tareas de pesca experimental de *C. chilensis*, se calculó un error de estimación del 14%.

#### *Método de reducción de stock*

Este método sólo fue empleado de modo complementario a la evaluación de stock. Durante el desarrollo del proyecto, y para cualquiera de los fines de éste, la expansión al área de distribución del cangrejo dorado se realizó tomando en consideración los veriles de profundidad de 300 y 1000 de profundidad. Estos fueron obtenidos a partir de la información levantada durante la expedición Marchile IX, por el AGS "Yelcho" de la Armada de Chile, la cual fue publicada por Vergara & Morales (1985) y que fue empleada anteriormente en forma satisfactoria durante el proyecto FIP 95-25.

## METODOLOGÍA DE TRABAJO POR OBJETIVO

---

### **Objetivo N°1. Determinar la distribución geográfica y batimétrica de la langosta de Juan Fernández y del cangrejo dorado**

---

#### **Distribución espacial de los recursos objetivo**

##### *Recopilación de información*

Con el fin de desarrollar este objetivo, el presente estudio se complementó con la información generada mediante el monitoreo de faenas comerciales realizado en la temporada 2005-2006, en el marco del proyecto "Monitoreo biológico-pesquero de la langosta y cangrejo dorado en el archipiélago de Juan Fernández" (FIP N° 2004-48), adjudicado a la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Debido a que las embarcaciones no cuentan con GPS para registrar la posición exacta, y con el fin referenciar geográficamente las operaciones de pesca en estudios anteriores, se consideró inicialmente dos alternativas para recopilar periódicamente información bio-pesquera en términos espaciales. Estas fueron evaluadas en terreno de acuerdo a la percepción que de éstas tuvieron los pescadores artesanales de las islas

La primera opción consideró la subdivisión del área de estudio en 10 zonas: nueve de ellas alrededor de la Isla Robinson Crusoe y una al sur de la Isla Santa Clara (Arana y Toro, 1985; Arana y Vega, 2000b), información batimétrica consignada por el pescador en una ficha *ad hoc* (Fig. 1). Si bien inicialmente se consideró como alternativa de trabajo la misma subdivisión espacial, complementada con cartas del área geográfica divididas en cuadrículas de 2x2 millas náuticas, éste enfoque fue desechado dadas las dificultades operativas del mismo.

##### *Cartografía*

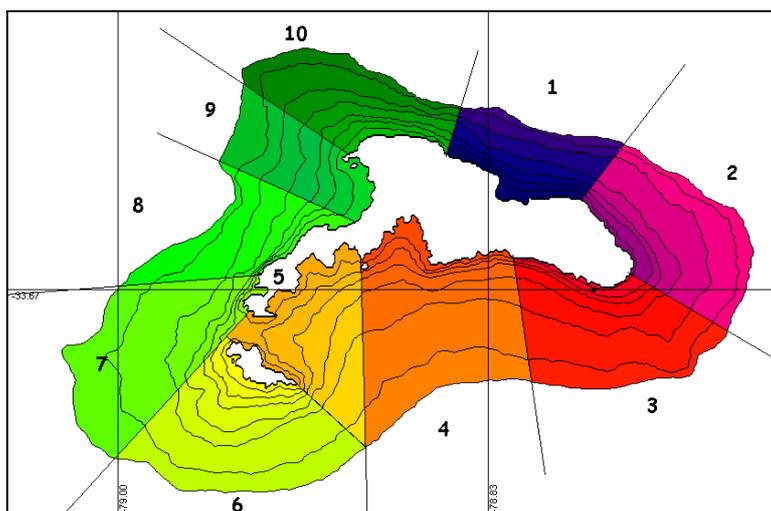
Debido al hecho precitado, esto es las dificultades operativas de implementar el posicionamiento basado en cuadrículas en isla, y en base a la información georreferenciada recolectada durante el monitoreo comercial indicado previamente, se llevó a cabo una estrategia basada en la confección cartas de distribución espacio-temporal de los recursos. Así, la información bio-pesquera generada por cuadrícula fue importada al SIG IDRISI32, para ser procesada y analizada con el fin de generar cartas digitales de distribución espacio-temporal de variables bio-pesqueras de los recursos en cuestión.

Considerando la información biológico-pesquera georreferenciada recolectada durante el monitoreo comercial del proyecto en la temporada octubre 2005 - marzo 2006, se generó una base datos geoespacial. De este modo, la data básica reunida en el monitoreo correspondió al registro de captura (número) de langostas diarias por trampa y por bote, asociadas a la profundidad y a la zona de pesca (Fig. 5).

Nº Bote:	Fecha:	mes	semana	Nº total de trampas caladas	Tiempo de reposo (días):	Tipo carnada	Trampa Nº	NºTrampas	Zona de pesca	ZP*10	Profundidad (bz)	PROF (M)
40	07-10-05	O-05	O1	31	2	3reca, anguil.	1	1	10	100	10	18
40	07-10-05	O-05	O1	31	2	3reca, anguil.	2	1	10	100	10	18
40	07-10-05	O-05	O1	31	2	3reca, anguil.	3	1	10	100	10	18
40	07-10-05	O-05	O1	31	2	3reca, anguil.	4	1	10	100	10	18
40	07-10-05	O-05	O1	31	2	3reca, anguil.	5	1	10	100	10	18
40	07-10-05	O-05	O1	31	2	3reca, anguil.	6	1	9	90	10	18
40	07-10-05	O-05	O1	31	2	3reca, anguil.	7	1	9	90	10	18
40	07-10-05	O-05	O1	31	2	3reca, anguil.	8	1	9	90	10	18
40	07-10-05	O-05	O1	31	2	3reca, anguil.	9	1	9	90	10	18
40	07-10-05	O-05	O1	31	2	3reca, anguil.	10	1	9	90	10	18
40	07-10-05	O-05	O1	31	2	3reca, anguil.	11	1	9	90	10	18
40	07-10-05	O-05	O1	31	2	3reca, anguil.	12	1	9	90	10	18
40	07-10-05	O-05	O1	31	2	3reca, anguil.	13	1	9	90	10	18
40	07-10-05	O-05	O1	31	2	3reca, anguil.	14	1	9	90	10	18
40	07-10-05	O-05	O1	31	2	3reca, anguil.	15	1	9	90	10	18
40	07-10-05	O-05	O1	31	2	3reca, anguil.	16	1	9	90	10	18
40	07-10-05	O-05	O1	31	2	3reca, anguil.	17	1	9	90	10	18
40	07-10-05	O-05	O1	31	2	3reca, anguil.	18	1	8	80	10	18
40	07-10-05	O-05	O1	31	2	3reca, anguil.	19	1	8	80	10	18
40	07-10-05	O-05	O1	31	2	3reca, anguil.	20	1	8	80	10	18
40	07-10-05	O-05	O1	31	2	3reca, anguil.	21	1	8	80	10	18
40	07-10-05	O-05	O1	31	2	3reca, anguil.	22	1	8	80	10	18
40	07-10-05	O-05	O1	31	2	3reca, anguil.	23	1	8	80	10	18
40	07-10-05	O-05	O1	31	2	3reca, anguil.	24	1	8	80	10	18
40	07-10-05	O-05	O1	31	2	3reca, anguil.	25	1	8	80	10	18
40	07-10-05	O-05	O1	31	2	3reca, anguil.	26	1	8	80	10	18
40	07-10-05	O-05	O1	31	2	3reca, anguil.	27	1	8	80	10	18

**Figura 5. Estructura de la base datos biológico-pesqueros georreferenciada.**

Tomando en consideración la información antes señalada, se generó una imagen base que consideró distintas zonas de pesca, cada una de las cuales fue dividida en siete estratos de 27 m de profundidad (15 bz) obteniéndose de esta manera un total de 70 sub-zonas de pesca (Fig. 6). Previo a generar la cartografía, a cada registro de la base datos se le asignó el identificador de la sub-zona correspondiente.



**Figura 6. Imagen base que considera las zonas de pesca y las sub-zonas generadas por estrato de profundidad.**

Posteriormente, y con la aplicación de tablas dinámicas a la base batos, se generaron archivos de valor (atributo) mensual y por temporada para los siguientes indicadores biológico-pesqueros por subzona de pesca: captura total (Número), esfuerzo (Número de trampas) y captura por unidad de esfuerzo - CPUE – (Número de langostas / trampa). A partir de ello, con el módulo de asignación de atributos de valor del SIG IDRISI32, y considerando la imagen base y la base datos de archivos de valor creados, se generaron las imágenes de distintos indicadores biológico pesqueros. Esta cartografía permitió la caracterización geo-espacial y batimétrica de las capturas obtenidas en la pesquería de la langosta de Juan Fernández.

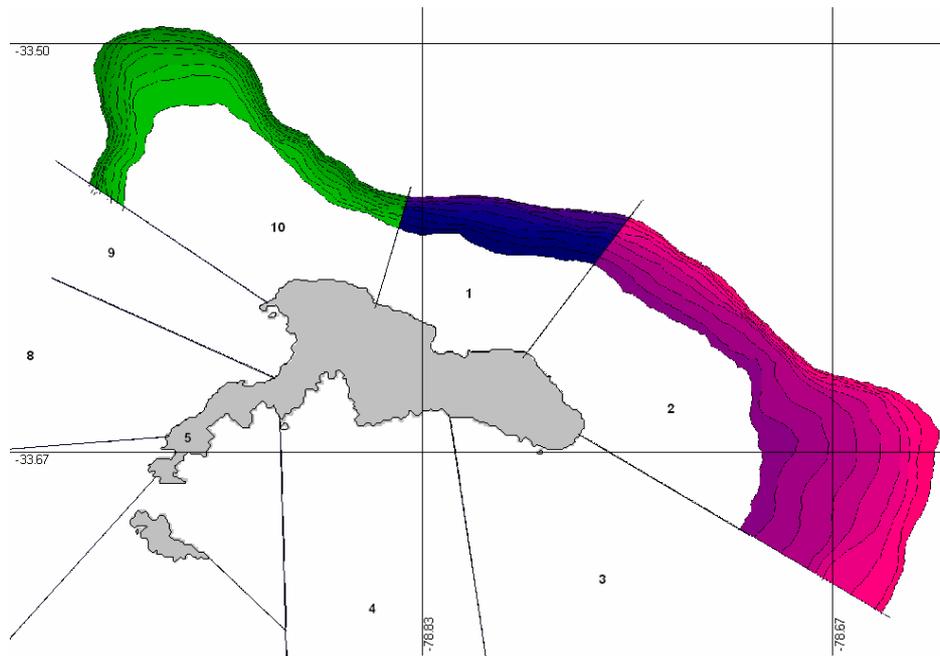
Para generar, como resultado adicional en este proyecto, la distribución geográfica y batimétrica de las tallas promedio de langosta, se consideró la base datos recolectada durante el monitoreo y corresponde a la longitud cefalotorácica por individuo, por bote y asociadas a una profundidad de fondo y a la zona de pesca (Fig. 7).

Fecha	mes	semana	Bote	Zona de Pesca	ZP*10	Profundidad (bz)	PROF (M)	ID PROF	ID*ZP*PROF	Sexo	LC (mm)
11-10-05	o		14	1	10	8	14.4	1	11	HO	89.5
11-10-05	o		14	1	10	8	14.4	1	11	HO	90.3
11-10-05	o		14	1	10	8	14.4	1	11	HO	85.1
11-10-05	o		14	1	10	8	14.4	1	11	M	94.7
11-10-05	o		14	1	10	8	14.4	1	11	M	92.7
11-10-05	o		14	1	10	8	14.4	1	11	HSS	105.1
11-10-05	o	02	14	1	10	10	18	1	11	HO	70.1
11-10-05	o		14	1	10	10	18	1	11	M	83.3
11-10-05	o		14	1	10	10	18	1	11	HCS	80.5
11-10-05	o		14	1	10	10	18	1	11	M	80
11-10-05	o		14	1	10	10	18	1	11	M	60
11-10-05	o		14	1	10	10	18	1	11	M	96.8
11-10-05	o		14	1	10	10	18	1	11	M	98.3
11-10-05	o		14	1	10	10	18	1	11	M	101.3
11-10-05	o		14	1	10	10	18	1	11	HO	84.2
11-10-05	o		14	1	10	10	18	1	11	M	100
11-10-05	o		14	1	10	10	18	1	11	HO	79.7
11-10-05	o		14	1	10	10	18	1	11	HCS	104.6
11-10-05	o		14	1	10	10	18	1	11	M	88.3
11-10-05	o		14	1	10	10	18	1	11	HCS	64.7
11-10-05	o		14	1	10	10	18	1	11	M	94.6
11-10-05	o		14	1	10	10	18	1	11	M	99.2
11-10-05	o		14	1	10	10	18	1	11	HO	71.4
11-10-05	o		14	1	10	10	18	1	11	HO	94.5
11-10-05	o		14	1	10	10	18	1	11	HO	64
11-10-05	o		14	1	10	10	18	1	11	M	80
11-10-05	o		14	1	10	10	18	1	11	HO	81.5
11-10-05	o		14	1	10	10	18	1	11	M	92.4
11-10-05	o		14	1	10	10	18	1	11	HO	84.7
11-10-05	o		14	1	10	10	18	1	11	M	92.1
11-10-05	o		14	1	10	10	18	1	11	M	105.3
11-10-05	o		14	1	10	10	18	1	11	M	115.1

**Figura 7. Estructura de la base datos de tallas georreferenciada.**

Con la aplicación de tablas dinámicas a la base datos se generaron archivos de valor (atributo) mensual y por temporada para la longitud cefalotorácica promedio (cm). Con el módulo de asignación de atributos de valor del SIG IDRISI32 y considerando la imagen base y la base datos de archivos de valor creados, se generaron las imágenes del indicador biológico pesquero. Esta cartografía permitió la caracterización geo-espacial y batimétrica de las tallas de langosta de Juan Fernández.

En el caso del cangrejo dorado, y considerando la información biológico-pesquera georreferenciada recolectada durante la temporada julio 2005 - marzo 2006, se generó una base datos geoespacial. La data básica recolectada en el monitoreo correspondió al registro de capturas (Número) de cangrejo dorado por trampa y por bote, asociadas a una profundidad de fondo y a la zona de pesca. Considerando estos registros, se generó una imagen base que consideró las zonas (1, 2 y 10) y profundidades (350 – 750 m) donde se captura cangrejo dorado en la actualidad, divididas cada una de ellas en ocho estratos de profundidad de 50 m cada uno (Fig. 8), obteniéndose un total de 24 sub-zonas de pesca. Antes de generar la cartografía, a cada registro de la base datos se le asignó el identificador de la sub-zona correspondiente.



**Figura 8. Imagen base que considera las zonas de pesca y las sub-zonas por estrato de profundidad para las faenas extractivas del cangrejo dorado.**

---

**Objetivo N°2. Determinar la biomasa vulnerable total (en peso) y abundancia vulnerable total (nºindividuos), según talla y sexo, de ambos recursos en el área de estudio, al interior y exterior del área de reserva de pesca artesanal (ARPA)**

---

La estimación del stock de ambas especies, tal cual es solicitado en los respectivos Términos Básicos de Referencia, está supeditada a una serie de factores, según los respectivos recursos, entre los cuales cabe mencionar:

a) *Langosta de Juan Fernández*

- Variaciones en la disponibilidad del recurso, que según la información histórica disponible concentran los mayores rendimientos de pesca en los meses de enero y febrero de cada año.
- Agrupación del recurso en parches de agregación en torno a las islas Robinson Crusoe y Santa Clara.
- Existencia de caladeros con derechos de explotación consuetudinarios exclusivos para determinadas familias de pescadores.
- Fuerte escasez del recurso, dada su sobreexplotación, que concentra la extracción en prácticamente una clase modal de la población.
- Distribución del recurso, entre 20 y 200 m aproximadamente.
- Presencia en fondos abruptos y rocosos, con fuertes corrientes marinas.

b) *Cangrejo dorado de Juan Fernández*

- Pesquería incipiente con información biológica pesquera parcial y de carácter preliminar.
- Antecedentes que indican una distribución prácticamente continua entorno a las islas.
- Distribución en fondos marinos, fundamentalmente desde los 300 a 1000 m de profundidad.
- Presencia en fondos abruptos y rocosos, con fuertes corrientes marinas.

De acuerdo a lo señalado precedentemente, en el caso de la langosta de Juan Fernández resulta particularmente complicado y azaroso realizar una evaluación mediante el empleo de área de influencia de la trampa (Arena *et al.*, 1994), o mediante reducción de stock (Leslie & Davis, 1939; DeLury, 1947). Esto debido principalmente a que el recurso se localiza formando parches de agregación, y a los mínimos rendimientos de pesca obtenidos en el último tiempo en las islas, entre 0,53 y 0,59 langostas/trampa (Arana & Vega, 2000c). De este modo, se requeriría una intensidad de muestreo tal que haría inviable el proyecto en términos financieros, dilapidando recursos, y generando probablemente resultados equívocos.

En consideración de lo anterior, en el caso de la langosta de Juan Fernández se optó por una aproximación basada en la estimación de biomasa vulnerable mediante un método de evaluación indirecta de stock, estructurado a la talla, específicamente, análisis de pseudocohorte (Jones, 1984), además de un modelo dinámico y estadístico estructurado por tallas (Sullivan, 1988). Para ello, el presente estudio se complementó con el proyecto "Monitoreo biológico-pesquero de la langosta y cangrejo dorado en el

archipiélago de Juan Fernández” (FIP N°2004-48), cuyo diseño operacional ha sido indicado previamente en el capítulo metodológico.

Respecto del cangrejo dorado, la propuesta consideró realizar la evaluación de stock considerando tanto el análisis de pseudocohorte precitado (Jones, 1984), para lo cual se incorporó igualmente información del proyecto FIP 2004-48, enfoque complementado mediante los métodos de área de influencia de las trampas de pesca y de reducción de stock (Arena *et al.*, 1994; Leslie & Davis, 1939; DeLury, 1947).

### **Evaluación del stock de langosta de Juan Fernández**

El recurso langosta (*Jasus frontalis*) desde un punto de vista comercial, es la principal especie de la pesquería de crustáceos en el archipiélago de Juan Fernández, constituido por las islas Robinson Crusoe, Santa Clara y Alejandro Selkirk (33°40'S-80°W). El stock es explotado por pescadores artesanales utilizando trampas construidas con madera y embarcaciones de doble proa (8-10 m de eslora) equipados con motores fuera de borda.

A comienzos de la década del 80 se realizaron estudios de evaluación del stock de langosta aplicando modelos globales de producción, estableciéndose que de acuerdo al tamaño del stock de langostas, el esfuerzo que se ejercía hasta esa fecha estaba sobredimensionado en más de un 30% y que de persistir dicha situación, podría afectar seriamente a la producción natural del mismo (Larraín, 1981; Yáñez *et al.*, 1982; Yáñez *et al.*, 1985). Como medida de protección del recurso se propuso establecer cuotas de pesca para la pesquería de las Islas Robinson Crusoe y Santa Clara, como parte de una cuota total para la pesquería desarrollada en todo este archipiélago (Yáñez *et al.*, 1985).

Considerando la información recopilada durante la temporada de pesca 2005-2006 por el proyecto FIP N° 2005-21, se evaluó en forma indirecta y se analizó el estado de explotación del stock de langosta en el archipiélago de Juan Fernández. Para la evaluación del stock se propone el modelo talla estructurado, basado en el análisis de pseudo-cohortes. Para analizar estado de explotación del stock, se estimaron los puntos biológicos de referencia aplicando el modelo de rendimiento equilibrado de Thompson & Bell (1934), los que fueron contrastados con la estimación de la tasa de mortalidad por pesca de la fracción completamente reclutada a la pesquería.

#### *Información utilizada*

Como fuese indicado, en la presente evaluación del stock de langosta de Juan Fernández (*Jasus frontalis*), se empleó la información levantada en la temporada de pesca, entre octubre de 2005 y marzo de 2006, monitoreada por el equipo de profesionales de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Así también, se hizo uso de información referente al número de ejemplares desembarcados, el cual está

disponible en tres fuentes distintas: Capitanía de Puerto, Sernapesca y en las Guías de libre tránsito emitidas por la Capitanía de Puerto.

Como el muestreo de la estructura de tallas se realizó *in situ*, se observó que el rango de tallas es mucho más amplio del que se observaría en estructuras del desembarque. Por tal razón, se debió utilizar información adicional que permitió estimar una función de distribución de probabilidad empírica de aquellos individuos bajo los 98 mm de longitud cefalotorácica (LC), que son comerciales ya que poseen al menos 115 mm de longitud, la que es medida desde la base de antenas.

La estructura de hembras sin huevos y machos del muestreo que se obtuvieron a bordo de las embarcaciones antes del descarte, son expandidas al desembarque total acumulado que fluctuó en torno de las 61.828<sup>1</sup> unidades; empleando el procedimiento antes señalado y el porcentaje de hembras y machos presentes en los muestreos, igual a 26% y 74%, respectivamente.

Se empleó además la estimación de parámetros de la relación longitud peso, derivados del presente estudio; en conjunto con los resultados informados por Arana & Olate (2000), quienes reportan una estimación de mortalidad natural igual a 0,18 (año<sup>-1</sup>) para ambos sexos y parámetros de crecimiento del modelo de crecimiento de von Bertalanffy (Tabla 1).

**Tabla 1**  
**Parámetros biológicos de *J. frontalis* en el archipiélago de Juan Fernández**

<b>Parámetro biológico</b>	<b>Hembras</b>	<b>Machos</b>
<b>Crecimiento</b>		
$l_{\infty}$	214,413	212,5803
K	0,0697	0,0707
<b>Relación Longitud-Peso</b>		
A	0,0035	0,0021
B	2,6563	2,7394

<sup>1</sup> cifra preliminar que se obtiene de las guías de libre tránsito y que da cuenta de la cantidad desembarcada, que efectivamente salió del archipiélago para su comercialización.

*Método de evaluación indirecta del stock de langosta de Juan Fernández estructurado a la talla*

Frente a la escasez de información disponible se utilizó el modelo “Análisis de pseudo-cohorte a la talla” (Jones, 1984), con lo cual se supone que el stock se encuentra en condiciones de “equilibrio” y que los reclutamientos han sido constantes en los últimos años. Ambos supuestos son severos y difíciles de sustentar, en especial por las amplias fluctuaciones que han evidenciado los desembarques en la historia de esta pesquería. Sin embargo, el presente enfoque metodológico ha sido ampliamente utilizado en diversas pesquerías de pequeña escala, como es el caso de Yáñez *et al.* (1985, 2000) quienes realizaron la evaluación de la pesquería de langosta de Juan Fernández, entre otros.

A continuación se presentan de manera sucinta las ecuaciones que describen la dinámica en tallas para cada uno de los sexos, sobre la base del modelo de “pseudo-cohorte” de Jones (1984) que posee las siguientes consideraciones: se modifica la ecuación recursiva de Pope (1972) por el algoritmo de MacCall (1986), se introduce un patrón de explotación talla-específico y la estimación de los parámetros se realiza empleando métodos de máxima verosimilitud.

Procesos

Procesos	Notación
<p>Dinámica de la abundancia</p> $N_l = \begin{cases} N_{l+1} \cdot e^{M \cdot \delta t} + \frac{C_l \cdot M \cdot \delta t}{1 - e^{-M \cdot \delta t}}, \\ C_l \cdot \mu_l, \end{cases}$	<p>para <math>l_{\min} \leq l &lt; l_{\max}</math>. Ecuación recursiva modelo Pope (1972), con la modificación propuesta por MacCall (1986).</p> <p><math>l_i = l_{\max}</math>.</p> <p><math>N_l</math>: número de individuos presentes en la talla <math>l</math>.</p>
<p>Crecimiento</p> $\delta t = \frac{1}{k} \cdot \ln \left( \frac{l_{\infty} - l_i}{l_{\infty} - l_{i+1}} \right)$	<p><math>\delta t</math>: tiempo medio que requiere en un individuo en crecer desde el intervalo de tallas <math>i</math> al intervalo <math>i+1</math>.</p>

Patrón de explotación, mortalidad por pesca, mortalidad total y tasa de explotación

$$r_l = \left( 1 + \exp \left( -\ln(19) \cdot \left[ \frac{l_m - l_{50}}{l_{95} - l_{50}} \right] \right) \right)^{-1}$$

$$F_l = r_l \cdot F_{cr}$$

$$Z_l = F_l + M$$

$$\mu_l = \frac{F_l}{Z_l \cdot (1 - e^{-Z_l \cdot \delta t})}$$

$r_l$ : patrón de explotación logístico.

$l_m$ : marca de clase i-ésimo intervalo de tallas.

$l_{50}$ : talla de retención igual al 50%.

$l_{95}$ : talla de retención igual al 95%.

$F_{cr}$ : mortalidad por pesca de los individuos completamente reclutados a la pesquería.

$F_l$ : mortalidad por pesca talla-específico.

Supuesto de "separabilidad".

$M$ : mortalidad natural constante.

$Z_l$ : mortalidad total de los individuos de la talla  $l$ .

$\mu_l$ : tasa de explotación talla específica.

Abundancia y biomasa media.

$$\bar{N} = \sum_l \frac{N_l - N_{l+1}}{Z_l \cdot \delta t}$$

$$\bar{B} = \sum_l \bar{N}_l \cdot \bar{w}_l$$

$\bar{N}$ : abundancia media.

$\bar{B}$ : biomasa media.

$\bar{w}_l$ : peso medio del grupo de talla  $l$ .

Estimador insesgado para un intervalo de tallas.

$$\text{donde: } \bar{w}_l = \left( \frac{a}{l_{i+1} - l_i} \right) \left( \frac{l_{i+1}^{b+1} - l_i^{b+1}}{b+1} \right)$$

Captura talla-estructurada

$$\widehat{C}_l = N_l \cdot \mu_l$$

$N_l$ : número de individuos presentes en la talla  $l$

$\mu_l$ : tasa de explotación talla específica.

### Errores

De acuerdo con Fournier & Archibald (1982), los datos de captura edad-estructurados y/o talla-estructurados siguen una función de densidad de probabilidad multinomial y para encontrar los estimadores máximo verosímiles de los parámetros del modelo, es necesario minimizar la parte negativa de la log-verosimilitud. Cabe hacer presente que se empleó un tamaño de “muestra” pequeño, ya que se tiene en consideración que la varianza en este modelo depende de dicho tamaño de muestra.

Función	Notación
$l_1(x \theta_1) = -n \sum_i p_i \cdot \ln(\hat{p}_i)$	Captura talla-estructurada
$\hat{p}_i = \frac{\hat{C}_i}{\sum_i \hat{C}_i}, \quad n = 50$	$l(\theta x)$ : log-verosímil, fdp multinomial.

Se sabe que los estimadores máximo verosímiles (EMV), entre otras propiedades, son asintóticamente insesgados y se distribuyen normal p-variado, donde p es el número de parámetros estimados. En consecuencia, suponiendo condiciones de regularidad, la matriz de varianzas y covarianzas evaluada en los EMV, puede ser calculada como el inverso de la matriz hessiana, Casella & Berger (1990). Finalmente, el análisis de incertidumbre se realizó empleando el procedimiento MCMC “*Markov Chain Monte Carlo*”, como lo describen Martínez & Martínez (2002).

### **Evaluación de stock incorporando incertidumbre en la mortalidad natural**

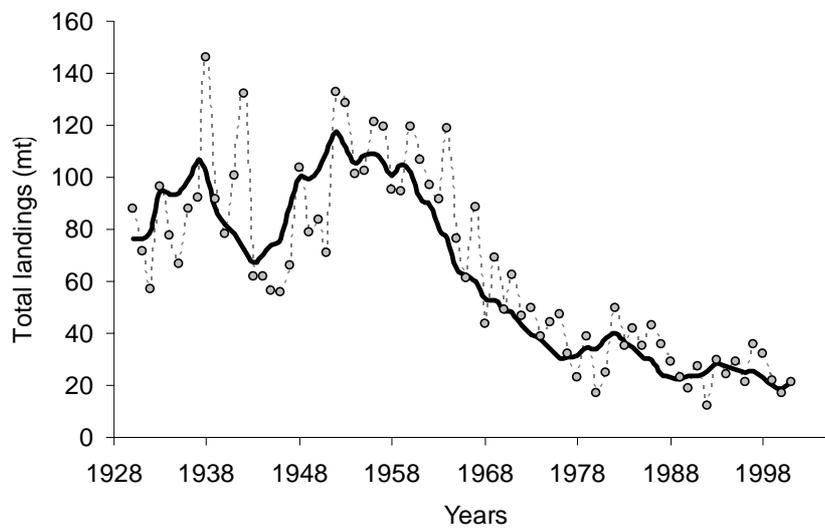
Adicionalmente, se realizó una nueva evaluación de stock, en la cual se reconoce la incertidumbre en la mortalidad natural y por ende, se incorpora como parámetro a estimar en la modelación, denominado para efectos prácticos escenario “*Incertidumbre*” (Ver Anexo) Mediante lo anterior, se efectuó un análisis comparativo con los resultados de la evaluación de stock previamente informada, que considera la mortalidad natural como variable conocida (M=0,18), denominado para efectos prácticos escenario “*Determinista*”.

*Modelo dinámico estructurado por tallas**Dinámica poblacional de la langosta de Juan Fernández*

Los modelos pesqueros cumplen un importante rol como herramientas que representan hipótesis sobre la dinámica del sistema, integran información biológica-pesquera y entregan predicciones cuantitativas sobre el estado del recurso, las cuales a menudo permiten hacer un diagnóstico sobre la pesquería. En pesquerías de pequeña escala es común encontrar situaciones en donde el modelador se ve enfrentado a hacer un diagnóstico a la luz de escasa información disponible (Sparre & Venema, 1995). El alto número de parámetros a estimar ha motivado a menudo la utilización de diversos e ingeniosos modelos con fuertes y restrictivos supuestos de equilibrio (Ernst & Valero 2005). Desafortunadamente, los modelos de equilibrio poseen supuestos estructurales que son muy difíciles de evaluar, generan a menudo estimaciones de parámetros sesgadas y motivan a utilizar sólo parte de la información histórica disponible (Ernst & Valero 2005).

Alternativamente, existe el enfoque dinámico que permite caracterizar la dinámica temporal de la población y actividad pesquera, con un grado de complejidad propia del modelo pesquero a utilizar (Hilborn & Walters, 1992). Este nivel de complejidad estructural del modelo queda a menudo supeditado a la calidad y cantidad de información disponible.

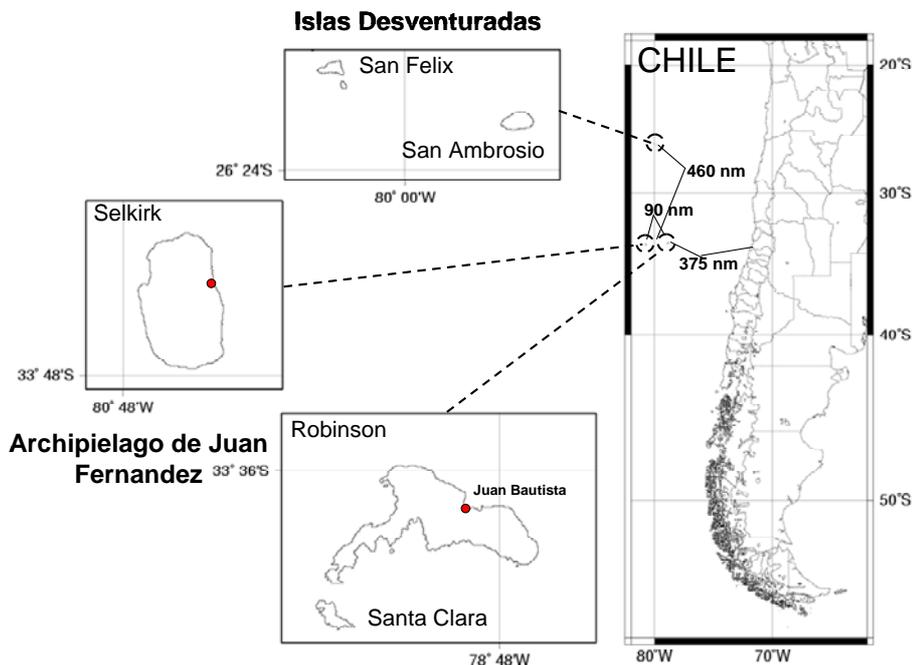
En consideración a las características de la pesquería de la langosta de Juan Fernández, se intentó abordar este enfoque efectuando un trabajo de recopilación y sintetización de toda la información biológica pesquera disponible para este recurso e integrar esta información mediante un modelo dinámico y estadístico



**Figura 9. Desembarque de langostas entre los años 1930 y 2001. Línea negra representa una media móvil de 5 años.**

#### Modelo de dinámica poblacional

La langosta de Juan Fernández se encuentra distribuida en un sistema de 3 grupos de islas (Isla Selkirk, Isla Robinson – Santa Clara e islas Desventuradas, Fig. 10), lo cual divide esta metapoblación en 3 subsistemas desde el punto de vista de la dinámica de los individuos asentados. Idealmente este sistema debiera modelarse a través de tres modelos interconectados a través de las fases larvarias. Desafortunadamente no existe información detallada de todas las subpoblaciones y por ende, dependiendo de la información disponible, fue posible trabajar solamente con alguno de ellos.



**Figura 10. Distribución geográfica de a langosta de Juan Fernández, por el sir el Archipiélago de Juan Fernández y por el norte las islas Desventuradas.**

#### *Bases de datos*

Se procedió a hacer una revisión bibliográfica en busca de indicadores biológico/pesqueros que permitiera: (a) compilar y determinar el tipo y calidad de data disponible a lo largo del tiempo en esta pesquería, (b) sobre la base de esta información, determinar la factibilidad y de ser posible implementar un modelo dinámico que de cuenta de los cambios temporales en la abundancia poblacional; y, (c) analizar la situación de la pesquería de langosta a la luz de estos resultados.

Para estos efectos, se revisó la información publicada disponible en medios nacionales tanto en revistas científicas como en literatura gris. Adicionalmente se revisó las bases de datos históricas de la Escuela de Ciencias del Mar de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (P. Arana, com. pers.) respecto de información mayoritariamente publicada, pero revisándose en su formato original (desagregado). Finalmente, se consideró información adicional generada en el proyecto MARCAS (dirigido y desarrollado en el archipiélago de Juan Fernández por el Dr. Billy Ernst, Universidad de Concepción), los cuales contienen información biológica-pesquera y georreferenciada, y una encuesta exhaustiva que se realizó en junio de 2005 a 44 tripulaciones de los 48 botes que operaron en la isla durante las temporadas 2004-2005 y 2005-2006.

## *Estadísticas pesqueras*

### *Serie histórica de capturas*

Diversas son las publicaciones que contienen información sobre desembarques históricos para este recurso. El primer registro data desde la temporada 1929-1930. La data histórica de captura presenta desafíos respecto de: (a) unidades, (b) grados de agregación de la información de captura proveniente de la isla Alejandro Selkirk, Islas Robinson Crusoe-Santa Clara e islas Desventuradas, (c) organización de la data de captura reportada por la autoridad en año calendario en vez de temporada de pesca; y, (d) subdeclaración en las estadísticas, situación que se hace evidente en los últimos años de la estadística de SERNAPESCA.

Los problemas anteriormente expuestos se manifiestan al momento de depurar la data histórica para desarrollar un modelo dinámica poblacional. En el presente trabajo se procedió a convertir la información desde unidades de biomasa (ton) a número de langostas, asumiendo un factor de conversión de 800 g por langosta (Este valor es el que históricamente ha aplicado SERNAPESCA; P. Arana, com. pers.).

Agrupando la data histórica de desembarques se aprecia que entre las temporadas 1967-1968 y 1984-1985, existe un registro continuo de capturas en número de langostas, separadas por procedencia (I. Alejandro Selkirk e Is. Robinson Crusoe/Santa Clara). Esta situación motivó a convertir las estadísticas globales de captura en biomasa a desembarques por isla, por temporada y en número. Al realizar este ejercicio es necesario considerar los siguientes puntos:

- (a) Factor de corrección biomasa-número (800 g/langosta).
- (b) Estimación temporal de desembarque de las islas Desventuradas proveniente de las encuestas realizadas a los patrones de embarcaciones en junio 2005.
- (c) Separar los desembarques por temporada asumiendo la razón histórica de desembarque entre octubre-diciembre y enero-mayo.
- (d) La razón de desembarques entre Is. Robinson Crusoe/Santa Clara y Alejandro Selkirk es estimada a partir de las razones obtenidas en las temporadas 1984-1985 y 1996-1997.

### *Esfuerzo*

En la pesquería de langostas de Juan Fernández el esfuerzo de pesca se puede descomponer en los siguientes niveles:

- (a) número de embarcaciones presentes por temporada.
- (b) número promedio de trampas utilizadas por temporada.
- (c) número de salidas de pesca por mes.
- (d) proporción efectiva de trampas visitadas por viaje.

El estadístico (d) no ha sido registrado en la serie histórica, excepto en el proyecto MARCAS. Se procedió seleccionar estos estadísticos de los registros históricos para constituir series de tiempo. Adicionalmente se consideró la información sobre registro de botes disponible en la Capitanía de Puerto de Juan Fernández, de la Armada de Chile.

#### Captura por unidad de esfuerzo

Los registros históricos de captura y esfuerzo permiten construir índices de abundancia relativa en unidades de:

- (a) Captura en número por trampa.
- (b) Captura en número por viaje.

La primera medida de abundancia relativa se considera mejor que la segunda, dado que variaciones en el número de trampas entre temporadas generarán sesgos no sistemáticos en el índice de abundancia relativa en el tiempo. La primera en cambio es una unidad muy conveniente, ya que la trampa se ha mantenido sin modificaciones importantes desde fines de los setenta, momento en el cual se pasó desde una trampa de diseño tipo "I" a una "L", siendo la última de mayor eficiencia (Arana, 1983).

#### *Modelación*

Para estructurar el modelo de dinámica poblacional se consideró la calidad y cantidad de información disponible. La información histórica disponible permitió, para efecto de la modelación, construir series de tiempo de captura y captura por unidad de esfuerzo. La información con que se cuenta sobre estructuras de tallas es muy reducida en el tiempo, y se consideró que no era suficiente para poder calibrar un modelo estadístico talla estructurado (o eventualmente edad estructurado). De esta forma se propone utilizar un modelo estadístico de diferencias y retraso en número de langostas (delay difference model, Hilborn & Walters 1992), separando la dinámica entre las islas Robinson Crusoe/Santa Clara y Alejandro Selkirk, debido a diferencias históricas en sus índices de abundancia.

El modelo estadístico de diferencias y retraso es apropiado para las langostas, ya que tiene suficiente flexibilidad para modelar el reclutamiento y relacionarlo eventualmente con el stock reclutado con el retraso correspondiente. La estructura del modelo se aprecia en la Tabla 2. El modelo se desarrolló en el ambiente de programación AD - Model Builder (Otter-Research, 1999).

Tabla 2

**Modelo delay-difference desarrollado para la dinámica poblacional de la langosta desde la temporada 1967-1968 y separando Selkirk de Robinson/Santa Clara. Los residuos del reclutamiento ( $v_t$ ) se estimaron considerando un coeficiente de variación de 1. El índice temporal refleja comienzo de temporada**

---


$$N_{t+1} = sN_t + f(N_{t-L+1}) - C_t$$

$$N_{1967} = N_0$$

$$f(N_t) = R e^{v_t - \frac{\sigma^2}{2}}$$

$$v_t \sim N(0, \sigma^2)$$

$$I_t = qN_t$$


---

Se utilizó una verosimilitud lognormal para representar la incertidumbre asociada a las observaciones de langostas capturadas por trampa (CPP).

## **Evaluación del stock de cangrejo dorado**

### *Método de evaluación indirecta del stock estructurado a la talla*

El recurso *C. chilensis* se evaluó en forma indirecta para lo cual se propuso el modelo talla estructurado, basado en el análisis de pseudo-cohortes. Para análisis estado de explotación del stock, se estimaron los puntos biológicos de referencia aplicando el modelo de rendimiento equilibrado de Thompson y Bell (1934) y contrastan con la estimación de la tasa de mortalidad por pesca de la fracción completamente reclutada a la pesquería.

### Información utilizada

En la presente evaluación del stock de cangrejo dorado de Juan Fernández (*Chaceon chilensis*), se empleó la información levantada entre julio de 2005 a marzo de 2006, monitoreada por el equipo de profesionales de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso en el marco del proyecto FIP 2004-48. Es importante hacer presente, que en la actualidad la operación de pesca, se circunscribe al sector noreste de la isla Robinsón Crusoe y por consiguiente, los resultados generados en el presente estudio son válidos sólo a dicha zona.

Como el muestreo de la estructura de tallas se realizó *in situ* antes del descarte, se observó que el rango de tallas es mucho más amplio del que se observaría en estructuras del desembarque. Sin embargo, por requerimiento del mercado sólo se comercializan aquellos individuos por sobre los 130 mm de ancho de caparazón (AC), lo que equivale a 107 mm de longitud de caparazón (LC). Por tal razón, se procedió a trabajar con la fracción de individuos por sobre los 107 mm LC.

Se empleó además la estimación de parámetros de la relación longitud-peso, derivados del presente estudio; en conjunto con los resultados informados por Arana (2000), quien reporta una estimación de mortalidad natural igual a 0,15 ( $\text{año}^{-1}$ ) y parámetros de crecimiento del modelo de crecimiento de von Bertalanffy (Tabla 3). Asimismo, se corrobora lo señalado por Arana (*op. cit.*) respecto a la composición de la captura, observándose que su configuración es principalmente de machos (97,8%), lo que condiciona el análisis a la fracción de machos de la población.

Tabla 3

Parámetros biológicos de *C. chilensis* en el archipiélago de Juan Fernández

Parámetro biológico	Machos
<b>Crecimiento</b>	
$l_{\infty}$	150
k	0,1
<b>Relación Longitud-Peso</b>	
a	0,000428
b	3,069467

Método de evaluación del stock de cangrejo dorado estructurado a la talla

Tal cual como fue indicado en el caso de la langosta de Juan Fernández, debido a la poca información disponible respecto de esta especie, se propuso emplear el modelo “Análisis de pseudo-cohorte a la talla” (Jones, 1984). Esta metodología supone que el stock se encuentra en condiciones de “equilibrio” y que los reclutamientos han sido constantes en los últimos años. Los supuestos precitados son severos, pero en este caso aceptables, por tratarse de una pesquería artesanal de pequeña escala y breve data histórica.

El presente enfoque metodológico ha sido ampliamente utilizado en diversas pesquerías en el mundo; a nivel local, Yáñez *et al.* (1985, 2000) realizaron la evaluación de la pesquería de langosta de Juan Fernández, entre otros. A continuación se entrega de manera sucinta las ecuaciones que describen la dinámica en tallas del modelo de “pseudo-cohorte” de Jones (1984) que posee las siguientes consideraciones: se modifica la ecuación recursiva de Pope (1972) por el algoritmo de MacCall (1986), se introduce un patrón de explotación talla-específico y la estimación de los parámetros se realiza empleando métodos de máxima verosimilitud.

La modelación se subdivide en tres componentes. El primero, es donde se procede a modelar aspectos generales de la dinámica de poblaciones, haciendo referencia a procesos tales como: abundancia, crecimiento y mortalidad, entre otros. El segundo componente corresponde al modelo de las observaciones, que contiene los procesos para generar estimadores, para variados tipos de datos, como por ejemplo, captura talla-estructurada. Cabe destacar que el tercer componente, corresponde a los modelos estadísticos que cuantifican la magnitud de las diferencias entre los datos y los respectivos valores esperados de éstos, por medio del empleo un algoritmo de búsqueda que maximice la precisión del ajuste.

Dinámica de poblaciones

Procesos	Notación
<p>Dinámica de la abundancia</p> $N_l = \begin{cases} N_{l+1} \cdot e^{M \cdot \delta t} + \frac{C_l \cdot M \cdot \delta t}{1 - e^{-M \cdot \delta t}}, \\ C_l \cdot \mu_l, \end{cases}$	<p>para <math>l_{\min} \leq l &lt; l_{\max}</math>. Ecuación recursiva modelo Pope (1972), con la modificación propuesta por MacCall (1986).</p> <p><math>l_i = l_{\max}</math>.</p> <p><math>N_l</math>: número de individuos presentes en la talla <math>l</math>.</p>
<p>Crecimiento</p> $\delta t = \frac{1}{k} \cdot \ln \left( \frac{l_{\infty} - l_i}{l_{\infty} - l_{i+1}} \right)$	<p><math>\delta t</math>: tiempo medio que requiere en un individuo en crecer desde el intervalo de tallas <math>i</math> al intervalo <math>i+1</math>.</p>
<p>Patrón de explotación, mortalidad por pesca, mortalidad total y tasa de explotación</p> $r_l = \left( 1 + \exp \left( -\ln(19) \cdot \left[ \frac{l_m - l_{50}}{l_{95} - l_{50}} \right] \right) \right)^{-1}$ $F_l = r_l \cdot F_{cr}$ $Z_l = F_l + M$ $\mu_l = \frac{F_l}{Z_l \cdot (1 - e^{-Z_l \cdot \delta t})}$	<p><math>r_l</math>: patrón de explotación logístico.</p> <p><math>l_m</math>: marca de clase <math>i</math>-ésimo intervalo de tallas.</p> <p><math>l_{50}</math>: talla de retención igual al 50%.</p> <p><math>l_{95}</math>: talla de retención igual al 95%.</p> <p><math>F_{cr}</math>: mortalidad por pesca de los individuos completamente reclutados a la pesquería.</p> <p><math>F_l</math>: mortalidad por pesca talla-específico.</p> <p>Supuesto de "separabilidad".</p> <p><math>M</math>: mortalidad natural constante.</p> <p><math>Z_l</math>: mortalidad total de los individuos de la talla <math>l</math>.</p> <p><math>\mu_l</math>: tasa de explotación talla específica.</p>

Abundancia y biomasa media.

$$\bar{N} = \sum_l \frac{N_l - N_{l+1}}{Z_l \cdot \delta t}$$

$$\bar{B} = \sum_l \bar{N}_l \cdot \bar{w}_l$$

donde:  $\bar{w}_l = \left( \frac{a}{l_{i+1} - l_i} \right) \left( \frac{l^{b+1} - l_i^{b+1}}{b+1} \right)$

$\bar{N}$  : abundancia media.

$\bar{B}$  : biomasa media.

$\bar{w}_l$  : peso medio del grupo de talla  $l$ .  
Estimador insesgado para un intervalo de tallas.

### Modelo de las observaciones

Estimadores	Notación
Captura talla-estructurada	$N_l$ : número de individuos presentes en la talla $l$
$\hat{C}_l = N_l \cdot \mu_l$	$\mu_l$ : tasa de explotación talla específica.

### Modelo Estadístico

Como modelo estadístico, se postuló que los desvíos entre la captura talla estructurada expresada en términos de proporciones, puede ser descritos por una función de densidad de probabilidad normal. Esto es:

Función objetivo	Notación
$p_l = \hat{p}_l + v_l; \quad v \sim N(0, \sigma_v^2)$	Captura talla-estructurada
$v_l = p_l - \hat{p}_l; \quad p_l = \frac{C_l}{\sum_l C_l}$	$l(x \theta)$ : log-verosímil, fdp normal.

$$L(x|\theta) = \prod_l \frac{1}{\sigma_v \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \exp\left(-\frac{v_l^2}{2 \cdot \sigma_v}\right)$$

$$l(x|\theta) = \ln(L(x|\theta))$$

Se sabe que los estimadores máximo verosímiles (EMV), entre otras propiedades, son asintóticamente insesgados y se distribuyen normal p-variado, donde  $p$  es el número de parámetros estimados. En consecuencia, suponiendo condiciones de regularidad, la matriz de varianzas y covarianzas evaluada en los EMV, puede ser calculada como el inverso de la matriz hessiana, Casella & Berger (1990). Finalmente, el análisis de incertidumbre se realizó empleando el procedimiento MCMC “*Markov Chain Monte Carlo*”, como lo describen Martínez & Martínez (2002).

En el presente trabajo se evaluaron distintos escenarios o hipótesis de trabajo, las que fueron contrastadas empleando procedimientos de selección de modelos basados en criterios de información, utilizando Bayes Information Criteria (BIC, Schwarz 1978), porque permite evaluar la verosimilitud del modelo o de la hipótesis de trabajo, considerando a la vez la parsimonia, puesto a que emplea el tamaño de la muestra y el número de parámetros estimados en su expresión.

$$BIC = -2 \cdot \ln(L(x|\theta)) + 2 \cdot d \cdot \ln(n)$$

donde  $L(x|\theta)$  es la verosimilitud del modelo ajustado,  $d$  es el número de parámetros estimados y  $n$  es el tamaño de la muestra.

### *Método de área teórica de influencia de las trampas*

Para realizar la estimación de la biomasa disponible del cangrejo dorado de Juan Fernández, se propuso la metodología conocida generalmente como “Área teórica de Influencia”. Este procedimiento, que se asemeja al del “Área barrida” cuando se trabaja con redes de arrastre, ha sido propuesto para evaluar poblaciones marinas mediante el uso de trampas (Miller, 1975; McElman y Elnor, 1982; Eggers *et al.*, 1982; Boschi *et al.*, 1984; Melville-Smith, 1986; Arana y Vega, 2000b). También ha sido aplicada por la Comisión para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos (CCRVMA, 1992) al efectuar una primera aproximación del tamaño del stock de *Paralomis spinosissima*, en torno a la isla de Georgia del Sur, en el océano austral. Así también, en ese mismo año, dicho organismo utilizó una adaptación de este método para realizar un cálculo aproximado de la biomasa de *Dissostichus eleginoides*, en los alrededores de esa isla, utilizando información de capturas realizadas con espineles.

La metodología se sustenta en que los organismos son muy sensibles a los estímulos químicos de las sustancias disueltas en el agua, producidas por ejemplo, por los cebos. De allí que cada trampa tiene un “radio de acción”, o “un área teórica de influencia” sobre los organismos que se encuentran a su alrededor (Boschi *et al.*, 1984; Arena *et al.*, 1988).

Al emplear el método de estimación de abundancia mediante el área teórica de influencia, es posible identificar diversos sesgos que se pueden producir al utilizar este procedimiento de cálculo. En otras palabras, se puede decir que los resultados dependerán en alguna medida de los siguientes aspectos:

- Precisión en el cálculo del área de distribución del recurso;
- El radio teórico de acción supuesto para las trampas, si es que no se desarrolla una investigación específica para determinar este parámetro;
- La forma que adopta el área de influencia del aparejo utilizado y posible superposición de áreas entre trampas colindantes;
- El valor de la tasa de captura  $q$ ;
- Que la captura de las trampas esté en proporción con la densidad del recurso en el área de pesca; y,
- Que la densidad calculada sea representativa de todo el rango de profundidad de distribución del recurso, del estrato o subárea utilizado para efectuar la evaluación.

La metodología se basa en la proporcionalidad entre la captura por unidad de esfuerzo de la trampa y el número o densidad de los organismos sobre el fondo marino entorno a ésta. Así, se define:

$$cpue = \frac{c}{f} = q * D$$

donde:

$c/f$  : Captura por unidad de esfuerzo (individuos/trampa)  
 $D$  : Densidad de organismos (individuos /m<sup>2</sup>)  
 $q$  : Coeficiente de capturabilidad (m<sup>2</sup>/trampa), correspondiente al área efectiva de pesca de la trampa.

Lo cual, en términos de biomasa vulnerable en una cierta área ( $A_t$ ), se expresa:

$$Biomasa\ vulnerable_t = \left( \frac{\overline{cpue_t}}{q} \right) * A_t$$

donde:

$\overline{cpue_t}$  : Rendimiento de pesca medio obtenido en una cierta área de pesca "t" (individuos/trampa).  
 $A_t$  : Area total del área de pesca "t."

De este modo, en este caso la  $cpue$  media ( $\overline{cpue_t}$ ) corresponde al rendimiento de pesca medio obtenido en una cierta área de pesca "t", mientras la biomasa vulnerable total en torno a las islas Robinson Crusoe y Santa Clara corresponde a la adición de los n-ésimos estimados individuales "t":

$$Biomasa\ vulnerable = \sum_{t=1}^n \left( \frac{\overline{cpue_t}}{q} \right) * A_t$$

Al respecto, cabe indicar que la biomasa vulnerable en términos de peso (ton), es derivada a partir del rendimiento promedio por trampa (individuos/trampa), de la estructura de tallas del stock explotado y de la respectiva relación de talla peso.

#### Estimación del área de influencia del aparejo de pesca

En la estimación del área efectiva de pesca ( $A_{ef}$ ), correspondiente al parámetro "q", es decir el área dentro de la cual los individuos presentes tienen una probabilidad de captura de 100%, constituye uno de los factores claves en la exactitud del método (Arena *et al.*, 1994; Aedo & Arancibia, 2003). La estimación de este parámetro se ha efectuado con aproximaciones diversas, como el empleo de buzos en aguas someras, fotografía submarina (metodología que ha sido utilizada en la estimación de la abundancia de red crab, (*Geryon maritae*) y de *Chionocetes opilio*, entre otros (Melville-Smith, 1983, 1985 y 1986; Miller 1975), y mediante la realización de experimentos *in situ*, que considera separaciones variables entre trampas a fin de determinar la separación ( $S_{max}$ ) en la cual no existe sobreposición de áreas (Arena *et al.*, 1994; Aedo & Arancibia, 2003).

Al respecto cabe indicar que la opción analítica a emplear debe considerar las características de la zona de trabajo, y de distribución del recurso, así, y de acuerdo a los factores enumerados en párrafos precedentes para ambas especies, se descartó el empleo de buceo y fotografía submarina, dada la profundidad de los fondos habitados por *Chaceon chilensis*, en torno a 300 m que imposibilitan la primera opción y hacen desaconsejable la segunda, dado el riesgo de daño del equipo de fotografía o filmación.

De este modo, conceptualmente se empleó la aproximación al problema establecida por Aedo & Arancibia (2003). Dichos autores definen el Área de atracción de la trampa ( $A_{atr}$ ) como el área máxima en la cual un individuo es atraído por la carnada ubicada en la trampa, dado el hecho que la vulnerabilidad en  $A_{atr}$  disminuye cuadráticamente con el incremento de la distancia (en función de  $r^2$ ). Así, se considera al Area efectiva ( $A_{ef}$ ) como aquel sector dentro del cual los individuos tienen una probabilidad del 100% de ser atrapados por la trampa calada.

De esta manera, se efectuó un diseño experimental que considera la separación sucesiva de las trampas. Para ello, se calaron tenas con separaciones distintas entre trampas, estimándose distancias de 30, 60, 90 y 120 m todas con sus respectivas réplicas (2), manteniendo constantes otras variables como tipo y cantidad de carnada, tiempo de reposo, hora del día y profundidad. De este modo, el área de influencia del aparejo ( $A_{atr}$ ) se obtiene mediante estimación de la separación entre trampas ( $S_{max}$ ) caladas en la que la cpue alcance un valor asintótico.

La relación entre CPUE y distancia, se obtiene de la expresión  $\overline{cpue}_s = a * (1 - \exp^{-bs})$ , en donde  $\overline{cpue}_s$  corresponde a la cpue promedio obtenida en el diseño experimental a una distancia de separación "s", en donde los parámetros a y b se determinan mediante máxima verosimilitud. De acuerdo al hecho que la cpue se incrementa con las distancia de separación entre trampas, la  $cpue_{00}$ , correspondiente a la distancia  $S_{max}$ , corresponderá a la parámetro "a" de la expresión que relaciona  $\overline{cpue}$  y distancia, indicada previamente.

donde:

$$r_{atr} = \frac{1}{2} * S_{max} \quad : \text{Radio de atracción de la trampa.}$$

$$A_{atr} = \pi * r_{atr}^2 \quad : \text{Área de atracción de la trampa.}$$

Finalmente, para el cálculo del área efectiva de pesca ( $A_{ef}$ ) se estimó la probabilidad de captura, correspondiente a la probabilidad de captura de un cierto individuo, a una distancia “d” de la trampa. A partir de dicha expresión, y considerando un criterio de filo de cuchillo, es decir, la existencia de un radio efectivo de pesca dentro del cual la captura es de 100%, se estima el radio efectivo de pesca.

donde:

$$C_p = m * \exp^{-n*d} \quad : \text{Probabilidad de captura en el área de influencia de la trampa}$$

$$r_{ef} = \frac{1 - \exp^{-n*r_{atr}}}{n} \quad : \text{Radio efectivo de pesca}$$

El esquema de trabajo anterior presenta limitaciones, las principales corresponden a la existencia de corrientes en el fondo marino, que pueden cambiar de dirección o intensidad, alterando el supuesto de área circular de atracción en torno al aparejo. Igualmente, otras variables de difícil control es la existencia de fondos abruptos y accidentados que pueden dificultar la realización de la experiencia en terreno, dada la pérdida de estabilidad de las trampas que pueden incidir en la obtención de datos anómalos. De acuerdo a ello, y si las dificultades mencionadas anteriormente imposibilitan la obtención de los resultados requeridos, se recurrió a información contenida en publicaciones nacionales o internacionales respecto al área de influencia de trampas en capturas de crustáceos del género *Chaceon* o *Geryon* (Melville-Smith, 1986, 1983 y 1985).

#### *Método de reducción de stock*

Las metodologías de Leslie & Davis (1939) y DeLury (1947) descansan en una serie de supuestos, los cuales son comentados a continuación:

a) *Capturabilidad de la población explotada es constante entre individuos y durante el tiempo de pesca.* Este es el supuesto más difícil de sostener, debido que este factor presenta variaciones tanto entre individuos, generalmente asociadas a talla y sexo, como causados por procesos de muda y ciclos reproductivos. Esto último ha generado el reporte de subestimaciones o sobreestimaciones de biomasa vulnerable tanto por variaciones en la disponibilidad del recurso, como debido al hecho que la CPUE decrece más rápido que el tamaño de la población debido a que los animales más vulnerables son atrapados primero.

b) *El esfuerzo de pesca se distribuye homogéneamente en el área de pesca.* En el caso del empleo de información proveniente de la pesquería comercial, prácticas como la búsqueda de los caladeros con mejores rendimientos de pesca introducen importantes sesgos en la información. Sin embargo, la realización de un experimento de reducción de stock permite respetar el supuesto.

c) *La calidad del esfuerzo pesquero, considerando aspectos como el tiempo de reposo, carnada y tipo de trampa es constante.* Estas variables, que pueden introducir sesgos en la información, no pueden controlarse en el caso de la flota comercial, sólo en el caso de un diseño experimental.

d) *La población está cerrada a la inmigración, emigración, muerte natural o reclutamiento.* Este supuesto puede alcanzarse en experimentos de corta duración.

El concepto general de la metodología es examinar como la fracción removida de un cierto recurso influencia la abundancia relativa (CPUE) del recurso que permanece en el stock en una cierta área de estudio. Así, en su concepto más simple, el enfoque consiste en predecir cuanta remoción acumulada se necesitaría para conducir la abundancia relativa a cero, de este modo, la extracción total se emplea con el fin de predecir el tamaño inicial del stock previo al inicio de la remoción.

Al respecto cabe indicar que los modelos de reducción de stock pueden aplicarse tanto en experimentos diseñados *ex profeso*, o a datos históricos. Igualmente, se definen dos estimadores, el de Leslie (Leslie & Davis, 1939) y el de DeLury (DeLury, 1947).

En el caso de Leslie, el comportamiento de la población explotada puede describirse mediante:

$$N_t = N_1 - K_{t-1}$$

donde:

$N_t$  : Abundancia de la población.  
 $K_{t-1}$  : Captura acumulada hasta el tiempo t-1

Considerando  $y_t = q * N_t$  como modelo de las observaciones, de acuerdo a lo cual se deriva  $y_t = q * N_1 - q * K_{t-1}$ , de donde mediante minimización de diferencia de cuadrados es posible determinar  $q * N_1$  y  $q$ , como el intercepto y pendiente de la regresión, respectivamente.

En el caso de DeLury, la población explotada se describe mediante:

$$N_t = N_1 * \exp^{-q * E_t}$$

En donde, se define  $y_t = q * N_t$  como modelo de las observaciones, en donde  $y_t$  corresponde a CPUE,  $E_t$  al esfuerzo acumulado previo al tiempo "t", acorde a lo cual se deriva  $y_t = q * N_1 * \exp^{-q * E_t}$ , de donde mediante minimización de mínimos cuadrados es posible determinar  $q * N_1$  y  $q$ , como el intercepto y pendiente de la regresión, respectivamente de la función linealizada por logaritmo.

De acuerdo a lo anterior, se exploró el empleo de ambos modelos, tomando en consideración el mejor ajuste de los datos generados en terreno mediante el esquema de trabajo indicado en el capítulo metodológico. Así, la biomasa vulnerable de *C. chilensis* en torno a las islas corresponde a la adición de los estimados individuales según la metodología de reducción de stock.

## **Estructura del stock**

### *Estructura de tallas*

La información relativa a tallas proviene de dos fuentes de información. La primera de ellas corresponde a datos generados en el marco del monitoreo de ambas pesquerías realizadas en el proyecto FIP N° 2004-48, estudio que está generando información de la temporada de pesca 2005-2006 de langosta de Juan Fernández. La información generada por este medio se emplea a fin de desarrollar la evaluación según el análisis de pseudocohorte a la talla. La segunda fuente relativa a tallas proviene de cruceros de pesca de evaluación directa (área de influencia de la trampa y reducción de stock).

A fin de obtener la composición por tamaño de los ejemplares de langosta y cangrejo dorado de Juan Fernández capturados, se confeccionaron distribuciones de frecuencias de tallas. Las mediciones individuales de longitud cefalotorácica medidas en terreno se agruparon en intervalos de 1 mm, separadamente para machos, hembras ovíferas, hembras no ovíferas y hembras totales. De este modo, la distribución de frecuencia de tallas, fue elaborada mediante

censo de los individuos capturados en cada lance monitoreado de la pesquería o de los cruceros de pesca (en el caso de la evaluación indirecta o directa, respectivamente).

#### *Proporción sexual global y a la talla*

De acuerdo al número total de hembras y machos capturados, se determinó la proporción sexual en cada lance. Paralelamente, con las distribuciones de frecuencias de tallas se estableció la proporción sexual por rangos de longitud.

#### *Relación longitud-peso*

Para la determinación de la relación talla-peso en los recursos objetivo, se utilizó una submuestra de los ejemplares medidos en tierra para la elaboración de las correspondientes distribuciones de frecuencias de tallas. En cada lance se midió y pesó los ejemplares, con precisión al milímetro, en machos y hembras sin huevos. En aquellos casos en que la captura sea reducida se midió y pesó todos los ejemplares correspondientes al lance. A cada individuo se le registró la longitud cefalotorácica (mm) y el peso total individual (g) en estado fresco, considerando para ello sólo los organismos de la muestra que presenten todos sus apéndices.

La relación talla-peso se determinó por sexo (machos y hembras sin huevos) y por región, utilizándose para tal efecto la relación correspondiente a la función de poder tradicional:

$$W_{L_c} = a * L_c^b$$

donde  $W_{L_c}$ , corresponde al peso total entero (g) del individuo de talla  $L_c$  (mm), en tanto que “a” y “b” son los parámetros de condición y alometría, respectivamente. Considerando que la aproximación obtenida al linealizar la ecuación anterior no corresponde al ajuste de mínimos cuadrados del problema original, y que ésta puede diferir de la aproximación (Burden & Faires, 2002), los parámetros fueron obtenidos mediante la minimización de la sumatoria de la diferencia de mínimos cuadrados, entre los valores observados y predichos,  $E = \sum_{i=1}^m (W_i - a * L_c^b)^2$ , diferencia que expresada en términos de ecuaciones normales, se reduce a resolver el sistema de ecuaciones:

$$0 = \frac{\partial E}{\partial a} = 2 * \sum_{i=1}^m (W_i - a * L_c^b) * (-L_c^b)$$

$$0 = \frac{\partial E}{\partial b} = 2 * \sum_{i=1}^m (W_i - a * L_c^b) * (-a * (\ln L_c) * W_i^b)$$

Para ello se recurrió al empleo de dos enfoques alternativos, el primero consiste en el empleo del método iterativo de Gauss Newton (o Raphson Newton):

$$p_N = p_{N-1} - \frac{f(p_{N-1})}{f'(p_{N-1})}$$

Mientras que el segundo utilizó el algoritmo de Levenberg-Marquardt, donde para un determinado ajuste dado por:  $y = f(\theta, x)$ , el método busca la solución de los parámetros  $\theta$ , mediante la minimización de  $g(\theta) = \sum_{i=1}^m (Y_i - f(\theta, X_i))^2$ , mediante la rutina  $\theta_{j+1} = \theta_j - (J'J + \lambda D)^{-1} J'(Y - f(\theta, X_i))$ , donde:

Y = vector que contiene a la y-ésima observación  
 X = vector que contiene la x-ésima observación  
 J = Matriz jacobiana  
 D = Matriz diagonal de ajuste

Para ambos enfoques se recurrió a paquetes estadísticos como SPSS, Statistica, o al empleo de la rutina Solver incorporada a planillas de cálculo.

Con el fin de establecer el tipo de crecimiento relativo (alométrico - isométrico) que presentan los recursos, se aplicó la prueba de t de Student (Dixon & Massey, 1957):

$$t_{n-2(g,l)} = \frac{(3-b)}{s_b}$$

donde  $s_b$  = desviación estándar del factor de crecimiento. Se formuló la siguiente dócima de hipótesis respecto a la isometría:

$$H_0 : b = 3$$

$$H_a : b \neq 3$$

La igualdad de la relación talla-peso entre machos y hembras sin huevos fue probada mediante la dócima de las siguientes hipótesis, que prueba como hipótesis nula, y simultáneamente si las pendientes (b) e interceptos (a) son iguales.

$$H_0 : a_M = a_H \text{ y } b_M = b_H$$

$$H_a : a_M \neq a_H \text{ o } b_M \neq b_H, \text{ o ambos}$$

Así, se empleó el estadístico:

$$F^* = \frac{\frac{SSE_{M+H} - SSE_T}{2}}{\frac{SSE_T}{n_M + n_H - 4}}$$

En donde  $SSE_{M+H}$  corresponde a la suma del cuadrado de los errores de la regresión combinada de machos y hembras y,  $SSE_T$  la suma del cuadrado de los errores en machos ( $SSE_M$ ) y en hembras ( $SSE_H$ ), respectivamente. Este indicador fue contrastado con el test F ( $1-\alpha$ ; 2,  $n_M + n_H - 4$ ) (Neter & Wasserman, 1974).

Considerando que la igualdad de las funciones de regresión además de la igualdad de sus pendientes e interceptos está condicionada a la igualdad de la varianza del error de ambos ajustes ( $SSE_M$  y  $SSE_H$ ), se probó esta condición mediante un test F, con las siguientes hipótesis:

$$H_0 : SSE_M = SSE_H$$

$$H_a : SSE_M \neq SSE_H$$

Siendo el estadístico  $F^*$  definido por:

$$F^* = \frac{\frac{SSE_M}{n_M - 2}}{\frac{SSE_H}{n_H - 2}}$$

Donde la hipótesis nula se acepta si se cumple que:  $F(\alpha; n_M - 2, n_H - 2) \leq F^* \leq (1-\alpha; n_M - 2, n_H - 2)$ . Para ello, se empleó un programa computacional *ad hoc*.

#### *Desagregación de la biomasa vulnerable*

Para la determinación de la estructura de las biomásas por sexo, se calculó el aporte en peso ( $A_w$ ) y, considerando los pesos medios de los respectivos intervalos de tallas, de acuerdo a los correspondientes parámetros de la relación talla-peso.

$$\Lambda_w = \left[ \frac{f_L W_L}{\sum (f_L W_L)} \right]$$

donde:

$$B_L = A_w B_T$$

- $A_w$  : Aporte en peso  
 $W_L$  : Peso medio de ejemplar correspondiente al intervalo de talla "L"  
 $B_L$  : Biomasa correspondiente al intervalo de talla "L"  
 $B_T$  : Biomasa total de la región o agregación

#### *Intervalos de confianza de la biomasa vulnerables*

Los intervalos de confianza en el caso de la evaluación indirecta, tal cual se indicó, se estimaron mediante simulación Montecarlo. En el caso de la evaluación directa, los intervalos de confianza para la estimación se generan según la transformación de los intervalos de los rendimientos medios de pesca (CPUE) ( $\alpha = 5\%$ ), estimados en número, y en peso (ton), de acuerdo a lo indicado en párrafos precedentes.

#### *Estimación de biomasa al interior y exterior del ARPA*

Respecto de la langosta de Juan Fernández, su estimación se efectuó al interior del Area de Reserva de Pesca Artesanal, puesto que su distribución batimétrica (hasta los 200 m de profundidad, aproximadamente), no permite su presencia al exterior del ARPA. En el caso del cangrejo dorado, la estimación de biomasa vulnerable se realizó según lo expuesto precedentemente, y este valor fue expandido al área del fondo marino comprendido al interior y exterior del ARPA, respectivamente.

#### **Comportamiento *in situ* de la langosta de Juan Fernández**

Con el fin de recopilar información en terreno respecto del comportamiento de *J. frontalis*, con relación al aparejo de pesca, se efectuó una experiencia de filmación submarina de una trampa calada en el fondo marino. Esta experiencia tuvo por objeto detectar comportamientos asociados fundamentalmente a la saturación de trampas, es decir, la reducción de potenciales capturas adicionales debido a las capturas actuales, que redundan en menores CPUE (Miller, 1990).

### *Cámara Submarina*

De acuerdo a las actividades realizadas se usaron dos configuraciones distintas para la misma cámara submarina utilizada, una para la filmación nocturna de trampas en operación *in situ* y otra para las filmaciones diurnas con buceo autónomo.

#### a) Filmación de trampa en operación nocturna

La configuración del equipo utilizado con la finalidad de filmar trampas en operación *in situ* de langosta de Juan Fernández (*Jasus frontalis*), corresponde a una cámara submarina programable. Este equipo está compuesto principalmente por cuatro módulos (Fig. 11), los cuales corresponden a:

- Cámara (Sony Handycam DCR-TRV17) con lente gran angular
- Baterías (AGM, 12V 7amp)
- Iluminación (2 focos con luz Xenophot de 50 watts cada uno)
- Soporte o pedestal del equipo de 2.8 metros de altura.

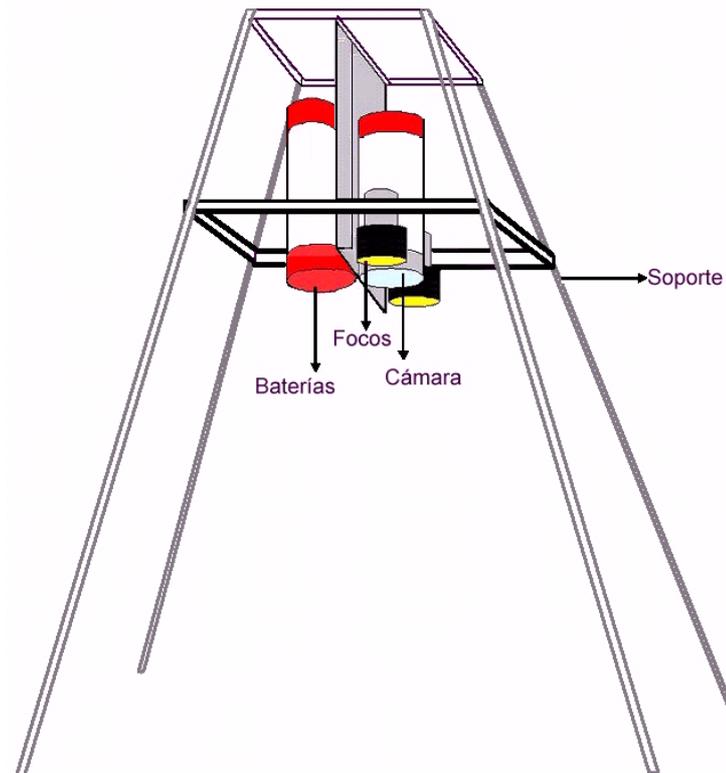
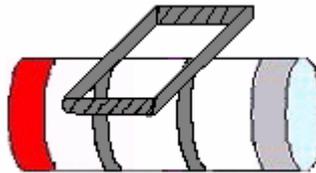


Figura 11. Esquema del equipo de filmación submarina autónoma.

b) Filmación de Langostas en grietas y del entorno de una trampa (filmaciones diurnas)

El equipo que se utilizó en las filmaciones del entorno de la trampa y de langostas presentes en grietas y hendiduras fue sólo con el contenedor estanco de la Cámara Sony Handycam (DCR-TRV17). La operación de ella se realizó con buceo autónomo y sin la necesidad de luz artificial (Fig 12).



**Figura 12. Esquema del equipo usado en la filmación con buceo autónomo.**

*Embarcación participante*

La embarcación utilizada para realizar el posicionamiento del equipo en la filmación de trampas en operación nocturna corresponde a un bongo de madera característico de esta pesquería, propiedad del Sr. Hugo González. Además, en dos de las seis experiencias se empleó buceo autónomo como apoyo en la instalación de la cámara, con el objetivo de asegurar el correcto posicionamiento del equipo sobre la trampa (enfoque) y evitar su volcamiento en el fondo marino (estabilidad). Para las filmaciones diurnas con buceo autónomo se utilizó una embarcación de fibra de vidrio (Ariki-ruku), de propiedad del Sr. Marcelo Rossi, quien efectuó todas las actividades relacionadas con buceo en las experiencias realizadas.

*Área y período de estudio*

El área en la cual se realizaron las experiencias de filmación corresponde a bahía Cumberland en la isla Robinson Crusoe, archipiélago de Juan Fernández, entre el 23 de noviembre y 01 de diciembre de 2005. En este período se realizaron un total de ocho experiencias, seis orientadas a filmar la operación nocturna de trampas, una para filmar el entorno de una trampa y una para la filmación de langostas en grietas y hendiduras del fondo.

### *Metodología de filmaciones*

Con el propósito de obtener registros visuales de las trampas de langostas en operación, se llevaron a cabo una serie de filmaciones submarinas en la bahía Cumberland. Las experiencias se orientaron principalmente en actividades diurnas (filmaciones en grietas y/o hendiduras y del entorno de una trampa) y nocturnas (trampa en operación).

#### a) Filmaciones diurnas:

En las actividades diurnas sólo se usó el cilindro estanco de la cámara como equipo de filmación, modificado únicamente con la confección de un par de asas de cabo de PA torcido (perlón), usadas como “manillas” o agarraderas con la finalidad de que el buzo pudiera maniobrar libremente durante las filmaciones.

Para la filmación diurna de langostas en grietas y hendiduras la cámara fue regulada con un alto contraste (mayor sensibilidad a la luz), dada la baja luminosidad presente en estas “cuevas” en el fondo. La inmersión del buzo autónomo (con botella) fue de 50 minutos y consistió principalmente en recorrer diversas hendiduras o grietas buscando la presencia de langostas en ellas. Esta actividad se realizó entre los 7 y 12 metros de profundidad y el área explorada es la zona NW de la bahía de Cumberland.

En el caso de la filmación de una trampa y su entorno, se seleccionó una en operación con langostas capturadas en su interior a 7 metros de profundidad. El tiempo de inmersión del buzo (autónomo) fue de 35 minutos y la estrategia empleada en la filmación consistió en el registro en círculos concéntricos desde la trampa con un alejamiento paulatino de ella en un radio máximo de 20 metros aproximadamente. Las profundidades de esta filmación variaron entre 5 y 12 metros.

#### b) Filmaciones nocturnas de trampas en operación:

Para estas experiencias el equipo de filmación completo (iluminación autónoma y montado sobre el soporte) fue posicionado desde el bongo con un cabo (6mm) sobre trampas previamente caladas y se dejaba toda la noche para retirarlo al día siguiente.

El enfoque de la cámara (con lente gran angular) se dirigió a la entrada superior de las trampas en operación. La secuencia de iteración programada en la cámara fue de 2 segundos de grabación y 10 minutos de espera, con un tiempo total de 9 horas de actividad en promedio. La activación de esta secuencia se realizaba en el bongo (antes de ser posicionada) y se realizaron 6 experiencias para captar en el transcurso de la noche la actividad alrededor de la trampa, detalle que

se resume en la Tabla 4. Para las luces se empleó una batería AGM con carga completa (máxima capacidad), y una potencia de 50 Watts en cada foco.

**Tabla 4**  
**Cuadro resumen filmaciones nocturnas de trampas en operación**

<b>Experiencia</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Profundidad estimada (m)</b>	<b>Fecha</b>	<b>Hora Inicio Filmación</b>	<b>Captura N° de individuos</b>	<b>Tiempo de reposo previo de la trampa</b>
<b>Filmación 1</b>	Trampa	8	23-Nov	18:35	6	3 días
<b>Filmación 2</b>	Trampa	8	24-Nov	19:15	Sin Información	0 días
<b>Filmación 3</b>	Trampa	9	26-Nov	20:00	0	0 días
<b>Filmación 4</b>	Trampa	9	28-Nov	19:00	0	0
<b>Filmación 5</b>	Trampa	18	29-Nov		5	0
<b>Filmación 6</b>	Trampa	8	30-Nov	19:30	Sin Información	2

---

**Objetivo N°3. Caracterizar la fauna acompañante asociada a la extracción de ambos recursos**

---

De acuerdo a los antecedentes disponibles respecto del archipiélago, las especies incidentales más importantes capturadas en faenas destinadas a la extracción de langosta de Juan Fernández corresponden a centolla de Juan Fernández (*Paromola rathbuni*), jaiba remadora (*Ovalipes trimaculatus*) y langosta chata (*Scyllarus delfini*), registrándose igualmente especies ícticas como morena (*Gymnothorax porphyreus*) además de pulpo (*Octopus* spp.) (P. Arana, *com pers.*)

En el presente proyecto, con el fin de caracterizar la fauna asociada a la extracción de ambos recursos, durante la ejecución de los cruceros de evaluación directa, se procedió a registrar en fichas *ad hoc* la totalidad de la captura por trampa, en número, y desglosada por especie. En el caso de la langosta de Juan Fernández la fauna acompañante fue determinada mediante la información generada en el marco del proyecto “Monitoreo biológico-pesquero de la langosta y cangrejo dorado en el archipiélago de Juan Fernández” (FIP N°2004-48), lo que permite generar una visión temporal de la composición de la fauna asociada.

Las especies capturadas fueron registradas fotográficamente a fin de generar un manual de reconocimiento en formato digital. Con el fin de reconocer a las especies capturadas, se recurrió a los trabajos de Andrade (1985), Báez & Ruiz (1985), Dupré (1975), Retamal & Arana (2000), Sepúlveda & Pequeño (1985) y Sepúlveda (1987).

De este modo, se registró la captura para cada una de las especies extraídas durante las faenas de pesca (kg), determinándose a continuación la frecuencia de ocurrencia (%FO) y la importancia relativa, en peso, de las especies que constituyeron la fauna acompañante de ambos recursos. Cabe destacar que la importancia relativa se determinó en términos de la captura total (%RT) y de la captura del recurso objetivo (%RO).

La información correspondiente a la fauna acompañante, fue analizada mediante la utilización de los índices señalados en párrafos anteriores, tanto en términos globales como por rangos batimétricos. Asimismo, se analizó la importancia relativa de las especies dentro de cada grupo taxonómico (peces y crustáceos).

---

#### Objetivo N°4. Determinar el estado de situación de la langosta de Juan Fernández

---

El estado de situación de la langosta de Juan Fernández se abordó a partir de la evaluación de stock mediante el método de pseudocohorte explicado en párrafos precedentes, al respecto cabe indicar que la misma metodología se aplicó en el caso del cangrejo dorado. Así, se definió puntos biológicos de referencia a fin de contrastarlos con el estado de explotación del recurso.

De este modo, se estimó un conjunto de valores (PBR) conducentes a establecer la situación del recurso, o más bien aproximarse a ésta "proxy" dada las limitaciones y/o restricciones del estudio. En este contexto, se estimaron puntos biológicos de referencia basados en el modelo de rendimiento y biomasa por recluta propuesto por Thompson & Bell (1934) y en la estimación de los reclutas para cada sexo; lo que permite aproximarse a los rendimientos y biomásas en "equilibrio"; calculándose los Puntos Biológicos de Referencia (PBR) que a continuación se enuncian:

$F_{x\%}$  = tasa de mortalidad por pesca, que dejaría en el sistema el x% del nivel de la biomasa en equilibrio, es decir, de la que existiría en ausencia de explotación o en presencia de una población virginal. Lo que se traduce en estimar los PBR: F66%, F40% y F20%.

$F_{0.1}$  = tasa de mortalidad por pesca en la que el incremento marginal, del rendimiento equilibrado decrece un 10% de su valor en el origen.

$F_{max}$  = tasa de mortalidad por pesca que otrora era considerada aquel valor que maximiza el rendimiento de largo plazo y que actualmente es considerado como umbral de explotación.

$F_{75\%F_{max}}$  = tasa de mortalidad por pesca que es considerado como PBR objetivo por el staff de científicos del National Marine Fisheries Service (NMFS)

---

**Objetivo N°5. Analizar las medidas de regulación actualmente aplicadas en la pesquería de langosta de Juan Fernández y recomendar medidas para mejorar su administración**

---

La legislación pesquera vigente contiene disposiciones que protege a la langosta se resume en los siguientes decretos:

Resguardo de los ejemplares juveniles, limitando la comercialización a especímenes con un tamaño igual o superior a los 115 mm, medidos desde la base de las antenas hasta el borde posterior del caparazón (Decreto N°1584 del 30/abr/34, D.O. N°16.971, del 12/sep/34).

Protección del recurso durante el período de reproducción, ya que se prohíbe el desembarque de langostas con huevos visibles y, durante todo el período de pesca, de individuos de talla inferior a la mínima legal, los que deben ser devueltos al mar en el mismo lugar de captura (Decreto N°188 del 07/sep/72, D.O. N°26.796, del 04/oct/72; Decreto N°1584 del 30/abr/34, D.O. N°16.971, del 12/sep/34).

Veda estacional. Las actuales medidas de manejo prohíben la pesca de este crustáceo en las islas Robinson Crusoe y Santa Clara entre el 15 de mayo y el 30 de septiembre de cada año, ambas fechas inclusive (Decreto N°223 del 11/abr/63, D.O. N°25.537, del 09/may/63), mientras que en las islas Desventuradas esta veda cubre el período 01 de junio al 30 de septiembre de cada año (Decreto N°1584 del 30/abr/34, D.O. N°16.971, del 12/sep/34).

A partir de 1984 el Decreto N°177 del 10/ago/83, D.O. N°31.671, del 15/sep/83), estableció la autorización para capturar langostas durante todo el año en la isla Alejandro Selkirk; no obstante recientemente mediante Decreto N°311 del 23/abr/04, D.O. N°37.852, del 05/may/04, se estableció una veda biológica del recurso langosta entre el 15 de mayo y el 30 de septiembre de cada año, similar a la veda establecida en las islas Robinson Crusoe y Santa Clara.

Paralelamente para poseer, transportar o comercializar los ejemplares durante el período de veda, las capturas deben ser declaradas antes del 15 de mayo y vendidas en fresco hasta el 20 de septiembre (Decreto N°399 del 04/jul/67, D.O. N°26.796, del 19/jul/67).

Como medida adicional, se determinó que el único arte de pesca autorizado para la captura de esta especie es la trampa (Resolución N°957 del 06/oct/92, D.O. N°34.387 del 10/oct/92).

De acuerdo a lo anterior, y según fuese acordado oportunamente con el Fondo de Investigación Pesquera (FIP), las medidas precitadas fueron analizadas en un taller técnico organizado en Valparaíso, y una instancia similar, orientada a la difusión, la cual fue organizada en la isla Robinson Crusoe en coordinación con el Sindicato de Pescadores de la isla. Igualmente, en dicha instancia se buscó proponer, previo acuerdo de los usuarios de la pesquería, la modificación o la dictación de nuevas normas orientadas a permitir la sustentabilidad de la pesquería, así como

el sugerir proyectos de investigación o transferencia tecnológica orientados en la dirección de recobrar niveles de biomasa vulnerable, viabilizando la pesquería de *Jasus frontalis*.

Cabe precisar, que en la recomendación de medidas de manejo, se consideraron a la luz de las características especiales de la pesquería, esto es la existencia de derechos consuetudinarios de extracción ("marcas").

---

**Objetivo N°6. Proponer medidas de regulación y desarrollo para la pesquería de cangrejo dorado en el archipiélago de Juan Fernández**

---

La pesquería de cangrejo dorado es una actividad incipiente en torno al archipiélago. Así, comienza a desarrollarse a partir de pescas exploratorias que detectaron el recurso en 1996-1997, realizadas en el marco del proyecto FIP 95-25 “Programa de pesca exploratoria y experimental de recursos pesqueros alternativos a la langosta en las islas Robinson Crusoe y Santa Clara”, estudio desarrollado por la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (Arana, 2000a).

Así, la información biológico-pesquera disponible respecto al recurso es escasa, razón por la cual el actual estudio permite complementar y contrastar lo consignado en 1996-1997. Con el fin de dar cumplimiento al objetivo de trabajo, tanto el taller técnico como el de difusión, citados previamente, consideraron la discusión de la información generada en el presente estudio, como en el “Monitoreo biológico-pesquero de la langosta y cangrejo dorado en el archipiélago de Juan Fernández” (FIP N° 2004-48), adjudicado a la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, proyecto que al ser desarrollado en una temporada de pesca considera entre sus resultados esperados dar cuenta los estados de madurez de huevos portados y la talla de primera madurez sexual de *C. chilensis*.

De acuerdo a lo anterior, se busca consensuar con los usuarios de la pesquería aquellas medidas de manejo que tiendan al desarrollo de una actividad sustentable en el tiempo. Para ello, como marco general de trabajo, se consideró medidas relativas a tallas (a la luz de información respecto de primera madurez sexual), sexo (prohibición de desembarque de hembras ovadas, por ejemplo) y estacionalidad de captura (establecimiento de vedas), entre otras, así como el proponer proyectos orientados al manejo de la pesquería o a la transferencia tecnológica a fin de desarrollar la actividad.

## RESULTADOS

### Resultados operacionales

En el marco del monitoreo de los recursos objetivo de la investigación se cuantificaron 141 salidas de pesca orientadas a la extracción de cangrejo dorado y 190 a la langosta de Juan Fernández. En las salidas monitoreadas se registró una captura comercial total de 8.370 ejemplares de cangrejo dorado, capturados entre julio y marzo de 2006; y 6.317 ejemplares de langosta, extraídos entre octubre y marzo de 2006. En tanto, la captura total (captura comercial más individuos bajo talla) en esos mismos períodos, correspondió a 10.696 ejemplares de cangrejo dorado y 35.904 de langosta de Juan Fernández. El mes de mayor éxito de pesca comercial correspondió a febrero de 2006 y octubre de 2005, en cangrejo dorado y langosta, respectivamente (Tablas 5 y 6).

El número de trampas revisadas correspondió a 673 y 4.438 unidades en cangrejo dorado y langosta, respectivamente. En el cangrejo dorado la mayor cantidad se efectuó en agosto de 2005 (204 trampas) (Tabla 6), y en la langosta en enero de 2006 (1.070 trampas) (Tabla 5).

Es importante destacar que en el caso de la langosta de Juan Fernández, las faenas extractivas son realizadas por cerca de 37 embarcaciones, en los alrededores de las islas Robinson Crusoe y Santa Clara, entre 10 y 180 m de profundidad. Por dicha razón, las labores de monitoreo y muestreo se realizaron diferentes botes que trabajan sobre este recurso, debido a que cada uno de ellos cala sus trampas en diversas zonas. Así, con el muestreo de varios botes durante cada mes permite cubrir la toma de información en las diez zonas establecidas en el área de estudio

En el caso del cangrejo dorado, la mayor parte de la temporada únicamente tres botes realizan faenas de pesca sobre esta especie y sólo dos de ellas permite el embarque de personal perteneciente al proyecto. Así también, por diversas razones operativas, las áreas de pesca están concentradas en la cara norte y cerca del puerto base.

Tabla 5

**Antecedentes operacionales de faenas de monitoreo realizadas en la pesquería de la langosta de Juan Fernández, entre octubre de 2005 y marzo de 2006 (Proyecto FIP 2004-48)**

	Mes						Total
	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	
Número de salidas	19	33	24	41	30	43	<b>190</b>
Número total de trampas caladas	620	826	603	1.070	730	963	<b>4.812</b>
Número total de trampas revisadas	534	734	602	1.015	645	908	<b>4.438</b>
Promedio de trampas caladas por bote	32,6	25,0	25,1	26,1	24,3	22,4	<b>29,1</b>
Promedio de trampas revisadas por salida	28,1	22,2	25,1	24,8	21,5	21,1	<b>23,4</b>
N° zonas visitadas por salida	1 - 6	1 - 6	2 - 7	2 - 6	1 - 6	1 - 7	<b>1 - 7</b>
Promedio de zonas visitadas por salida	2,8	3,2	4,1	4,2	3,9	4,0	<b>3,8</b>
Tiempo de reposo promedio por salida (días)	2,2	2,7	3,0	2,9	3,0	2,8	<b>2,8</b>
Captura total (N° de ejemplares)	5.470	4.983	4.061	8.999	5.644	6.747	<b>35.904</b>
Captura comercial (N° de ejemplares)	2.771	684	599	1.089	689	485	<b>6.317</b>
% de captura comercial	<b>50,7</b>	<b>13,7</b>	<b>14,8</b>	<b>12,1</b>	<b>12,2</b>	<b>7,2</b>	<b>17,6</b>

Tabla 6

**Antecedentes operacionales de faenas de monitoreo realizadas en la pesquería de cangrejo dorado, entre octubre de 2005 y marzo de 2006 (Proyecto FIP 2004-48)**

	Mes									Total
	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	
Número de salidas	15	38	19	7	15	10	10	7	20	<b>141</b>
Número total de trampas caladas	99	204	125	41	118	48	46	40	139	<b>860</b>
Número total de trampas revisadas	61	121	83	41	114	46	42	39	126	<b>673</b>
Promedio de trampas caladas por bote	6,6	5,5	6,6	5,9	7,4	4,8	4,6	5,7	6,6	<b>6,1</b>
Promedio de trampas revisadas por salida	4,1	3,2	4,4	5,9	7,1	4,6	4,2	5,6	6,6	<b>4,8</b>
N° zonas visitadas por salida	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	<b>1,0</b>
Promedio de zonas visitadas por salida	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	<b>1,0</b>
Tiempo de reposo promedio por salida (días)	3,7	5,5	3,6	5,0	3,8	4,8	4,0	5,3	3,3	<b>4,4</b>
Captura total (N° de ejemplares)	935	1.702	1.071	676	1.794	609	697	650	2.562	<b>10.696</b>
Captura comercial (N° de ejemplares)	637	1.414	683	510	1.398	517	577	607	2.027	<b>8.370</b>
% de captura comercial	68,1	83,1	63,8	75,4	77,9	84,9	82,8	93,4	79,1	<b>78,3</b>

### *Transectas de pesca*

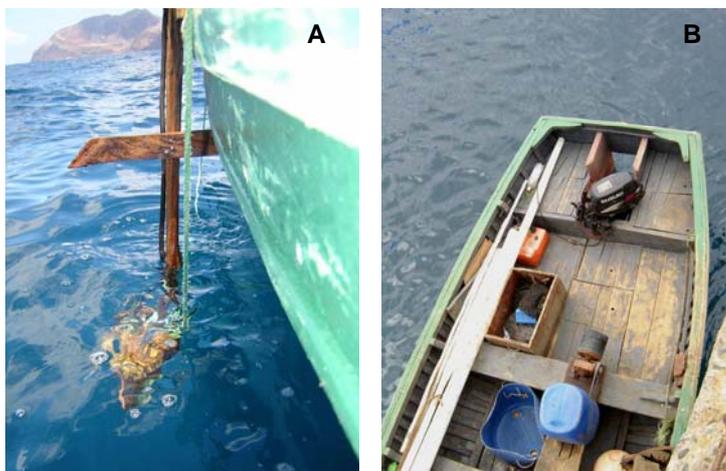
Tomando en consideración lo expuesto en párrafos precedentes, y tal como fuese indicado en la respectiva propuesta del proyecto, se planificó realizar ocho estaciones de trabajo, localizadas cada 100 m de profundidad, entre los veriles de 300 y 1000 m. Igualmente, se planeó calar en cada una de ellas seis trampas cangrejeras.

Con el fin de detectar las respectivas estaciones a profundidades mayores a 500 m, es decir, en fondos desconocidos para los pescadores de la isla, se empleó un ecosonda Raytheon V8010, cuyo transductor fue instalado abordo de las embarcaciones utilizadas en la prospección. Este instrumento, complementado con el uso de un GPS Magellan Meridian Gold, fue empleado durante dos mareas de pesca con el fin de georreferenciar las respectivas estaciones.

Operacionalmente, el calado de las trampas en la marca deseada ofreció dificultades, dadas las fuertes corrientes marinas que se registran en la zona. De este modo, se optó por seguir un esquema de trabajo consistente en la localización de la marca, observación de la dirección de la corriente en el lugar, traslado del bote en sentido contrario a ésta entre 200 o 300 m de distancia (con ayuda del GPS), para luego proceder al calado de las trampas. Una vez que éstas tocaban fondo, la embarcación se posicionó perpendicularmente a ellas (“trampas a pique”), a fin de verificar la profundidad de calado con la longitud del orinque, para posteriormente corregir la posición original con el GPS.

Las embarcaciones utilizadas en esta labor correspondieron a los botes 115 “Don Pedro” y 26 “Margarita”, embarcaciones que operan habitualmente en la extracción de *C. chilensis*. De este modo, el bote 115 efectuó labores en las transectas 1 y 2, mientras que el bote 26 fue utilizado en las tareas llevadas a cabo en la transecta 3.

Los botes 115 y 26 antes mencionados corresponden a naves de madera, provistas del equipo estándar utilizado en la isla por parte de los pescadores de cangrejo dorado y langosta de Juan Fernández, esto es, motores fuera de borda Honda y Suzuki de 15 y 20 HP, respectivamente, instalados en un cajón al interior de cada bote y viradores de pesca (“chigres”) verticales con motores bencineros de 5,0 y 5,5 HP (Fig. 13). Las características geométricas de las naves empleadas se consignan en la Tabla 7.



**Figura 13. Transductor del ecosonda (A) y motor fuera de borda, en sistema de “cajón”, con virador empleado en el bote 115 (B).**

**Tabla 7**

**Características de las naves utilizadas durante la realización de las transectas de pesca**

<b>Bote</b>	<b>Eslora (m)</b>	<b>Manga (m)</b>	<b>Puntal (m)</b>	<b>Motor</b>
115 “Don Pedro”	8,70	2,23	0,80	Suzuki, 15 HP
26 “Margarita”	9,00	2,70	0,83	Honda, 20 HP

En el caso de las transectas 1 y 2, la prospección se llevó a cabo empleando líneas de pesca con trampas individuales, en tanto en la transecta 3, se utilizaron líneas con trampas dobles, de acuerdo a la operación normal de los botes de pesca.

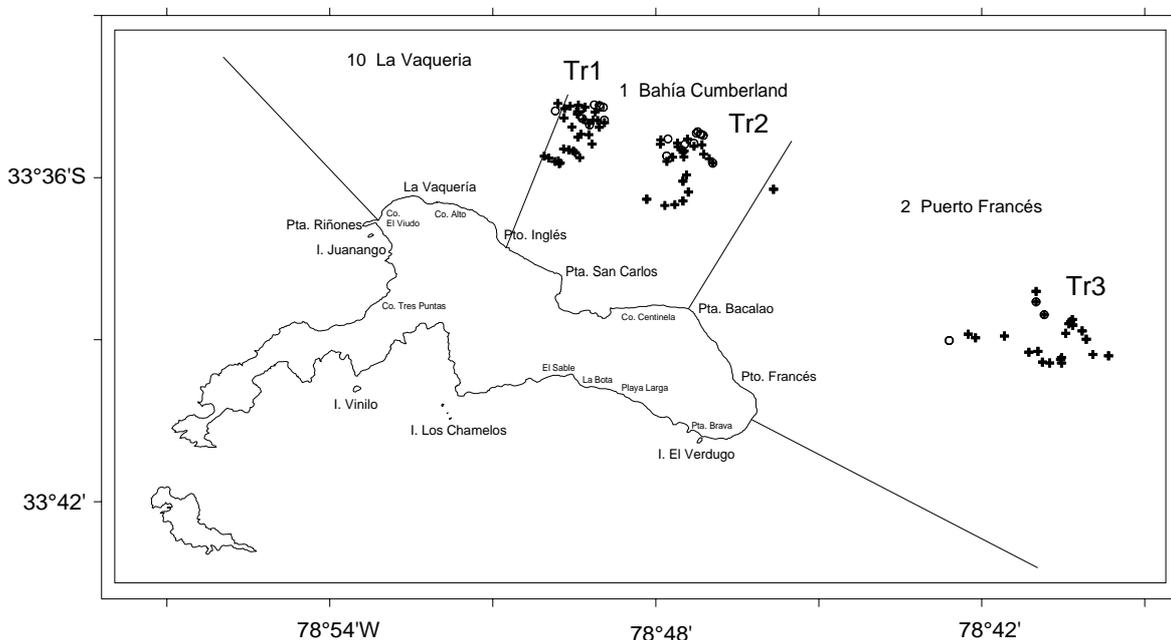
Las líneas de pesca estuvieron construidas con cabo de 6 mm de diámetro, correspondiente a un material denominado comercialmente como “papelillo” y fueron provistas de un sistema de flotación constituido por un “baticulo”, trozo de cabo de largo aproximado entre 200 y 250 m, en el cual se instalaron entre cuatro o cinco boyas esféricas u ovoides (“barriles”) de PE, EVA o aluminio, separadas entre sí por aproximadamente 40 m de distancia.

Con relación a las dimensiones de cada trampa, la carnada utilizada, así como el tiempo de reposo de éstas, en todos los casos correspondieron a las empleadas de modo habitual abordo de cada embarcación utilizada en la prospección.

Con la finalidad de generar información para realizar la evaluación directa de cangrejo dorado, y de acuerdo a lo indicado en la respectiva Propuesta Técnica, se procedió a efectuar un muestreo

sistemático en aguas de la isla Robinson Crusoe. Para ello y según fuese propuesto por el consultor, se consideraron las zonas 10, 1 y 2. De este modo, se trazaron tres transectas, perpendiculares a la costa, las que fueron localizadas aproximadamente frente a “Cerro Alto” (Tr1), “Bahía Cumberland” (Tr2) y a la cuadra de “Puerto Francés” (Tr3) (Fig. 14).

Dichas labores se realizaron entre el 23 de Noviembre de 2005 y el 04 de Marzo de 2006. Las labores se realizaron según lo planificado, no obstante lo anterior, lo abrupto del fondo marino a la cuadra del sector comprendido entre “Cerro Alto” y “Bahía Cumberland” a profundidades superiores a los 900 m, imposibilitó la realización de lances en los 1000 m, debido a la inexistencia de caladeros a tal profundidad.



**Figura 14. Georreferenciación de lances de pesca, en cruces con captura, en círculos sin captura, de *C. chilensis* en las tres transectas consideradas durante el estudio.**

Al respecto, cabe indicar que además del obstáculo generado por la topografía del fondo marino ya mencionado, hubo otros factores que dificultaron las tareas de pesca, como la alta probabilidad de “trabazones”, cortes de líneas, y la imposibilidad de operar normalmente dada la existencia de corrientes marinas que hunden las boyas, además de períodos de entre 2 y 7 días con fuertes vientos que impiden la operación de las embarcaciones.

Así, durante las faenas se calaron trampas en 131 ocasiones, en las cuales se capturó un total de 1.165 ejemplares de cangrejo dorado de Juan Fernández. Porcentualmente, la transecta 3, ubicada frente a Puerto Francés, concentró las mayores capturas de dicha especie (43,8%) (Tabla 8).

**Tabla 8**  
**Número de estaciones por transecta, rango batimétrico de las capturas y embarcación utilizada**

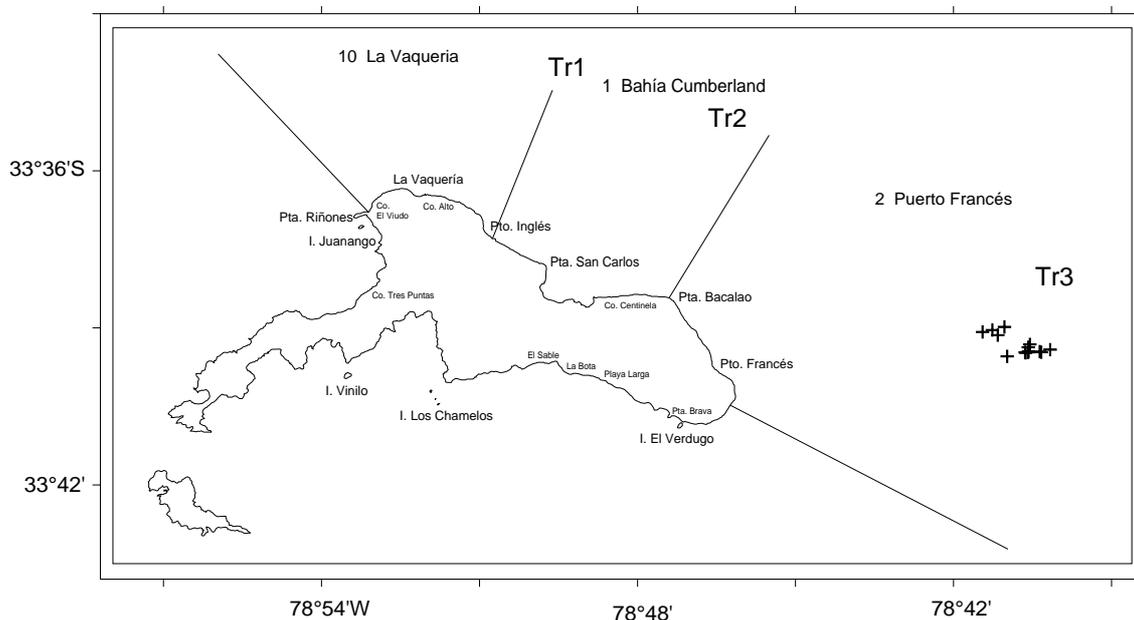
Transecta	Nºlances	Captura (nº)	Rango (m)	Bote
1	42	359	300 – 900	115
2	41	295	300 – 800	115
3	48	511	300 - 1000	26
<b>Total</b>	<b>131</b>	<b>1165</b>		

Batimétricamente, se extrajo *C. chilensis* entre los 300 y 1000 m de profundidad, observándose diferencias entre las tres transectas, puesto que en la Transecta 2, el ejemplar a mayor profundidad se extrajo a los 800 m, en tanto que en la Transecta 3, hasta el veril de los 1000 m. No obstante lo anterior, las capturas del crustáceo objetivo se concentraron fundamentalmente entre los 400 y 500 m de profundidad.

#### *Estimación del área de influencia del aparejo de pesca*

Con el objeto de estimar el área de influencia de las trampas cangrejeras, se planificó el diseño experimental que consideró distintas separaciones entre trampas caladas. Para ello se emplearon tenas con dos trampas cada una, planeándose separaciones de 30, 60, 90, 120 y 150 m, con cuatro réplicas cada una. En todos los casos se mantuvo constantes el sector de pesca, veril de profundidad, hora de calado y virado, la carnada correspondió a la habitualmente empleada por los pescadores, según su disponibilidad al momento de operar, correspondiendo a anguila (*Gymnothorax porphyreus*), jurel de Juan Fernández (*Pseudocaranx chilensis*) y vidriola (*Seriola lalandi*).

La experiencia planeada se llevó a cabo entre el 20 de febrero y el 08 de marzo de 2006. En todos los casos las líneas fueron caladas a la cuadra de Punta Bacalao, a una profundidad de 500 m, en los caladeros de pesca habitualmente explotados por el bote 26 en la extracción de cangrejo dorado (Fig. 15).



**Figura 15. Georreferenciación de lances de pesca, del experimento de separación de trampas de *C. chilensis*.**

#### *Experimento de reducción de stock*

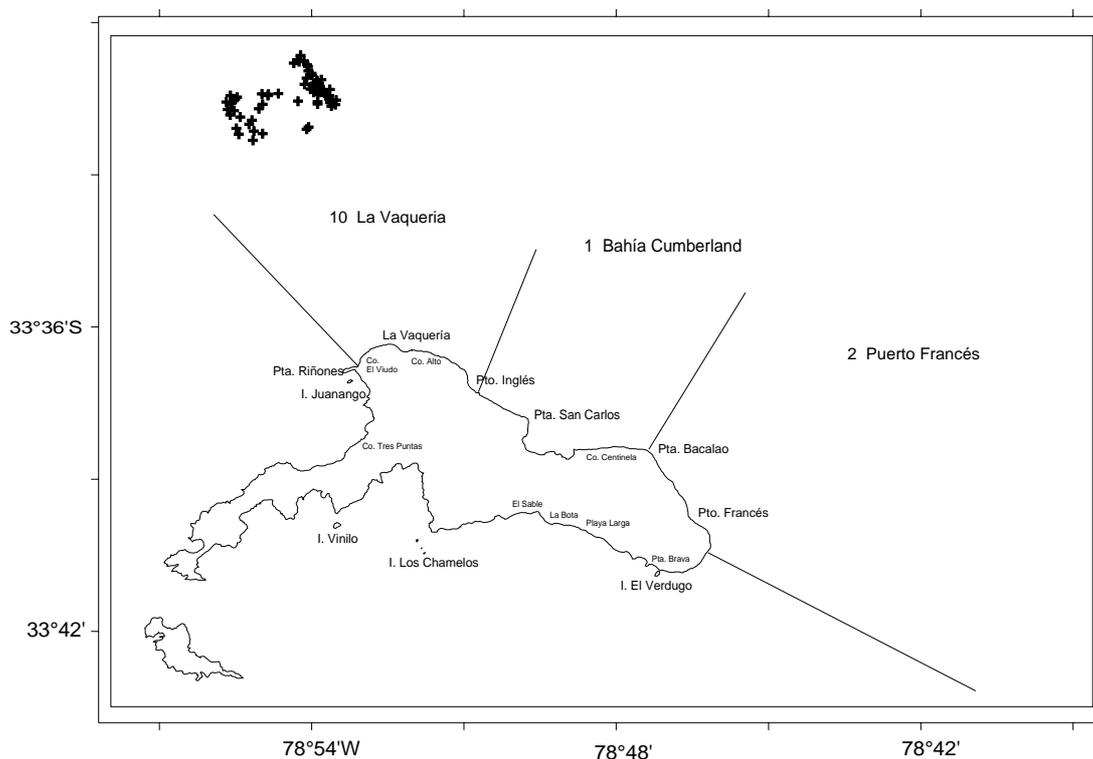
Respecto de la segunda opción contemplada en el caso de la evaluación directa, esto es, llevar a cabo una aproximación a la evaluación de biomasa vulnerable mediante el empleo de métodos de reducción de stock, la experiencia se llevó a cabo en las zonas de operación utilizada por los botes, en áreas de pesca coordinadas con el patrón de la embarcación, privilegiando zonas en las cuales se hubiese ejercido un menor grado de explotación de cangrejo dorado. Al respecto cabe indicar, que previstos una serie de inconvenientes operacionales, el consultor sólo se comprometió inicialmente a llevar a cabo un experimento en cuestión, sólo con fines complementarios, no obstante lo anterior, finalmente se llevaron a cabo dos experimentos *ad hoc*, los cuales se realizaron a la cuadra de Vaquería (R1) y de Punta Riñones (R2), aproximadamente.

Los experimentos precitados fueron llevados a cabo entre el 22 marzo y el 28 de abril de 2006, a bordo de la embarcación “*Guaiteca*” (bote 54), nave que habitualmente labora en actividades extractivas de *C. chilensis*, contando con el equipamiento estándar para operar en dicha pesquería. Para ello, se seleccionó un área de 1 mn<sup>2</sup>, de profundidad aproximadamente constante, en la cual se concentró esfuerzo pesquero por un período de dos semanas, planificándose un total de tres salidas por semana, con un máximo de siete.

El principal inconveniente para llevar a cabo el plan precitado fue la variabilidad climática registrada en la isla. De esta manera, episodios de viento o mal tiempo intervinieron ocasionalmente alterando la planificación precitada. Otras limitantes de carácter operacional correspondieron a:

- Presencia de fuertes e impredecibles corrientes que determinaban el corrimiento de las líneas de pesca durante el calado, e incluso una vez que las trampas tocaban fondo.
- Pérdida de dos líneas dobles de pesca, hecho atribuido probablemente al arrastre de las líneas por corrientes a fondos de mayor profundidad.

De acuerdo a lo anterior, se operó mediante el calado de tenas (líneas dobles). En la primera zona (R1), por cada salida de pesca se revisaron doce trampas (distribuidas en seis líneas), mientras que en la segunda (R2) sólo se pudo disponer con ocho trampas (cuatro líneas), producto de la pérdida de material precitada. Conforme a lo anterior, durante los experimentos de reducción se efectuaron un total de 69 lances de pesca distribuidos en las dos zonas previamente indicadas.



**Figura 16. Georreferenciación de lances de pesca, de los experimentos de reducción de stock de *C. chilensis*.**

## RESULTADOS POR OBJETIVO

### Objetivo N°1. Determinar la distribución geográfica y batimétrica de la langosta de Juan Fernández y del cangrejo dorado

#### a) Langosta de Juan Fernández

La imagen de captura total de langosta durante octubre 2005 y marzo 2006 indicó una alta variabilidad, destacándose los valores más altos obtenidos en el estrato de profundidad más bajo (0 -27 m) de las zonas 10, 2, 9 y 1 (Fig. 17). En las zonas 3 y 6 las mayores capturas se obtuvieron en áreas más profundas, ubicadas en el estrato entre 108 y 135 m. En las restantes áreas las capturas se mantuvieron en niveles intermedios (50-150 unidades), concentrándose principalmente entre 54 y 135 m.

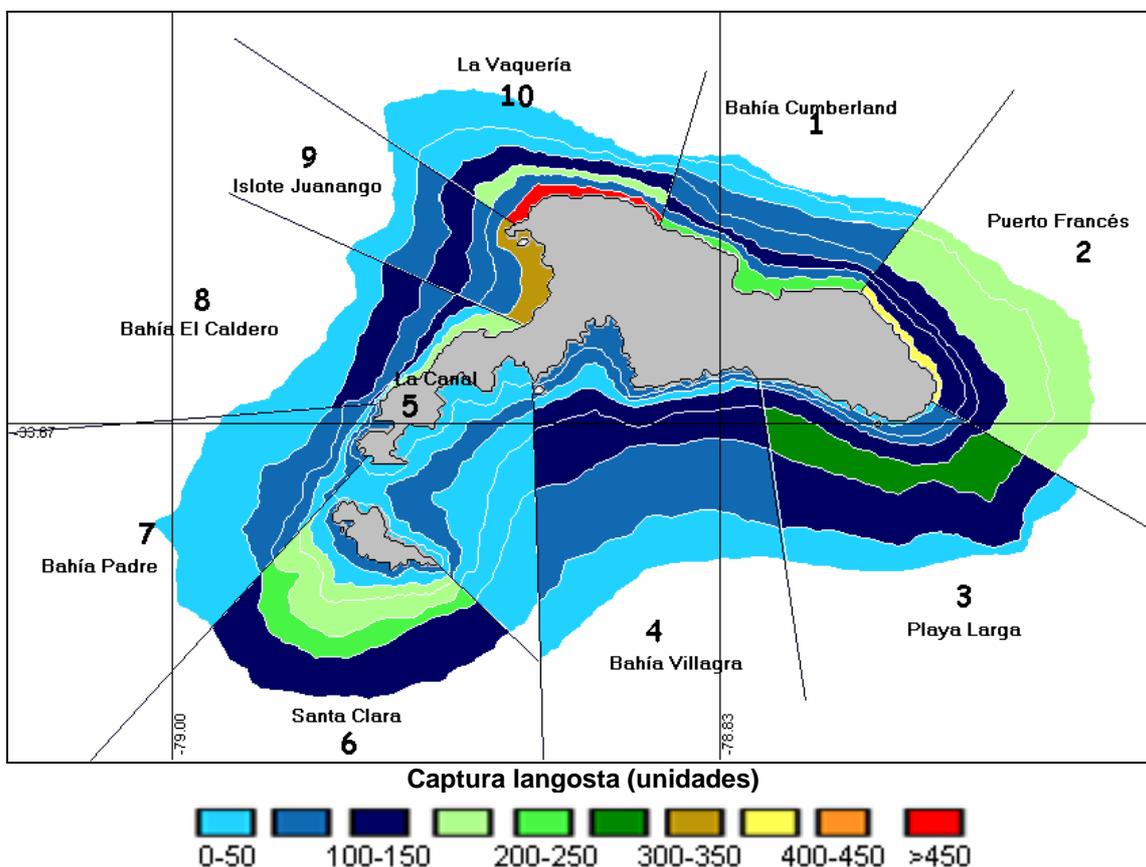


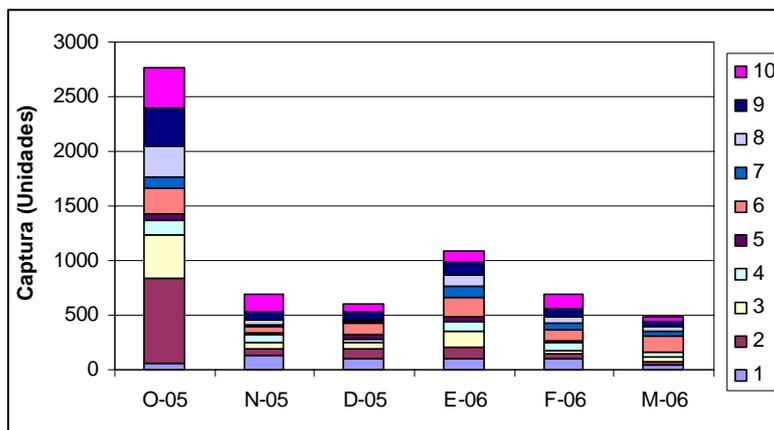
Figura 17. Distribución geográfica y batimétrica de la captura total monitorizada de langosta, entre octubre de 2005 y marzo de 2006.

Al desglosar la información de las capturas mensualmente, entre octubre 2005 y marzo 2006, y representarla en imágenes de distribución espacio-temporal y batimétrica, es posible

advertir igualmente una alta variabilidad, obteniéndose los máximos y mínimos, en octubre y marzo respectivamente (Figs. 18 y 19).

En octubre las mayores capturas fueron registradas en la zona 2, seguidas por las zonas 10, 9 y 3 (Fig. 18). En este sentido, y desde una perspectiva batimétrica, durante este mes destacan las altas capturas (> 100 unidades) obtenidas en fondos localizados cerca de la costa, o en el primer estrato de profundidad (1-27 m) en la mayoría de las zonas alrededor de la islas (zonas 1, 2, 6, 8, 9 y 10) (Fig. 19). No obstante lo anterior, las mayores capturas se obtuvieron en la zona 2, hasta los 160 m de profundidad, igualmente, destacan los altos registros obtenidos en las zonas 2 y 3, en estratos de profundidad entre los 108 y 162 m.

En noviembre disminuyeron considerablemente las capturas, concentrándose en caladeros cercanos a la costa (Figs. 18 y 19). Así, las mayores capturas fueron registradas en el primer estrato de profundidad, es decir hasta 27 m, en las zonas 1 y 10. En las restantes zonas las capturas fueron menores, inferiores a 10 unidades por sub-zona de pesca (Fig. 18).



**Figura 18. Captura mensual de langosta monitoreada por zona de pesca.**

En diciembre las capturas continuaron con la tendencia a disminuir, obteniéndose menos de 20 unidades por sub-zona. No obstante lo anterior, aún se registran capturas altas (20–40 unidades) en los estratos de profundidad bajos de las zonas 1, 2 y 10, y en estratos más profundos de las zonas 3 y 6 (Figs. 18 y 19).

En enero aumentó la captura, éstas se registran en sub-zonas más alejadas de la costa, es decir, en estratos a mayor profundidad. Los mayores montos (41 – 50 unidades) se registraron entre 54 y 134 m de las zonas 6, 9 y 10 (Figs. 18 y 19).

En febrero prosiguió la disminución de las capturas, y el alejamiento de la costa, sin registrarse en el estrato de menor profundidad (1-27 m). La captura mayor (81-90 unidades) se obtuvo en la zona 10, específicamente en la sub-zona del estrato 54-81 m (Fig. 19).

En marzo se obtuvieron las menores capturas de langostas, las que se localizaron en sectores más alejados de la costa. Los mayores niveles (50–60 unidades) se obtuvieron en la zona 6 (Santa Clara, en estratos de profundidad entre 81 y 135 m. En los sectores restantes las capturas no superaron el rango de capturas entre 21 y 30 unidades, en fondos marinos situados a profundidades superiores a 81 m (Figs. 18 y 19).

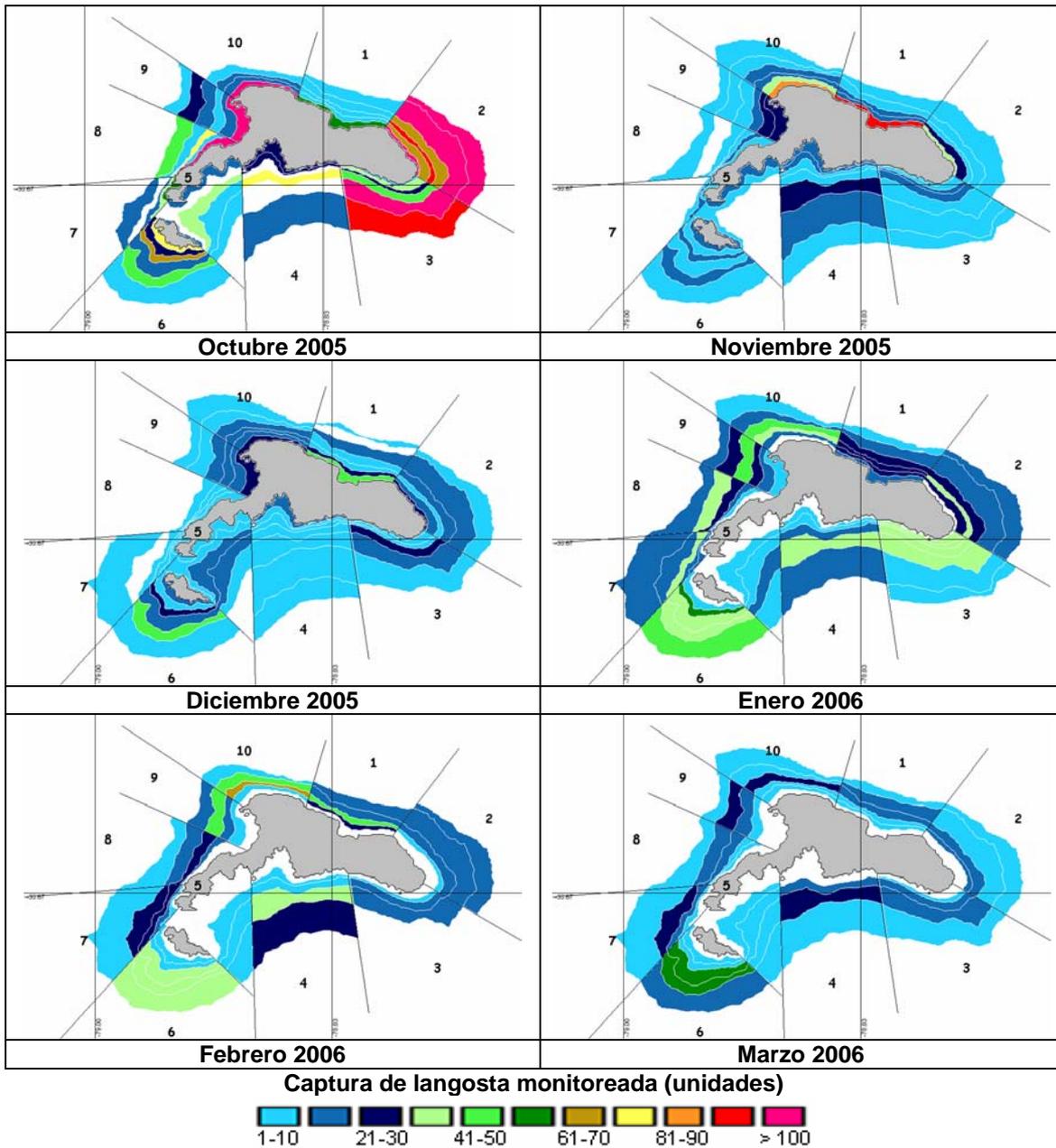
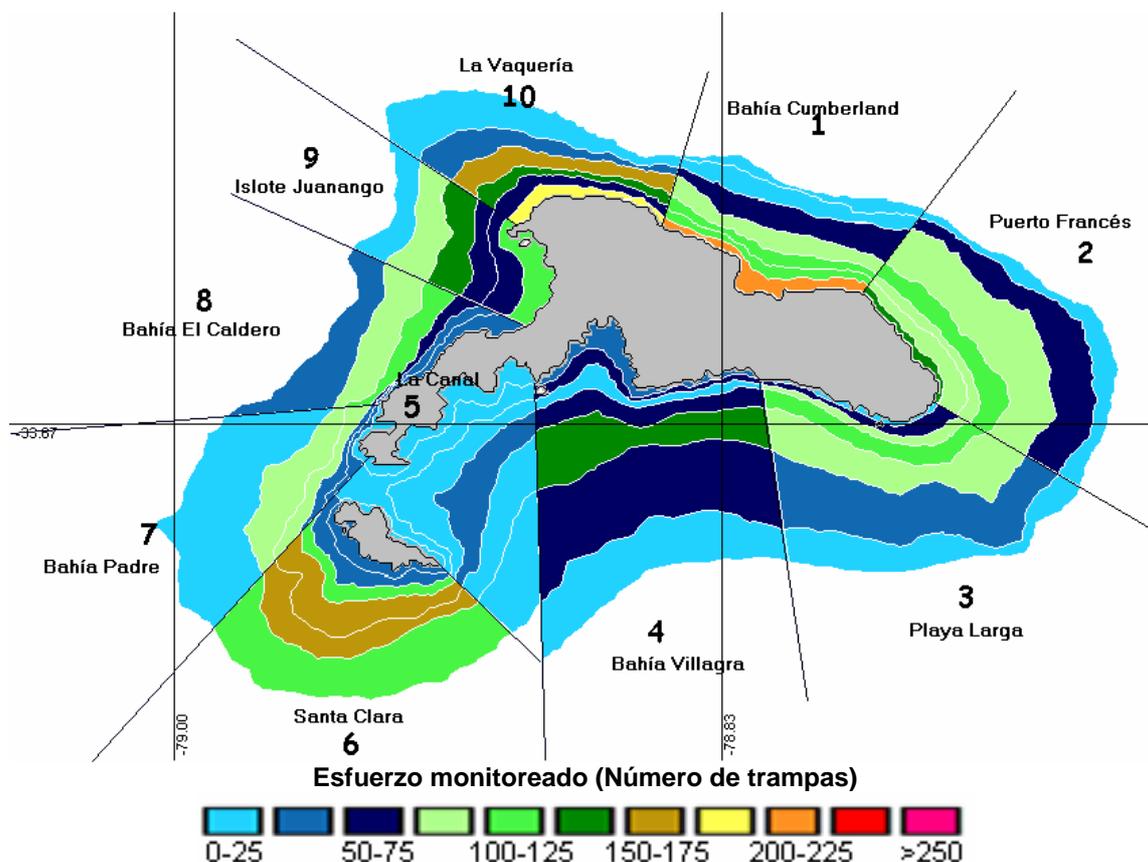


Figura 19. Distribución geográfica y batimétrica de la captura mensual de langosta monitoreada, entre octubre de 2005 y marzo de 2006.

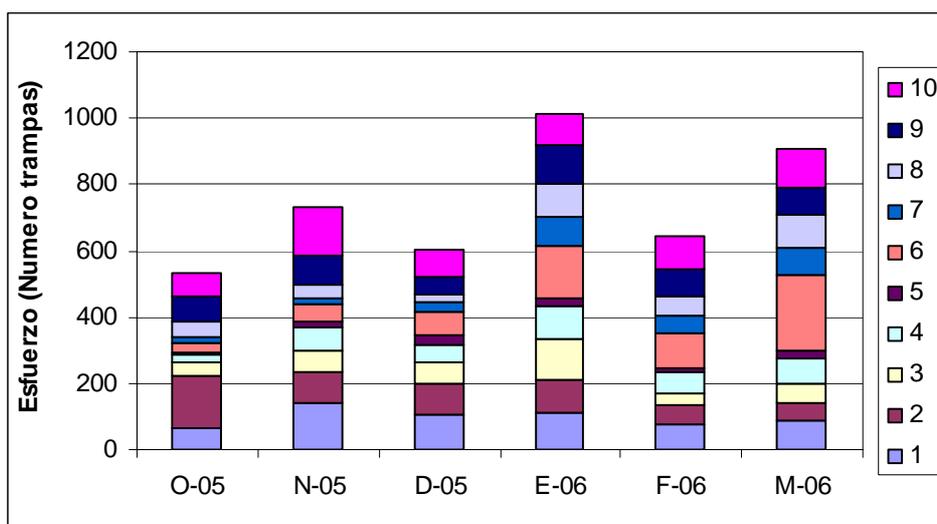


**Figura 20. Distribución geográfica y batimétrica del esfuerzo total monitoreado de la pesquería de langosta, entre octubre de 2005 y marzo de 2006.**

La imagen de esfuerzo total (número de trampas) de langosta durante octubre 2005 y marzo 2006 indicó alta variabilidad (Fig. 20). En la zona 1 los mayores valores (200-225 trampas) de esfuerzo se obtuvieron en el estrato de profundidad más bajo (1-27 m), en tanto en los estratos siguientes el esfuerzo disminuyó linealmente alcanzando en el estrato más profundo (162-189 m) un nivel de esfuerzo menor a 25 trampas.

El mismo patrón espacial se observa en la zona 2 con niveles de esfuerzo entre 125 a 150 trampas en estrato bajo (1-27 m) y menos de 25 trampas en el estrato más profundo (162-189 m). En la zona 3 el mayor nivel (100-125 trampas) de esfuerzo fue desarrollado en estrato de 81 a 108 m, y tiende a disminuir a niveles mínimos en estratos ubicados hacia la costa y hacia zonas más profundas. En la zona 4 se observa un patrón similar al descrito en la zona anterior, registrándose los mayores niveles (125-150 m) de esfuerzo en profundidades entre 108 y 135 m.

La zona 5 es el área que registró los menores niveles de esfuerzo, en todas las sub-zonas con menos de 25 trampas, excepto a profundidades de 81 y 108 m en donde se localizaron de 25 a 50 trampas. La zona 6 es la que registró el mayor nivel de esfuerzo (150-175 trampas), destacándose el aplicado en los estratos de profundidad entre 81 y 135 m. Las zonas 7, 8 y 9 tienen similar patrón que la zona 6 pero su nivel máximo de esfuerzo es 75 a 150 trampas. La zona 10 presentó dos áreas con máximos de esfuerzo, el primero con un nivel entre 175 a 200 trampas en el estrato bajo (1-27 m) de profundidad y otro (150-175 trampas) en el estrato de 81 a 108 m.



**Figura 21. Esfuerzo mensual monitoreado (número de trampas), en la pesquería de langosta por zona de pesca.**

La serie temporal del esfuerzo mensual de langosta por zona de pesca presentó alta variabilidad registrándose los menores niveles de esfuerzo en octubre 2005, mientras que los valores mayores se obtuvieron durante enero 2006 (Figs. 21 y 22).

En octubre los mayores niveles de esfuerzo se registraron en la zona 2, seguidas por las zonas 10, 9 y 1. Desde el punto de vista espacial, en este mes destacó el alto nivel de esfuerzo obtenido en cercanías a la costa o en el primer estrato de profundidad (1-27 m) en las zonas de pesca 1, 2, 8, 9 y 10 (Figs. 21 y 22).

Durante noviembre aumentó el esfuerzo de pesca, concentrándose a baja profundidad. Las mayores niveles de esfuerzo (80 a 105 trampas) fueron registrados en el estrato cercano a la costa (1-27 m) de las zonas 1 y 10, en igual estrato de profundidad las zonas 2 y 9 registraron niveles de esfuerzo intermedios (30 a 40 trampas). En las demás zonas el esfuerzo fue generalmente bajo, con no más de 30 trampas por sub-zona de pesca (Figs. 21 y 22).

En diciembre disminuyó el esfuerzo total, concentrándose en las zonas 1, 2, 10 y 6. No obstante los bajos niveles, hubo una amplia cobertura de lances, registrándose los mayores niveles de esfuerzo (20–50 trampas) en los estratos de profundidad bajos de las zonas 1, 2, 9 y 10, y en estratos más profundos (108 a 135 m) de la zona 6 (Figs. 21 y 22).

Un notable aumento en el esfuerzo de pesca se observó en enero, tanto en magnitud como cobertura geográfica, alcanzando el máximo mensual de la temporada analizada y en estratos de mayor profundidad. En general, los niveles de esfuerzo más altos (30 – 60 trampas) se registraron en estratos de profundidad entre 54 y 135 m de las zonas 1, 3, 4, 6, 8, 9 y 10 (Figs. 21 y 22).

En febrero disminuyó el esfuerzo, manteniéndose la tendencia al alejamiento de la costa, no registrándose pescas en estrato (1-27 m) de profundidad, salvo en la zona 9 donde se caló 1 trampa. Los mayores niveles de esfuerzo (30-50 trampas) se obtuvieron en profundidades entre 54 y 108 m en las zonas 6, 9 y 10 (Figs. 21 y 22).

En marzo se obtuvieron altos niveles de esfuerzo, el cual se localizó en sectores cada vez más alejados de la costa. Los mayores montos (60-80 trampas) se registraron en la zona 6 (Santa Clara) en estratos de profundidad entre 81 y 162 m, y en la zona 10 en profundidades entre 81 y 108 m. En otras zonas como la 1, 4, 7, 8 y 9 se registraron esfuerzos entre 30 y 50 trampas a profundidades mayores a 81 metros (Figs. 21 y 22).

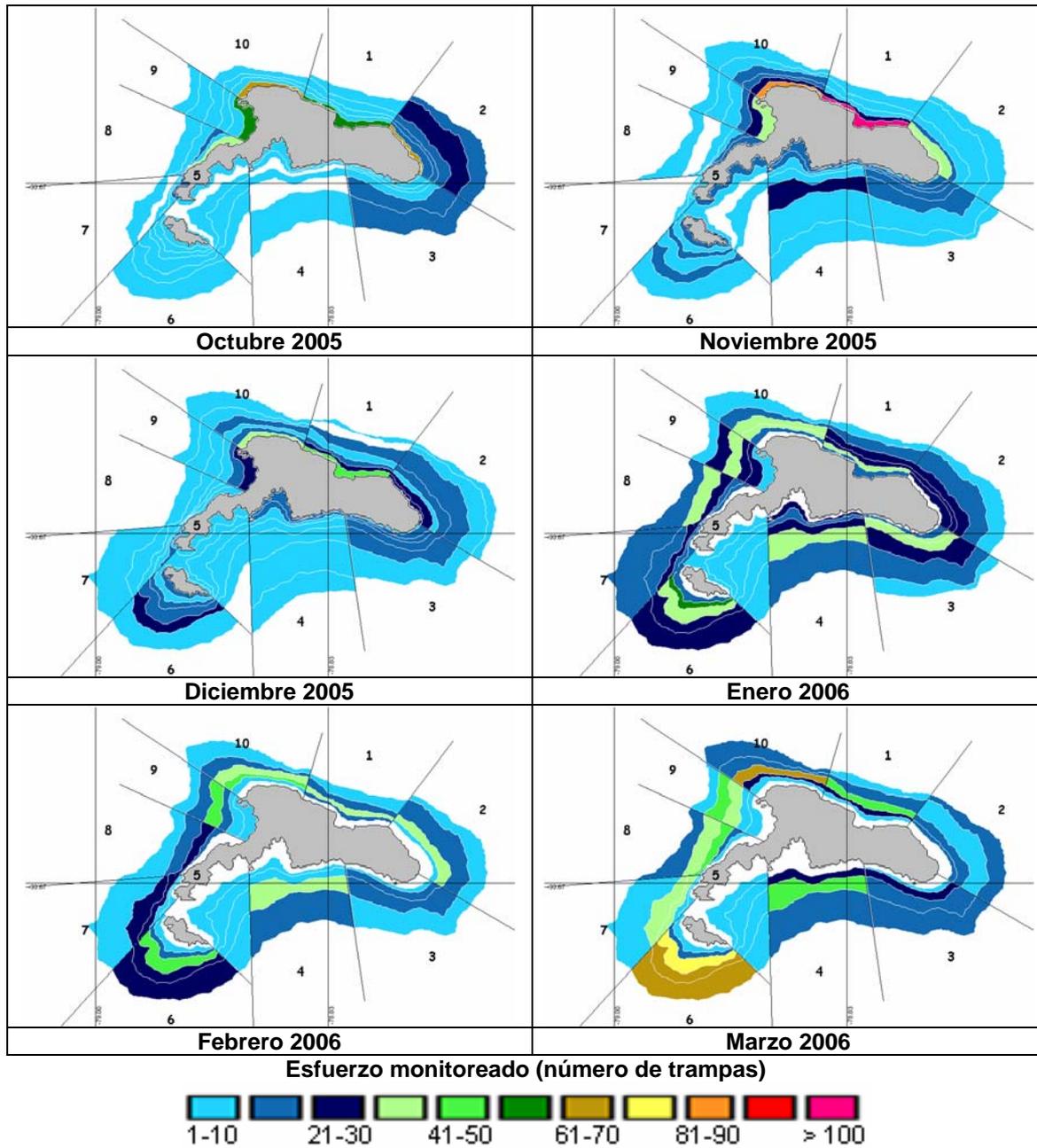
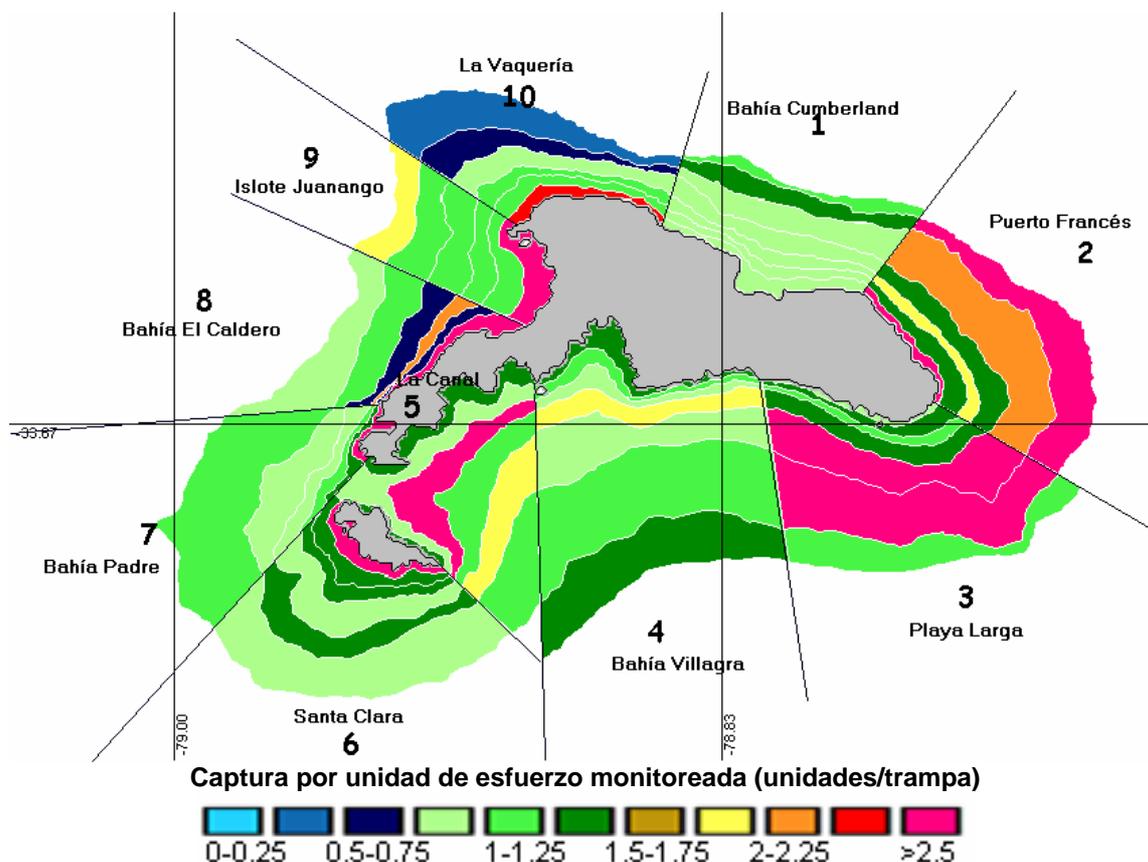


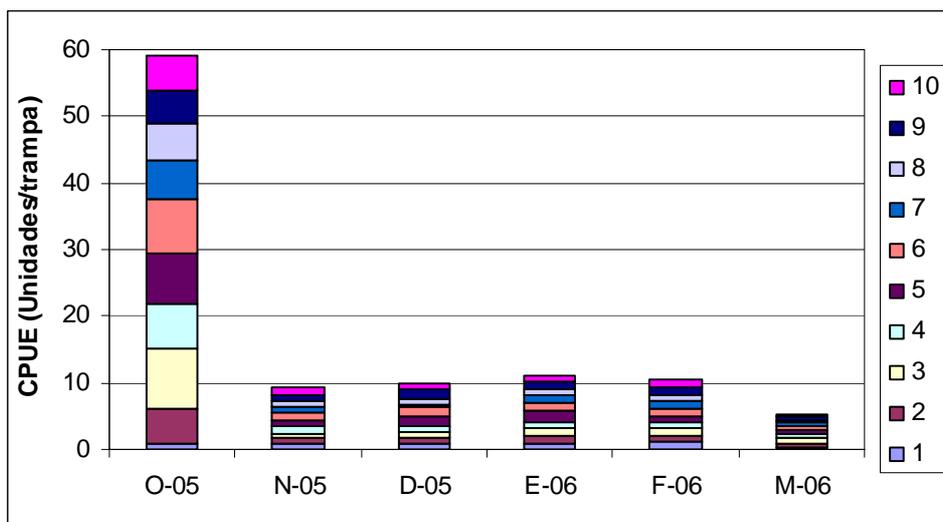
Figura 22. Distribución geográfica y batimétrica del esfuerzo mensual monitoreado de langosta, entre octubre de 2005 y marzo de 2006.



**Figura 23. Distribución geográfica y batimétrica de la CPUE monitorizada de langosta, entre octubre de 2005 y marzo de 2006.**

La imagen compuesta de captura por unidad de esfuerzo total (CPUE) total (langostas capturadas / trampa) entre octubre 2005 y marzo 2006 indicó alta variabilidad, registrando valores altos (>2,5 langostas / trampa) en áreas costeras (1-27 m profundidad) de las zonas 2, 6, 7, 8, 9 y 10 (Fig. 23). En las zonas 3, 4 y 5 se obtuvieron los mayores valores en estratos de profundidad mayores a 81 m. Desde el punto de vista temporal, sobresalieron los altos valores de CPUE de octubre en contraposición a los bajos niveles obtenidos en marzo a finales de temporada de pesca (Fig. 24).

En octubre se registraron los mayores valores de CPUE de la temporada por subzona de pesca, destacando las zonas 3, 6, 4, 7 y 8 (Figs. 24 y 25). Se observa que los rendimientos más altos de pesca se obtuvieron en las zonas 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9, y en subzonas con mayor profundidad de pesca (> 81 metros) (Fig. 25). Los menores valores de CPUE se obtienen en las subzonas de la zona 1.



**Figura 24. CPUE mensual monitoreada de langosta por zona de pesca.**

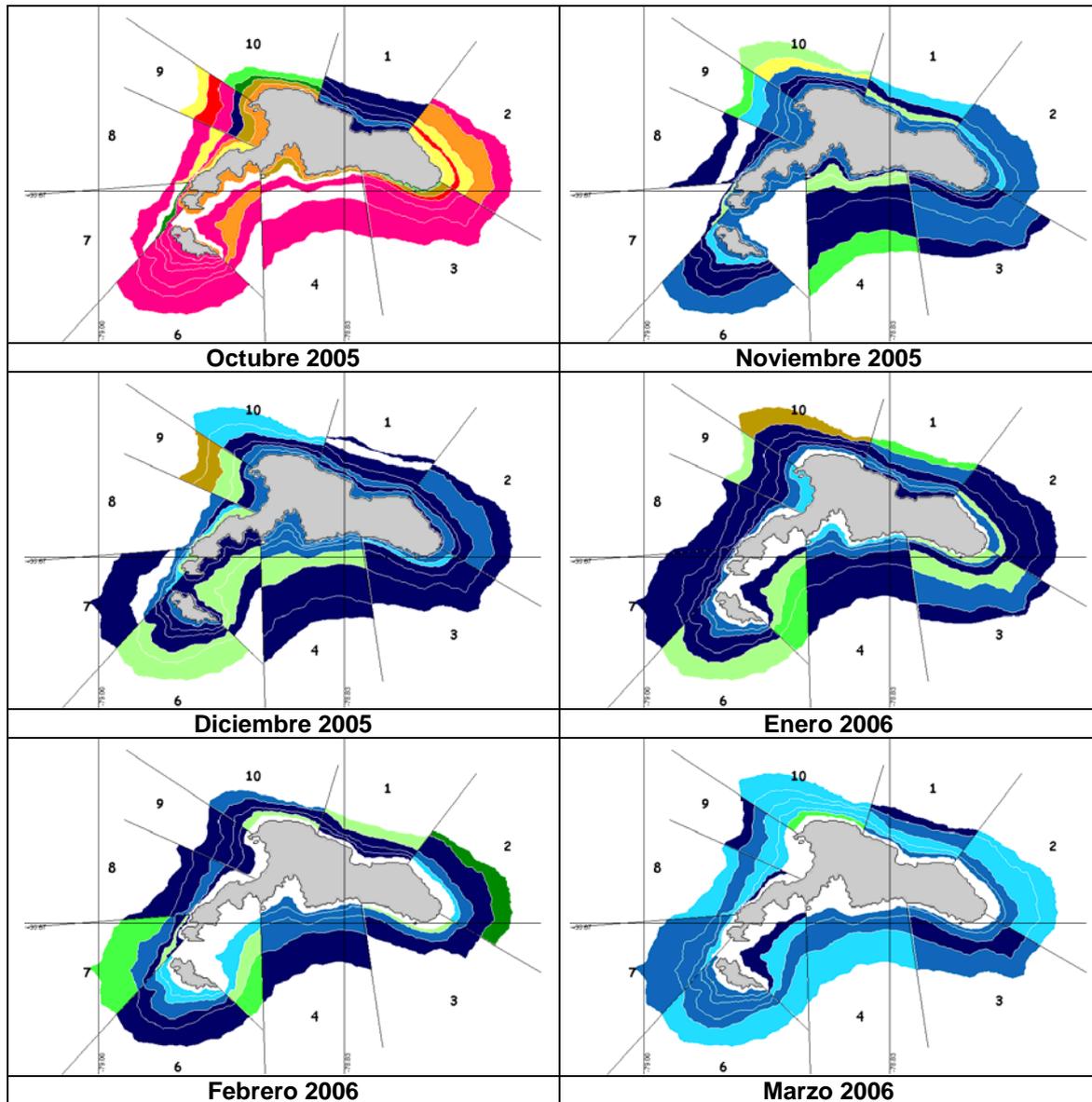
En noviembre disminuyeron considerablemente los rendimientos de pesca, registrándose los mayores valores en estratos de profundidad alejados de la costa. Las mayores CPUE fueron registradas en el estrato de profundidad entre 81 y 108 m de la zona 10 (Figs. 24 y 25).

En diciembre se mantuvieron los niveles de CPUE, prevaleciendo en general en las distintas subzonas de pesca rendimientos entre 0,5 y 2 langostas/trampa. Los mayores rendimientos de pesca se obtuvieron en profundidades entre 108 y 162 m de la zona 9 (Figs. 24 y 25).

Un leve aumento de los rendimientos de pesca se apreció en enero respecto al mes anterior, los cuales se desarrollaron en estratos de mayor profundidad. En este mes se observó que los mayores rendimientos de pesca (> 2 langostas/trampa) se localizaron en los estratos profundos (135 a 162 m) de las zonas 1, 5 y 10 (Figs. 24 y 25).

En febrero disminuyó levemente la CPUE, no registrándose capturas en el estrato de menor profundidad (1-27 m). Los rendimientos más altos (2 a 3 langostas/trampa) se obtuvieron entre 135 y 162 m en la zona 2, 5 y 7 (Figs. 24 y 25).

En marzo se obtuvieron los menores rendimientos de pesca de langostas y estos se localizaron en sectores más alejados de la costa. En general, las CPUE en las subzonas de pesca corresponden a 0,1 y 1,5 langostas/trampa (Figs. 24 y 25).

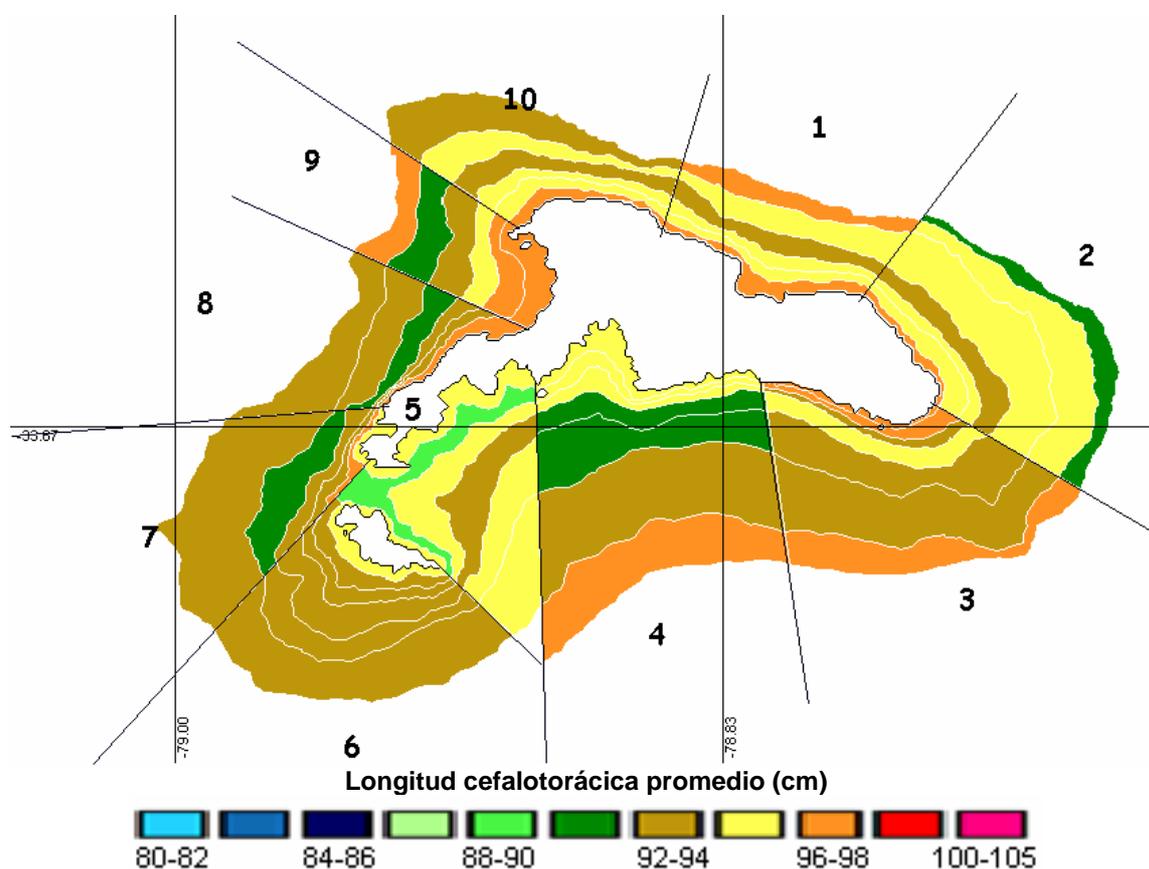


Captura por unidad de esfuerzo monitoreada (unidades/trampa)

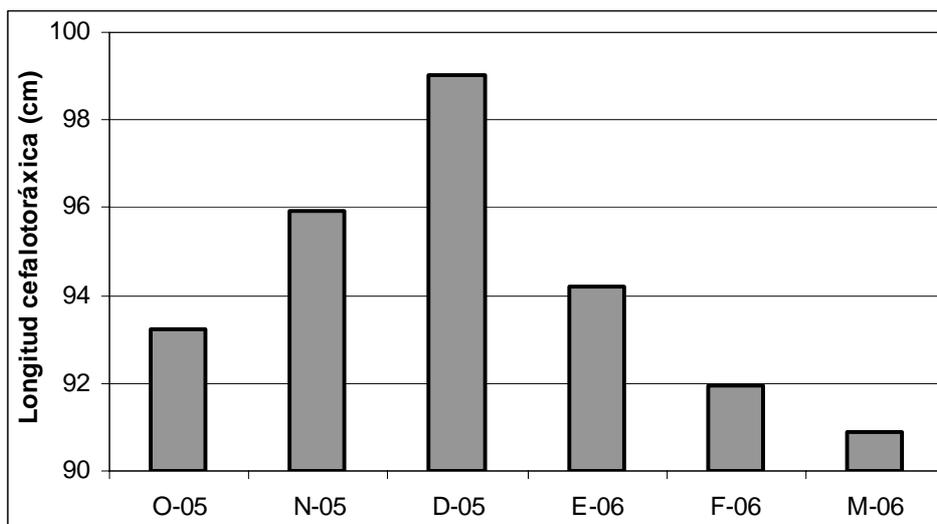


Figura 25. Distribución geográfica y batimétrica de la CPUE mensual de langosta durante octubre 2005 y marzo 2006.

La imagen de distribución geográfica y batimétrica de la longitud cefalotorácica (cm) promedio de langosta durante la temporada octubre 2005 a marzo 2006 mostró una alta variabilidad espacial (Fig. 26). En general, en la mayoría de las subzonas se presentaron longitudes cefalotorácicas promedio entre 90 y 98 cm, localizándose los valores más altos (96-98 cm) en los estratos de menor profundidad de las zonas 1, 2, 3, 7, 8, 9 y 10 (Fig. 26). Desde el punto de vista temporal, al inicio del período analizado las tallas promedio fueron 93 cm en octubre, aumentando los valores para llegar a un promedio máximo de 99 cm en diciembre (Fig. 27). A continuación, las tallas promedio disminuyeron linealmente, determinándose en marzo el nivel mínimo (91 cm) en la longitud cefalotorácica promedio (Fig. 27).



**Figura 26. Distribución geográfica y batimétrica de la longitud cefalotorácica promedio estimada de langosta entre octubre 2005 y marzo 2006.**



**Figura 27. Longitud cefalotorácica promedio mensual en la langosta.**

En octubre hubo alta variabilidad espacial en las tallas mensuales por subzona de pesca, registrándose un amplio rango de valores, entre los 80 y 100 cm de longitud cefalotorácica. Los menores valores (80-86 cm) se registraron en la zona 4, mientras que los mayores (96-100 cm) en los estratos 27-54 m y 81 a 135 m (Fig. 28).

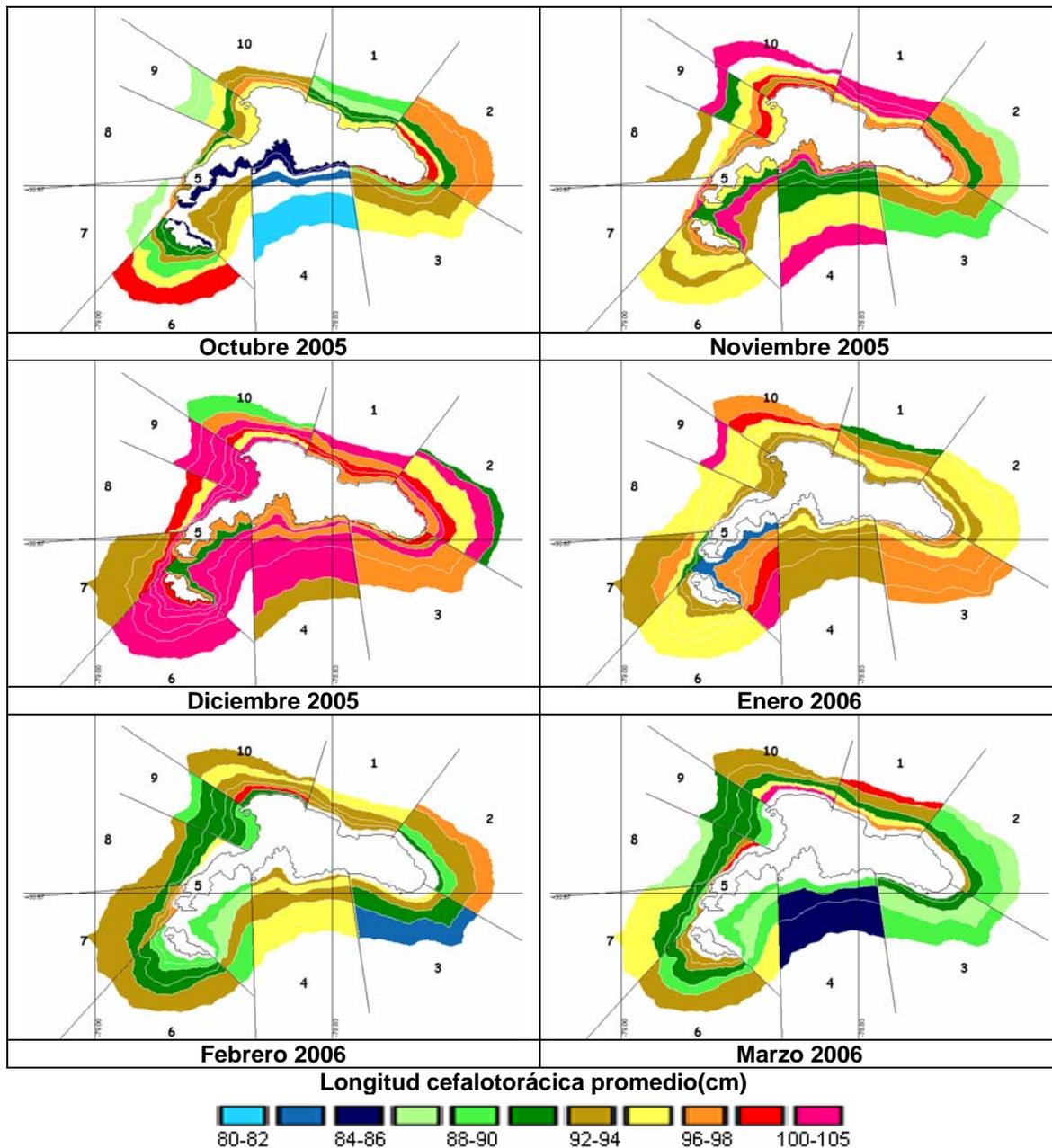
Durante noviembre se incrementaron las tallas mensuales por subzonas, registrándose el mayor rango (100 a 105 cm) de longitudes en profundidades mayores de 54 m de las zonas 1, 4, 5, 9 y 10.

En diciembre se registraron las mayores longitudes de los ejemplares de langosta muestreados durante la temporada, amplia distribución espacial de tallas de rango mayor (100-105 cm), y una extendida cobertura batimétrica, encontrándose en todos los estratos de profundidad (Fig. 28).

En enero se observó una considerable disminución de las tallas muestreadas. Así, se registraron los mayores valores (96-105 cm) en profundidades mayores a 54 m en las zonas 1, 3, 5, 7, 9 y 10 (Fig. 28).

En febrero continuó la tendencia a la disminución de las tallas observadas, alcanzando niveles altos (96-100 cm) en los estratos de profundidad de 54 a 81 m (zona 10) y de 135 a 162 m (zona 2). Longitudes cefalotorácicas entre 90 y 96 cm fueron localizadas en todas las zonas de pesca a profundidades mayores de 54 m (Fig. 28).

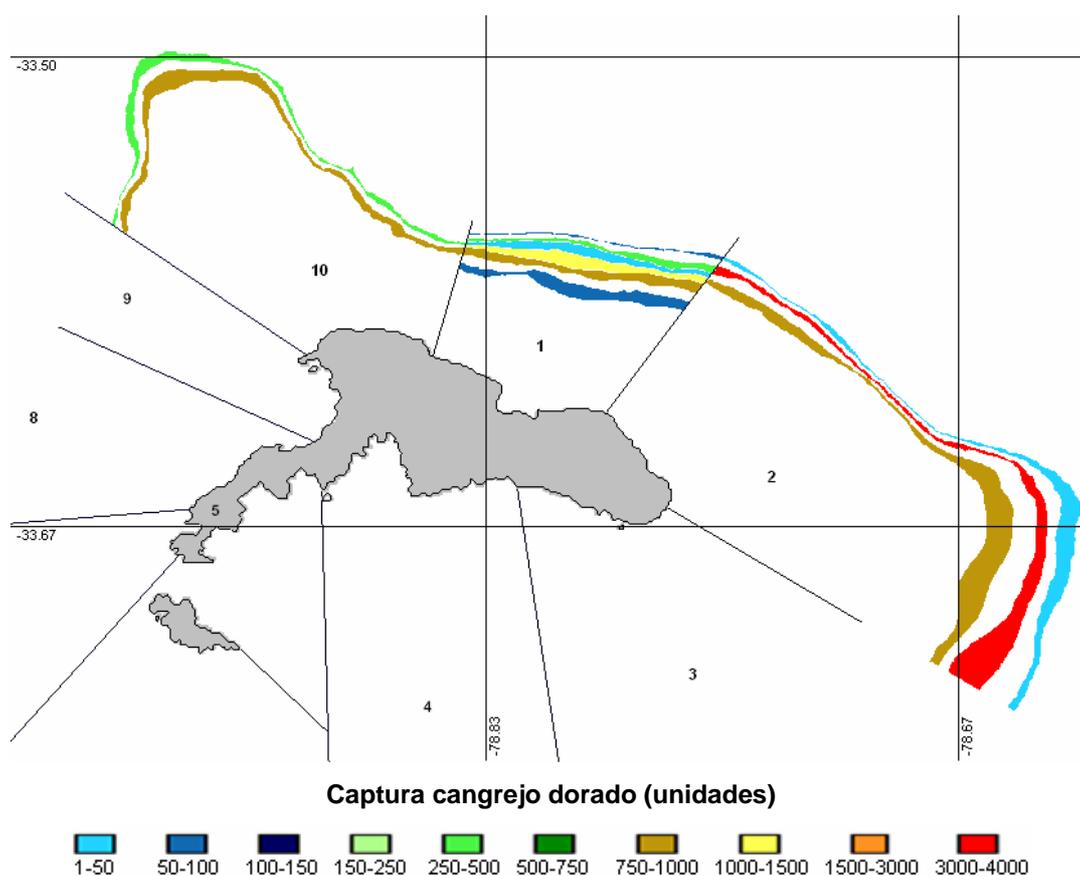
En marzo se capturaron los ejemplares más pequeños de la temporada (Fig. 28). Las mayores tallas (92-105 cm) se capturaron en profundidades mayores a 54 m de las zonas 1, 2, 6, 7, 8 y 10 (Fig. 28).



**Figura 28.** Distribución geográfica y batimétrica de la longitud cefalotorácica mensual promedio estimada de langosta, entre octubre de 2005 y marzo de 2006.

b) Cangrejo Dorado

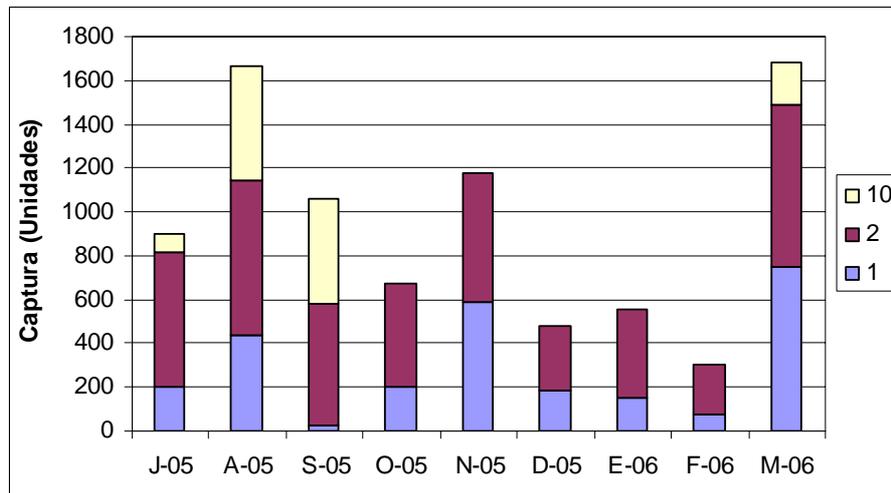
La imagen de captura total de cangrejo dorado entre julio de 2005 y marzo de 2006 indicó alta variabilidad, destacándose que los valores más altos por zona de pesca alcanzan: 1458 unidades en el estrato de profundidad entre 500 y 550 m para la zona 1; 3896 unidades en profundidades entre 600 y 650 m de la zona 2; y 967 unidades en profundidades de 450 y 500 m de la zona 10 (Fig. 29).



**Figura 29. Distribución geográfica y batimétrica de las capturas totales monitoreadas de cangrejo dorado, entre julio de 2005 y marzo de 2006.**

Las imágenes de distribución espacio-temporal y batimétrica de las capturas mensuales de cangrejo dorado durante julio 2005 y marzo 2006 muestran una alta variabilidad obteniéndose los mayores valores en agosto 2005 y marzo 2006, mientras que los mínimos se registraron en febrero 2006 (Figs. 29 y 30). La zona 2 es la que registró mayores niveles de capturas mensuales y en magnitudes más estables durante toda la temporada, en cambio en la zona 10 hubo capturas solamente en julio, agosto, septiembre y marzo. La zona 1 presentó capturas todos los meses pero en magnitudes menores a la zona 2 (Fig. 29).

En general, entre julio 2005 y marzo 2006 las más altas capturas mensuales (150-740 unidades) se registraron en la zona 2 en profundidades entre 600 y 650 m. No obstante, en septiembre 2005 se registraron las mayores capturas mensuales (482 unidades), en la zona 10, en profundidades entre 450 y 500 m (Fig. 29).



**Figura 30. Captura mensual monitorizada de cangrejo dorado por zona de pesca, entre julio de 2005 y marzo de 2006.**

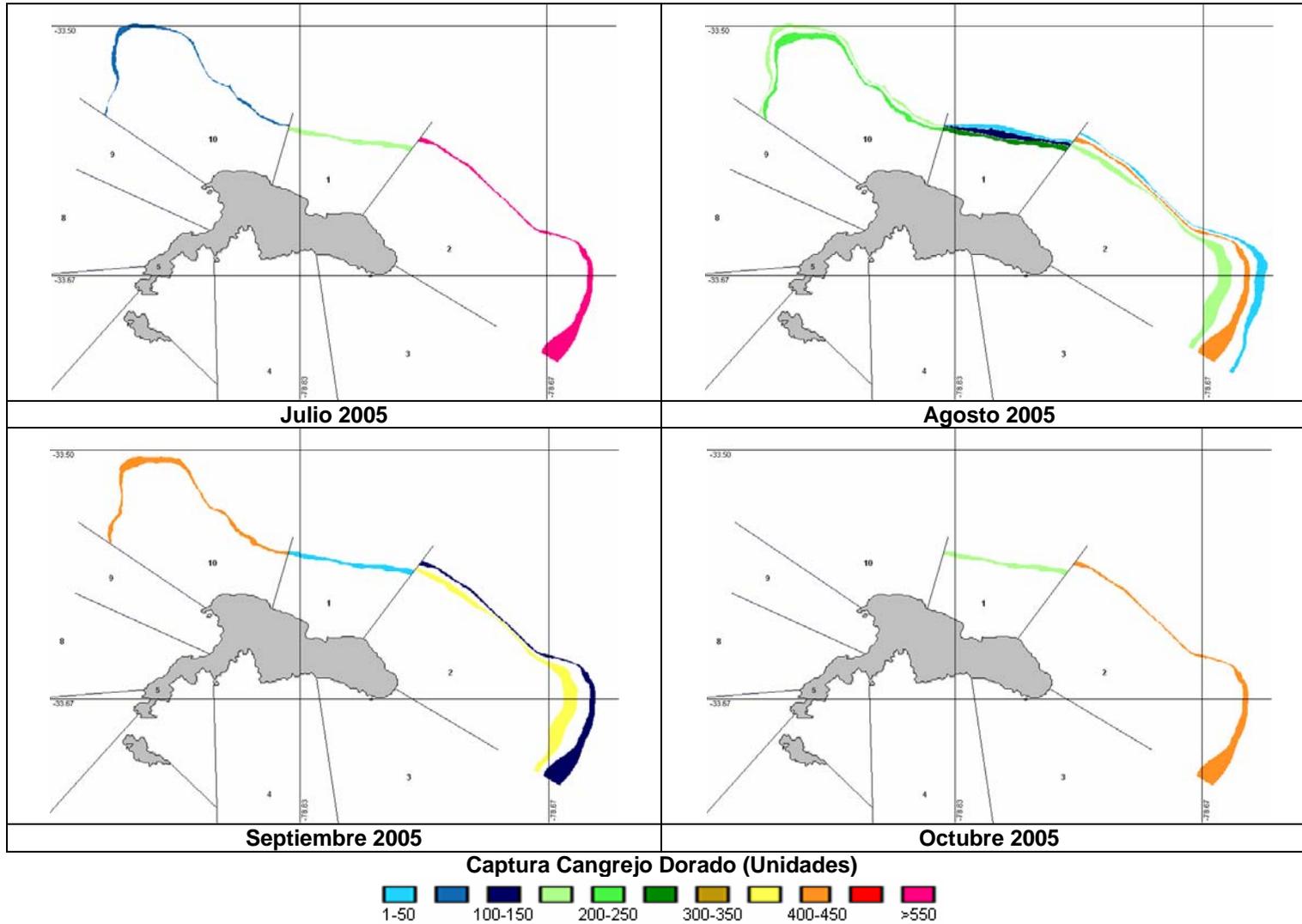


Figura 31a. Distribución geográfica y batimétrica de la captura mensual monitoreada de cangrejo dorado, entre julio 2005 y marzo 2006

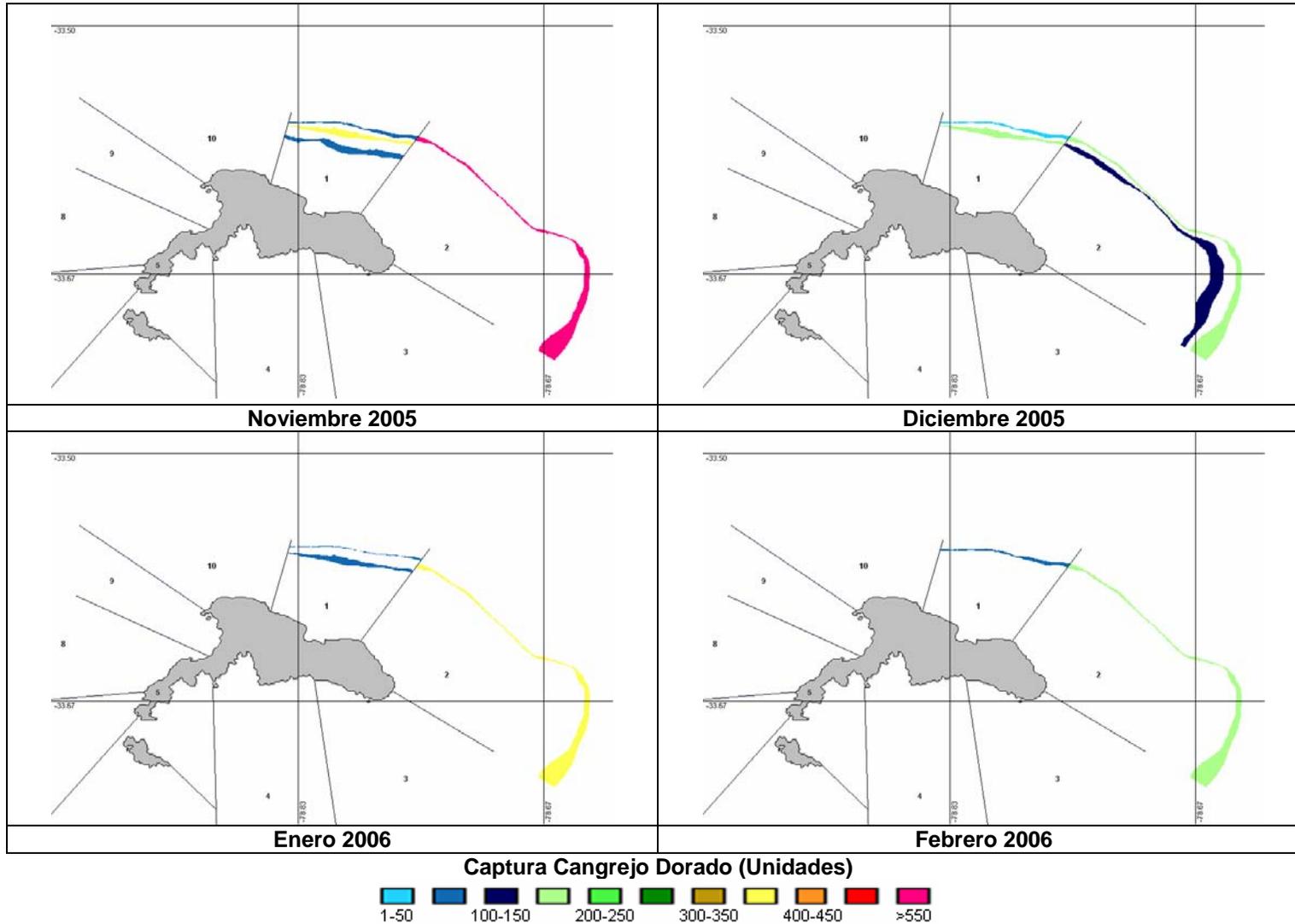


Figura 31b. Distribución geográfica y batimétrica de la captura mensual monitoreada de cangrejo dorado, entre julio 2005 y marzo 2006

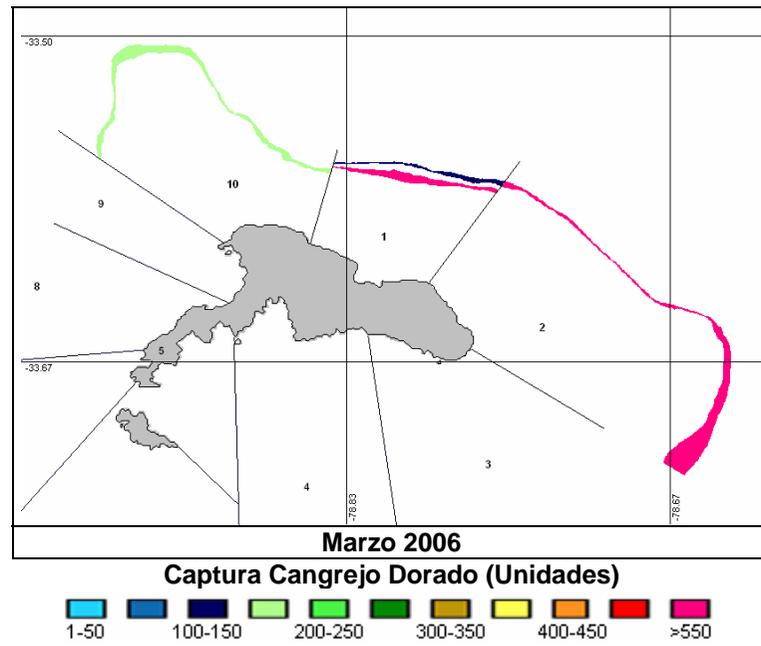
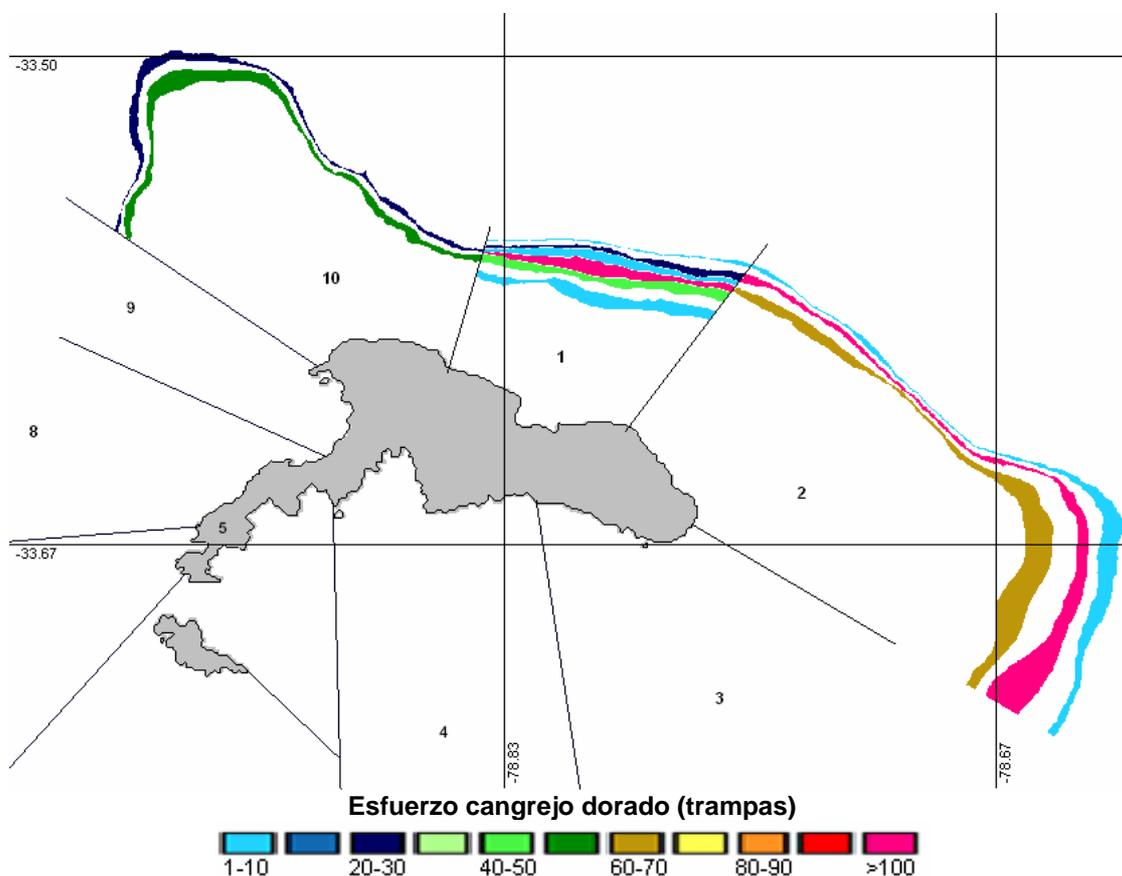


Figura 31c. Distribución geográfica y batimétrica de la captura mensual monitoreada de cangrejo dorado, entre julio 2005 y marzo 2006.

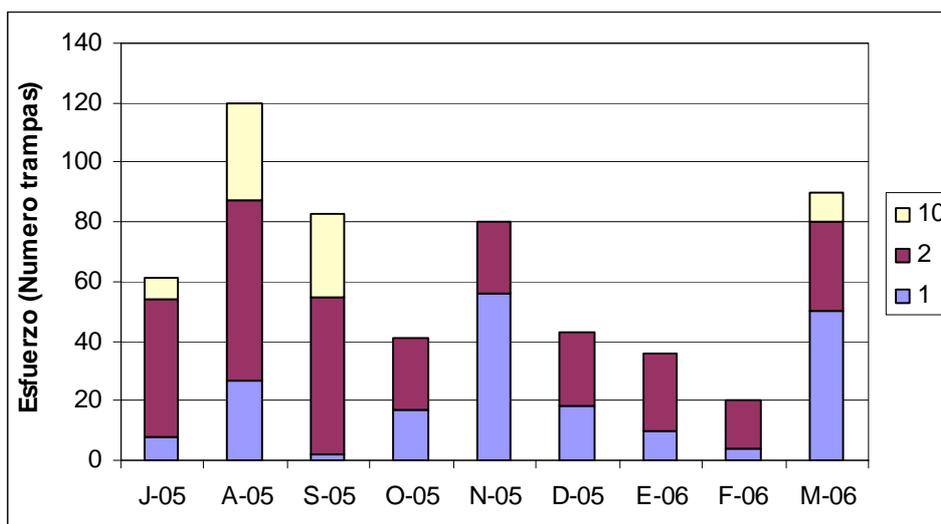


**Figura 32. Distribución geográfica y batimétrica del esfuerzo total de la pesquería de cangrejo dorado, entre julio 2005 y marzo 2006.**

En la imagen de esfuerzo total de cangrejo dorado durante julio 2005 y marzo 2006 se observó que los niveles más altos por zona de pesca alcanzaron 121 trampas en el estrato de profundidad entre 500 y 550 m en la zona 1; 239 unidades en profundidades entre 600 y 650 m de la zona 2; y 51 unidades en profundidades de 450 y 500 m en la zona 10 (Fig. 32). Los menores valores en la zona 1 se obtuvieron en profundidades inferiores a 400 m y superiores a 550 m (Fig. 32). En la zona 2 los menores valores se obtienen en profundidades mayores de 700 m (Fig. 32).

Las imágenes de distribución espacio-temporal y batimétrica del esfuerzo mensuales de cangrejo dorado entre julio 2005 y marzo 2006 muestran una alta variabilidad obteniéndose los mayores valores en agosto 2005 y marzo 2006, mientras que los menores valores se registraron en febrero 2006 (Figs. 33 y 34).

La zona 2 es la que registró mayores niveles de esfuerzos mensuales y en magnitudes más estables durante toda la temporada, alcanzando los máximos en julio, agosto, septiembre, octubre, diciembre, enero y febrero (Fig. 33). La zona 1 presentó esfuerzo todos los meses pero en magnitudes menores a la zona 2, registrando máximos en noviembre y marzo (Fig. 33). La zona 10 presentó niveles bajos de esfuerzo y solamente durante julio, agosto, septiembre y marzo (Fig. 33).



**Figura 33. Esfuerzo mensual monitoreado de cangrejo dorado por zona de pesca, entre julio 2005 y marzo 2006.**

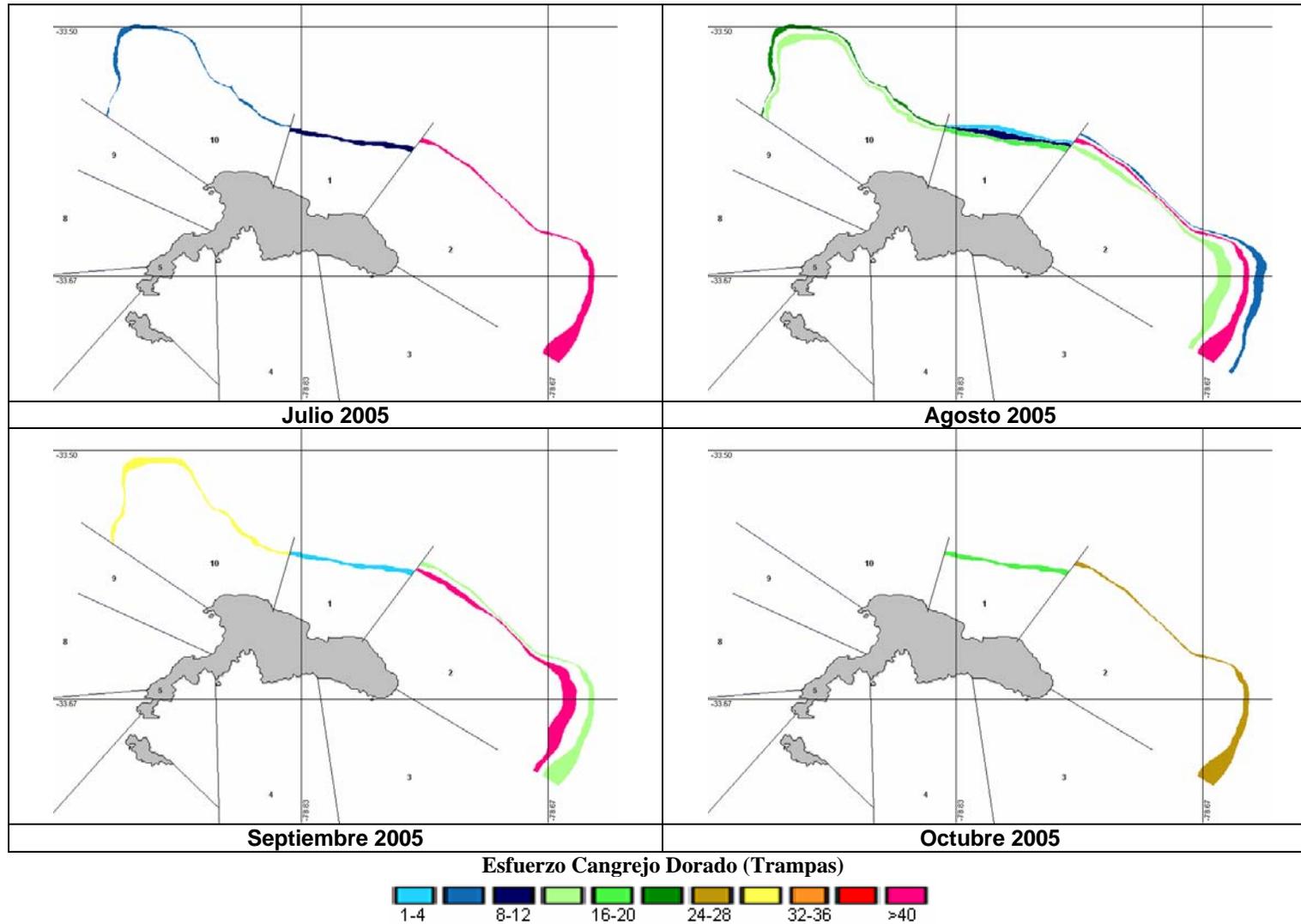


Figura 34a. Distribución geográfica y batimétrica del esfuerzo mensual en la pesquería del cangrejo dorado entre julio de 2005 y marzo de 2006.

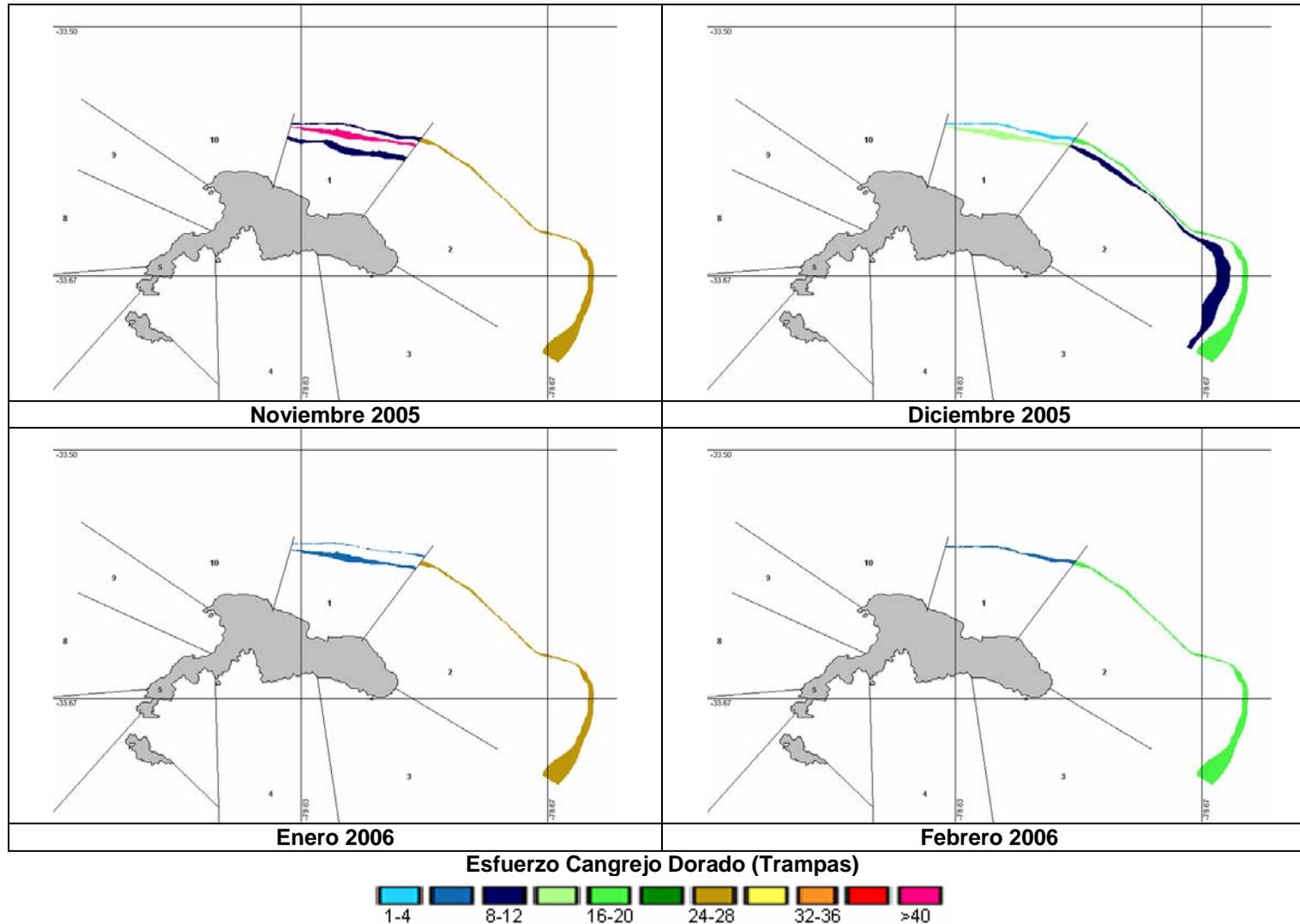


Figura 34b. Distribución geográfica y batimétrica del esfuerzo mensual en la pesquería del cangrejo dorado entre julio de 2005 y marzo de 2006.

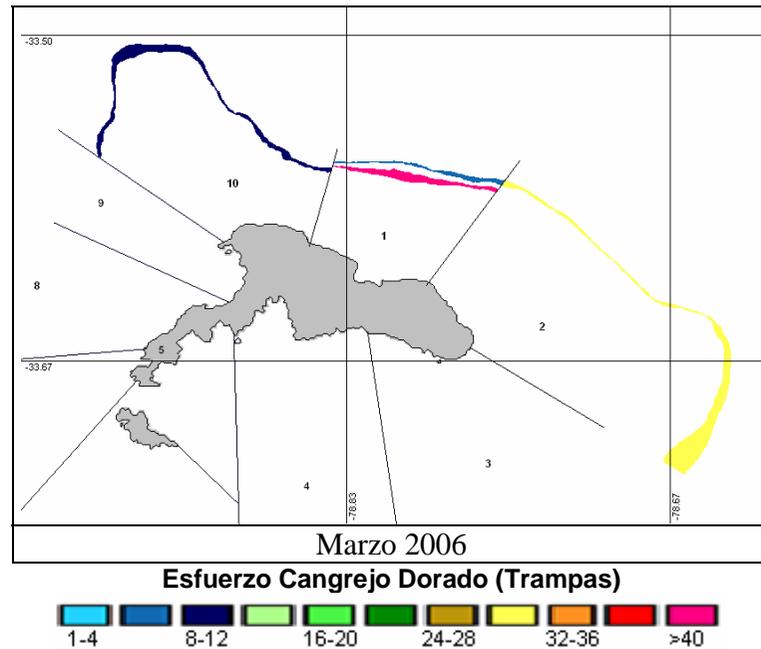
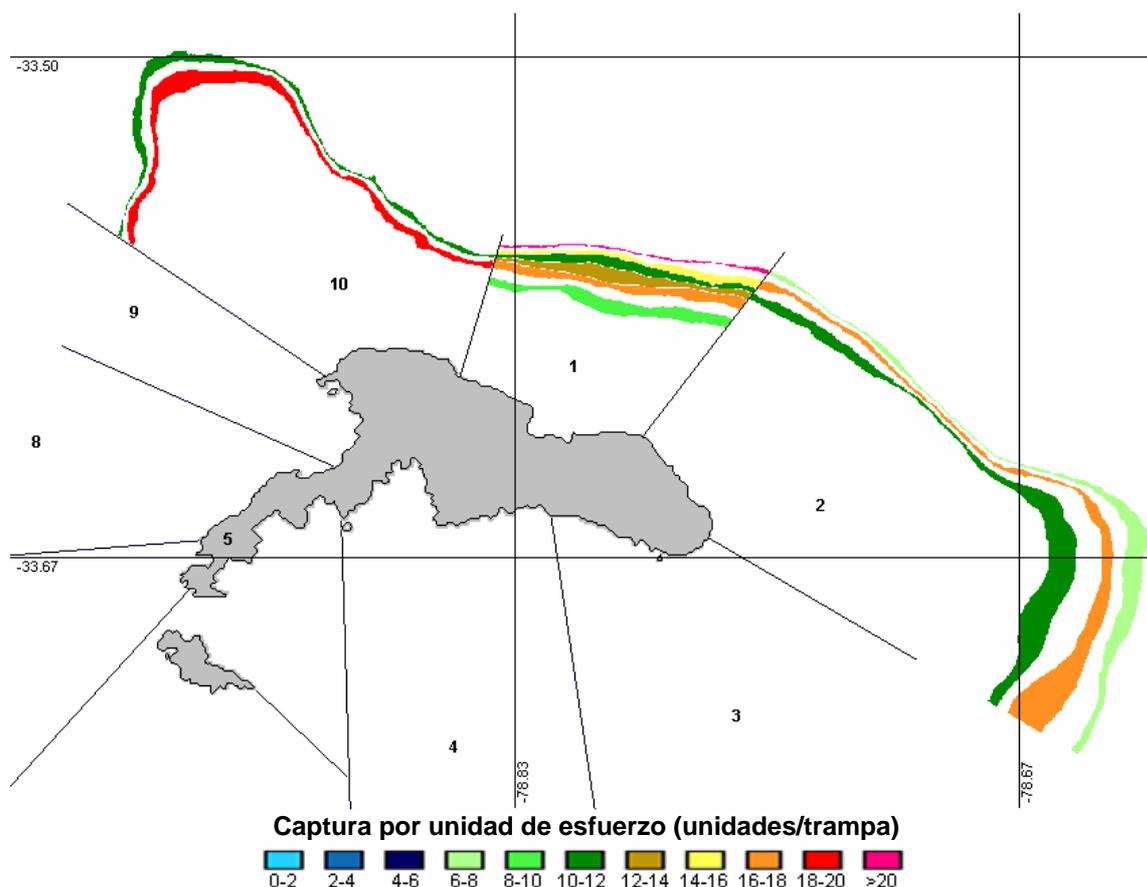


Figura 34c. Distribución geográfica y batimétrica del esfuerzo mensual en la pesquería del cangrejo dorado entre julio de 2005 y marzo de 2006.



**Figura 35. Distribución geográfica y batimétrica de la CPUE total en la pesquería de cangrejo dorado entre julio 2005 de marzo 2006.**

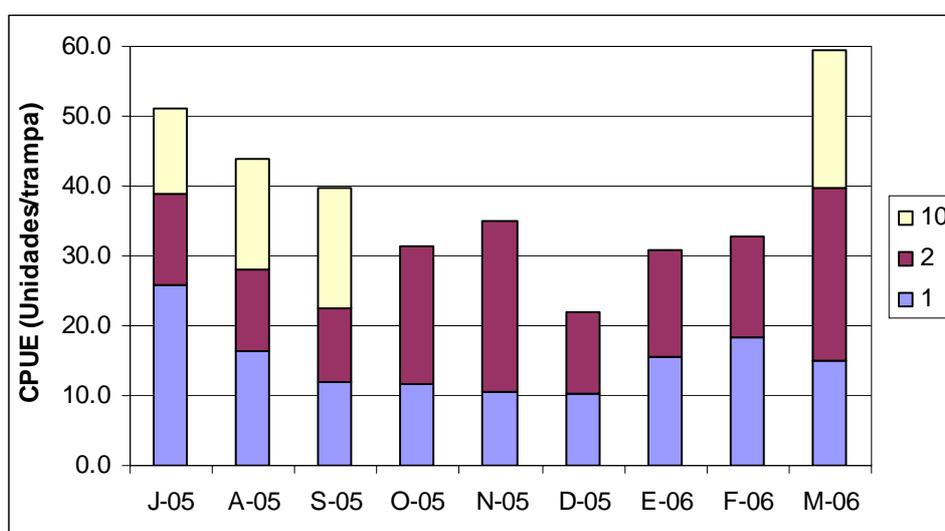
En la imagen de CPUE total de cangrejo dorado durante julio 2005 y marzo 2006 se observó que los valores más altos por zona de pesca alcanzaron: 20,8 unidades/trampa en el estrato de profundidad entre 700 y 750 m en la zona 1; 16,3 unidades/trampa en profundidades entre 600 y 650 m en la zona 2; y 19 unidades/trampa en profundidades de 450 y 500 m en la zona 10 (Fig. 35). Los mínimos en la zona 1 se obtuvieron en profundidades menores a 400 m (Fig. 35). En la zona 2 los menores valores se registraron en profundidades mayores de 700 m, mientras que en la zona 10 sobre 550 m (Fig. 35).

Las imágenes de distribución espacio-temporal y batimétrica de la CPUE mensual de cangrejo dorado entre julio de 2005 y marzo de 2006 indicaron alta variabilidad, obteniéndose los mayores valores en marzo 2006 y julio 2005 y los menores en diciembre 2005 (Figs. 36 y 37).

Durante julio los mayores rendimientos se obtuvieron en la zona 1 en el estrato de profundidad entre 450 y 500 m (Fig. 37). En agosto las más altas CPUE se registraron en la zona

10 (22,1 unidades/trampa) y zona 2 (17,8 unidades/trampa) en profundidades entre 450 y 500 m (Fig. 37). Durante septiembre se mantienen los mayores rendimientos (17,2 unidades/trampa) en la zona 10 en estratos entre 450 y 500 m (Fig. 37).

En octubre y noviembre las mayores CPUE se registraron en la zona 2 en profundidades entre 600 y 650 m (Fig. 37). En diciembre se mantuvieron los mayores rendimientos en la zona 2 pero en profundidades entre 500 y 550 m (Fig. 37). En enero y febrero las mayores CPUE se registraron en la zona 1 en estratos entre 600 y 750 m (Fig. 37). En marzo nuevamente los mejores rendimientos se obtuvieron en la zona 2 en profundidades entre 600 y 650 m (Fig. 37).



**Figura 36. CPUE mensual de cangrejo dorado por zona de pesca entre julio de 2005 y marzo de 2006.**

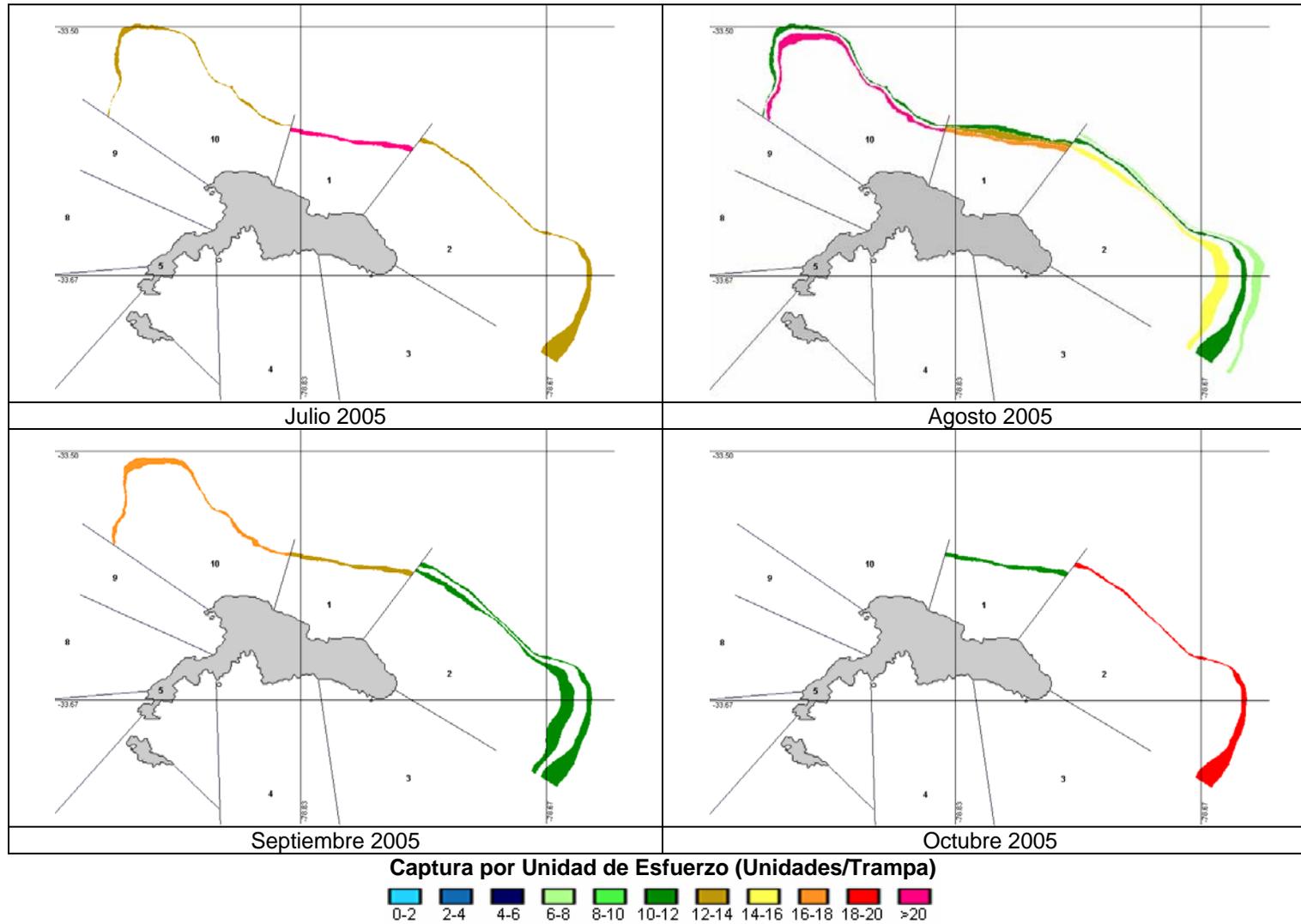


Figura 37a. Distribución geográfica y batimétrica de la CPUE monitoreada de cangrejo dorado entre julio 2005 y marzo 2006.

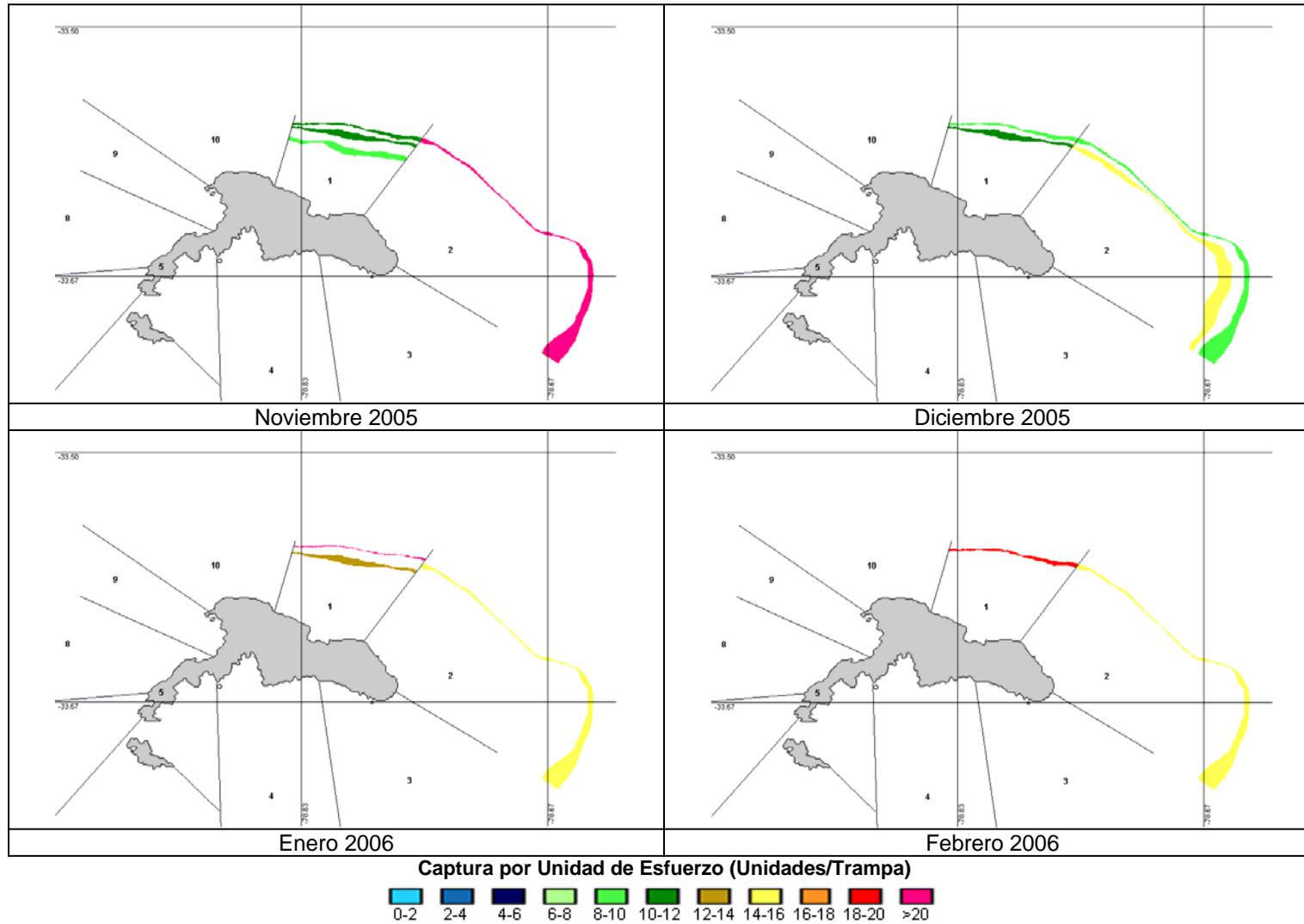


Figura 37b. Distribución geográfica y batimétrica de la CPUE monitoreada de cangrejo dorado entre julio 2005 y marzo 2006.

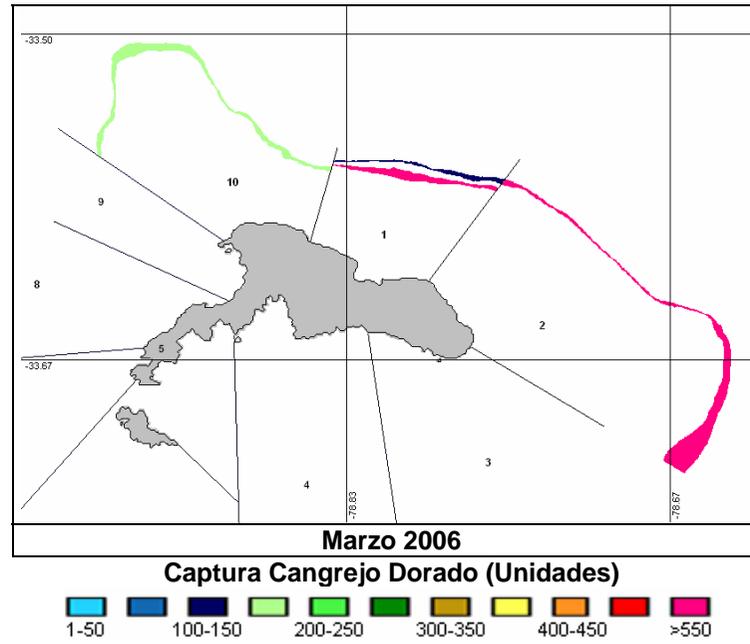


Figura 31c. Distribución geográfica y batimétrica de la captura mensual monitoreada de cangrejo dorado, entre julio 2005 y marzo 2006.

---

**Objetivo N°2. Determinar la biomasa vulnerable total (en peso) y abundancia vulnerable total (n° individuos), según talla y sexo, de ambos recursos en el área de estudio, al interior y exterior del área de reserva de pesca artesanal (ARPA)**

---

### **Evaluación del stock de langosta**

Los resultados que arroja la presente evaluación indirecta del stock de langosta de Juan Fernández, para la temporada de pesca 2005-2006, son resumidos en en las Tablas 9 y 10. En ésta se informan los estimadores máximo verosímiles (EMV) y las respectivas matrices de varianza-covarianza, para cada uno de los sexos.

Es posible distinguir gran similitud en los valores estimados para  $l_{95\%}$  y  $l_{50\%}$  para ambos sexos, observándose a la vez gran concordancia entre las observaciones y las estimaciones realizadas por el modelo, apreciándose esto claramente en las Figuras 38 y 41. Asimismo, se percibe que tanto el patrón de explotación para hembras como para los machos poseen una elevada pendiente, por lo que por sobre los 105 mm LC, más del 99% de los individuos están completamente reclutados a la pesquería (Figs. 39 y 42).

**Tabla 9**

**Estimadores Máximo Verosímil (EMV) y matriz de varianza-covarianza. Langostas de Juan Fernández, hembras.**

<b>Parámetro</b>	<b>EMV</b>	<b>Matriz de Varianza-Covarianza</b>		
$l_{95\%}$	101,30	0,034529		
$l_{50\%}$	97,25	0,012203	0,012749	
Fcr	1,35	0,001527	0,001603	0,024317

**Tabla 10**

**Estimadores Máximo Verosímil (EMV) y matriz de varianza-covarianza asociada. Langostas de Juan Fernández, machos.**

<b>Parámetro</b>	<b>EMV</b>	<b>Matriz de Varianza-Covarianza</b>		
$l_{95\%}$	102,85	0,038714		
$l_{50\%}$	97,95	0,003056	0,032538	
Fcr	1,17	-0,011706	0,028707	0,042878

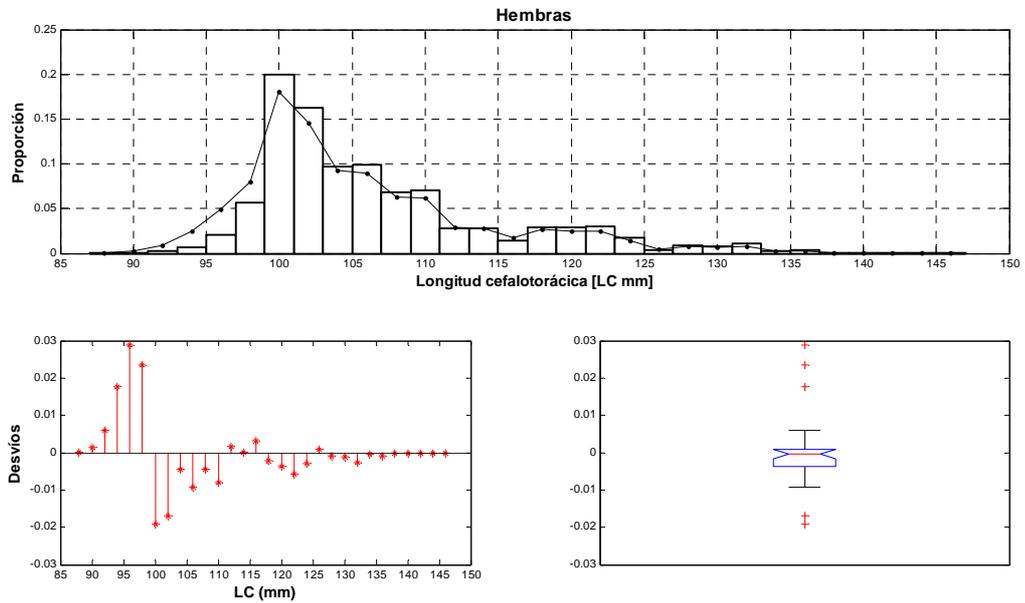


Figura 38. Hembras: Captura talla-estructurada observada y estimada (línea punteada) y desvíos de proporciones en la langosta de Juan Fernández.

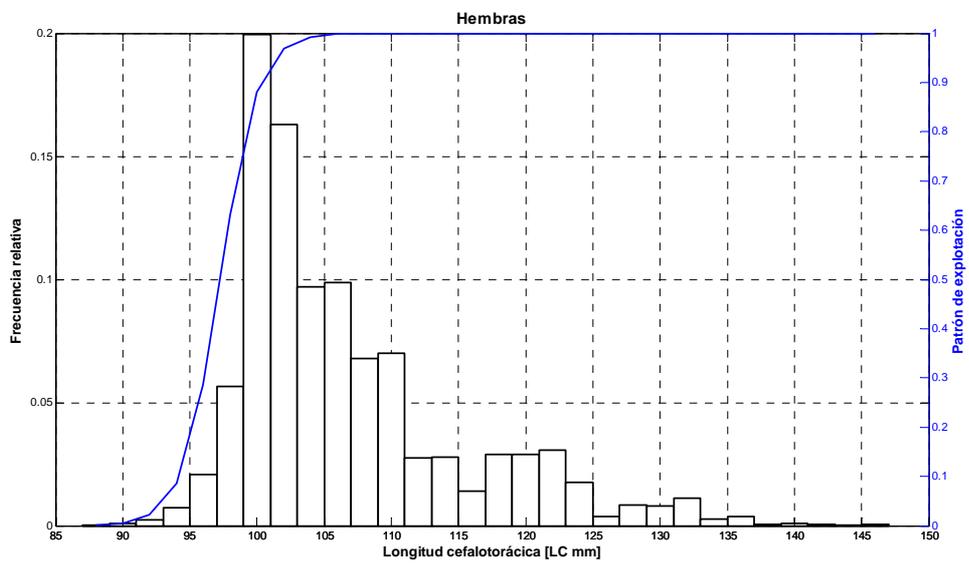
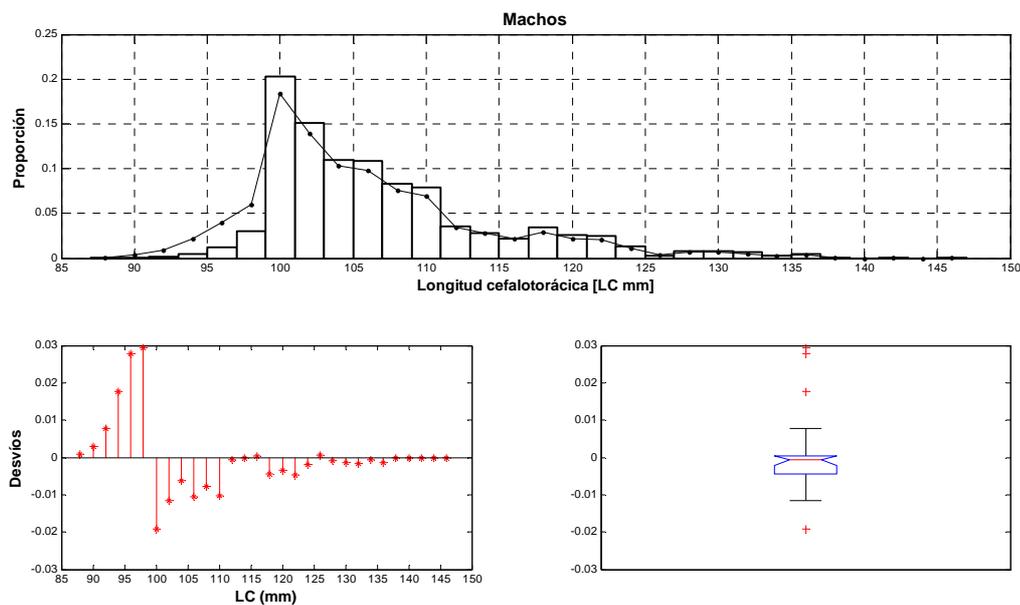
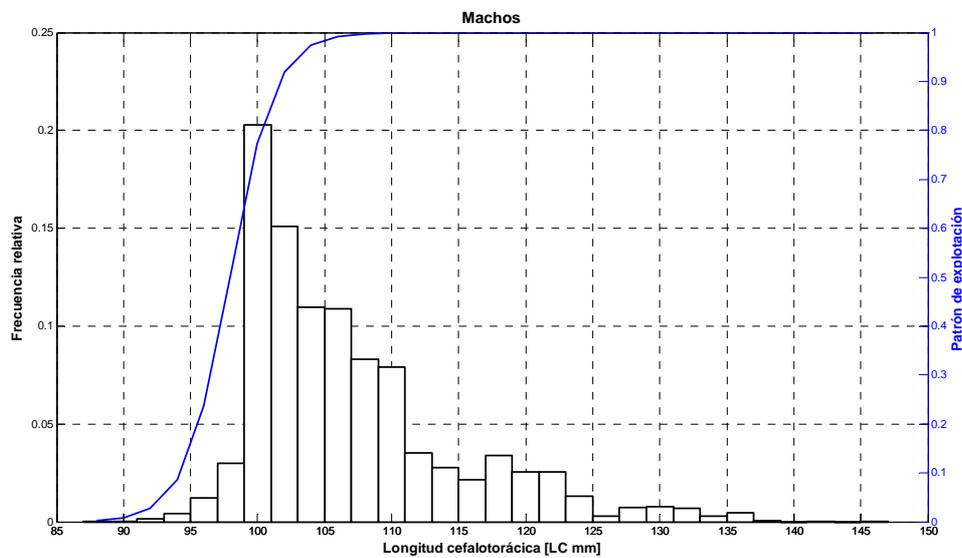


Figura 39. Hembras: Captura talla-estructurada observada y patrón de explotación en la langosta de Juan Fernández.



**Figura 40. Machos: Captura talla-estructurada observada y estimada (línea punteada) y desvíos de proporciones en la langosta de Juan Fernández.**



**Figura 41. Machos: Captura talla-estructurada observada y patrón de explotación en la langosta de Juan Fernández.**

Al evaluar los EMV en el modelo de evaluación de stock talla-estructurado, para cada uno de los sexos, podemos generar indicadores que dan cuenta de los niveles poblacionales, tales como: abundancia y biomasa media, abundancia y biomasa media explotable, es decir, de la

fracción comercial, entre otras (Tabla 11). Es así que podemos informar que el desembarque debió estar en torno a las 61.800 langostas, lo que equivaldría en peso a 48,61 ton aproximadamente.

Para sustentar dicho desembarque, es necesaria la existencia a inicios de la temporada de pesca, de al menos 98.900 organismos presentes en el mar, en el intervalo de tallas [88 – 90[ mm de longitud cefalotorácica. No es extraño observar que la pesquería se sustente mayoritariamente en los machos, con un aporte de éstos al desembarque en trono al 74% en número y 64% en peso, respectivamente; puesto que sólo se extraen las hembras que no portan huevos y poseen talla comercial.

**Tabla 11**

**Macro indicadores de desempeño que dan cuenta de la condición actual del stock de langosta de Juan Fernández**

<b>Indicadores</b>	<b>Hembras</b>	<b>Machos</b>	<b>Total</b>
Desembarque (ton)	19,88	30,17	50,05
Captura en número	23.188	38.640	61.828
Biomasa media (ton)	139,97	226,41	366,38
Abundancia media	132.627	376.590	509.207
No rango tallas [88 – 90[ mm LC	37.164	61.749	98.913
Biomasa media explotable (ton)	64,57	114,57	179,14
Abundancia media explotable	77.354	152.613	229.967

Las faenas de pesca realizadas en la temporada 2005-2006, removieron en torno al 15% de la abundancia media de machos, un 12% de la abundancia media de hembras, lo que en conjunto equivale a un 14% para ambos sexos. En términos de biomasa, es posible señalar que la remoción por efectos de la pesca asciende al 19% y 15% de la biomasa media de machos y hembras respectivamente, lo que en conjunto equivale a una remoción del 17% de la biomasa media de para ambos sexos.

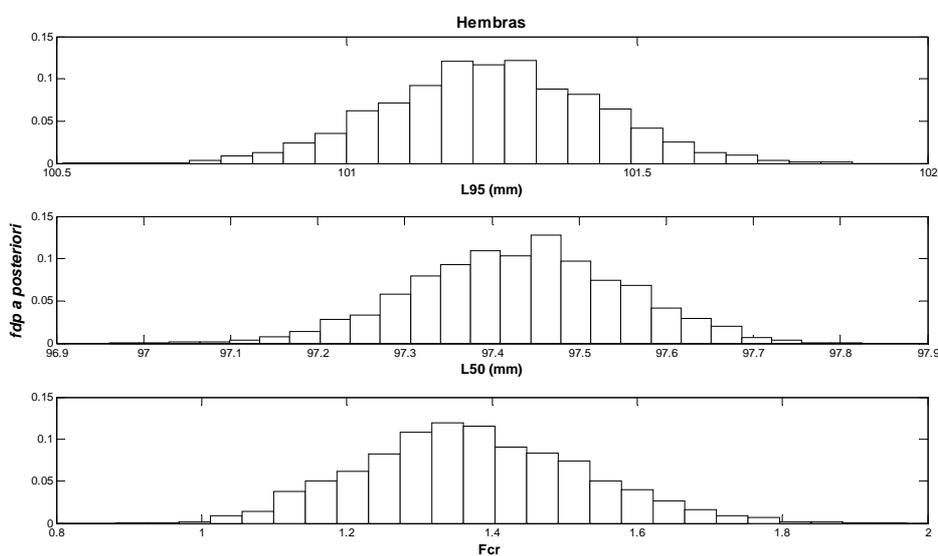
Debido a que la explotación del recurso langosta de Juan Fernández, posee un patrón de explotación asimilable a lo que en literatura se denomina "*filo de cuchillo*", ya que al menos el 96% del desembarque está constituido por individuos sobre los 98 mm de LC, lo que se denomina como fracción explotable. En tal sentido, se puede señalar que la abundancia media explotable considerando ambos sexos fluctuó en torno a los 230 mil individuos, cifra que equivale al 45% de la abundancia media; de las cuales la pesca removió en torno a los 60.300 individuos.

### Incertidumbre

Para analizar la incertidumbre en la estimación de los parámetros del modelo de evaluación de stock, para cada uno de los sexos y en ciertas variables de salida, como por ejemplo, en la biomasa media, se procedió a re-muestrear la distribución conjunta “log-verosímil”, siguiendo el procedimiento MCMC “*Markov Chain Monte Carlo*”. Al respecto, se observa en hembras, una mayor simetría en la distribución de probabilidad *a posteriori* de los parámetros  $l_{95\%}$  y  $l_{50\%}$  del patrón de explotación, que en la estimación de la tasa de mortalidad por pesca de la fracción completamente reclutada a la pesquería (Tabla 12, Fig. 42)

**Tabla 12**  
**Hembras: Estimación central e intervalo al 95% de confianza de los EMV en el modelo talla estructurado**

Parámetros \ Percentil	2,5%	50%	97,5%
$l_{95\%}$	100,89	101,25	101,61
$l_{50\%}$	97,20	97,43	97,66
Fcr	1,10	1,37	1,69



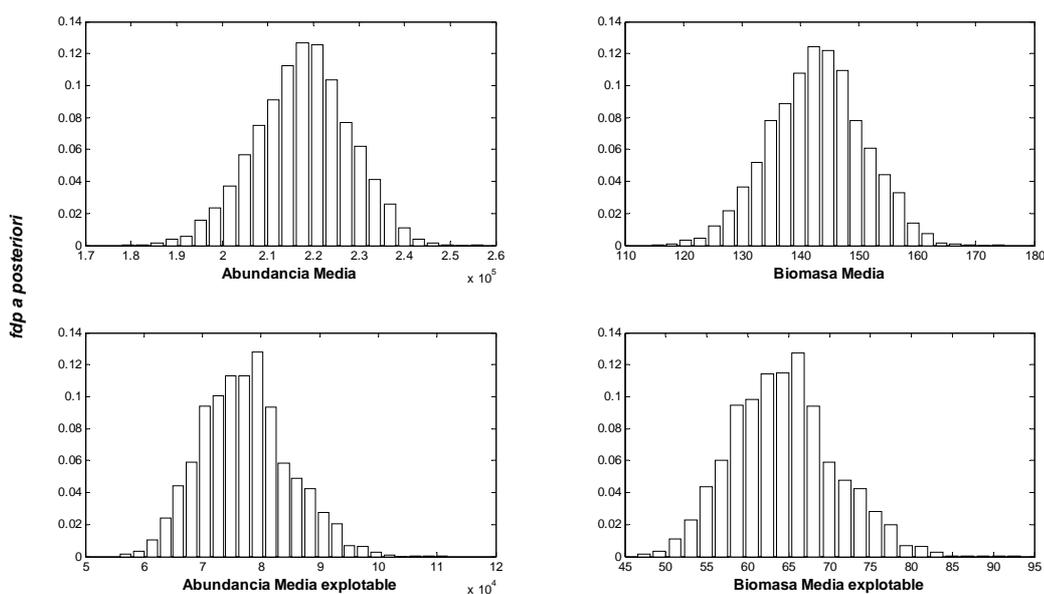
**Figura 42. Hembras: Distribución de probabilidad a posteriori de los parámetros (EMV), estimados por el modelo talla-estructurado.**

Es posible informar que a un 95% de confianza, la abundancia media de hembras, debió haber fluctuado entre 196.400 y 237.000 individuos; lo que en términos de biomasa media, corresponde a una variación entre 127 y 156 ton (Tabla 13). Del mismo modo, se puede advertir que la distribución de probabilidad *a posteriori* de ambas variables son simétricas respecto a la respectiva estimación central (Fig. 43).

**Tabla 13**

**Hembras: Estimación central e intervalo al 95% de confianza en variables de salida en el modelo talla estructurado**

Variable \ Percentil	2,5%	50%	97,5%
Abundancia media	196.372	218.067	237.046
Biomasa media (ton)	127,02	143,04	157,95
Abundancia media explotable	63.605	76.850	92.440
Biomasa media explotable (ton)	53,00	64,09	77,16



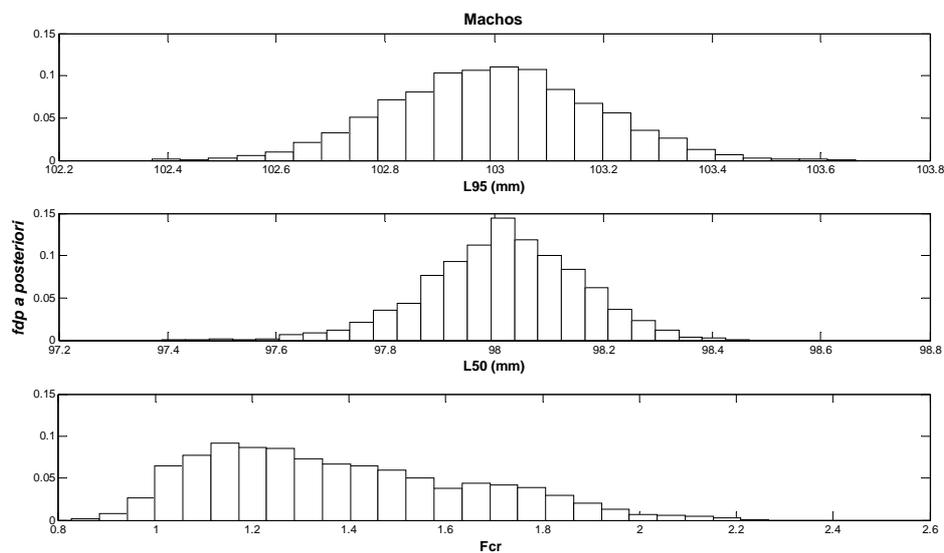
**Figura 43. Función de probabilidad a posteriori de los parámetros estimados por el modelo y variables de salida de éste. Langostas hembras.**

De forma similar que en hembras, se observa en machos mayor simetría en la distribución de probabilidad *a posteriori* de los parámetros  $l_{95\%}$  y  $l_{50\%}$  del patrón de explotación, que en la estimación de la tasa de mortalidad por pesca de la fracción completamente reclutada a la pesquería; parámetro que en los machos posee mayor variabilidad, Tabla 14 y Figura 44.

Tabla 14

**Machos: Estimación central e intervalo al 95% de confianza de los EMV, en el modelo talla estructurado**

Parámetros \ Percentil	2,5%	50%	97,5%
$l_{95\%}$	102,65	103,00	103,36
$l_{50\%}$	97,71	98,02	98,28
Fcr	0,98	1,34	1,95



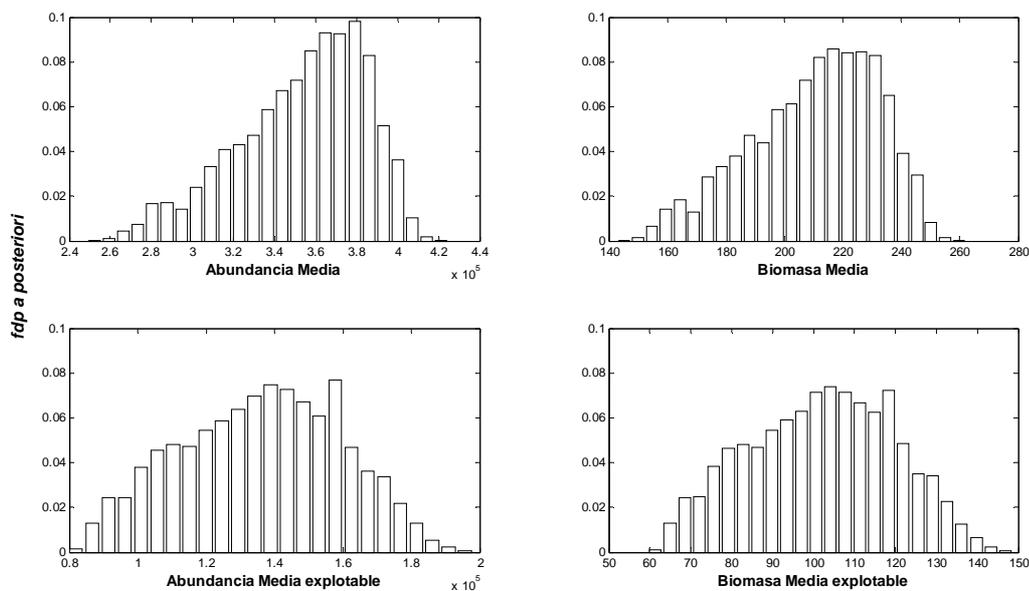
**Figura 44. Machos: Distribución de probabilidad a posteriori de los parámetros (EMV), estimados por el modelo talla-estructurado.**

A un 95% de confianza, la abundancia media de machos debió haber fluctuado entre 281.400 y 400.900 mil individuos, lo que en términos de biomasa media, corresponde a una variación entre 162 y 245 ton (Tabla 15). Observándose que las respectivas distribuciones de probabilidad *a posteriori* son menos simétricas que las obtenidas para las hembras (Fig. 45).

Tabla 15

**Machos: Estimación central e intervalo al 95% de confianza en variables de salida en el modelo talla estructurado**

Variable \ Percentil	2,5%	50%	97,5%
Abundancia media	281.454	358.558	400.858
Biomasa media (ton)	162,32	213,33	244,68
Abundancia media explotable	90.990	137.118	178.078
Biomasa media explotable (ton)	68,19	102,78	134,02



**Figura 45. Machos: Función de probabilidad a posteriori de los parámetros estimados por el modelo y variables de salida de éste.**

## **Modelo dinámico estructurado por tallas**

### *Datos históricos*

#### Captura

##### a) Captura en biomasa

Datos provenientes de diversas fuentes permitieron construir una serie histórica de captura entre los años 1930 y 2005 (Tabla 17, Fig. 46). Se aprecia una tendencia cíclica de aproximadamente 11 años (1974-1985-1996) en los desembarques, situación que podría estar relacionada con variaciones autocorrelacionadas en el reclutamiento.

##### b) Captura en número

Se construyeron series de captura en número de individuos aplicando los criterios anteriormente expuestos. La Figura 47 muestra los resultados de los cálculos de capturas de langostas comerciales en número para las islas Robinson Crusoe-Santa Clara y Alejandro Selkirk. Observaciones directas de abundancia por isla y temporada se presentan para las temporadas 1967-1968 hasta 1985-1986 y para 1996-1997.

#### Esfuerzo

La distribución espacial del esfuerzo en términos de trampas está determinado por unidades espaciales discretas de pesca, llamadas "Marcas". Cada bote, propietario, patrón o tripulante posee una cierta cantidad de marcas, las cuales las usan de acuerdo a la temporada y fecha de pesca. Este hecho se traduce en que la ubicación espacial del esfuerzo en el transcurso del tiempo es una propiedad conservativa. La Figura 48 muestra la distribución espacial de las marcas estimadas en forma indirecta de acuerdo a registros de áreas de pesca y perfiles de profundidad (A) y la ubicación espacial de las marcas para las temporadas 2004-2005 y 2005-2006 mediante georreferenciación (B). Se destaca la estacionalidad en la ubicación de las zonas de pesca. Esta situación tiene varias implicancias, alguna de ellas se relaciona con la calidad de los indicadores de abundancia relativa y la otra con el manejo tradicional existente dentro de la comunidad de pescadores.

##### a) Número de botes (por temporada)

La Figura 49 indica el número de botes registrados en la Capitanía de Puerto de Juan Fernández y que han operado desde los años 1940s en la pesquería de la langosta. Se observa que desde 1982 el número de botes registrados en la isla se ha mantenido en torno a los 50 botes. No obstante, desde los años setenta son entre 37 y 40 botes los que han operado en las islas Robinson Crusoe-Santa Clara, entre 9 y 11 en la isla Alejandro Selkirk y 1 a 4 en las islas Desventuradas (este último dato debe tomarse como una cifra mínima).

Tabla 16

**Desembarques totales de langostas (en toneladas) para el archipiélago de Juan Fernández es islas Desventuradas por año calendario (Enero-mayo/Octubre-diciembre)**

Año	Captura (ton)	Fuente	Citado en	Año	Captura (ton)	Fuente
1930	89		C/D	1968	42	3
1931	68		C/D	1969	53	3
1932	56		C/D	1970	57	3
1933	97		C/D	1971	63	3
1934	77		C/D	1972	46	4
1935	67		C/D	1973	50	4
1936	89		C/D	1974	57	4
1937	93		C/D	1975	44	4
1938	148		B/C/D	1976	48	4
1939	90		B/C/D	1977	31	5
1940	77		B/C/D	1978	23	6
1941	104		B/C/D	1979	39	6
1942	135		B/C/D	1980	17	6
1943	62		B/C/D	1981	25	6
1944	62	1	B/C/D	1982	50	6
1945	57	1	B/C/D	1983	35	6
1946	56	1	B/C/D	1984	42	6
1947	67	1	B/C/D	1985	35	6
1948	106	1	B/C/D	1986	43	6
1949	79	1	B/C/D	1987	36	6
1950	85	1	B/C/D	1988	29	6
1951	70	1	B/C/D	1989	23	6
1952	134	1	A/B/C/D	1990	19	6
1953	128	1	A/B/C/D	1991	27	6
1954	101	1	A/B/C/D	1992	12	6
1955	102	2	A/B/C/D	1993	30	6
1956	123	2	A/B/C/D	1994	24	6
1957	120	2	A/B/C/D	1995	29	6
1958	95	2	A/B/C/D	1996	36	6
1959	94	2	A/B/C/D	1997	32	6
1960	122	3	A/B/C/D	1998	21	6
1961	105	3	A/B/C/D	1999	22	6
1962	97	3	A/B/C/D	2000	17	6
1963	91	3	A/B/C/D	2001	21	6
1964	119	3	A/B/C/D	2002	9	6
1965	77	3	B/C/D	2003	1	6
1966	60	3	B/C/D	2004	47	6
1967	91	3	B/C/D			

- 1 Dirección de Caza y Pesca, Valparaíso  
2 Departamento de Fomento de Pesca y Caza, Ministerio de Agricultura  
3 Departamento de Fomento de Pesca y Caza, Ministerio de Agricultura  
4 Departamento de Pesca y Caza, Servicio Agrícola y Ganadero, Ministerio de Economía  
5 División de Protección Pesquera, Servicio Agrícola y Ganadero, Ministerio de Agricultura  
6 Servicio Nacional de Pesca, Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción.  
A Canessa (1954)  
B Pizarro y Tiffou (1974)  
C Arana (1976)  
D Larrain y Yañez (1983)  
E Anuarios SERNAPESCA

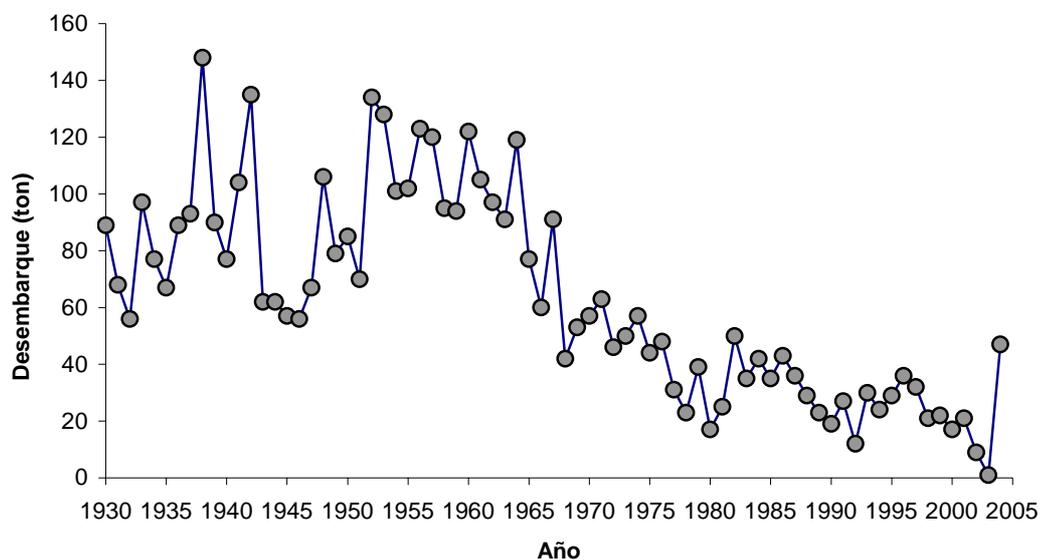


Figura 46. Desembarques totales en toneladas (archipiélago de Juan Fernández + islas Desventuradas), por año calendario.

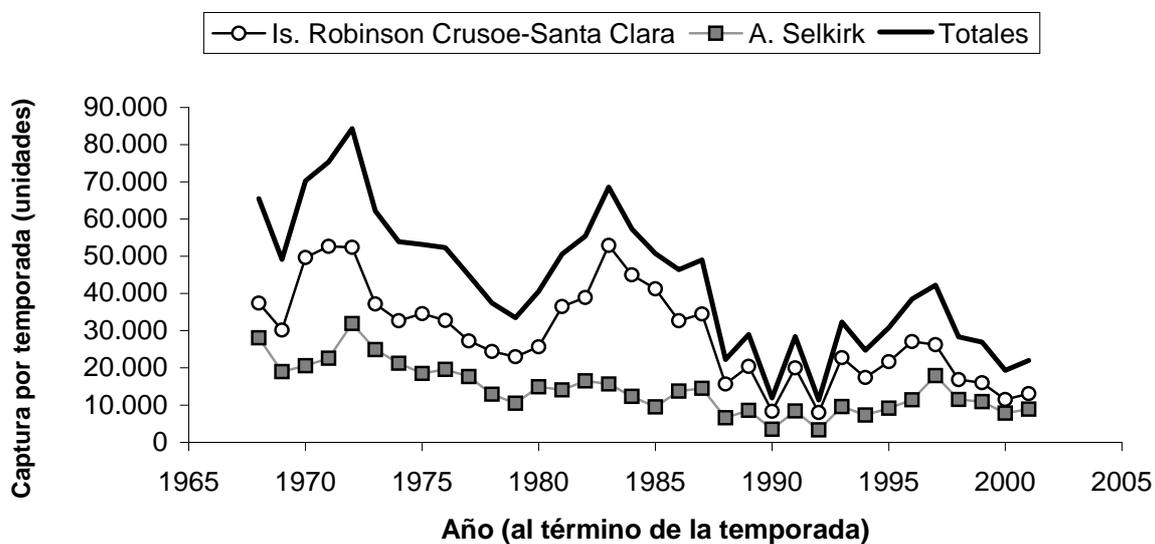


Figura 47. Desembarque en número y por temporada para las islas Alejandro Selkirk, Robinson Crusoe-Santa Clara y total para el archipiélago de Juan Fernández.

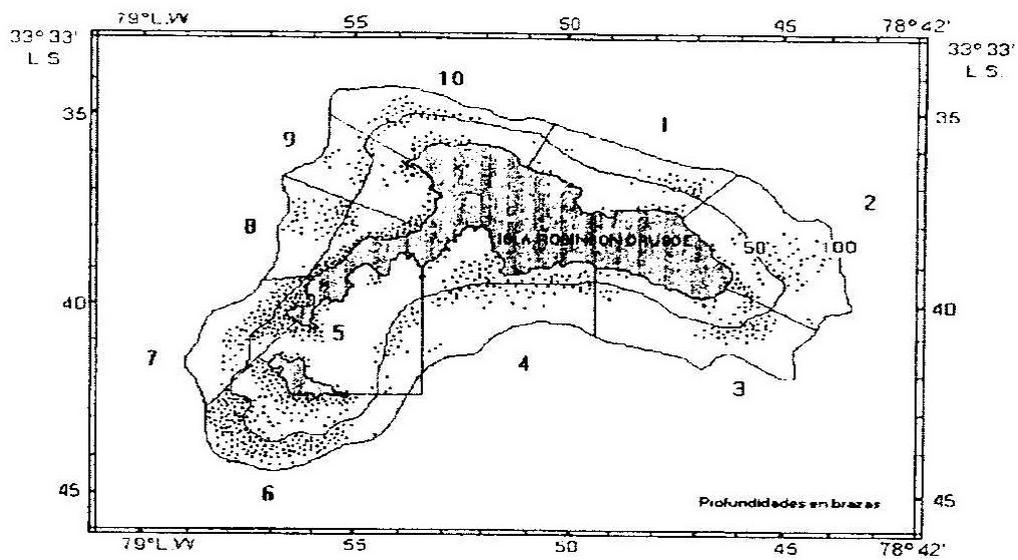


Figura 48a. Distribución espacial del esfuerzo (trampas) en torno a las islas Robinson Crusoe y Santa Clara. (Arana *et al.*, 1997).

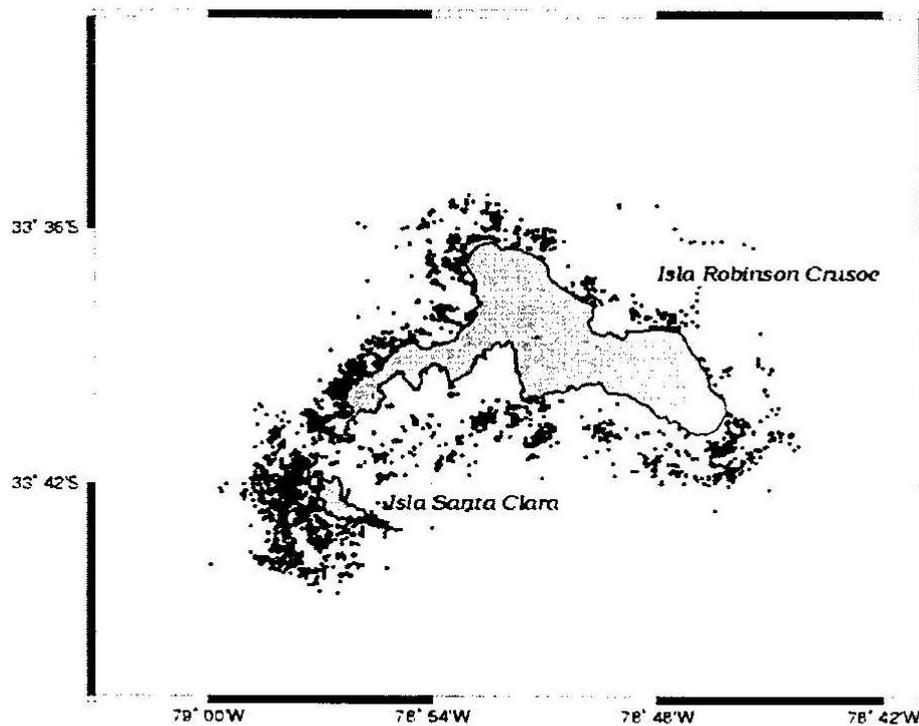
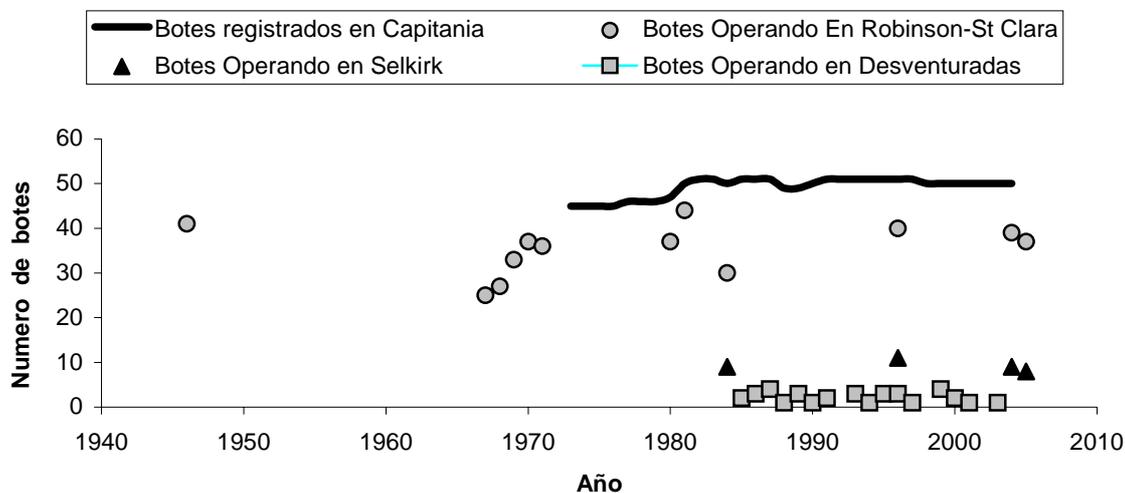


Figura 48b. Distribución espacial del esfuerzo (trampas) en las llamadas "Marcas" alrededor de las islas Robinson Crusoe y Santa Clara en la temporada 2004-2005. Distribución georreferenciadas (Proyecto Marcas 2004-2005 y 2005-2006).



**Figura 49. Número de botes registrados y operando en la pesquería de la langosta en el archipiélago de Juan Fernández e islas Desventuradas.**

El número de botes que opera en la pesca de la langosta también varía durante el transcurso de la temporada. Este proceso es más marcado en las islas Robinson Crusoe-Santa Clara, ya que en Alejandro Selkirk el número efectivo de botes operando se mantiene alrededor de 8-9 durante toda la temporada.

#### b) Número de trampas

El número promedio de trampas por bote y temporada para las islas Robinson Crusoe y Santa Clara se mantuvo casi constante hasta la temporada 1996-1997 en un valor cercano a 20 unidades. A partir de 1998 se comenzó a utilizar chigres a bordo de las embarcaciones. Esto permitió un incremento efectivo promedio de siete unidades hacia las temporadas 2004-2005 y 2005-2006 (Fig. 50).

En Alejandro Selkirk, se cuenta con menos registros, pero también se evidencia un aumento en el número de trampas por efecto de la incorporación del chigre. En la actualidad se aprecia un número promedio de 33 trampas por bote. Por su parte, en las islas Desventuradas históricamente se han utilizado alrededor de 30 trampas por bote (Fig. 49).

c) Número promedio de salidas de pesca por bote

El número promedio de salidas de pesca por bote se mantiene bajo las 10 salidas por mes. Las últimas estadísticas de SERNAPESCA parecen estar sesgadas negativamente, ya que la curva de salida promedio durante la temporadas es bastante inferior a la data histórica (Fig. 51).

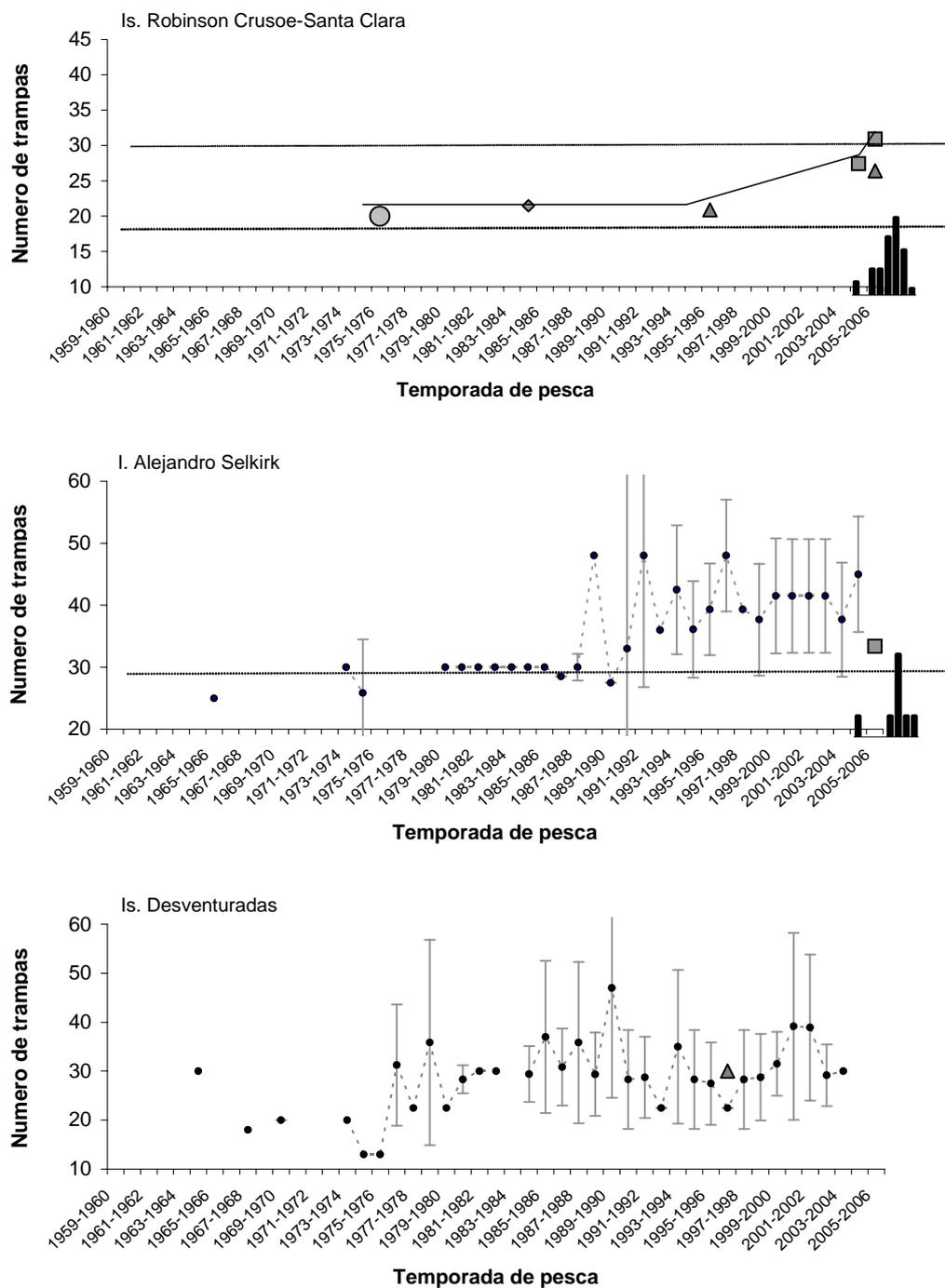
d) Proporción efectiva de trampas visitadas por viaje

Si bien el número promedio de trampas aumentó en los últimos años es relevante preguntarse acerca del número efectivo de trampas que logran ser visitas por viaje de pesca. En 118 embarques que se realizaron entre octubre y mayo de las temporadas 2004-2005 y 2005-2006, se estimó una proporción de visita efectiva de 0,79 ( $cv=0,28$ ). Esto implica que probablemente el aumento efectivo en el esfuerzo en estos últimos años, no ha aumentado proporcionalmente al número de trampas incorporadas a la pesquería.

Abundancia relativa

El proceso de pesca de langostas comerciales involucra un alto porcentaje de captura incidental de langostas sub-legales, las cuales son devueltas al mar y probablemente con una alta tasa de sobrevivencia (Arana, 1991-1992). Es de interés sin embargo observar este estadístico en el tiempo, ya que muestra tres períodos diferentes. El primero se relaciona con la época donde coexistieron trampas y canastos, luego a principios de los setenta se utilizaron trampas tipo "I" (con un porcentaje promedio de 22,3 langostas legales respecto de las sub-legales) y finalmente desde los ochenta la mayor parte de la flota ha operado con trampas tipo "L".

El cociente de la razón de las capturabilidades de la población sub-legal sobre la legal en estos últimos períodos es de 2,73 (Fig. 52). Para entender este valor se puede hacer el siguiente ejercicio: Si se considera que la razón de las abundancias de las poblaciones de langostas sub-legales y legales se mantiene constante en el tiempo, y que la selectividad del arte no ha cambiando para ninguno de los grupos, entonces diremos que la modificación introducida a la trampa generó un cambio en la capturabilidad, siendo entonces 2,3 veces mayor para los sub-legales que en los legales.



**Figura 50. Número promedio de trampas por bote y por temporada de pesca. Círculos pequeños con línea punteada (datos de las encuestas), cuadrados sólidos: Proyecto Marcas, Triángulos sólidos: Proyectos FIP 1996 y 2005, rombo: IFOP 1986 y círculo grande: Arana, 1976. Gráficos de barra representa el número de chigres que se fueron incorporando a la flota.**

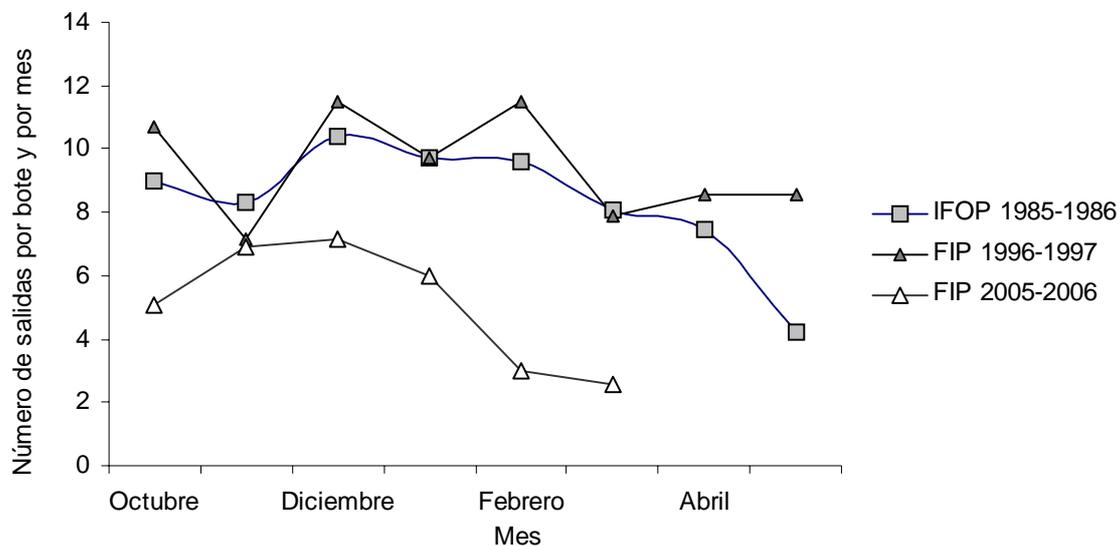


Figura 51. Número promedio de salidas de pesca por bote y por mes.

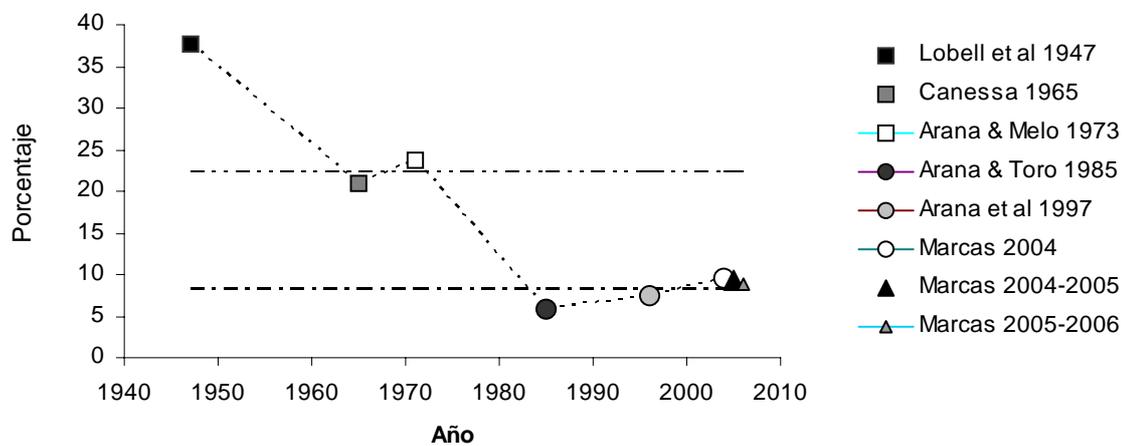


Figura 52. Porcentaje de langostas sub-legales respecto de las comerciales durante diversas temporadas de pesca.

#### a) Series de tiempo de abundancia relativa

La búsqueda en las bases de datos históricas permitió confeccionar dos series de tiempo de abundancia relativa, una basada en número de langostas capturadas por trampa (CPP) y otra en número de langostas capturadas por viaje (CPT).

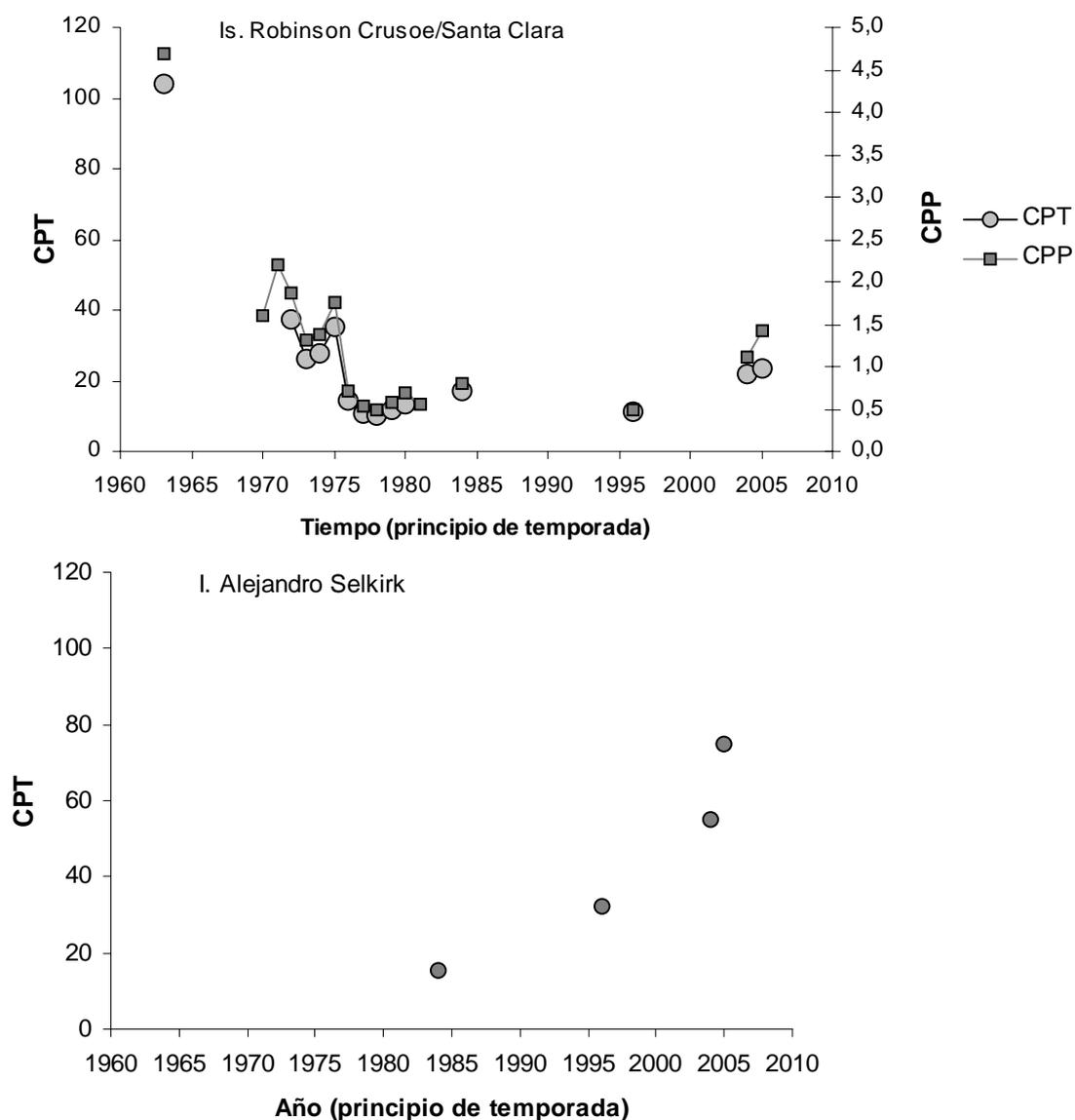
##### a.1. Islas Robinson y Santa Clara

Los primeros registros de CPP y CPT se obtuvieron de Canessa (1965), que corresponde a la temporada 1963-1964 (Enero-Febrero 1964, Fig. 53). Estos valores son los más altos obtenidos a lo largo de la serie, con cifras de 4,7 y 104,1 unidades/trampa, respectivamente. Entre 1972 y 1980 los registros permiten estimar la CPP, pero al asumir un número promedio de 20 trampas por temporada (Fig. 50) se puede calcular la CPT para esos años. La captura por trampa baja desde 1970 hacia comienzo de los 1980s desde aproximadamente dos langostas por trampa a 0,5. Esta situación se complementa muy bien con la caída de la captura por temporada, lo cual ocurrió sistemáticamente desde comienzo de los años sesenta.

En la temporada 1984-1985 se desarrolló un monitoreo intensivo en la islas Robinson Crusoe y Santa Clara, que arrojó un leve incremento en la abundancia relativa, alcanzando un valor de 0,79 (Henríquez *et al.*, 1985). Luego en 1996 se aprecia una caída en la abundancia relativa y finalmente un incremento para llegar a valores de 1,1 unidades/trampa y 1,4 unidades/trampa en las temporadas 2004-2005 y 2005-2006. Esto indica que en dos temporadas consecutivas los valores de abundancia relativa actuales son los más altos en los últimos 30 años.

##### a.2. Isla Alejandro Selkirk

La información de abundancia relativa disponible para la isla Alejandro Selkirk es bastante más reducida. Se cuenta únicamente con información de CPT a partir de la temporada 1984-1985 con valores de 15,2 langostas por viaje (Fig. 53). Posteriormente, se observa un incremento en la CPT con valores de 32,5, 55,1 y 74,9, para las temporadas 1996-1997, 2004-2005 y 2005-2006. Estos rendimientos son entre 2,5-3,0 veces mayores que en las islas Robinson Crusoe y Santa Clara.



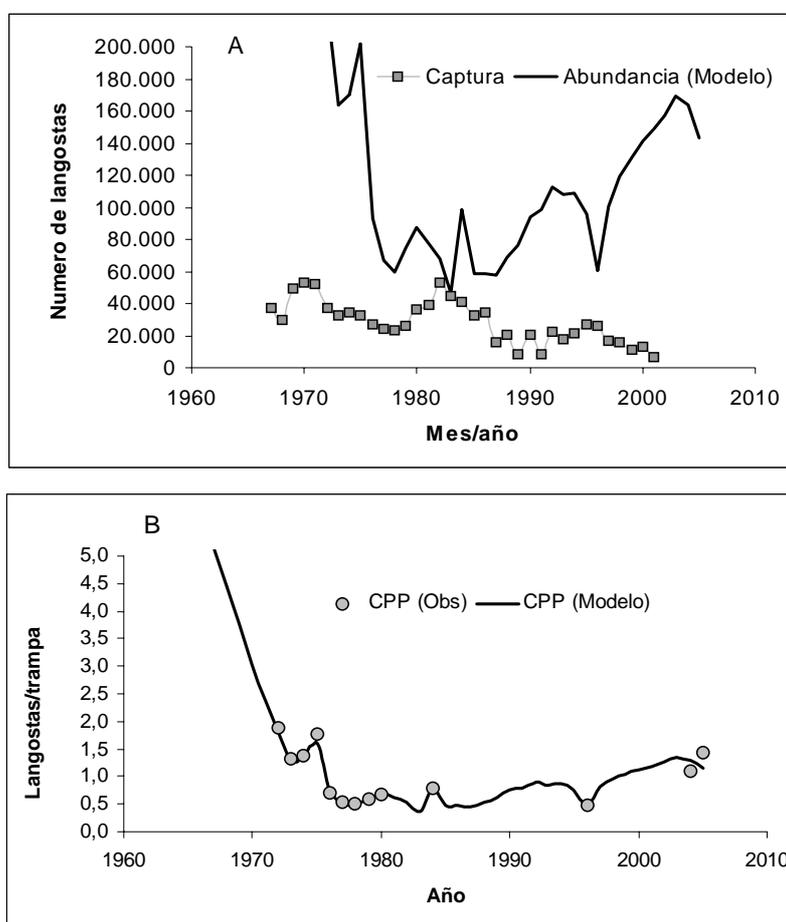
**Figura 53. Abundancia relativa. Captura por viaje (CPT) y captura por trampa (CPP) en islas del archipiélago de Juan Fernández.**

### Modelo dinámico

El modelo de dinámica poblacional se desarrolló en torno a la data que estaba disponible. Desafortunadamente la calidad de la serie histórica de desembarques después de 1985 es dudosa, dado que fue calculada en base a muchos supuestos sobre asignaciones entre islas y temporadas de pesca. El modelo fue ajustado a los datos de las islas Robinson Crusoe y Santa Clara, dado que existe mucha más información para este sistema, que para Alejandro Selkirk.

El ajuste a los datos de CPP fue bueno, dado que la estimación del vector de residuos en el reclutamiento le da mucha flexibilidad al modelo para generar predicciones que se ajusten bien a las observaciones de abundancia relativa. La caída inicial en la CPUE es explicada en el modelo debido a una condición inicial de alrededor de 600.000 langostas y un agotamiento secuencial a la luz de bajos reclutamientos a este segmento de la población (Fig. 54). Luego, durante la década de los ochenta se observan las mayores tasas de explotación y finalmente el recurso comienza a aumentar su abundancia, siguiendo el significativo incremento en la CPP.

Existe una situación que no logra ser bien capturada en los datos. Un incremento en las capturas durante la década de los ochenta, sin un aumento tan significativo en la CPP. Los problemas relacionados a este punto pueden deberse a un cambio en la capturabilidad del modelo, factor que puede ser considerado en un futuro ejercicio de modelación.



**Figura 54. Ajuste del modelo. A: Captura y abundancia predicha por el modelo. B: CPP del modelo y observadas.**

### Evaluación del stock de cangrejo dorado

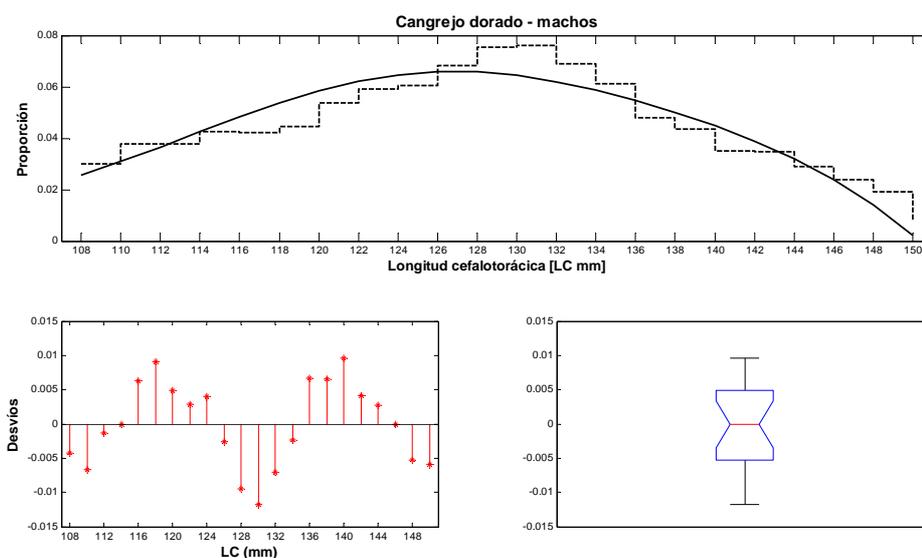
Los siguientes resultados, corresponden al escenario o hipótesis de trabajo más verosímil, habiéndose evaluado tres funciones para modelar el patrón de explotación: logístico, gamma y doble logístico; distintas formas para seleccionar y agrupar la información; así como también, diversas funciones de probabilidad para el modelo estadístico empleado en la estimación de los parámetros: normal, lognormal y multinomial. Dichas hipótesis fueron contrastadas empleando procedimientos de selección de modelos mediante criterios de información, seleccionando finalmente aquel modelo con un menor BIC.

En síntesis, los resultados obtenidos en la presente evaluación indirecta talla-estructurada del stock de cangrejo dorado de Juan Fernández (*Chaceon chilensis*), para la temporada de pesca 2005-2006, son resumidos en la Tabla 17. En ésta se informa los estimadores máximo verosímiles (EMV) y la matriz de varianza-covarianza asociada a éstos. Cabe hacer notar que esta pesquería es sustentada fundamentalmente por la fracción de machos de la población, con una participación del 97,8% en las capturas; en consecuencia, dichos resultados corresponden a dicha fracción de la población.

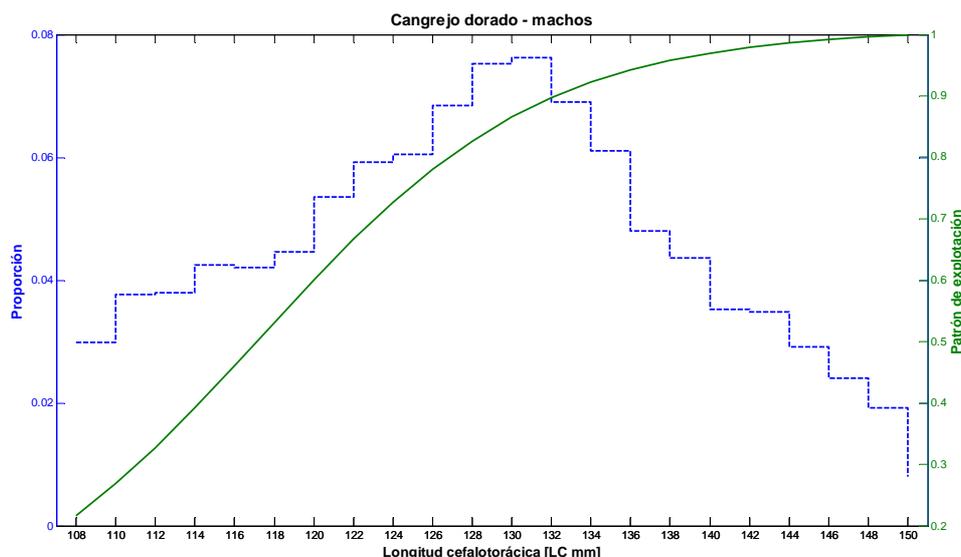
**Tabla 17**  
**Estimadores Máximo Verosímil (EMV) y matriz de varianza-covarianza asociada en cangrejo dorado de Juan Fernández**

Parámetro	EMV	Matriz de Varianza-Covarianza		
$l_{95\%}$	138,25	0,1303055		
$l_{50\%}$	117,26	0,0652228	0,0405508	
Fcr	0,0649	0,0003062	0,0002316	0,0000026

Se puede observar que el ajuste entre la captura talla estructurada y estimada por el modelo es aceptable, con residuos (desvíos entre proporciones) centrados en cero (Fig. 56), lo que permite deducir sobre la pertinencia de la metodología utilizada, puesto que en términos generales se recogen los procesos poblacionales de *C. chilensis*, a pesar de las fuertes restricciones de ésta y la escasa información disponible. En tal sentido, podemos señalar que el 50% de retención de los individuos vulnerables al arte de pesca está en torno de los 117 mm LC y que por sobre los 138 mm LC, al menos el 95% de éstos son retenidos, ambas medidas evaluadas *a posteriori* del descarte.



**Figura 55. Captura talla-estructurada observada (línea punteada), captura talla-estructurada estimada y desvíos de proporciones. Cangrejo dorado de Juan Fernández.**



**Figura 56. Captura talla-estructurada observada y patrón de explotación. Cangrejo dorado de Juan Fernández.**

Al evaluar los EMV en el modelo de evaluación de stock talla-estructurado, se generan indicadores que dan cuenta de los niveles poblacionales, tales como: abundancia, abundancia media y biomasa media (Tabla 18). Puesto que a la fecha se desconoce el desembarque y tampoco se posee una estimación preliminar de éste, se debió trabajar con la muestra, sin la posibilidad de escalar a la magnitud del desembarque correspondiente a la temporada de pesca bajo análisis la que consideró a 6.600 individuos que en promedio equivalen a 8,3 toneladas.

Es importante señalar que los resultados de la modelación de la dinámica poblacional de *C. chilensis*, dan cuenta de 24.700 individuos removidos por efecto de la pesca, que equivalen en promedio a 31,24 toneladas. Estos valores corresponden a estimadores derivados del modelo y, son consistentes con los desembarques históricos de esta pesquería, que fluctúan entre 25 a 30 toneladas en un año calendario (Tabla 18). Asimismo, informa que la abundancia media para esta temporada de pesca fluctuó en torno a los 517.000 individuos “machos”, lo que corresponde a unas 585,13 toneladas como biomasa media. En consecuencia, como resultado de las faenas de pesca realizadas durante el período de análisis, como escenario más probable es que se debió haber removido en torno del 5% de la abundancia media y una magnitud similar respecto de la biomasa media de la fracción de machos de la población.

Finalmente, para sustentar dichas estimaciones, es necesaria la existencia a inicios de la temporada de pesca, de al menos 98.400 organismos presentes en el mar, en el intervalo de tallas [107 – 109[ mm de longitud caparazón. Por consiguiente,

**Tabla 18**  
**Macro indicadores de desempeño que dan cuenta de la condición actual del stock de cangrejo dorado de Juan Fernández**

<b>Indicadores</b>	<b>Machos</b>
Peso de ejemplares muestra (ton)	8,34
Número de ejemplares muestra	6.588
Desembarque esperado (ton)	31,24
Captura en número	24.679
Biomasa media (ton)	585,13
Abundancia media	517.274
Abundancia en rango de tallas [107 – 109[ mm LC	98.421

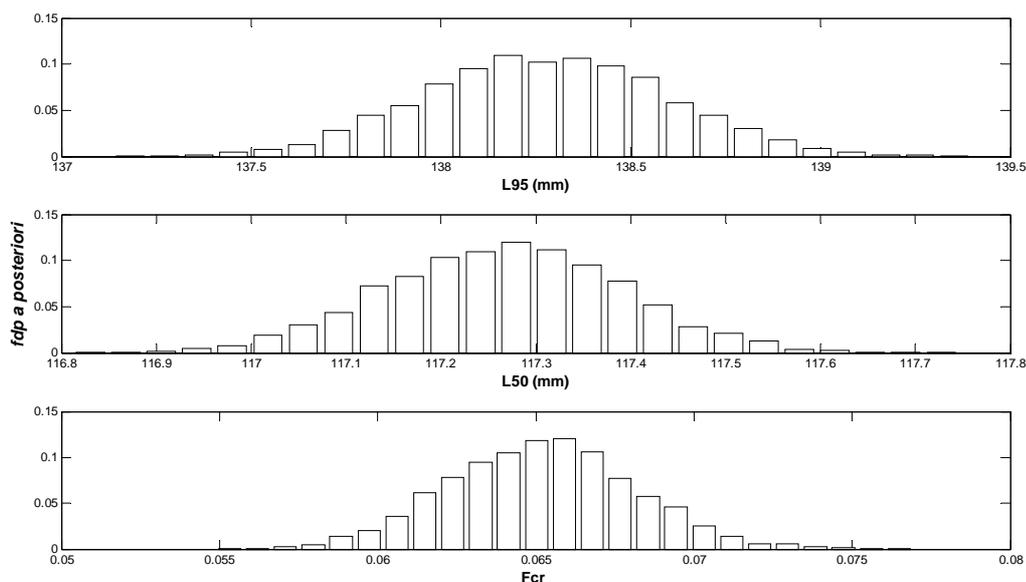
#### *Incertidumbre*

Para analizar la incertidumbre en la estimación de los parámetros del modelo de evaluación de stock y en ciertas variables de interés, se procedió a re-muestrear la distribución conjunta “log-verosímil”, siguiendo el procedimiento MCMC “*Markov Chain Monte Carlo*”, generando de este modo las respectivas funciones marginales de probabilidad “*a posteriori*”. En tal sentido, podemos advertir de la inspección visual que los EMV del modelo de evaluación de stock poseen funciones de distribución de probabilidad (*pdf*) *a posteriori* simétricas, lo que es consistente con la teoría estadística, puesto que la distribución “asintótica” de éstos es la normal multivariada, es decir,  $\hat{\theta} \sim N_3(\mu, \Sigma)$  (Tabla 19 y Figura 57).

Tabla 19

## Estimación central e intervalo al 95% de confianza de los EMV

Parámetros \ Percentil	2,5%	50%	97,5%
$l_{95\%}$	137,67	138,27	138,89
$l_{50\%}$	117,02	117,27	117,51
Fcr	0,0595	0,0652	0,0711



**Figura 57. Distribución de probabilidad *a posteriori* de los parámetros (EMV), estimados por el modelo talla-estructurado.**

Es posible informar que a un 95% de confianza, la abundancia media de la fracción de machos de la población debió al menos haber fluctuado entre 480.000 y 515.000 individuos, lo que en términos de biomasa media, corresponde a niveles que fluctúan entre 482 y 518 toneladas (Tabla 20). Del mismo modo, se puede advertir una alta simetría en las *fdp a posteriori*, de las variables de salida del modelo que son de interés para el análisis como son: abundancia, abundancia media y biomasa media (Fig. 58).

Tabla 20

Estimación central e intervalo al 95% de confianza en variables de salida. Modelo talla estructurado

Variable \ Percentil	2,5%	50%	97,5%
Abundancia	580.429	593.361	608.469
Abundancia media	480.125	496.427	514.801
Biomasa media (ton)	481,60	498,91	518,24

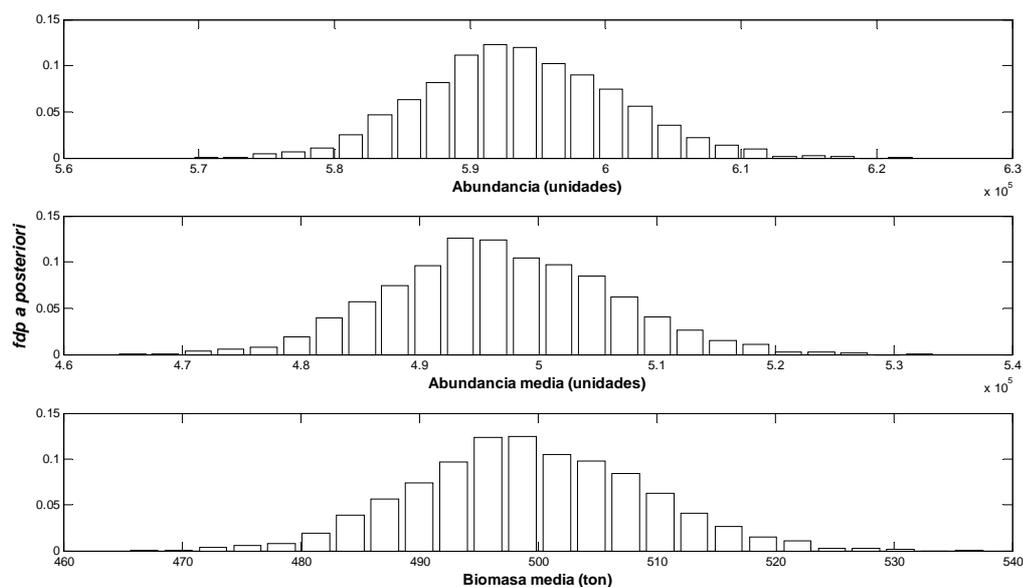


Figura 58. Función de probabilidad *a posteriori* para abundancia, abundancia media y biomasa media. Cangrejo dorado de Juan Fernández.

El cálculo de puntos biológicos de referencia tiene dos finalidades, la primera y más directa, es lograr contrastar dichas estimaciones con el valor de la tasa de mortalidad de la presente temporada de pesca y a la vez, construir un conjunto de valores de mortalidades por pesca para finalmente llegar a una recomendación de Captura Total Permisible (CTP).

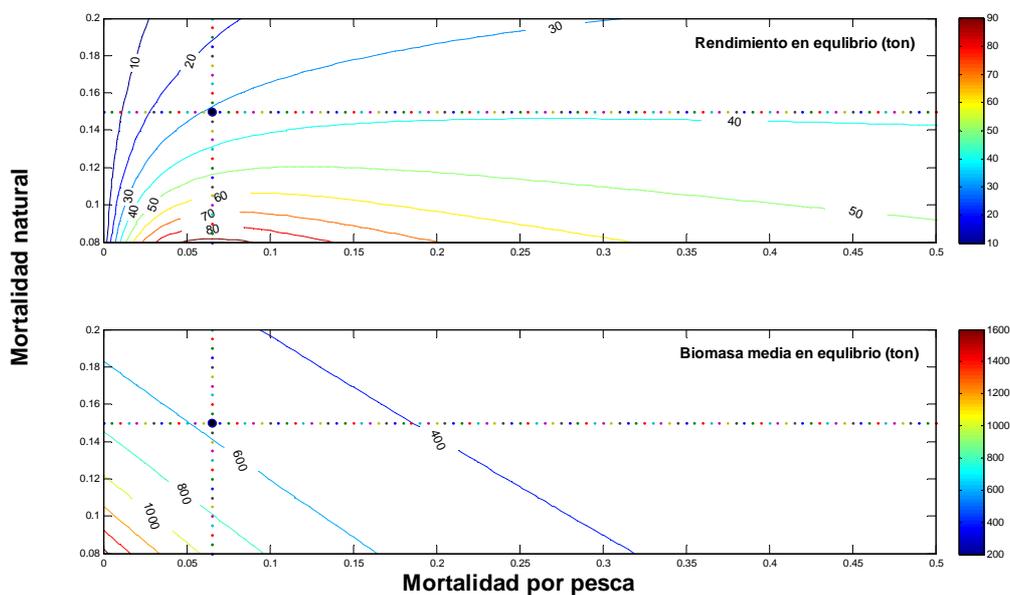
Bajo el escenario de que la mortalidad natural  $M = 0,15$  ( $\text{año}^{-1}$ ) es conocida y libre de incertidumbre, podemos informar una condición saludable del recurso cangrejo dorado de Juan Fernández (*Chaceon chilensis*) y que la explotación pesquera tal como se desarrolla en la actualidad es sustentable. Puesto que la tasa de mortalidad por pesca de la fracción completamente reclutada a la pesquería es levemente inferior al PBR  $F_{0,1}$ .

En consecuencia, es altamente recomendable que en el corto plazo no se excedan las 35 toneladas por temporada de pesca o por año calendario, evitándose de esta forma que se remueva más del 7% de la biomasa media, hasta que a la luz de nuevos antecedentes se pueda sugerir un eventual aumento en el desembarque, Tabla 21.

**Tabla 21**  
**Puntos biológicos de referencia (PBR), rendimientos y biomاسas en equilibrio. Cangrejo dorado de Juan Fernández.**

PBR	Valor	Niveles en equilibrio (ton)		Remoción en peso (%)
		Rendimiento	Biomasa media	
F <sub>0.1</sub>	0,089	34,26	522,31	7%
F <sub>66%</sub>	0,093	34,72	514,17	7%
F <sub>75%F<sub>max</sub></sub>	0,236	38,94	359,68	11%
F <sub>max</sub>	0,315	39,10	313,55	12%
F <sub>40%</sub>	0,325	39,10	308,52	13%
F <sub>20%</sub>	1,107	37,44	154,26	24%
F <sub>cr</sub>	0,065	30,99	569,06	5%

Alternativamente y con el fin sensibilizar los resultados, se calcularon los rendimientos y biomاسas medias en equilibrio para distintas combinaciones de mortalidad natural y mortalidad por pesca (Fig. 59). Si consideramos el actual valor de mortalidad por pesca para el grupo completamente reclutado a la pesquería, claramente se puede advertir un aumento en el rendimiento y biomasa media, en la medida que el valor de la tasa de mortalidad natural desciende. De esta simple forma, se hace explícita la importancia de precisar las estimaciones de mortalidad natural y de parámetros de crecimiento, entre otros parámetros poblacionales.



**Figura 59. Rendimiento y biomasa en equilibrio, el punto señala la condición actual en el cangrejo dorado de Juan Fernández.**

Finalmente, los resultados del presente estudio difieren a los reportados por Arana (2000b), quien señala que el rendimiento máximo sostenido debería fluctuar en torno a las 75 toneladas, cifra que es prácticamente el doble, si consideramos para este cálculo el valor de  $F_{max}$ . Estas diferencias se deben fundamentalmente, a que ambas estimaciones obedecen a procedimientos metodológicos distintos, sujetos a supuestos y limitaciones, propios a cada uno de éstos.

### **Método de área teórica de influencia de las trampas**

Para la realización de esta experiencia se consideró el trazado de tres transectas, las que tal como fuese indicado en los resultados operacionales, correspondieron a un total de 131 lances de pesca. De acuerdo a ello, las capturas fueron marcadamente monoespecíficas, concentradas en *C. chilensis*.

Así, hasta a los 400 m, se registró el 85% de la presencia total de centolla de Juan Fernández (*Paroloma rathbuni*) como fauna acompañante (Ver bitácora). A mayor profundidad sólo se registró la presencia esporádica de anguila de profundidad (*Bassanago albescens*), además del gastrópodo *Fusitritron magellanicum* y una especie de erizo (sin identificar).

### **Rendimientos de pesca**

Al analizar globalmente las zonas prospectadas mediante el muestreo sistemático, se determinó que en la transecta 3, es decir, en aquella localizada a la cuadra de Puerto Francés, se obtuvo los mayores rendimientos de pesca, los que alcanzaron un promedio de 10,6 unidades/trampa. Del mismo modo, las menores CPUE se obtuvieron a la cuadra de Bahía Cumberland (Tr2), con valores de 7,2 unidades/trampa (Tabla 22).

Al desglosar la información por sexo, llama la atención los ínfimos rendimientos de pesca asociados a la captura de hembras en la totalidad de las zonas de prospección, los que globalmente no alcanzan a 1 individuo por trampa en promedio. En el caso de los machos de *C. chilensis* en tanto, los mayores rendimientos de pesca se concentraron en la transecta 3 (10,4 unidades/trampa).

Batimétricamente, la información recopilada indica que las mayores CPUE en el caso del cangrejo dorado se localizaron entre los 300 y 500 m de profundidad, con un máximo global de 19,7 unidades/trampa en los 400 m de profundidad. En el caso de las hembras no portadoras de huevos, la información indicó que los mayores rendimientos (1,3 unidades/trampa) se obtuvieron en las estaciones localizadas a menor profundidad, esto es, a 300 m, mientras que la mayor presencia de hembras portadoras, en términos de CPUE, se concentraron entre 500 y 600 m de profundidad, exclusivamente en la transecta 2, es decir aquella localizada frente a Bahía Cumberland.

**Tabla 22**  
**Captura por unidad de esfuerzo (unidades/trampa), por sexo, en las transectas empleadas durante el estudio**

Profundidad (m)	Tr1	Tr2	Tr3	Total general	
300	12,67	8,50	22,00	14,39	Total
	10,33	7,50	21,33	13,06	M
	2,33	1,00	0,67	1,33	H
	0,00	0,00	0,00	0,00	HO
400	26,67	16,67	16,00	19,78	Total
	26,67	16,17	15,83	19,56	M
	0,00	0,50	0,17	0,22	H
	0,00	0,00	0,00	0,00	HO
500	11,83	8,50	27,33	15,89	Total
	11,83	7,50	27,17	15,50	M
	0,00	0,83	0,17	0,33	H
	0,00	0,17	0,00	0,06	HO
600	4,83	11,50	5,67	7,33	Total
	4,83	10,33	5,50	6,89	M
	0,00	1,00	0,17	0,39	H
	0,00	0,17	0,00	0,06	HO
700	2,50	4,20	2,67	3,06	Total
	2,33	4,20	2,67	3,00	M
	0,17	0,00	0,00	0,06	H
	0,00	0,00	0,00	0,00	HO
800	0,83	0,50	4,00	1,78	Total
	0,83	0,50	3,83	1,72	M
	0,00	0,00	0,17	0,06	H
	0,00	0,00	0,00	0,00	HO
900	0,50	0,00	1,83	0,78	Total
	0,50	0,00	1,83	0,78	M
	0,00	0,00	0,00	0,00	H
	0,00	0,00	0,00	0,00	HO
1000			5,67	5,67	Total
			5,67	5,67	M
			0,00	0,00	H
			0,00	0,00	HO
CPUE media	8,55	7,20	10,65	8,89	Total
CPUE media machos	8,19	6,66	10,48	8,55	M
CPUE media hembras	0,36	0,49	0,17	0,33	H
CPUE media hembras ovíferas	0,00	0,05	0,00	0,02	HO

### Estructura de tallas

A partir del análisis de las estructuras de talla de los ejemplares capturados durante las experiencias de pesca sistemática se detectó el incremento consistente en a talla media a medida en que se aumentó la profundidad de calado de las trampas. De esta manera, la media aritmética de los ejemplares machos pasó de 118 mm a 126 mm entre los 300 m y 1000 m de profundidad, con una longitud cefalotorácica máxima de 128 mm a una profundidad de 900 m.

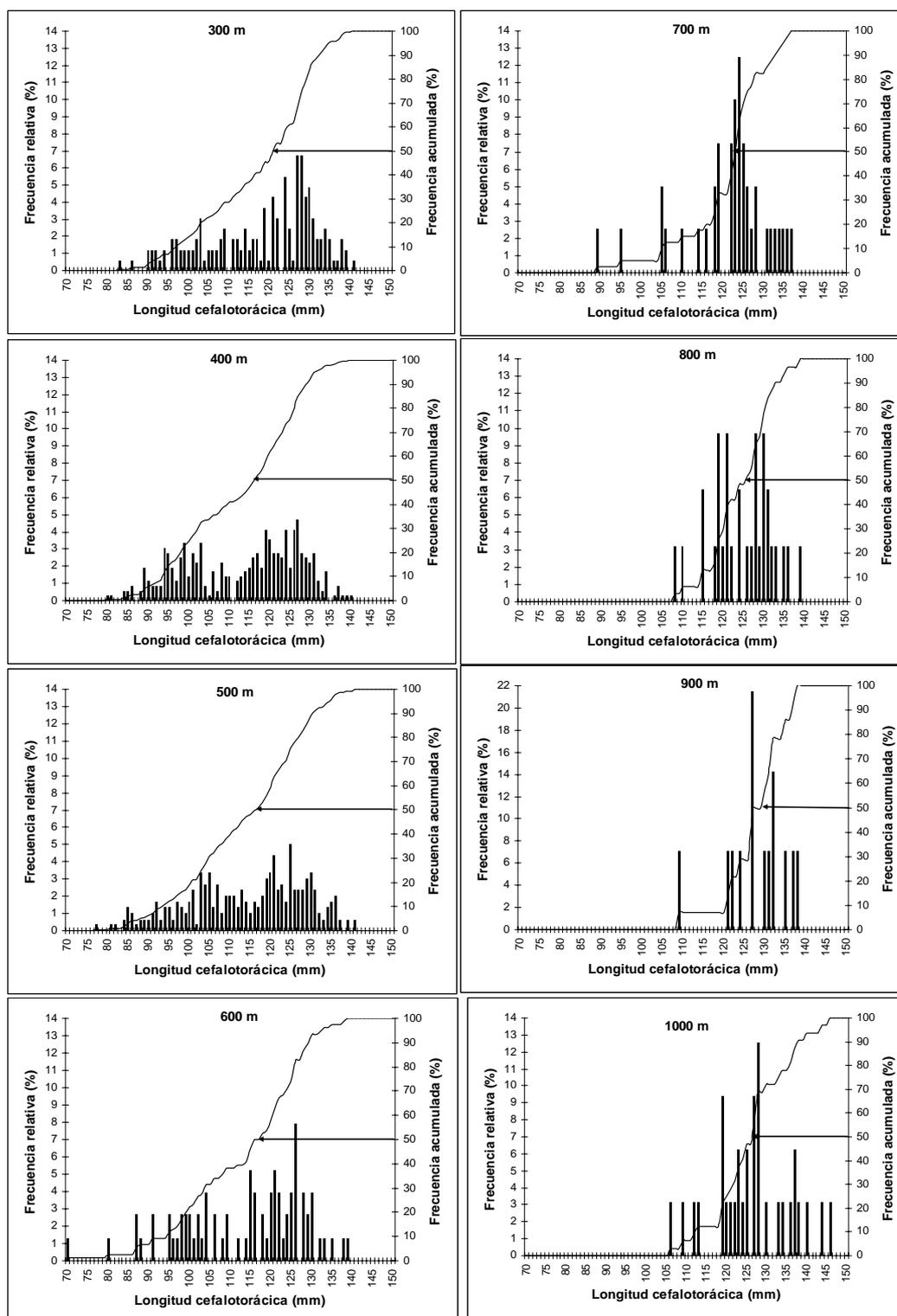
### Experimento de separación de trampas

A partir del experimento de separación de trampas de pesca, se determinaron los resultados indicados en la Tabla 23. Al respecto cabe indicar que debido al enredo y pérdida de la línea con una separación de 150 m, el experimento se acotó a distancias de 30, 60, 90 y 120 m de separación, igualmente no se consideró dos lances de pesca, correspondientes a 60 m y 120 m de separación, debido a que en ambos casos una de las trampas de la línea fue mal calada, razón por la cual tuvieron captura mínima o ausencia de ésta.

**Tabla 23**

**Capturas por trampa (unidades) de cangrejo dorado durante experimento de separación de trampas en líneas de pesca**

	Distancia (m)	Captura Trampa1 (unidades)	Captura Trampa 2 (unidades)	Promedio (unidades)
Réplica 1	30	14	7	10,5
	60	21	14	17,5
	90	20	23	21,5
	120	19	19	19,0
Réplica 2	30	22	15	18,5
	60	16	25	20,5
	90	12	28	20,0
	120	Línea mal calada		
Réplica 3	30	12	11	11,5
	60	Línea mal calada		
	90	25	22	23,5
	120	13	23	23,0
Réplica 4	30	26	19	22,5
	60	16	32	24,0
	90	22	29	25,5
	120	21	35	28,0



**Figura 60. Estructura de tallas de cangrejo dorado (machos), por profundidad, durante la ejecución de las transectas de pesca.**

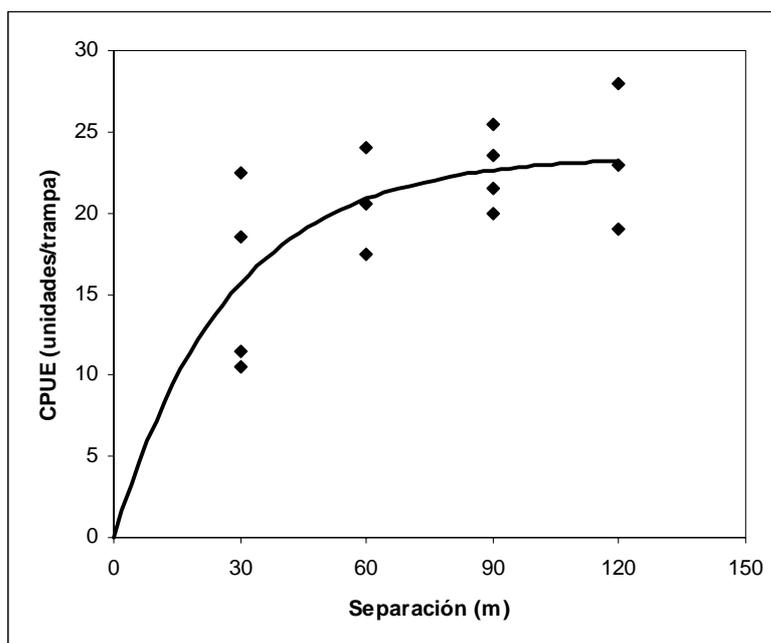
De este modo, y a partir de los datos previamente indicados (Fig. 61), a fin de obtener el radio de atracción para el cual el valor de la CPUE se vuelve asintótico, la función exponencial que se indica a continuación, y cuyos parámetros se señalan en la Tabla 24.

$$CPUE = 23,523 * (1 - \exp^{-0,036*s})$$

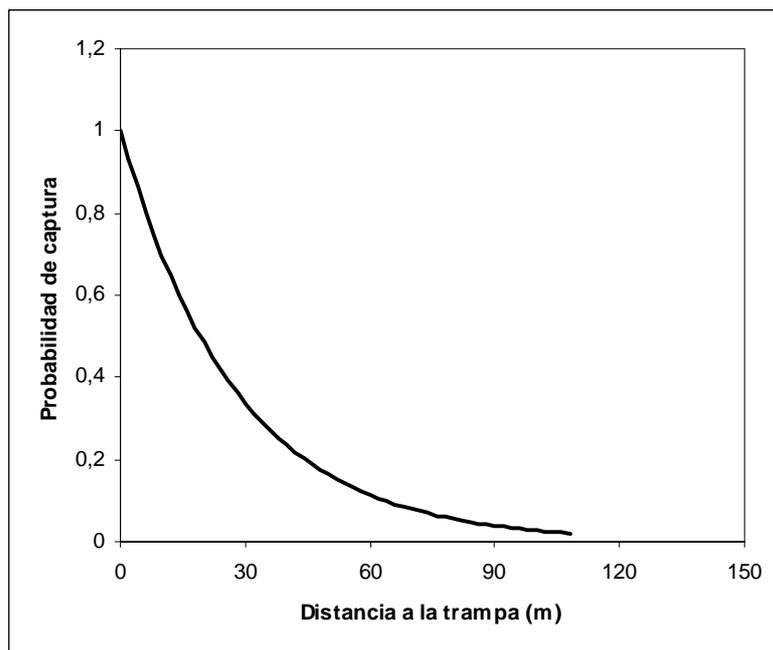
**Tabla 24**  
Parámetros de la función ajustada a fin de obtener el radio de atracción de las trampas

Parámetro	Valor	Lim. Inferior	Lim. Superior
a	23,523	19,44	27,577
b	0,036	0,013	0,0599

De acuerdo a ello, se obtuvo un radio de atracción ( $r_{atr}$ ) de 54 m, equivalente a un área de atracción ( $A_{atr}$ ) de 9.160 m<sup>2</sup>. A partir del ajuste de la probabilidad de captura ( $m = 0,99$ ,  $n = 0,036$ ), respecto de la distancia, se obtuvo finalmente un radio efectivo ( $r_{ef}$ ) de 23,7 m, equivalente a un área efectiva ( $A_{ef}$ ) de 1.765 m<sup>2</sup> (Fig. 62).

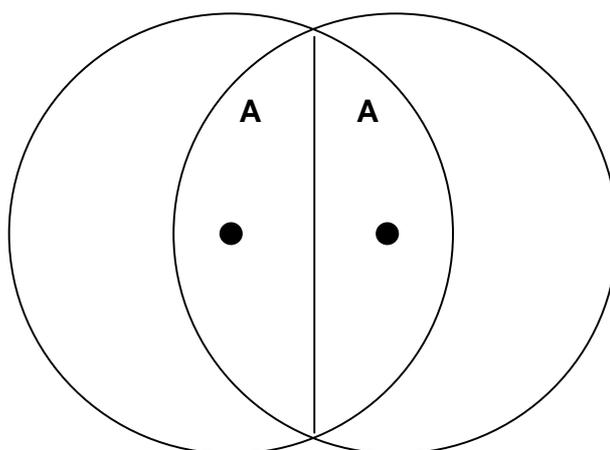


**Figura 61.** Datos observados y curva ajustada para obtención del radio de atracción de las trampas de cangrejo dorado.



**Figura 62. Función de probabilidad de captura ajustada, respecto a la distancia de la trampa, para la extracción de cangrejo dorado.**

De acuerdo a los resultados precitados, se contrastó el radio efectivo estimado (23,7 m) para las trampas con la separación media utilizada en tenas con dos trampas (30,0 m), de acuerdo a ello, se estimó el área de solapamiento teórico entre ambos aparejos, correspondiente a los segmentos circulares conformados por la intersección de las áreas circulares de influencia. Así, para un área circular estimada de  $1.765 \text{ m}^2$  ( $A_{\text{ef}}$ ), se estimó un solapamiento de  $388,7 \text{ m}^2$ , de acuerdo a ello, se estimó un área por trampa de  $1.376 \text{ m}^2$ .



**Figura 63. Área de solapamiento (A), estimada en  $388,7 \text{ m}^2$ , para dos trampas adyacentes con radios efectivos estimados de 23,7 m cada una, con una distancia entre trampas de 30 m.**

De acuerdo a ello, se consideró dos escenarios de evaluación (escenarios 1 y 2) correspondientes a áreas efectivas de 1.765 m<sup>2</sup> y de 1.376 m<sup>2</sup>, por trampa calada, respectivamente, los resultados de la evaluación, tanto en términos de abundancia vulnerada (número de ejemplares) como de biomasa vulnerada (ton) se indican en la Tabla 25.

Así, la evaluación del stock explotado, se llevó a cabo en aquellas zonas en que efectivamente se concentró la explotación de *C. chilensis*, esto es, en fondos marinos localizados en el cuadrante NE de la isla Robinson Crusoe (Zonas 10, 1 y 2). Igualmente, el rango batimétrico considerado correspondió al área vulnerada por la flota (300 y 600 m de profundidad). De acuerdo a ello, la biomasa vulnerable estimada varió entre 425 y 545 ton, equivalentes a una abundancia numérica de 412.572 y 529.343 ejemplares.

Por otro lado, se intentó una aproximación para los fondos marinos entre 300 y 1000 m de profundidad para la totalidad del perímetro de Robinson Crusoe - Santa Clara. Así, se estimaron biomasa vulnerables de 2.313 y 2.967 ton, correspondientes a abundancias de 1.922.429 y 2.465.463 ejemplares, respectivamente.

De acuerdo al enfoque anterior, y considerando la fracción de biomasa al interior del Área de Reserva Artesanal de cinco mn (ARPA), se estimó que la biomasa vulnerable entorno al perímetro de la isla fue 1.304 y 1.672 ton (1.083.607 y 1.389.696 ejemplares). Al exterior de esta área en tanto, la estimación fue de 1.009 y 1.295 ton, correspondiente a 838.822 y 1.075.767 ejemplares, respectivamente.

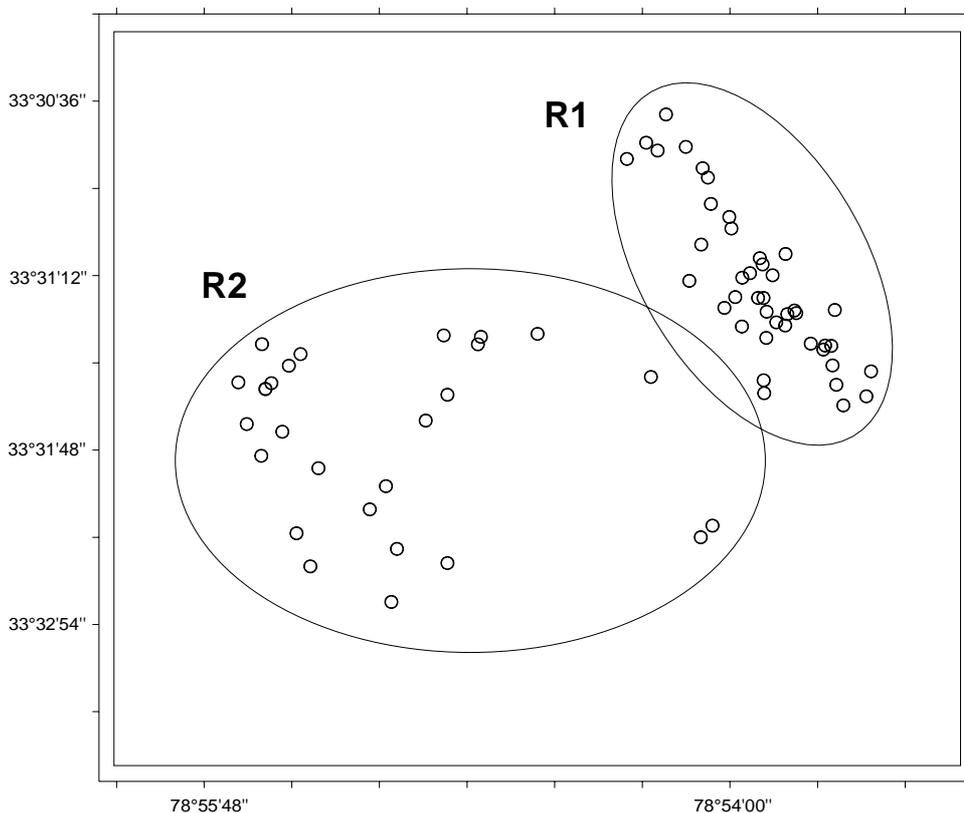
Tabla 25

Estimación de biomasa, abundancia vulnerable e intervalos de confianza, de cangrejo dorado en las islas Robinson Crusoe y Santa Clara, año 2006

		Escenario 1	Escenario 2
<b>Biomasa stock explotado</b>	Biomasa vulnerable (ton)	425 (328 – 523)	545 (420 – 670)
	Abundancia vulnerable (n°)	412.572 (318.120 – 507.384)	529.343 (407.980 – 650.706)
<b>Biomasa islas Robinson Crusoe- Santa Clara</b>	Biomasa vulnerable (ton)	2.313 (2.176 – 2.451)	2.967 (2.791 – 3.143)
	Abundancia vulnerable (n°)	1.922.429 (1.808.247 – 2.036.783)	2.465.463 (2.319.028 – 2.612.119)
<b>Biomasa islas Robinson Crusoe- Santa Clara ARTESANAL</b>	Biomasa vulnerable (ton)	1.304 (1.227 - 1.382)	1.672 (1.573 – 1.772)
	Abundancia vulnerable (n°)	1.083.607 (1.019.246 – 1.148.064)	1.389.696 (1.307.156 – 1.472.361)
<b>Biomasa islas Robinson Crusoe-Santa Clara INDUSTRIAL</b>	Biomasa vulnerable (ton)	1.009 (949 – 1.069)	1.295 (1.218 – 1.371)
	Abundancia vulnerable (n°)	838.822 (789.001 – 888.719)	1.075.767 (1.011.872 – 1.139.758)

### Método de reducción de stock

Tal como fuese indicado oportunamente, las actividades extractivas relativas a los experimentos de reducción de stock se desarrollaron en dos zonas, ubicadas aproximadamente a la cuadra de Vaquería (R1) y frente a Punta Riñones (R2) (Fig. 64).



**Figura 64. Localización de los lances de las experiencias de reducción de stock (R1 y R2) efectuadas en el archipiélago de Juan Fernández.**

Así, durante el desarrollo de las actividades precitadas, se obtuvieron rendimientos de pesca, expresados en términos de captura por unidad de trampa (unidades/trampa), con tendencia decreciente, lo cual se vio traducido en coeficientes de determinación ( $r^2$ ) que indicaron que la captura acumulada explicó el 23,2% y el 38,0% de la variabilidad total de las cpue, en las zonas R1 y R2, respectivamente (Fig. 65).

Con el fin de realizar la evaluación mediante este método, se consideraron dos escenarios de trabajo, correspondientes a áreas de reducción de stock del área global de reducción (polígono que engloba la totalidad de los lances de pesca) y al área de influencia del aparejo (área total de influencia de las trampas caladas), denominados escenarios 1 y 2, respectivamente.

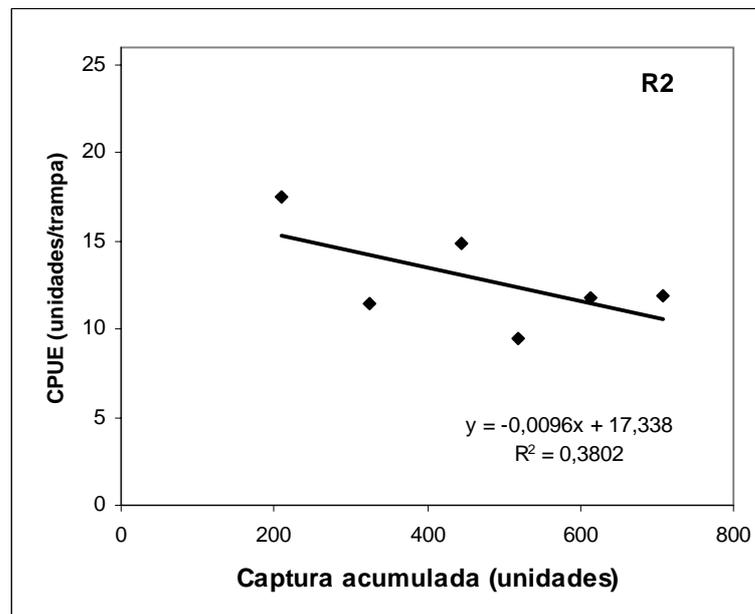
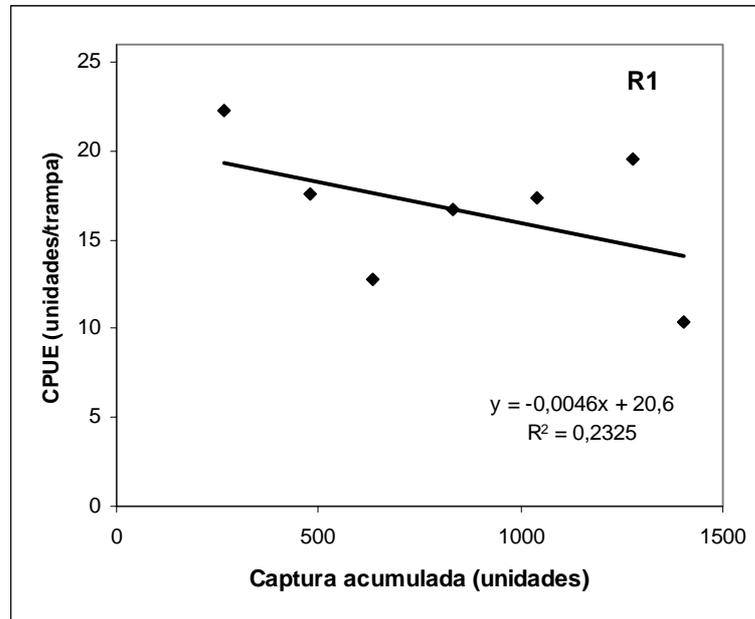


Figura 65. Rendimientos de pesca, observados y ajustados, en las dos zonas en que se desarrollaron los experimentos de reducción de stock.

Así, y tomando en consideración lo indicado precedentemente, los resultados indicaron abundancias vulnerables de cangrejo dorado que variaron entre un máximo de 1.784.581 y un mínimo de 140.249 ejemplares para el intervalo batimétrico entre 300 y 600 m de profundidad, para los sectores 10,1 y 2 de las islas Robinson Crusoe y Santa Clara (Tabla 26).

**Tabla 26**

**Escenarios de evaluación considerados para el método de reducción de stock**

	<b>Escenario 1</b>	<b>Escenario 2</b>
<b>Biomasa vulnerable (ton)</b>	169	2.148
<b>Abundancia vulnerable (n°)</b>	140.249	1.784.581

**Estructura de tallas**

A partir del levantamiento de la estructura de tallas de cangrejo dorado durante la ejecución de los dos experimentos de reducción de stock, se observó la paulatina disminución de la talla de los ejemplares capturados (machos). De este modo, en el primer experimento de reducción la talla promedio disminuyó de 109 a 103 mm de longitud cefalotorácica en el lapso transcurrido durante las primeras seis salidas de pesca, hecho explicado fundamentalmente por la aparición de una mayor proporción de ejemplares de menor talla al interior de las trampas, fundamentalmente bajo 95 mm de longitud cefalotorácica. Este hecho igualmente fue registrado durante el desarrollo del segundo experimento de reducción, etapa en la cual la longitud cefalotorácica de las captura (machos) varió entre 112 y 106 mm en seis salidas de pesca.

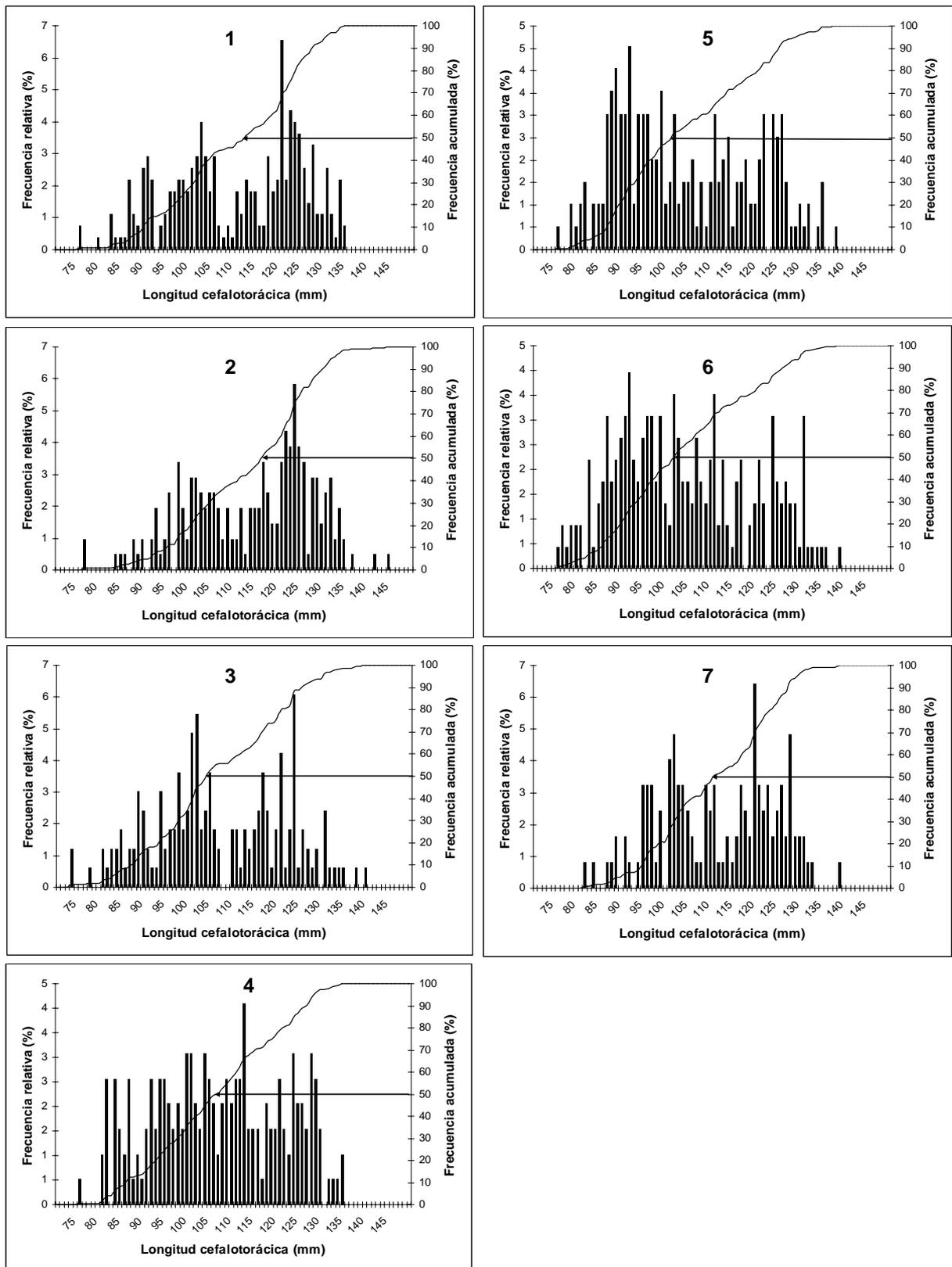
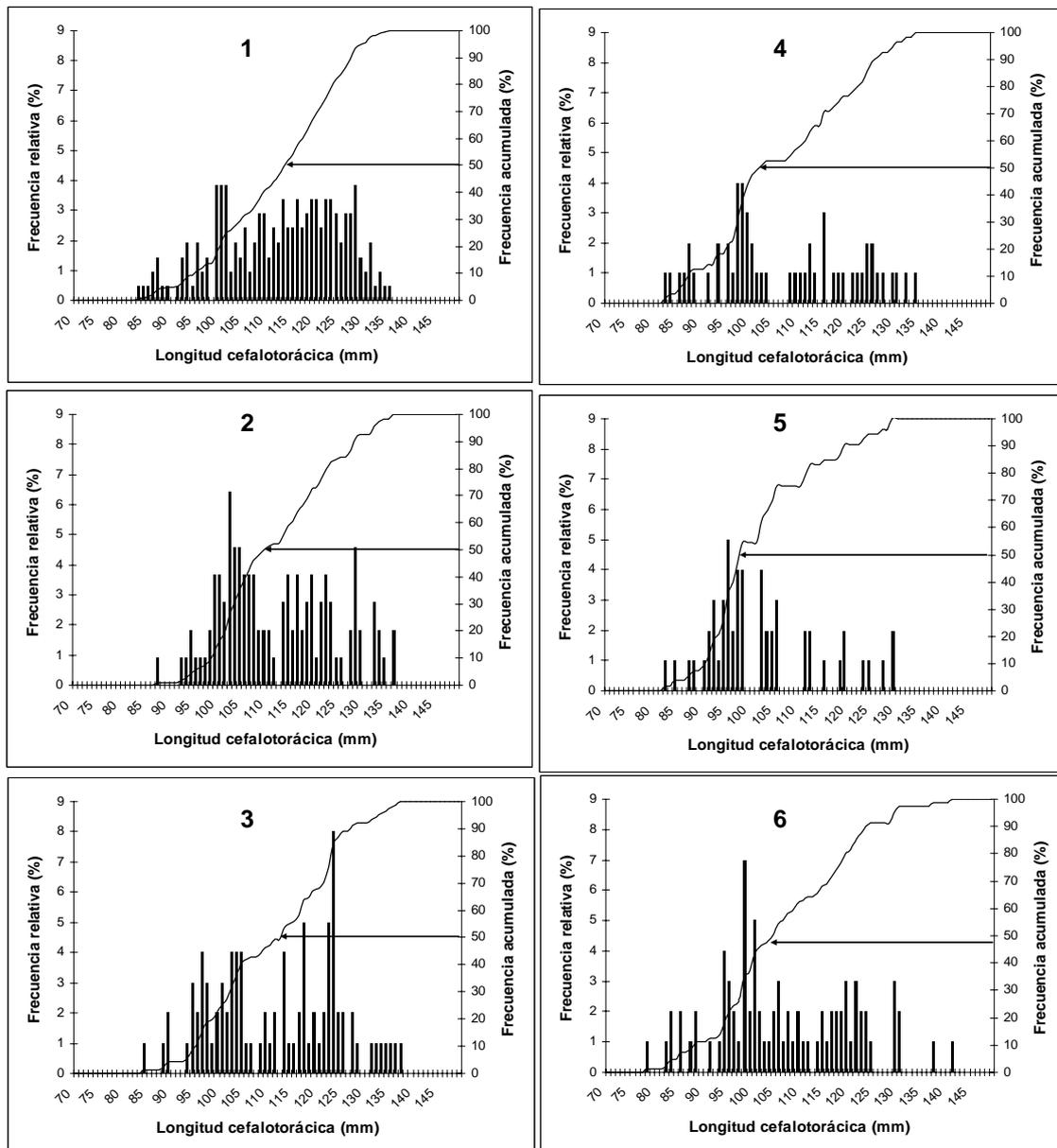


Figura 66. Estructura de tallas del cangrejo dorado (machos), durante siete mareas de pesca consecutivas, en el experimento de reducción de stock (R1).



**Figura 67. Estructura de tallas del cangrejo dorado (machos), durante seis mareas de pesca consecutivas en el experimento de reducción de stock (R2).**

## Estructura del stock

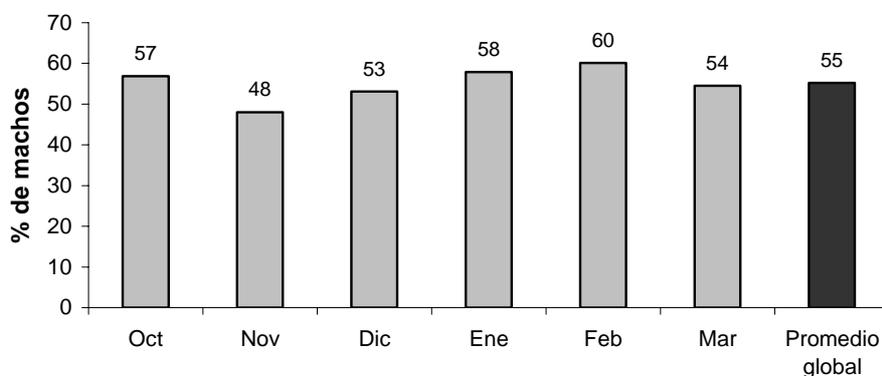
### *Proporción sexual y estructura de tallas*

#### a) Langosta de Juan Fernández

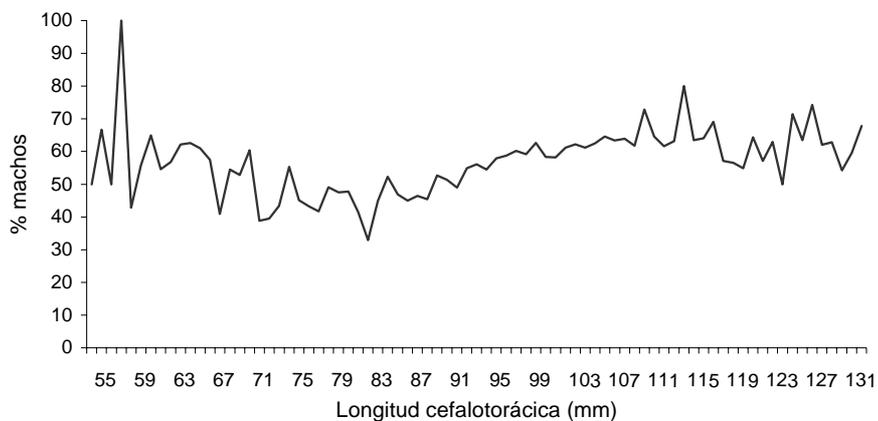
Para la determinación de la distribución de frecuencia de tallas así como la estimación de las tallas medias y la proporción sexual se muestrearon 29.951 langostas. De éstas, 16.548 fueron machos y 13.403 machos. Cabe destacar que esta actividad corresponde a las desarrolladas en el proyecto FIP 2004-48, que se encuentra desarrollando la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

#### *Proporción sexual*

Durante el período octubre 2005 – marzo 2006, la langosta presentó una proporción sexual global (% de machos) que fluctuó entre 60 y 48% (febrero y noviembre, respectivamente), con un promedio global para el período de 55% (Fig. 68). En cuanto a la proporción sexual estructurada a la talla, esta presenta un patrón que da cuenta de un valor promedio de aproximadamente un 45% en tallas inferiores a los 80 mm de longitud cefalotorácica y de alrededor de 65% a partir de 111 mm. En el rango intermedio (88 a 110 mm) se observó una tendencia creciente en el porcentaje de machos (Fig. 69).



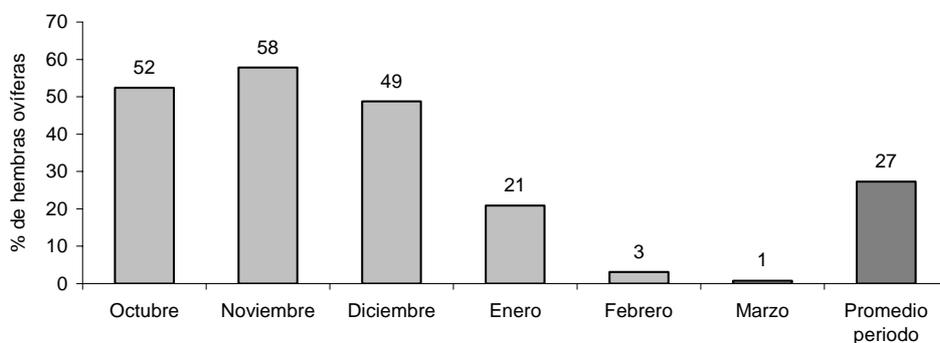
**Figura 68. Proporción sexual global en langosta de Juan Fernández, octubre 2005 - marzo 2006.**



**Figura 69. Proporción sexual a la talla en langosta de Juan Fernández, período octubre 2005 - marzo 2006.**

*Porcentaje de hembras ovíferas*

Durante el período de estudio, el porcentaje de hembras ovíferas fluctuó entre 58 y 1% (noviembre y marzo (respectivamente), con un valor promedio de 27%. Cabe destacar que estos resultados dejan de manifiesto una mayor portación de huevos en noviembre, mes a partir del cual de registra una sostenida disminución de las hembras portadoras de huevos (Fig. 70).



**Figura 70. Porcentaje de hembras ovíferas en langosta de Juan Fernández, período octubre de 2005 y marzo de 2006.**

### *Talla media y distribución de frecuencia de tallas*

El tamaño de los ejemplares muestreados durante el período analizado fluctuó en machos entre 36,1 y 207,8 mm de longitud cefalotorácica, en tanto que en hembras varió entre 36,4 y 180,5 mm. En términos generales los machos exhibieron tallas medias superiores a las hembras fluctuando entre 92,4 y 100,1 mm en los primeros y entre 89,0 y 97,8 mm en las segundas (Tabla 27).

En cuanto a las distribución de frecuencias de tallas para el período analizado, éste presenta forma polimodal con una moda marcada en los 101 mm longitud cefalotorácica, la que se reitera en machos y hembras (Fig. 71). En términos mensuales se observa que en la medida que transcurre la temporada de pesca un aumento de la pendiente en el lado derecho de la curva, lo cual es efecto de la pesca de ejemplares sobre la talla mínima legal (Fig. 72). Igualmente se debe destacar que durante todo el periodo analizado se detectó de manera persistente la presencia un grupo de tallas en el extremo inferior de la estructura de tallas y que abarca el rango entre los 50 y 60 mm de longitud cefalotorácica.

Tabla 27

Principales estadígrafos de la longitud cefalotorácica en la langosta de Juan Fernández, entre octubre de 2005 y marzo de 2006

	Nº ejemplares muestreados			Rango (mm)			Media (mm)			Mediana (mm)			Desviación estándar (mm)		
	Machos	Hembras	Totales	Machos	Hembras	Totales	Machos	Hembras	Totales	Machos	Hembras	Totales	Machos	Hembras	Totales
<b>Octubre</b>	1.443	1.095	2.538	40,4 - 187	49,3 - 173	40,4 - 187	95,1	91,5	93,6	95,5	91,2	93,7	10,7	11,0	11,0
<b>Noviembre</b>	2.333	2.527	4.860	36,1 - 162,2	36,4 - 171,6	36,1 - 171,6	96,0	95,8	95,9	97,4	96,6	96,7	14,5	15,4	14,9
<b>Diciembre</b>	2.052	1.815	3.867	45,4 - 166,9	45,1 - 137,6	45,1 - 166,9	100,1	97,8	99,0	100,5	99,8	100,5	15,2	14,4	14,9
<b>Enero</b>	4.268	3.099	7.367	43,3 - 207,8	45,4 - 180,5	43,3 - 207,8	95,3	92,7	94,2	95,9	92,4	94,4	13,8	12,1	13,2
<b>Febrero</b>	3.077	2.046	5.123	45,4 - 163,7	45,4 - 131	45,4 - 163,7	92,8	90,6	91,9	94,4	91,5	93,7	12,2	10,4	11,6
<b>Marzo</b>	3.375	2.821	6.196	45,4 - 132,2	38,3 - 152,2	38,3 - 152,2	92,4	89,0	90,9	93,7	88,6	91,0	11,7	10,3	11,2
<b>Total</b>	16.548	13.403	29.951	36,1 - 207,8	36,4 - 180,5	36,1 - 207,8	94,9	92,7	93,9	95,9	92,4	94,4	13,4	12,8	13,2

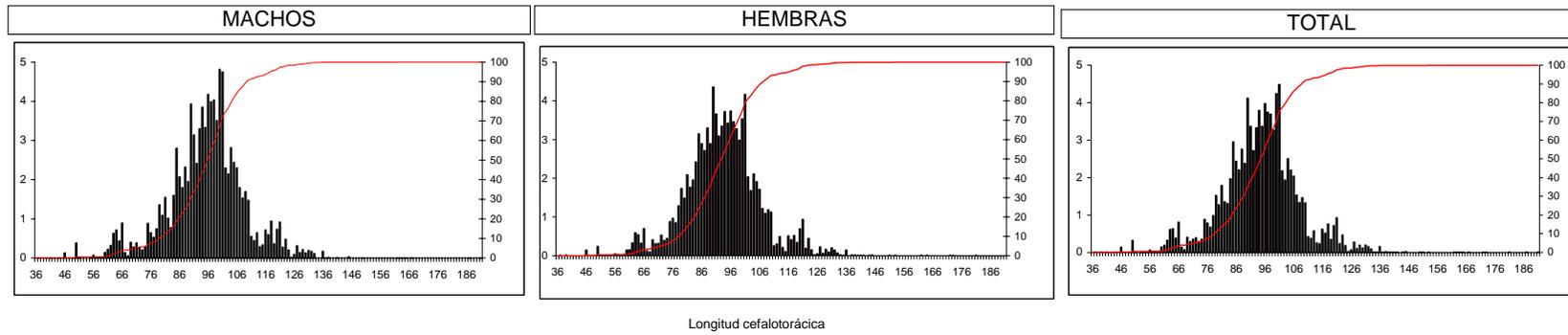
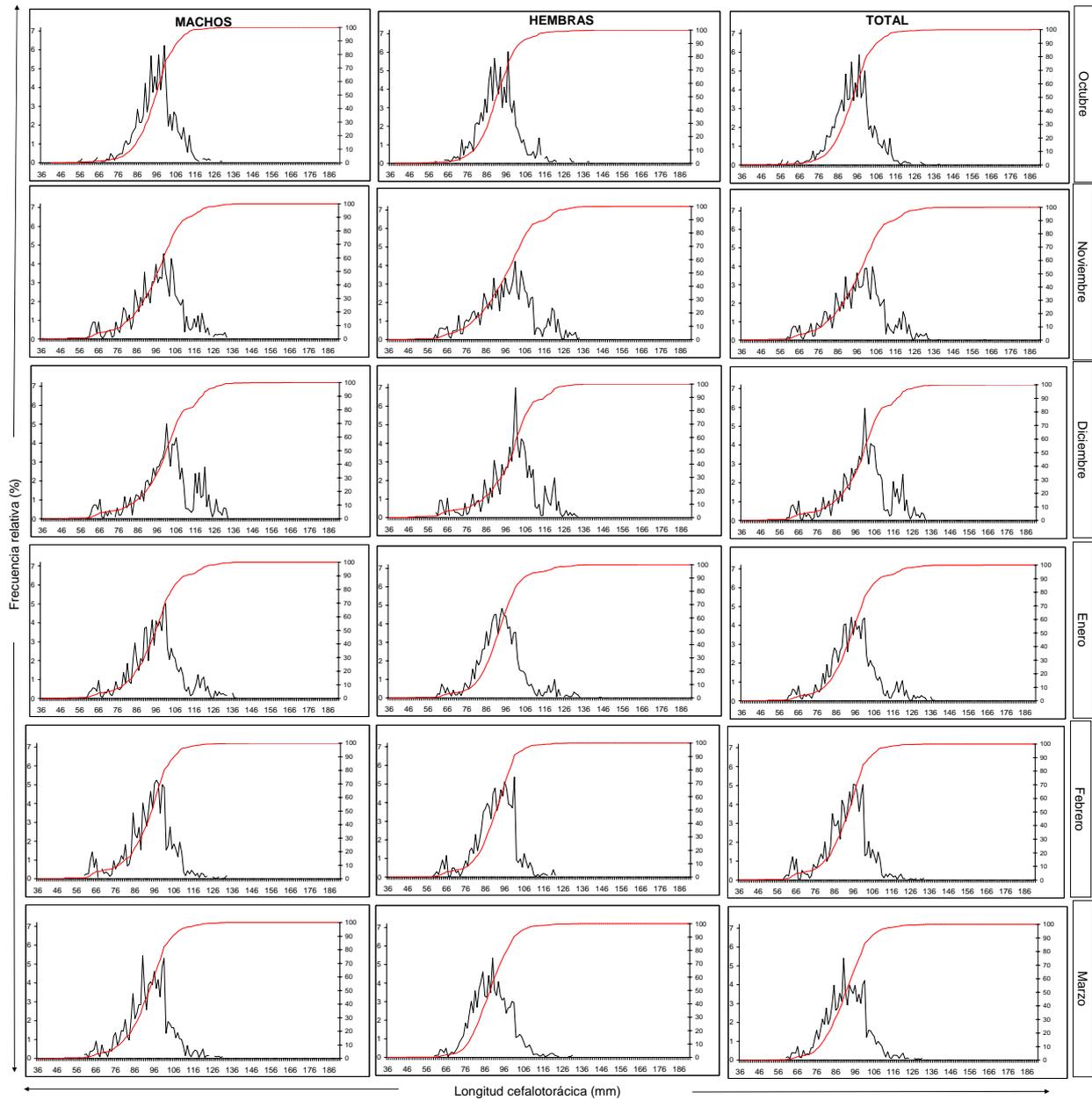


Figura 71. Distribución de frecuencia de tallas en langosta de Juan Fernández, entre octubre de 2005 y marzo de 2006.



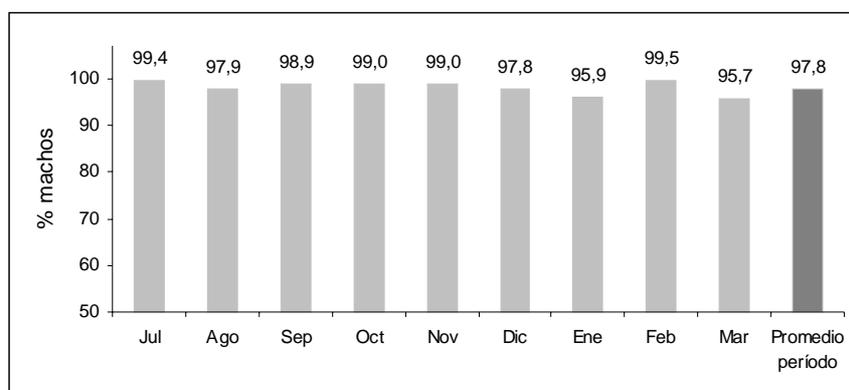
**Figura 72. Distribución de frecuencia de tallas relativa (en negro) y acumulada (en rojo) en langosta de Juan Fernández, período octubre 2005 - marzo 2006.**

## b) Cangrejo dorado

Al igual que en el caso de la langosta la información empleada corresponde a la colectada por el proyecto FIP 2004-48 y básicamente está referida a muestreos biológico pesqueros efectuados entre julio de 2005 y marzo de 2006. Durante tal período se muestrearon 9.860 ejemplares de cangrejo dorado, de los cuales 9.860 fueron machos y 212 hembras.

### *Proporción sexual*

La proporción sexual registrada en cangrejo durante el período analizado, deja de manifiesto un consistente predominio de machos, los cuales representaron entre el 95,7% (marzo) y 99,5 % (febrero), con un promedio para la temporada analizada de 97,8% (Fig. 73).



**Figura 73. Proporción sexual global en cangrejo dorado, período julio 2005 - marzo 2006.**

### *Talla media y distribución de frecuencia de tallas*

El tamaño de los ejemplares muestreados fluctuó entre 48 y 177,4 mm en machos y entre 73,2 y 150,0 en hembras. En términos globales los machos exhibieron mayor tamaño que las hembras; así, en los primeros la longitud cefalotorácica media fluctuó entre 113,3 (marzo) y 129,8 mm (septiembre) con un valor promedio para el periodo analizado de 119,1 mm. En el caso de las hembras su tamaño medio fluctuó entre 90,7 y 106,6 mm (noviembre y septiembre, respectivamente), obteniéndose un valor promedio global de 93,7 mm (Tabla 28).

La estructura de tallas global para el período analizado (julio de 2005 – marzo de 2006) presenta forma multimodal, no obstante se puede detectar dos modas importantes: la principal a los 126 mm y la secundaria a los 101 mm de longitud cefalotorácica (Fig. 74). Cabe destacar que debido a la baja cantidad de hembras muestreadas, la distribución de frecuencia de tallas debe ser considerada de manera cautelosa. Mensualmente, las estructuras de tallas registran de manera consistente las dos modas mencionadas y un paulatino desplazamiento de éstas a tallas inferiores en la medida que transcurren los meses (Figs. 75 y 76).

**Tabla 28**  
**Principales estadígrafos de la longitud cefalotorácica de cangrejo dorado entre julio 2005 y marzo de 2006**

	N° ejemplares muestreados			Rango (mm)			Media (mm)			Mediana (mm)			Desviación estándar (mm)		
	Machos	Hembras	Totales	Machos	Hembras	Totales	Machos	Hembras	Totales	Machos	Hembras	Totales	Machos	Hembras	Totales
<b>Julio</b>	880	5	885	46 - 177,4	86,2 - 114	46 - 177,4	124,6	95,2	124,5	130,0	92,0	129,5	20,0	11,0	20,1
<b>Agosto</b>	1.198	23	1.221	74,3 - 165	80,1 - 117,2	74,3 - 165	123,9	104,9	123,6	127,3	110,6	126,3	19,2	12,6	19,3
<b>Septiembre</b>	544	5	549	79 -162,1	97,2 - 111,2	79 - 162,1	129,8	106,6	129,6	132,8	107,0	132,6	17,4	5,7	17,5
<b>Octubre</b>	669	7	676	76,6 - 165,6	80 - 150	76,6 - 165,6	118,2	98,0	118,0	121,3	91,5	121,0	17,1	24,1	17,3
<b>Noviembre</b>	1.575	16	1.591	69,8 - 148,7	76,1 - 101,1	69,8 - 148,7	119,3	90,7	119,0	121,7	90,8	121,5	15,2	6,2	15,4
<b>Diciembre</b>	562	17	579	63,1 - 153,7	85,4 - 98	63,1 - 153,7	119,4	92,2	118,6	122,6	93,0	122,2	13,5	3,3	14,1
<b>Enero</b>	678	24	702	77,8 - 153,7	84,1 - 103,6	77,8 - 153,7	117,7	94,5	116,9	120,7	95,2	120,2	15,0	5,7	15,3
<b>Febrero</b>	725	4	729	80,4 - 153,7	91 - 100,9	80,4 -153,7	119,3	96,3	119,1	122,2	96,6	122,1	13,8	4,1	13,9
<b>Marzo</b>	2.817	111	2.928	72,4 - 148,3	73,2 - 112,9	72,4 - 148,3	113,3	90,8	112,5	115,7	91,4	114,6	14,7	6,9	114,6
<b>Total</b>	9.648	212	9.860	46 - 177,4	73,2 - 150	46 - 177,4	119,1	93,7	118,5	121,2	92,9	120,8	16,8	9,6	17,1

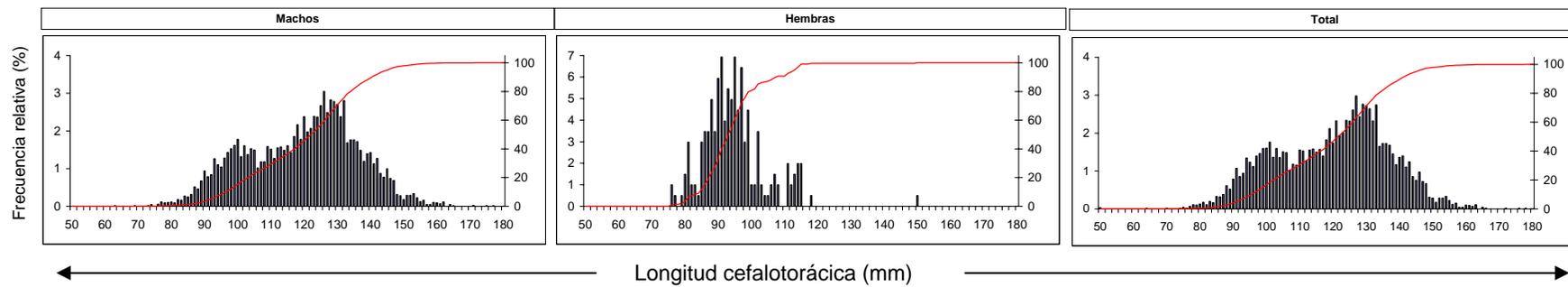


Figura 74. Distribución de frecuencia de tallas (relativa y acumulada) en cangrejo dorado, entre julio de 2005 y marzo de 2006.

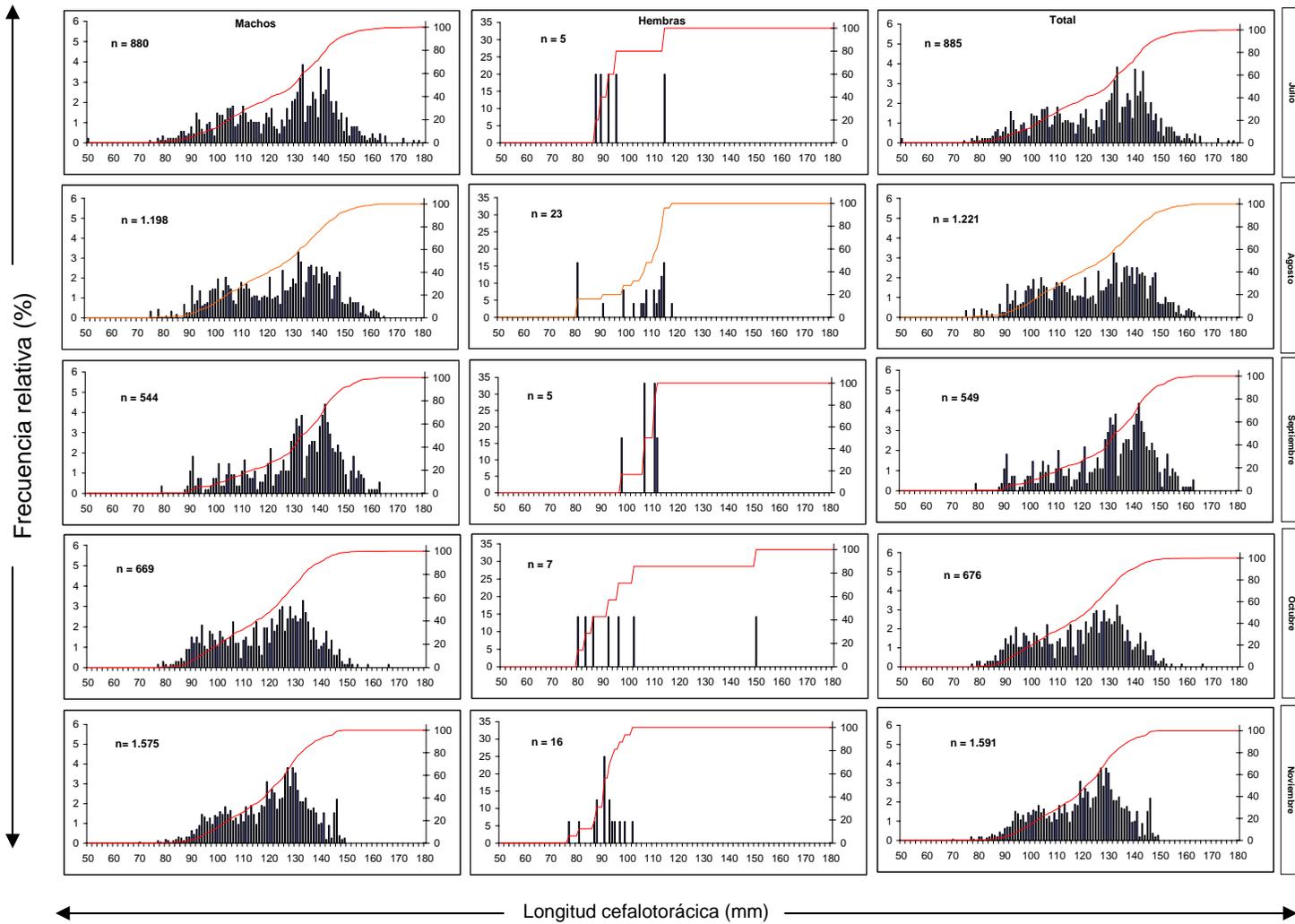


Figura 75. Distribución de frecuencia de tallas (relativa y acumulada) en cangrejo dorado, entre julio y noviembre de 2005.

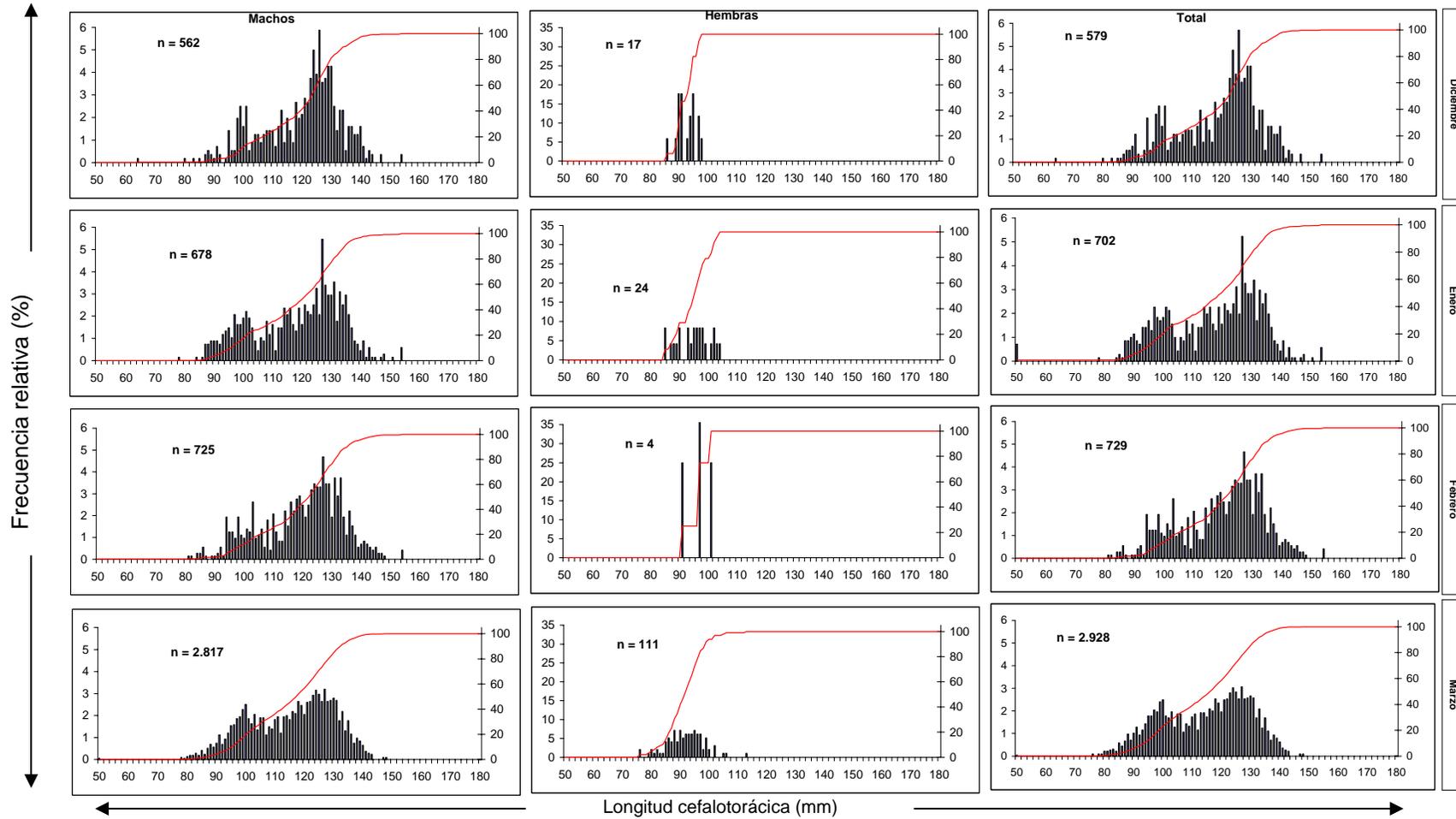


Figura 76. Distribución de frecuencia de tallas mensual (relativa y acumulada) en cangrejo dorado, entre diciembre de 2005 y marzo de 2006.

### **Relación longitud-peso**

#### a) Langosta de Juan Fernández

Con la finalidad de determinar las respectivas relaciones de longitud-peso, se consideró un total de 735 registros. De este total, 367 ejemplares correspondieron a machos y 368 individuos a hembras. Las tallas consideradas estuvieron comprendidas en su inmensa mayoría entre 70,7 y 130,5 mm de longitud cefalotorácica, con la excepción de un ejemplar hembra de mayor talla (181,6 mm), el cual permitió disponer de información respecto de individuos fuera del rango habitual presente en los desembarques de langosta en las islas.

El análisis de los datos indicó que machos, hembras, así como ambos sexos en conjunto presentaron crecimiento alométrico negativo, siendo el coeficiente de pesantez "b" de la función de potencia 2,6562 en hembras y 2,7393 en machos (Tablas 29 a 31). En tanto, respecto de hembras+machos, dicho parámetro fue 2,6671.

**Tabla 29**  
**Test de isometría en la relación longitud-peso de la langosta de Juan Fernández (t calculado)**

<b>Machos</b>	<b>Hembras</b>	<b>Total (machos+hembras)</b>
Alométrico negativo (9,01)	Alométrico negativo (23,45)	Alométrico negativo (17,45)

$t_{\text{tabla}} = 2,24$

Con relación al test de igualdad de funciones, tanto el test de igualdad de interceptos-pendientes, como el de varianzas rechazaron las hipótesis nulas de igualdad entre machos y hembras ( $F_{\text{cal}} > F_{\text{tabla}}$ ).

#### b) Cangrejo dorado

En el caso del cangrejo dorado, las prácticamente inexistentes capturas de hembras acotaron el análisis a muestras de ejemplares machos. De este modo, factor de crecimiento de la relación longitud-peso fue 3,0694. De acuerdo al test de isometría, éste indicó un factor de crecimiento (b) isométrico para el cangrejo dorado. Así, el estadístico indicó un valor de 2,134 para un valor de tabla (t-student) de 2,24.

**Tabla 30**  
**Parámetros de regresión, por región y sexo, de la relación longitud-peso de langosta de Juan Fernández**

Parámetro	Estimado	Error estándar	t-student	valor p	Límite inferior	Límite superior	Coefficiente de correlación (R)	Muestra (n)	Sexo
a	0,0035	0,0002	14,6928	0,0000	0,0030	0,0039	0,9883	368	Hembras
b	2,6563	0,0147	181,2811	0,0000	2,6275	2,6851			
a	0,0021	0,0003	7,4385	0,0000	0,0016	0,0027	0,9814	367	Machos
b	2,7394	0,0289	94,759	0,0000	2,6825	2,7962			
a	0,0031	0,0003	11,2850	0,0000	0,0026	0,0037	0,9707	735	Total
b	2,6672	0,0191	139,8837	0,0000	2,6298	2,7046			

**Tabla 31**  
**Parámetros de regresión, por región y sexo, de la relación longitud-peso de cangrejo dorado**

Parámetro	Estimado	Error estándar	t-student	valor p	Límite inferior	Límite superior	Coefficiente de correlación (R)	Muestra (n)	Sexo
a b	SIN MUESTRAS REPRESENTATIVAS								Hembras
a	0,0004	0,000067	6,394724	0,000000	0,00029654	0,00056	0,9958	264	Machos
b	3,0695	0,032472	94,527924	0,000000	3,005613	3,1333			
a	0,0004	0,000067	6,394724	0,000000	0,000297	0,0006	0,9958	264	Total
b	3,0695	0,032472	94,527924	0,000000	3,005613	3,1333			

### **Filmaciones submarinas**

Los resultados de las experiencias de filmación se presentan agrupadas de acuerdo al objetivo de cada una de ellas, de este modo se tiene la filmación una trampa en operación y su entorno diurno, langostas en grietas y finalmente el seguimiento nocturno de una trampa trabajando. En base a los objetivos propuestos y metodología planteada se presentan los resultados para cada una de estas filmaciones realizadas:

#### *Filmación de una trampa y su entorno (diurna)*

Esta filmación tuvo una duración de 50 minutos, se realizó entre los 5 y 12 metros de profundidad. Con respecto a las imágenes que fueron captadas en esta secuencia de grabación se puede mencionar que el avistamiento de especies es abundante, dando cuenta de la biodiversidad de esta zona. Además de la presencia de langostas en la trampa (Fig. 77) y en hendiduras cercanas a ella (Figs. 78 y 79), se observaron diversos invertebrados como erizos (Fig. 80) y estrellas de mar (tanto en el exterior como al interior de la trampa sobre la carnada; Figs. 81 y 82 respectivamente) y también moluscos como pulpos (Figs. 83 y 84).

En cuanto a peces, se observó una gran cantidad de ellos, ya sea formando agregaciones en el entorno de la trampa (Figs. 85 y 86) o entrando y saliendo libremente de la ella (Fig. 87). También se registró la coexistencia de peces en solitario con langosta en hendiduras (figuras 88 y 89).



Figura 77. Langostas capturadas en trampa



Figura 78. Langosta en los alrededores.



Figura 79. Langostas en el entorno.



Figura 80. Erizos de mar.



Figura 81. Estrellas de mar en el entorno.



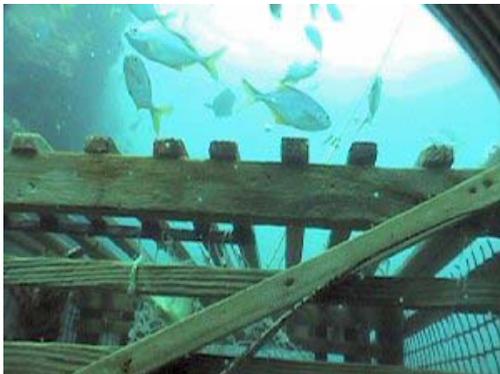
Figura 82. Estrellas de mar en la carnada.



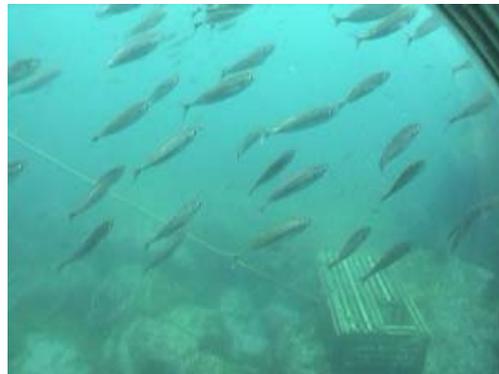
**Figura 83. Pulpo en entorno de trampa.**



**Figura 84. Pulpo huyendo.**



**Figura 85. Peces en entorno de trampa.**



**Figura 86. Peces en entorno de trampas.**



**Figura 87. Peces dentro de la trampa.**



**Figura 88. Peces con langostas en hendiduras.**



**Figura 89. Peces con langostas en hendiduras.**

*Filmación de Langostas en grietas y hendiduras (diurna)*

Esta experiencia se realizó entre los 7 y 12 metros de profundidad, con la operación de la cámara mediante buceo autónomo, la duración de esta inmersión fue de 35 minutos y en ella se observó una gran cantidad de langostas protegidas de la luz solar directa en grietas, hendiduras o salientes de roca (Figs. 90 y 91). En algunos casos se encontraron grupos de más de tres individuos distribuidos en una misma hendidura y en otros sólo una.



**Figura 90. Langostas en grupo.**



**Figura 91. Langostas en hendiduras.**

La presencia de peces nadando en las grietas junto a las langostas es lo más representativo que se observa en las filmaciones en cuanto a individuos de otra especie transitando por este tipo de espacios, en este contexto se registraron a lo menos 6 especies distintas de peces (Figs. 92 a, b, c, d, e y f), mención especial tiene una anguila morena registrada saliendo de su cueva (Fig. 93).

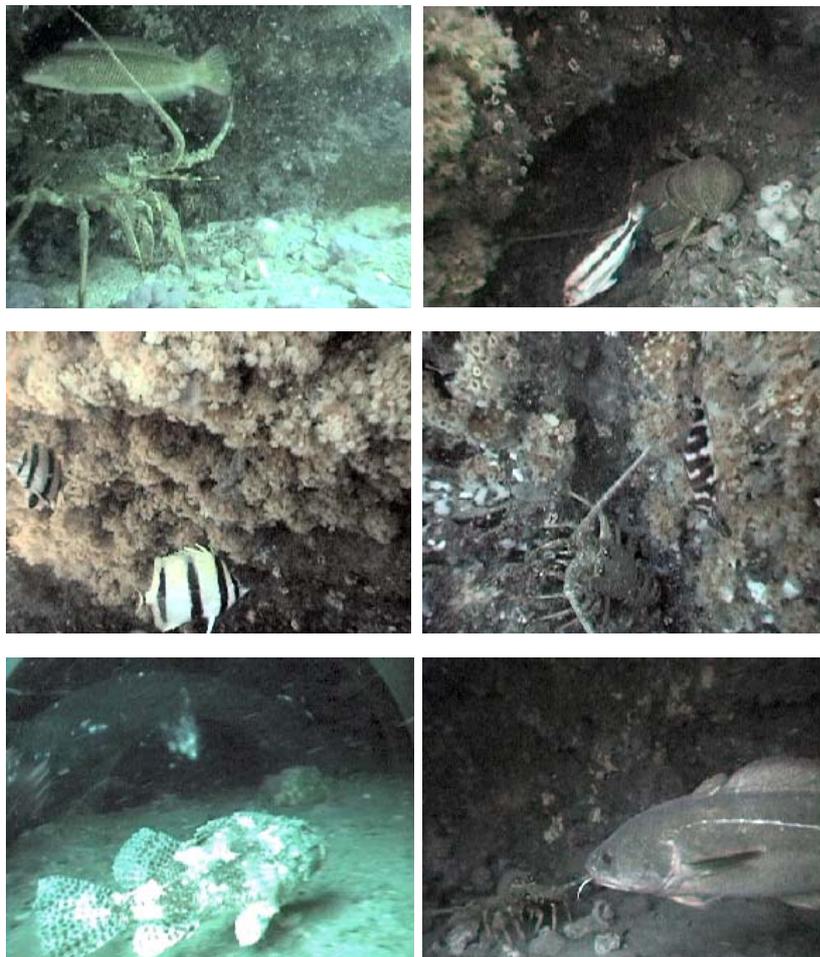


Figura 92. Diferentes peces registrados en espacios comunes con langostas.



**Figura 93. Anguila morena entrando en su cueva.**

*Filmación nocturna de una trampa en operación.*

Se realizaron seis experiencias nocturnas, con secuencias de grabación total de 9 horas (2 segundos de grabación y 10 minutos de espera), en la operación de trampas de langosta. De este modo, en base a los objetivos propuestos y metodología utilizada se presentan los resultados detallados para cada una de las experiencias realizadas

Filmación de trampa N°1:

En esta experiencia la cámara quedó posicionada correctamente sobre la entrada en la parte superior de la trampa (Fig. 94), además se evidenció actividad de langostas entrando a las 6 horas de iniciada la secuencia de grabación (Fig. 95) y tuvo una duración total de cobertura de 8,7 horas. La calidad de esta grabación es baja, dado un incorrecto ajuste del contraste del equipo de filmación (inadecuado para la luminosidad presente en la experiencia). Esta trampa tenía un reposo previo de tres días y estaba ubicada a una profundidad de 8 metros. Al ser levantada presentó una captura de 6 individuos.



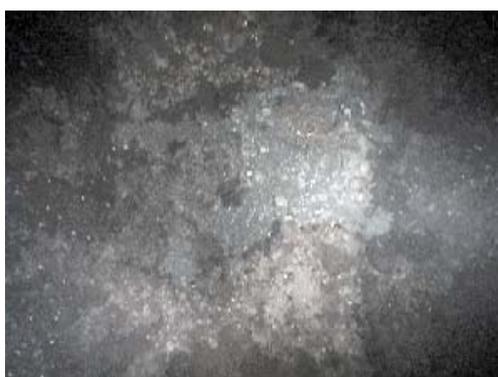
**Figura 94. Enfoque de cámara submarina.**



**Figura 95. Langosta en la entrada.**

Filmación de trampa N°2:

En esta filmación el equipo de filmación se desplazó de su posición original al inicio, no permitiendo el enfoque sobre la trampa, sino a un costado adyacente a ella. Esta filmación se realizó a una profundidad estimada de 8 metros y tuvo una duración de cobertura total de 8,9 horas. Esta trampa fue posicionada para la filmación (sin reposo previo) y no fue revisada por haber quedado enganchada en el fondo, por lo tanto no hay información de captura en ella. Se registró la presencia de una langosta en el entorno de la trampa donde quedó ubicada a las 6,75 horas de iniciada la grabación (Fig. 96).



**Figura 96. Avistamiento de langosta en sitio adyacente a la trampa.**

#### Filmación de trampa N°3:

En la filmación N° 3 la cámara quedó posicionada correctamente sobre la parte superior de la entrada a la trampa, ésta fue calada (sin reposo previo) a 9 metros de profundidad y se cubrió 8,95 horas de su operación. En esta filmación se aprecia un desplazamiento de la trampa debido a las corrientes presentes en el lugar y que provocaron la salida completa del foco de filmación a las 7 horas y 45 minutos de iniciada esta secuencia (Fig. 97). Se registró el avistamiento de un ejemplar transcurridas 5,1 horas del inicio de la filmación (Fig. 98).



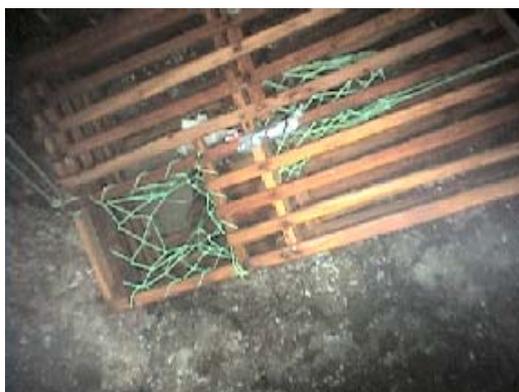
**Figura 97. Desplazamiento de la trampa.**



**Figura 98. Avistamiento de langosta.**

#### Filmación de trampa N°4:

Esta filmación fue realizada a 9 metros de profundidad, tuvo una duración de 9,2 horas (cobertura) y no presentó reposo previo ni tampoco capturas. El enfoque y luminosidad fueron adecuados y no se observó presencia alguna de langostas, ya sea en la trampa o cercana a la boca de la misma (Fig. 99)

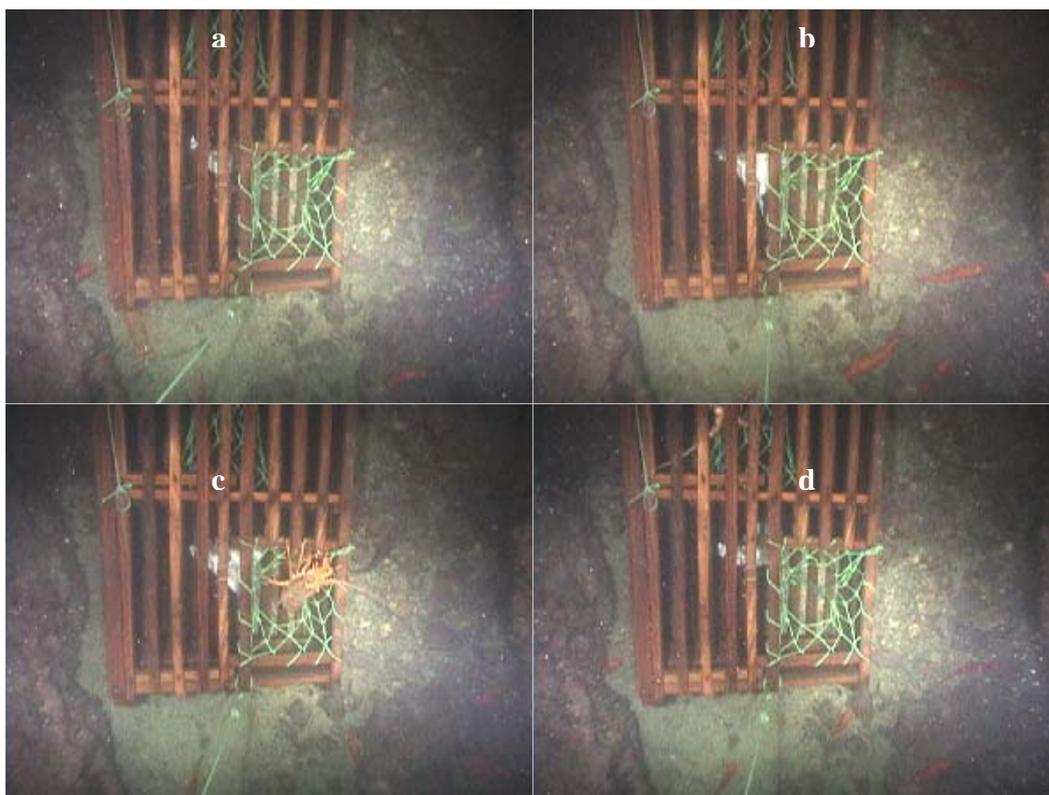


**Figura 99. Enfoque del equipo de filmación sin avistamiento de langostas.**

#### Filmación N° 5

Esta experiencia es la más exitosa de las realizadas en cuanto a avistamientos de langosta dentro y fuera de la trampa. Esta filmación se realizó a 18 metros de profundidad con apoyo de buceo autónomo para asegurar el correcto posicionamiento y registró una captura de 5 individuos. Esta trampa no tuvo reposo previo y el tiempo de grabación o cobertura de la actividad fue de 8,8 horas. En esta filmación existen avistamientos desde los 50 minutos de iniciada la secuencia de grabación hasta el final de ellas.

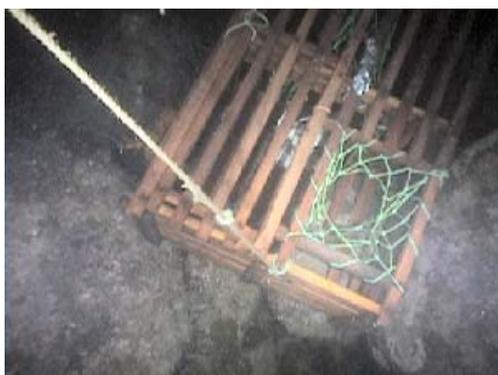
Los hitos para esta experiencia (Fig. 100) se dan principalmente desde el primer avistamiento de langostas en el entorno de la trampa a los 50 minutos de calada, transcurridas 3,18 horas se capta una langosta en el “buche” de la primera entrada de la trampa, a las 4,68 horas se logra visualizar langostas en el primer compartimiento de la trampa y a 7,7 horas de iniciada las actividades una langosta en la segunda recámara de la trampa.



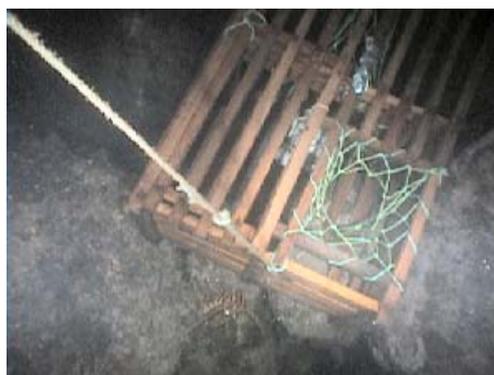
**Figura 100. Secuencia de imágenes de filmación captadas en la experiencia N° 5, langostas alrededor (a y b), en la boca (c) y capturada en segunda recámara (d).**

#### Filmación de trampa N°6:

Esta filmación mostró dos avistamientos de langostas cercanas a la boca en el entorno de la trampa a 3,01 y 3,68 horas de iniciadas las secuencias de grabación (Figs. 101 y 102): No se tuvo información de captura y estaba posicionada en 8 metros de profundidad con un tiempo de reposo previo en el lugar de 2 días. El tiempo total de cobertura de la grabación fue de 9,6 horas.



**Figura 101. Presencia al costado de la trampa de una langosta.**



**Figura 102. Presencia del una langosta al frente de la trampa.**

---

### **Objetivo N°3. Caracterizar la fauna acompañante asociada a la extracción de ambos recursos**

---

De acuerdo a lo señalado en Términos Básicos de Referencia (TBR), y tal cual fuese indicado en el Capítulo Metodológico, se procedió a determinar y analizar la fauna acompañante durante la evaluación de stock de ambos recursos. De este modo, se registró las capturas para cada una de las especies extraídas durante las faenas de pesca (kg), determinándose a continuación la importancia relativa en términos de la captura total (%RT) y de la captura del recurso objetivo (%RO).

#### **Obtención de la información**

Durante cada una de las salidas de pesca se registro la captura de las especies que constituyen la fauna acompañante del recurso objetivo. Para este efecto una vez calada la trampa y cuando la captura total se encontró desplegada sobre la cubierta de la embarcación, se identifico y se registró el número total de los recursos en formularios diseñados para tal efecto. Cabe destacar, que en aquellos casos en que se presentaron dudas respecto a la identificación de alguna especie en particular se recurrió a los trabajos de Báez & Ruiz (1985), Dupre (1975), Retamal y Arana (2000), Sepúlveda y Pequeño (1985), y Sepúlveda (1987).

#### **Análisis de la información**

La información correspondiente a la fauna acompañante, fue analizada mediante la utilización de los índices señalados en los párrafos anteriores, en términos globales. Asimismo, se analizó la importancia relativa de las especies dentro de cada grupo taxonómico (peces y crustáceos). Con el fin de caracterizar la fauna asociada a la extracción de ambos recursos, se procedió a registrar en fichas *ad hoc* la totalidad de la captura por trampa en número y desglosada por especie, lo que permitió generar una visión de la composición de la fauna asociada.

Lo que respecta a la fauna acompañante de las trampas langosteras, se detectó la presencia de 10 especies. De este total, las más representativas fueron centolla, estrella de mar y pulpo, las que fueron capturadas reiteradamente por las trampas, pero en cantidades marginales, de acuerdo a ello, se registró la presencia de 499 ejemplares en trampas langosteras (Fig. 103), las cuales se indican en la Tabla 32. Al respecto, cabe indicar que la presencia esporádica y adicional de especies de corales negros, como *Parantipahes fernandezii*, *Trisopathes* spp., *Leiopathes* spp. en trampas langosteras, obedece sólo a enredos accidentales con los aparejos de pesca, razón por la cual podrían no considerarse de modo estricto como fauna acompañante.

**Tabla 32**  
**N° de ejemplares, por especie de fauna acompañante, registradas en trampas langosteras**

	<b>Fauna Acompañante</b>	<b>Total</b>
<b>Peces</b>	Anguila ( <i>Gymnothorax porphyreus</i> )	8
	Breca ( <i>Nemedactylus gayi</i> )	6
	Chancharro ( <i>Helicolenus lengerichi</i> )	1
	Mutilla ( <i>Plectranthias lamillai</i> )	1
<b>Crustáceos</b>	Centolla ( <i>Paraloma rathbuni</i> )	269
<b>Equinodermos</b>	Erizo ( <i>Aspirodiadema microtuberculatum</i> )	2
	Estrella (sin identificar)	61
<b>Moluscos</b>	Loco ( <i>Concholepas concholepas fernandezianus</i> )	1
	Pulpo ( <i>Octopus sp.</i> )	150
	<b>Total general</b>	<b>499</b>

En cuanto a los valores del porcentaje en peso respecto de la especie objetivo (%RO), éste indicador exhibe montos mínimos, reflejo de la alta monoespecificidad de las capturas efectuadas mediante trampas langosteras. La Tabla 33 indica los valores estimados para el ratio %RO.

**Tabla 33**  
**Porcentaje en peso de la fauna asociada, respecto de la captura en peso de langosta en trampas totales (A), y en trampas con la presencia de fauna acompañante (B) (%RO)**

<b>Especie</b>	<b>A</b>	<b>B</b>
Anguila	0,000236322	0,005769664
Breca	0,000166164	0,004056795
Centolla	0,002483222	0,060626549
Chancharro	0,000002954	0,000072121
Erizo	0,000005170	0,000126211
Estrella	0,000146409	0,003574487
Loco	0,000002954	0,000072121
Pez	0,000009231	0,000225378
Pulpo	0,003877150	0,094658553
<b>Total general</b>	<b>0,006929576</b>	<b>0,169181879</b>

El estimador del porcentaje en peso, con relación a la captura total en peso (%RT), muestra un comportamiento idéntico al ratio precitado. Así, la Tabla 34 resume las respectivas estimaciones para cada especie capturada.

Tabla 34

Porcentaje en peso de la fauna asociada, respecto de la captura en peso total, en trampas totales (A), y en trampas con la presencia de fauna acompañante (B) (%RT)

Especie	A	B
Anguila	0,0002347	0,0049341
Breca	0,0001650	0,0034693
Centolla	0,0024661	0,0518466
Chancharro	0,0000029	0,0000617
Erizo	0,0000051	0,0001079
Estrella	0,0001454	0,0030568
Loco	0,0000029	0,0000617
Pez	0,0000092	0,0001927
Pulpo	0,0038504	0,0809501
<b>Total general</b>	<b>0,0068818</b>	<b>0,1446810</b>

La frecuencia de ocurrencia (%FO), al igual que los indicadores previamente citados, es baja para el total de las especies que componen la fauna acompañante de la langosta. No obstante lo anterior, la centolla exhibe el indicador más alto. A continuación, la Tabla 35 resume los valores calculados para el estimador %FO.

Tabla 35

Frecuencia de ocurrencia (%FO) de la fauna asociada, en trampas totales (A), y en trampas con la presencia de fauna acompañante (B)

Especie	A	B
Anguila	0,001794	0,029963
Breca	0,001345	0,022472
Centolla	0,060314	1,007491
Chancharro	0,000224	0,003745
Erizo	0,000448	0,007491
Estrella	0,013677	0,228464
Loco	0,000224	0,003745
Pez	0,000224	0,003745
Pulpo	0,033632	0,561798
<b>Total general</b>	<b>0,111882</b>	<b>1,868914</b>

### Cangrejo dorado de Juan Fernández

En lo que respecta a la fauna acompañante de las trampas cangrejeras, ésta se detectó sólo en cantidades marginales, y correspondió a la presencia de ocho especies (Fig. 104), siendo las más representativas la centolla, además de una especie de gastrópodo (*Fusitritron magellanicum*), respecto de las siete restantes, su presencia dentro en las trampas fue prácticamente nula. En el caso de esta especie objetivo, ocasionalmente se registró la presencia de corales blancos, como *Bathycyathus chilensis*, correspondiendo sólo a enredos accidentales (Tabla 36).

**Tabla 36**  
N° de ejemplares, por especie de fauna acompañante, registradas en trampas cangrejeras

	Fauna Acompañante	Total (u)
<b>Peces</b>	Anguila ( <i>Gymnothorax porphyreus</i> )	9
	Anguila de profundidad ( <i>Bassanago albescens</i> )	5
<b>Moluscos</b>	Caracol ( <i>Fusitritron magellanicum</i> )	182
<b>Crustáceos</b>	Centolla ( <i>Paraloma rathbuni</i> )	360
<b>Equinodermos</b>	Estrella ( <i>Allostichaster capensis</i> )	5
	Lirio de mar (sin identificar)	5
	Erizo rosa (sin identificar)	1
	Ofiuo (sin identificar)	3
	<b>Total general</b>	<b>570</b>

De acuerdo a los valores previamente indicados, los valores arrojados por el estimador del porcentaje en peso respecto de la especie objetivo (%RO) para el recurso cangrejo dorado, son muy bajos, reflejo de la baja incidencia de fauna acompañante en faenas extractivas de *C. chilensis* (Tabla 37).

**Tabla 37**  
Porcentaje en peso de la fauna asociada, respecto de la captura en peso de cangrejo dorado en trampas totales (A), y en trampas con la presencia de fauna acompañante (B) (%RO)

Especie	A	B
Anguila	0,00086166	0,005531653
Anguila de profundidad	0,00053854	0,003457283
Caracol	0,00130685	0,008389674
Centolla	0,01077070	0,069145667
Estrella	0,00003889	0,000249693
Lirio de mar	0,00002992	0,000192071
Ofiuo	0,00000359	0,000023049
Erizo rosa	0,00000838	0,000053780
Total general	<b>0,01355853</b>	<b>0,087042870</b>

El estimador del porcentaje en peso, con relación a la captura total en peso (%RT), tal como fuese indicado en el ratio %RO, indica igualmente valores mínimos (Tabla 38).

**Tabla 38**

**Porcentaje en peso de la fauna asociada, respecto de la captura en peso total, en trampas totales (A), y en trampas con la presencia de fauna acompañante (B) (%RT)**

<b>Especie</b>	<b>A</b>	<b>B</b>
Anguila	0,000850124	0,005088501
Anguila de profundidad	0,000531327	0,003180313
Caracol	0,001289354	0,007717560
Centolla	0,010626547	0,063606263
Estrella	0,000038374	0,000229689
Lirio de mar	0,000029518	0,000176684
Ofiuro	0,000003542	0,000021202
Erizo rosa	0,000008265	0,000049472
<b>Total general</b>	<b>0,013377051</b>	<b>0,080069684</b>

El estimador del porcentaje en peso respecto de la especie objetivo (%RO) para el recurso cangrejo dorado, es bajo para el total de las especies que componen la fauna acompañante del cangrejo dorado. Así, centolla y una especie de caracol (*Fusitriton magellanicum*) son las especies que concentraron los mayores porcentajes (Tabla 39).

**Tabla 39**

**Frecuencia de ocurrencia (%FO) de la fauna asociada, en trampas totales (A), y en trampas con la presencia de fauna acompañante (B)**

<b>Especie</b>	<b>A</b>	<b>B</b>
Anguila	0,0120000	0,0789474
Anguila de profundidad	0,0066667	0,0438597
Caracol	0,2426667	1,5964912
Centolla	0,4800000	3,1578947
Estrella	0,0066667	0,0438597
Lirio de mar	0,0066667	0,0438597
Ofiuro	0,0040000	0,0263158
Erizo rosa	0,0013333	0,0087719
<b>Total general</b>	<b>0,7600001</b>	<b>5,0000000</b>

---

#### Objetivo N°4. Determinar el estado de situación de la langosta de Juan Fernández

---

El cálculo de puntos biológicos de referencia tiene dos finalidades, la primera y más directa, es lograr contrastar dichas estimaciones con el valor de la tasa de mortalidad de la presente temporada de pesca y a la vez, construir un conjunto de valores de mortalidades por pesca para finalmente llegar a una recomendación de Captura Total Permissible (CTP).

La estimación de la tasa de mortalidad por pesca de la fracción completamente reclutada a la pesquería en ambos sexos, es superior a todos los PBR estimados, con la excepción del PBR 20%Bo, que es considerado como umbral ínfimo. De este modo, no es recomendable mantener el actual nivel de explotación, dado que las estimaciones de la tasa de mortalidad por pesca en ambos sexos, para la temporada 2005-2006, están por sobre el valor  $F_{max}$ .

En consecuencia, es altamente recomendable que la explotación del recurso langosta del archipiélago de Juan Fernández (*Jasus frontalis*), se efectúe teniendo en consideración los PBR  $F_{0.1}$  o  $F_{75\%F_{max}}$ . En la práctica esto significa una remoción en peso del 7%, respecto de la biomasa de "equilibrio" y así propender el evitar, que dicha biomasa descienda bajo las 610 ton, considerando la biomasa de equilibrio de ambos sexos (Tablas 40 y 41). Lo que en términos de desembarque, significa no exceder las 44 toneladas por temporada de pesca, lo que en promedio equivale a 54.700 organismos.

Alternativamente y con el fin sensibilizar los resultados, se calcularon los rendimientos y biomazas medias en equilibrio para distintas combinaciones de mortalidad natural y mortalidad por pesca, Figuras 105 y 106. Si consideramos el actual valor de mortalidad por pesca para el grupo completamente reclutado a la pesquería, se puede advertir en ambos sexos un aumento en el rendimiento y biomasa media, en la medida que el valor de la tasa de mortalidad natural desciende. De esta forma, se hace explícita la importancia de precisar en la estimación de parámetros poblacionales, como es la tasa de mortalidad natural, entre otros.

Tabla 40

**Hembras: Puntos biológicos de referencia (PBR), rendimientos y biomاسas en equilibrio en la langosta de Juan Fernández**

<b>PBR</b>	<b>Valor</b>	<b>Rendimiento (ton)</b>	<b>Biomasa (ton)</b>
F <sub>66%</sub>	0,18	13,51	365,47
F <sub>0.1</sub>	0,31	16,40	297,49
F <sub>75%Fmax</sub>	0,48	17,66	241,67
F <sub>40%</sub>	0,59	17,85	219,28
F <sub>max</sub>	0,64	17,87	210,36
F <sub>20%</sub>	3,71	14,97	109,64
F <sub>Cr</sub>	1,35	17,09	151,44

Tabla 41

**Machos: Puntos biológicos de referencia (PBR), rendimientos y biomاسas en equilibrio en la langosta de Juan Fernández**

<b>PBR</b>	<b>Valor</b>	<b>Rendimiento (ton)</b>	<b>Biomasa (ton)</b>
F <sub>66%</sub>	0,18	20,54	551,95
F <sub>0.1</sub>	0,31	24,72	453,62
F <sub>75%Fmax</sub>	0,48	26,61	369,57
F <sub>40%</sub>	0,60	26,90	331,19
F <sub>max</sub>	0,64	26,91	322,42
F <sub>20%</sub>	3,90	22,65	165,60
F <sub>Cr</sub>	1,17	26,09	246,38

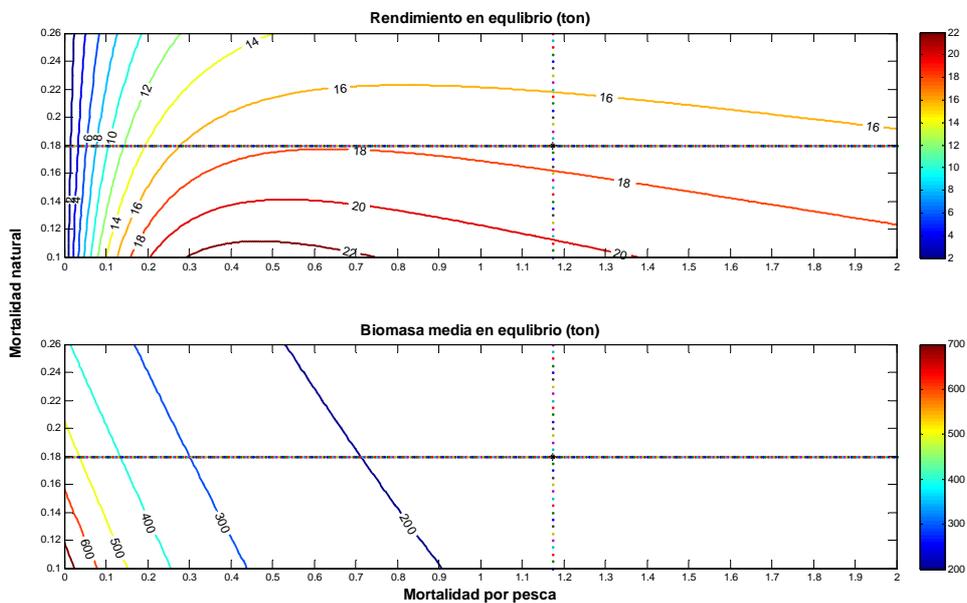


Figura 105. Hembras: Rendimiento y biomasa por recluta, en función de la tasa de mortalidad natural y por pesca en la langosta de Juan Fernández.

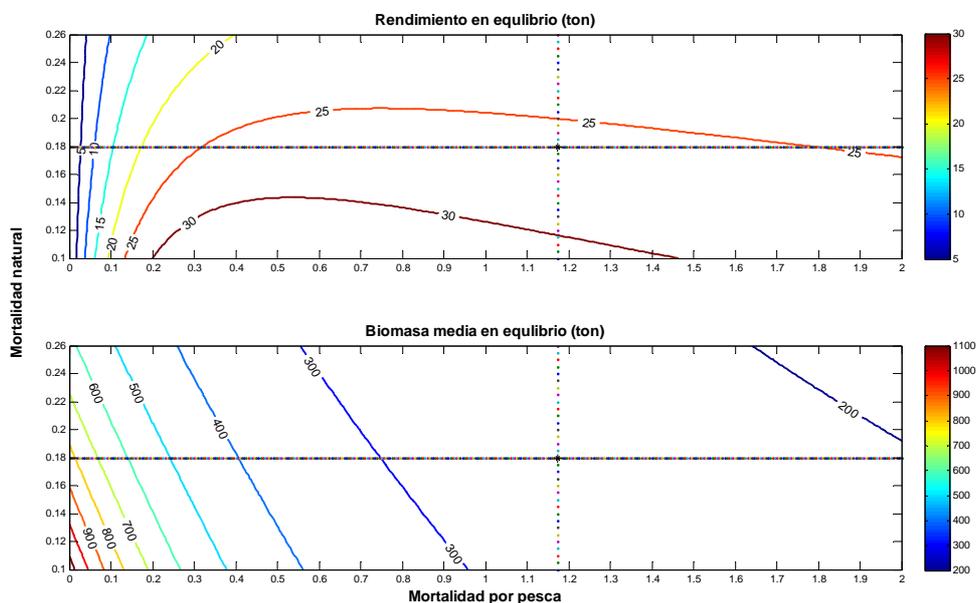


Figura 106. Machos: Rendimiento y biomasa por recluta, en función de la tasa de mortalidad natural y por pesca en la langosta de Juan Fernández.

---

**Objetivo N°5. Analizar las medidas de regulación actualmente aplicadas en la pesquería de la langosta de Juan Fernández y recomendar medidas para mejorar su administración**

---

**Objetivo N°6. Proponer medidas de regulación y desarrollo para la pesquería de cangrejo dorado en el archipiélago de Juan Fernández**

---

### **Talleres de discusión y difusión de resultados**

#### **Taller Técnico (Valparaíso)**

Tal cual fuese comprometido por el ejecutor, el viernes 29 de septiembre del presente año se efectuó en el salón de conferencias Ximena Reyes de la Escuela de Ciencias del Mar (Valparaíso) el Taller Técnico de difusión y discusión de los resultados generados en el marco de los proyectos “Monitoreo biológico-pesquero de la langosta y cangrejo dorado en el archipiélago de Juan Fernández” (Proyecto FIP N° 2004-48) y “Evaluación de stock y distribución de la langosta y el cangrejo dorado en el archipiélago de Juan Fernández” (Proyecto FIP N° 2005-21).

Para llevar a cabo la actividad precitada, se invitó a numerosos investigadores del área de las Ciencias del Mar, además de personas ligadas al área pesquera e interesados en el archipiélago. Entre los invitados se contaron personeros de SUBPESCA, FIP, SERNAPESCA, Autoridad Marítima, representantes del sector productivo, universidades, además de autoridades y representantes del Sindicato de Pescadores Independientes del Archipiélago de Juan Fernández. En total se contó con una asistencia de 34 personas.



El programa incluyó la presentación de nueve ponencias técnicas correspondientes a los principales tópicos considerados en las investigaciones realizadas en esas islas. Estas fueron expuestas por los principales investigadores que participaron en ambos proyectos. En éstas se expusieron aspectos relativos a la caracterización de las pesquerías desarrolladas en las islas, análisis de información estadística, evaluaciones indirectas y directas de *Jasus frontalis* y *Chaceon chilensis*, y la valoración de pesquerías, entre otros. Como complemento a las exposiciones efectuadas por especialistas chilenos, se invitó en forma especial al Profesor Paulo Pezzuto de la Universidad del Valle de Itajaí, Santa Catarina, Brasil, a dictar una conferencia sobre la actividad pesquera extractiva de cangrejos de profundidad que es realizada en el sur de ese país. Esto último con el objeto de conocer la experiencia surgida de la explotación industrial de estos crustáceos, que es la única de este tipo realizada en América Latina a excepción de las actividades artesanales realizadas en Juan Fernández.

Una vez finalizadas las exposiciones, y tal cual fue comprometido por el consultor, se llevó a cabo una mesa redonda, en la cual se discutió sobre los resultados obtenidos y analizaron temas relativos a medidas de manejo posibles de aplicar en *J. frontalis* y *C. chilensis*.

De acuerdo a ello, y en lo que respecta a la langosta de Juan Fernández, entre los asistentes hubo consenso en indicar que los modelos de evaluación empleados a la fecha por diversos investigadores han sido incapaces de caracterizar adecuadamente el estado de la pesquería. Este hecho se atribuye a la falta de continuidad en la recopilación y análisis de la información disponible, que se ha efectuado con lapsos de 10 años entre ellas. Al respecto, cabe indicar que la pesquería parece estar controlada fundamentalmente por sus tasas de reclutamiento, para lo cual resulta indispensable reunir información de calidad, con un grado mayor de periodicidad, a fin de explicar la dinámica del recurso con un grado mayor de precisión.

En este sentido, a la fecha, y pese a la importancia natural de dicho territorio insular, la información generada por el Estado, así como por iniciativas de investigadores u organismos privados, no ha permitido generar una base de datos confiable a fin de emplear herramientas alternativas de modelamiento mediante enfoques dinámicos, por cuanto se han efectuado sólo dos proyectos de evaluación de stock en el archipiélago se han llevado, con una diferencia entre ellos de una década.

Igualmente, los participantes reiteraron la necesidad de abordar aspectos tales como:

- Mejorar el registro de las estadísticas de desembarques globales, las que debieran tener mayor grado de exactitud, ya que la información actualmente disponible muestra notorias discrepancias, dependiendo de la fuente utilizada, y la fuente oficial de estadísticas pesqueras se encuentra subdeclarada.
- Junto con lo anterior, los registros de desembarque deben estar diferenciados claramente para dos grupos insulares del archipiélago de Juan Fernández: Robinson Crusoe-Santa Clara, Alejandro Selkirk. Igualmente, si se realizan actividades extractivas en las islas Desventuradas, las estadísticas deben diferenciar en forma clara las langostas provenientes de dicha región.
- Datos de esfuerzo, idealmente disponer de datos del número de trampas por pescador, a fin de estimar la CPUE del recurso con un grado mayor de exactitud, en particular en términos de captura de unidades por trampa.
- Propender a mantener una mayor amplitud de tallas en el mar, en especial en los ejemplares comerciales, las que se ha visto centrada únicamente en talla mínima de desembarque establecida en este recurso. Con ello se lograría contar en la población con ejemplares de tallas mayores, como era factible encontrar en años previos, lo que contribuiría a un mayor aporte de reclutas por el mayor número de huevos que desovan las hembras de gran talla.
- Desarrollar e intensificar estudios relacionados con el ciclo larval de la especie objetivo, tales como duración, deriva, zonas y períodos de asentamiento y su relación con factores bióticos y abióticos, así como también de la fase juvenil, aspectos hasta ahora no estudiados en este recurso.

Respecto de medidas de manejo, hubo acuerdo en no recomendar la instauración de cuotas de capturas, debido a la gran incerteza de la información generada por el empleo de los modelos biológico-pesqueros actualmente empleados. Así, una medida de este tipo, además de requerir fuertes cambios en los sistemas de control y de impactar en el modo tradicional de operación (exclusión de pescadores ineficientes, fomentar subdeclaración), no podría ser respaldada técnicamente por las razones precitadas. De esta manera, una asignación de cuota errónea redundaría en consecuencias económicas para los pescadores y en un descrédito de las bondades que pretende conseguir la imposición de una medida de este tipo.

De acuerdo a lo anterior, hubo consenso en cuanto a indicar que medidas de manejo adicionales deberían orientarse fundamentalmente al control de esfuerzo, siempre cuando fuesen compartidas por quienes explotan la pesquería, a fin de favorecer su instauración y cumplimiento. Entre las medidas sugeridas cabe destacar:

- Establecer un número máximo de trampas por embarcación, rotuladas con el número del respectivo bote que las emplea, tanto en la trampa misma como en el baticulo o boyas que quedan en la superficie. Estas deberían ser llevadas al mar únicamente dentro de un periodo limitado, al comienzo de cada temporada de pesca, impidiéndose el incrementar su

número o reemplazar los aparejos dañados durante el resto de la temporada. Todo ello con el fin que este número máximo de trampas por bote pueda ser controlado por las autoridades o quien se designe deba asumir la labor de control.

- Acortar el periodo en que se permite la extracción de esta especie, de manera de reducir con ello el esfuerzo aplicado y con ello la cantidad de langostas capturadas por temporada. En consideración a las bajas capturas, periodo de mal tiempo observado hacia finales de la temporada, y con el fin de no interferir con el periodo de mayor demanda (fin de año), se sugiere el cierre de la pesquería el 15 de abril de cada año.

Con relación al cangrejo dorado los principales problemas que presenta dicha pesquería a fin de ser desarrolladas corresponden a la baja y precaria capacidad de proceso existente en la isla Robinson Crusoe, además del gran poder de negociación que posee el único comprador (y procesador) de *C. chilensis* en la isla. Igualmente, aspectos relativos a la necesidad de una mayor inversión en líneas de pesca y un mayor riesgo de pérdida, por efecto de mal tiempo, corrientes, o por la interferencia de lanchas artesanales albacoreras durante el periodo de invierno, son factores que atentan en contra de un mayor desarrollo en esta pesquería.

Del mismo modo, se detectó una importante subdeclaración de los desembarques de cangrejo dorado, hecho que al igual que en el caso de la langosta, dificulta generar información fiable a fin de describir la dinámica del recurso. Otro aspecto mencionado durante la mesa redonda, correspondió a alguna inquietud respecto del preproceso que se efectúa a bordo de la embarcación los pescadores de la isla, este hecho está determinado fundamentalmente por las carencias en capacidad de proceso en tierra (dificultad o imposibilidad de eliminación de residuos sólidos y líquidos).

Finalmente, cabe indicar que fuerte costo de oportunidad que significa para los pescadores de la isla el dejar de pescar langosta, dado su valor unitario (\$7.500), respecto de la única alternativa pesquera actualmente factible, que es la extracción del cangrejo dorado (\$1.000 por unidad). Así, se comentó la conveniencia de mantener la pesquería de *C. Chilensis* lo más libre de reglamentaciones posible, a fin de fomentar su actividad. No obstante lo anterior, se propuso como medida precautoria el establecer como tamaño mínimo de desembarque ejemplares que cuenten con a lo menos 130 mm de ancho cefalotorácico, que corresponde a la actual talla mínima de comercialización, a fin de proteger a los machos inmaduros y prácticamente la totalidad de las hembras, dado su menor tamaño relativo.



## PROGRAMA TALLER TÉCNICO

**“Monitoreo biológico-pesquero de la langosta y  
cangrejo dorado en el archipiélago de Juan Fernández”  
(Proyecto FIP 2004-48)**



**“Evaluación de stock y distribución de la langosta y el cangrejo dorado  
en el archipiélago de Juan Fernández”  
(Proyecto FIP N°2005-21)**

**Aula Ximena Reyes (Torreón 1), Avda. Altamirano 1424, Valparaíso**

Hora	Expositor	Tema
09:00 a 09:30	INSCRIPCIÓN	
09:30 a 09:45	Sr. Guillermo Martínez G. Director Escuela de Ciencias del Mar	Palabras de bienvenida a los asistentes.
09:45 a 10:00	Jefe de proyecto Sr. Patricio Arana	Trabajos realizados en Juan Fernández y programación del taller.
10:00 a 10:45	Ing. Aurora Guerrero, Srta. Alejandra Arellano y Sr. Sergio Salinas	Antecedentes biológico-pesqueros de la langosta de Juan Fernández y cangrejo dorado.
10:45 a 11:15	Ing. Claudio Silva G.	Distribución espacial del esfuerzo, capturas y CPUE de langosta de Juan Fernández y el cangrejo dorado.
11:15 a 11:30	CAFÉ	
11:30 a 12:00	Ing. Víctor Espejo	Evaluación indirecta y estado de situación de la langosta de Juan Fernández.
12:00 a 12:30	Ing. Alejandro Jofré	Valoración de las pesquerías de langosta de Juan Fernández y cangrejo dorado.
12:30 a 13:00	Dr. Billy Ernst Elizalde	La pesquería de langosta de Juan Fernández: sobre estadísticas, indicadores y manejo.
13:15 a 14:30	ALMUERZO	
14:30 a 15:00	Ing. Mauricio Ahumada E.	Evaluación directa de cangrejo dorado.
15:00 a 15:30	Ing. Víctor Espejo	Evaluación indirecta y estado de situación del cangrejo dorado.
15:30 a 16:15	Sr. Paulo Ricardo Pezzuto	Pesquería de cangrejo de profundidad en el sur de Brasil.
16:15 a 16:30	CAFÉ	
16:30 a 17:45	MESA REDONDA	Proposición de medidas de regulación y desarrollo para las pesquerías de langosta y cangrejo dorado.



## TALLER TÉCNICO

### LISTADO DE ASISTENTES

“Monitoreo biológico-pesquero de la langosta y cangrejo dorado en el archipiélago de Juan Fernández”  
(Proyecto FIP 2004-48)



“Evaluación de stock y distribución de la langosta y el cangrejo dorado en el archipiélago de Juan Fernández”  
(Proyecto FIP N°2005-21)

NOMBRE	INSTITUCIÓN
AGUILERA F., JAIME	PUCV
AHUMADA, MAURICIO	DEPTO. REC. BENTODEMERSALES, PUCV
ALZAMORA L., EDUARDO	FONDO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA, FIP
ARANA E., PATRICIO	DEPTO. REC. BENTODEMERSALES, PUCV
ARAYA P., JOSE	PUCV
ARELLANO, ALEJANDRA	DEPTO. REC. BENTODEMERSALES, PUCV
ARREDONDO A., MARCELO	CT VALPARAISO S.A.
BAEZ, PEDRO	MUSEO NACIONAL DE HISTORIA NATURAL, MNHN
BERRIOS C., MIRIAM	DEPTO. REC. BENTODEMERSALES, PUCV
CAMPODONICO G., ITALO	SUBPESCA
CANALES R., CRISTIAN	IFOP
ERNST E., BYLLY	UDEC
ESPEJO, VICTOR	PUCV
GUERRERO, AURORA	DEPTO. REC. BENTODEMERSALES, PUCV
JIMENEZ, CLAUDIA	PUCV
JOFRÉ G., ALEJANDRO	PUCV
KARSTEGL S., ALEJANDRO	SUBPESCA

<b>NOMBRE</b>	<b>INSTITUCIÓN</b>
LIMARÍ Z., MANUEL	SERNAPESCA
MANRIQUEZ A., PABLO	SIND. PESCADORES J. FERNANDEZ
MARTINEZ, GUILLERMO	PUCV
MUÑOZ S., CARLOS	PUC
OGALDE, FERNANDO	PUC
OLIVARI, RODOLFO	PUCV
PALMA G., SERGIO	PUCV
PEZZUTO, PAULO	Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI), BRASIL
PLAZA, GUIDO	PUCV
QUEIROLO P., DANTE	PUCV
QUINTANILLA G., ANDRES	PESQUERA QUINTERO
RETAMAL R., MARCO ANTONIO	UDEC
ROJAS T., RUBÉN	DIRECTEMAR
SALINAS, SERGIO	DEPTO. REC. BENTODEMERSALES, PUCV
SILVA G., CLAUDIO	PUCV
TOLEDO R., FERNANDO	PUCV
YAÑEZ, ELEUTERIO	PUCV

### Taller de divulgación de resultados (Archipiélago Juan Fernández)

El día 26 de noviembre, en la Casa de la Cultura de la isla Robinson Crusoe, Archipiélago de Juan Fernández, se llevó a cabo el Taller de divulgación de resultados de los proyectos FIP 2005-21 y FIP2004-48, destinado a difundir resultados así también con el fin de discutir alternativas de manejo para la langosta de Juan Fernández y medidas de desarrollo para la pesquería de cangrejo dorado. La actividad estuvo orientada fundamentalmente a la participación de los pescadores artesanales de las islas, no obstante, se hizo extensiva a toda la comunidad de la isla, y contó con la asistencia de 30 personas.



Durante el taller, el Sr. Patricio Arana E., jefe de ambos proyectos, expuso una reseña de los múltiples trabajos desarrollados por la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso en estas islas a partir de 1969. A continuación, el Sr. Mauricio Ahumada E., investigador y coordinador de uno de los proyectos, dio a conocer los principales resultados obtenidos, así como las recomendaciones emanadas a partir del Taller Técnico, efectuado en la ciudad de Valparaíso el 29 de septiembre.

Una vez finalizadas las exposiciones, se efectuó una instancia de diálogo entre los asistentes y los expositores con el fin de rescatar las opiniones de los pescadores en relación a las propuestas de medidas de manejo, así como respecto de la situación de los recursos. Una vez finalizada dicha actividad, el Sr. Italo Campodónico, a nombre de la Subsecretaría de Pesca, expuso su opinión con relación a las opiniones vertidas en el taller a fin de aclarar dudas e indicar las posibilidades prácticas de implementación de nuevas medidas de regulación a la luz de la

normativa legal vigente. De acuerdo a ello, las principales inquietudes de los pescadores asistentes a la actividad se indican a continuación:

- Para los pescadores resulta fundamental la presencia de un inspector de SERNAPESCA en la isla Robinson Crusoe a fin de que controle, en especial, la extracción de ejemplares de langosta bajo la talla mínima legal. En este sentido, manifestaron haber planteado el tema reiteradamente a la Autoridad Pesquera sin tener ningún resultado positivo a la fecha, y se muestran incluso dispuestos a entregar facilidades para que el inspector pueda instalarse en un espacio físico a fin de desarrollar su labor.
- Indican que la autoridad deber replantear el modo en que se efectúa el control de la normativa vigente, implementando controles en los traslados por vía marítima y aérea, señalando que gran parte del tráfico de individuos bajo talla se efectúa mediante este último medio de transporte. Al respecto, plantean que resulta fundamental la aplicación de medidas ejemplificadoras a quienes transgreden la normativa vigente.
- Señalan la existencia de fuertes falencias en la información estadística recopilada por SERNAPESCA. Indican que ésta debe ser recopilada en unidades, no en kilogramos, a fin de impedir imprecisiones dado que es la unidad en la cual se contabiliza y transa este crustáceo en la isla. Del mismo modo, requieren que la información sea recopilada diferenciadamente para Robinson Crusoe-Santa Clara y Alejandro Selkirk, sugiriendo la posibilidad de que ésta sea recopilada por el Sindicato de Pescadores de la isla.
- Solicitan a la Autoridad Marítima que se les autorice a operar en aguas de las islas San Félix y San Ambrosio (islas Desventuradas). Este hecho permitiría reducir la presión sobre el recurso langosta y recobrar así caladeros históricos para la comunidad de la isla.
- Estiman necesario impedir el ingreso de pescadores, que sean ajenos al archipiélago, con el fin de reservar la explotación de los recursos para los habitantes de la isla.
- Se mencionó la necesidad de impedir modificaciones sustantivas a las actuales embarcaciones vigentes con el fin de no aumentar su capacidad de acarreo y así evitar el incremento el esfuerzo (número de trampas por bote).
- Los pescadores estiman necesario que la Autoridad Pesquera favorezca la extracción de pulpo, depredador de *J. frontalis*, mediante modificación de la veda vigente para el recurso en la isla, además de sugerir el establecimiento de tallas máximas de extracción para la langosta de Juan Fernández a fin de propender a la protección de las hembras con mayor fecundidad (hembras mayor número de huevos portados).

Con relación al cangrejo dorado, durante el Taller de divulgación, los pescadores artesanales de la isla manifestaron los siguientes puntos de vista:

- Expresaron conformidad respecto del establecimiento de una talla mínima legal de captura de 130 mm de ancho cefalotorácico, dado que actualmente se emplea este tamaño como talla mínima de comercialización.
- Igualmente, existieron opiniones respecto de la conveniencia de normar el tipo de aparejo a utilizar en su captura a fin de impedir el uso de tenas y el ingreso a esta pesquería de naves mayores e industriales dedicadas a extraer esta especie.

- El principal obstáculo para el desarrollo de la pesquería de este crustáceo lo constituye la inexistencia de capacidad de procesamiento en la isla, dados los numerosos inconvenientes burocráticos asociados a la iniciación de proyectos de esta índole en la isla Robinson Crusoe. Para los pescadores de la isla, no es posible desarrollar una actividad basada en la extracción de cangrejo dorado en la medida que no se solucionen las dificultades asociadas a la elaboración del recurso.
- Se mencionó el alto riesgo de pérdida de líneas de pesca debido a la operación de lanchas artesanales dedicadas a la captura de albacora especialmente durante los meses de invierno en torno a la isla, por lo cual verían como positivo establecer algún tipo de ordenamiento para su operación, así como el extender el Área de Reserva Artesanal (ARPA) a una distancia mayor a 5 mn, lo que es apoyado en el hecho que parte de los caladeros de *C. chilensis* se encuentran fuera del ARPA.



## TALLER DE DIFUSIÓN DE RESULTADOS

### LISTADO DE ASISTENTES

“Monitoreo biológico-pesquero de la langosta y cangrejo dorado en el archipiélago de Juan Fernández”  
(Proyecto FIP 2004-48)



“Evaluación de stock y distribución de la langosta y el cangrejo dorado en el archipiélago de Juan Fernández”  
(Proyecto FIP N°2005-21)

NOMBRE	INSTITUCIÓN
GONZALEZ DE RODT, GUILLERMO	Sindicato de Pescadores Artesanales
VERGARA RECABARREN, ALBERTO	Sindicato de Pescadores Artesanales
RECABARREN C., JULIO	
RECABARREN C., RAFAEL	
CHAMORRO, WALDO	Sindicato de Pescadores Artesanales
RIVADENEIRA R., TEODORO	
PAREDES R., DANIEL	
CHAMORRO GONZALEZ, MANUEL	Sindicato de Pescadores Artesanales
AGUIRRE SCHILLER, WALDEMAR	
LLANQUÍN ANGULO, MARIO	
GONZALEZ CELEDÓN, WILSON	
SALAS ANGULO, RAMÓN	
SCHILLER R., MANUEL	
LOPEZ CHAMORRO, CHRISTIAN	
SCHILLER, WILSON	
BERTULLO, M., RUBÉN	Sindicato de Pescadores Artesanales
MANRIQUEZ ANGULO, PABLO	Sindicato de Pescadores Artesanales

<b>NOMBRE</b>	<b>INSTITUCIÓN</b>
RECABARREN, NELSON	
BÁEZ, ARTURO	
CONTRERAS R., EMILIO	
CHAMORRO MUENA, PEDRO	Sindicato de Pescadores Artesanales
GONZALEZ T., ANTONIO	
CHAMORRO SOLIS, JULIO	Sindicato de Pescadores Artesanales
BAEZ, PATRICIO	
CHAMORRO BURGOS, MANUEL	Sindicato de Pescadores Artesanales
CHAMORRO RECABARREN, LUIS	Sindicato de Pescadores Artesanales
LLANQUIN ANGULO, LUIS	
GONZALEZ M., SALVADOR	Sindicato de Pescadores Artesanales
CHAMORRO R., IVAN	
RECABARREN, ARMANDO	



TALLER TÉCNICO

"Monitoreo biológico-pesquero de la langosta y cangrejo dorado en el archipiélago de Juan Fernández" (Proyecto FIP 2004-48)



"Evaluación de stock y distribución de la langosta y el cangrejo dorado en el archipiélago de Juan Fernández" (Proyecto FIP N°2005-21)

N°	NOMBRE	INSTITUCIÓN	FIRMA
01	Guillermo Amparo de Rull	STPA	<i>[Handwritten Signature]</i>
02	ROBERTO JERÓNIMO RECAVARÉN	STPA	<i>[Handwritten Signature]</i>
03	Pablo Recavarén E.		<i>[Handwritten Signature]</i>
04	Rafael Recavarén E.		<i>[Handwritten Signature]</i>
05	Waldo Espinoza?		<i>[Handwritten Signature]</i>
06	Teodoro RIVADENEIRA R	P. y M. E	<i>[Handwritten Signature]</i>
07	Daniel F. Talledes T.		<i>[Handwritten Signature]</i>
08	MANUEL CHAMORRO GONZALEZ		<i>[Handwritten Signature]</i>
09	WALDEMAR AGUIRRE S.H.		<i>[Handwritten Signature]</i>
10	MAYILLO LLANOS V.		<i>[Handwritten Signature]</i>
11	Elisium Guegaly Celedón		<i>[Handwritten Signature]</i>
12	RANON SALAS ANGULO		<i>[Handwritten Signature]</i>
13	Manuel Shiller R		<i>[Handwritten Signature]</i>
14	CHRISTIAN LOPEZ CHAMORRO	GUARDIANES DEL MEDIO AMBIENTE	<i>[Handwritten Signature]</i>
15	Marcelo S. Shiller		<i>[Handwritten Signature]</i>
16	Roberto M.	STPA	<i>[Handwritten Signature]</i>
17	Pablo Moniquez Angulo	STIPA	<i>[Handwritten Signature]</i>
18	<i>[Handwritten Name]</i>		<i>[Handwritten Signature]</i>
19	<i>[Handwritten Name]</i>		<i>[Handwritten Signature]</i>
20	<i>[Handwritten Name]</i>		<i>[Handwritten Signature]</i>



TALLER TÉCNICO

"Monitoreo biológico-pesquero de la langosta y cangrejo dorado en el archipiélago de Juan Fernández"  
(Proyecto FIP 2004-48)



"Evaluación de stock y distribución de la langosta y el cangrejo dorado en el archipiélago de Juan Fernández"  
(Proyecto FIP N°2005-21)

N°	NOMBRE	INSTITUCIÓN	FIRMA
21	Pedro Chamorro M.		<i>[Handwritten Signature]</i>
22	Antonio GONZALEZ G		<i>[Handwritten Signature]</i>
23	Julio Christian GOLLIS	STIPA	<i>[Handwritten Signature]</i>
24	Potasio BOEN		<i>[Handwritten Signature]</i>
25	Manuel Christian Burgos	STIPA	<i>[Handwritten Signature]</i>
26	Luis Homero Recadorn	STIPA	<i>[Handwritten Signature]</i>
27	Luis Llanguin Angulo		<i>[Handwritten Signature]</i>
28	Rolando gauzola M.	STIPA	<i>[Handwritten Signature]</i>
29	Stela Campodónico J	Subpesca	<i>[Handwritten Signature]</i>
30	Juan Chamorro R		<i>[Handwritten Signature]</i>
31	P R MARILO RUCABARIL		<i>[Handwritten Signature]</i>
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			

**ADDENDUM**

**Características oceanográficas alrededor de la isla Robinson Crusoe  
(Diciembre de 2005 a marzo de 2006)**

**Valparaíso, junio 2006**

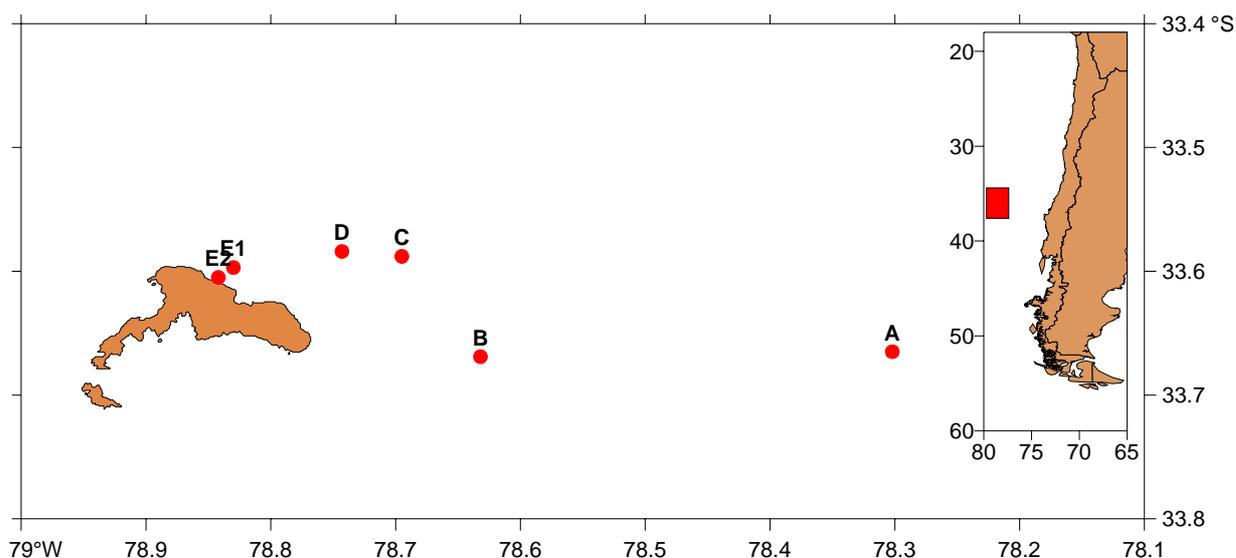
**Características oceanográficas alrededor de la isla Robinson Crusoe  
(Diciembre de 2005 a marzo de 2006)**

por

**Nelson Silva & Yenny Guerrero**  
Escuela de Ciencias del Mar  
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

**Obtención de datos oceanográficos**

La zona de estudio abarcó el área adyacente a la isla Robinson Crusoe, entre las latitudes 33.5° y 33.7°S y las longitudes 78.6° y 78.3°W (Fig. 107). Durante el periodo de estudio se realizaron 10 estaciones oceanográficas que incluyeron mediciones de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto.



**Figura 107. Ubicación geográfica de las estaciones de CTD realizadas con el AGOR Vidal Gormaz (A, B, C y D) y con botellas Niskin desde botes (E1 y E2).**

El 5 de diciembre de 2005 se realizaron cuatro estaciones oceanográficas, con el AGOR Vidal Gormaz de la Armada de Chile, que incluyeron registros continuos de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto con un CTDO SeaBird 19 plus, hasta una profundidad máxima de 1000m. Para la calibración de los sensores de salinidad y oxígeno disuelto se tomaron muestras discretas a profundidades estándar con botellas Niskin adosadas una roseta.

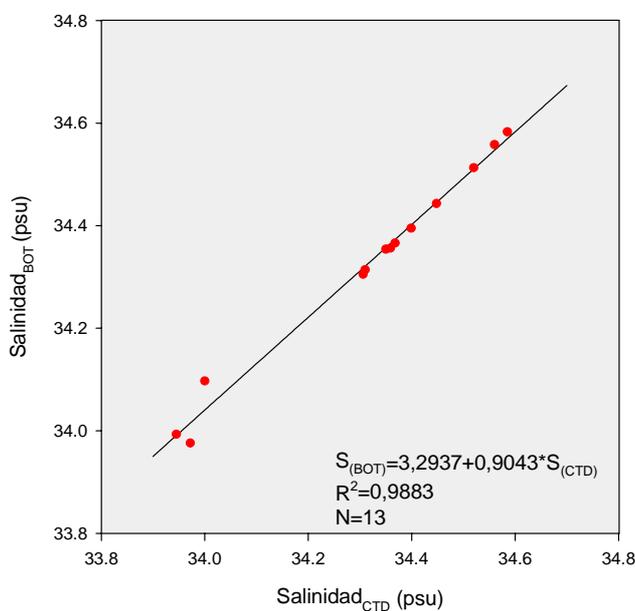
Los días 30 de enero, 4 y 25 de marzo de 2006 se realizó el muestreo de dos estaciones oceanográficas diarias con un bote, para lo cual se utilizaron botellas Niskin y termómetros oceanográficos de inversión. En estas estaciones se registró la temperatura y se tomaron muestras de agua de mar a las profundidades discretas de 0, 10, 25, 50, 100, 150 y 200 m, para la determinación de salinidad y oxígeno disuelto.

Las muestras de salinidad se analizaron posteriormente en tierra con un Salinómetro Inductivo, calibrado con agua de mar estándar, mientras que el oxígeno disuelto fue determinado a bordo (Vidal Gormaz) o en tierra (botes), mediante la modificación de Carpenter (1965) para el método de Winkler. La saturación de oxígeno se calculó con el algoritmo de Weiss (1970).

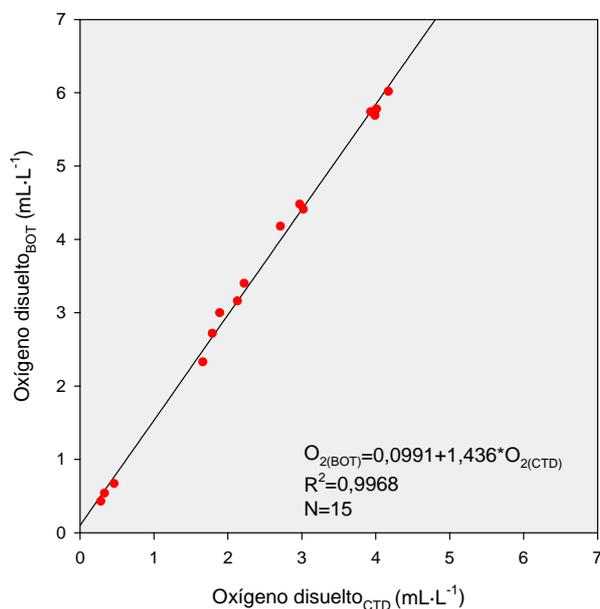
Los datos de salinidad y oxígeno disuelto fueron corregidos mediante regresiones lineales obtenidas con pares de salinidad<sub>(SALINOMETRO)</sub> v/s salinidad<sub>(CTDO)</sub> (1) y oxígeno<sub>(WINKLER)</sub> v/s oxígeno<sub>(CTDO)</sub>, (2), sobre la base de muestras discretas tomadas con botellas Niskin (Figs. 108 y 109).

$$S_{(BOT)} = 3,2937 + 0,9043 \cdot S_{(CTDO)} \quad (1)$$

$$O_{2(BOT)} = 0,0991 + 1,436 \cdot O_{2(CTDO)} \quad (2)$$



**Figura 108. Ecuación de calibración del sensor de salinidad del CTD versus muestras discretas medidas con un salinómetro Inductivo.**



**Figura 109. Ecuación de calibración del sensor de oxígeno disuelto del CTDO versus muestras discretas analizadas mediante la modificación de Carpenter (1965) para el método de Winkler.**

Con los datos continuos y discretos de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto, se confeccionaron perfiles verticales de estas variables para cada una de las estaciones oceanográficas (Figs. 110 a 116). Junto a lo anterior se confeccionaron gráficos T-S para las cuatro estaciones obtenidas con CTDO, para la identificación de masas de agua presentes en la zona de muestreo (Figs. 110 a 113).

## RESULTADOS

### Crucero de fines de primavera (AGOR Vidal Gormaz)

En diciembre 2005, la temperatura fluctuó entre 3,8 y 18,1°C, con los mayores valores en superficie y los menores alrededor de 1000 m (Figs. 110 a 113). En todas las estaciones, la distribución vertical de temperatura presentó una delgada capa de mezcla de 15-20 m de espesor, con temperaturas homogéneas de alrededor de 18°C. Bajo esta capa homotermal, la temperatura disminuyó rápidamente con la profundidad dando origen a una termoclina estacional entre 20 y 60 m con un gradiente vertical fuerte de alrededor de 0,15°C/m. Bajo la termoclina estacional la temperatura disminuyó más lentamente hasta los 400 m de profundidad, dando origen a la termoclina permanente de la zona, la que desaparece a mayores profundidades.

La salinidad fluctuó entre 33,9 y 34,4 psu, presentándose los valores menores alrededor de los 150 m de profundidad y los mayores a 1000 m de profundidad (Figs. 110 a 113). Al igual que en la temperatura, en todas las estaciones la distribución vertical de salinidad presentó una delgada capa de mezcla de 15-20 m de espesor, con salinidades cuasi homogéneas entre 34,1 y 34,2 psu. Bajo esta capa cuasi homohalina, la salinidad disminuyó con la profundidad formando un mínimo superior de salinidad centrado a alrededor de 150 m de profundidad, para luego volver a aumentar hasta formar un máximo (>34,3 psu), centrado alrededor de 350 m. A mayor profundidad la salinidad disminuyó levemente formando un mínimo (<34,3 psu) alrededor de 600 m y luego volver a aumentar levemente a mayores profundidades.

El oxígeno disuelto fluctuó entre 1,1 y 6,3 mL·L<sup>-1</sup>, presentándose los valores mayores en superficie y los menores en la zona subsuperficial, centrados a 350 m (Figs. 110 a 113). Al igual que en la temperatura y la salinidad, las estaciones presentaron una delgada capa de mezcla en los 15-20 m superiores, con oxígeno disuelto alrededor de 6,2 mL·L<sup>-1</sup> y con saturaciones de alrededor del 110%. Bajo esta capa homogénea, el oxígeno disuelto presentó una capa bien oxigenada (>5,5 mL·L<sup>-1</sup>) de unos 150 m de espesor, para luego disminuir rápidamente hasta valores entre 1 y 2 mL·L<sup>-1</sup>, alrededor de 350 m de profundidad (15 a 30% saturación). A mayor profundidad el oxígeno disuelto aumentó rápidamente formando un máximo (>4,5 mL·L<sup>-1</sup>; >60% saturación) alrededor de 600 m y luego volver a disminuir levemente a mayores profundidades.

De acuerdo al análisis de los diagramas T-S (Figs. 110 a 113), las masas de agua presentes en la zona corresponden a agua subantártica (ASAA), la que se ubicó en la capa superficial (0-200 m), el Agua Ecuatorial Subsuperficial (AEES) que se ubicó entre 200 y 400 m y el Agua Intermedia Antártica (AIAA) entre los 400 y 1000 m.

### **Cruceros de verano (bote)**

En los tres muestreos con botellas Niskin desde un bote, se apreció una capa superficial homotermal o cuasi homotermal, de unos 25 a 50 m de espesor, la cual fue más definida en la estación 2 (Figs. 114 a 116). Las temperaturas superficiales fueron de alrededor de 20°C, disminuyendo rápidamente en profundidad para dar origen a una termoclina estacional que en verano alcanzó un máximo de 0,4°C/m a principios de marzo 2006. Las temperatura a 200 m fue de alrededor de 10-11°C, al igual que en las estaciones de fines de primavera.

En el caso de la salinidad también se apreció una capa superficial homotermal o cuasi homohalina, de unos 25 a 50 m de espesor, la cual fue más definida en la estación 2 (Figs. 114 a 116). A mayor profundidad la salinidad no disminuyó mayormente, sino que más bien comenzó a aumentar levemente bajo los 150 m.

El oxígeno disuelto presentó una capa superficial bien oxigenada ( $>5 \text{ mL}\cdot\text{L}^{-1}$ ) de unos 100 m de espesor (Figs. 114 a 116). A mayor profundidad el oxígeno comenzó a disminuir levemente en el caso de la estación de enero 2006 y más rápidamente en el caso de las dos estaciones de marzo, alcanzándose concentraciones menores a  $2 \text{ mL}\cdot\text{L}^{-1}$  ( $< 30\%$  saturación) a los 200 m.

De acuerdo a análisis de la distribución de salinidad, en estas estaciones, que fueron poco profundas, sólo se apreció la presencia de ASAA en los 150 m superiores e inicio del AESS entre 150 y 200 m, en el caso de las estaciones de marzo.

## **DISCUSIÓN**

Las condiciones oceanográficas observadas a fines de primavera 2005 y verano 2006 alrededor de la isla Robinson Crusoe, corresponden con aquellas descritas para la zona por Silva & Sievers (1973) y Silva (1985).

Esta zona se caracterizó por la presencia de una capa superior, de unos 200 m de profundidad, conformada prioritariamente por ASAA, ya que sus salinidades fueron en general menores de 34,3 psu, no observándose salinidades mayores de 34,6 psu que indicarían la presencia de Aguas Subtropicales, como fue observado en el otoño de 1973 por Silva & Sievers (1973). Las temperaturas superficiales, de acuerdo a la climatología de Wyrтки (1964) están dentro del rango de temperatura normal para la zona, no estableciéndose condiciones más cálidas que las propias de un período estival normal. Este período de muestreo correspondió a una época “neutra” o no Niño o

Niña, con tendencia a un período levemente frío de acuerdo a los Boletines CIIFEN para diciembre 2005 a marzo 2006 (CIIFEN, 2006).

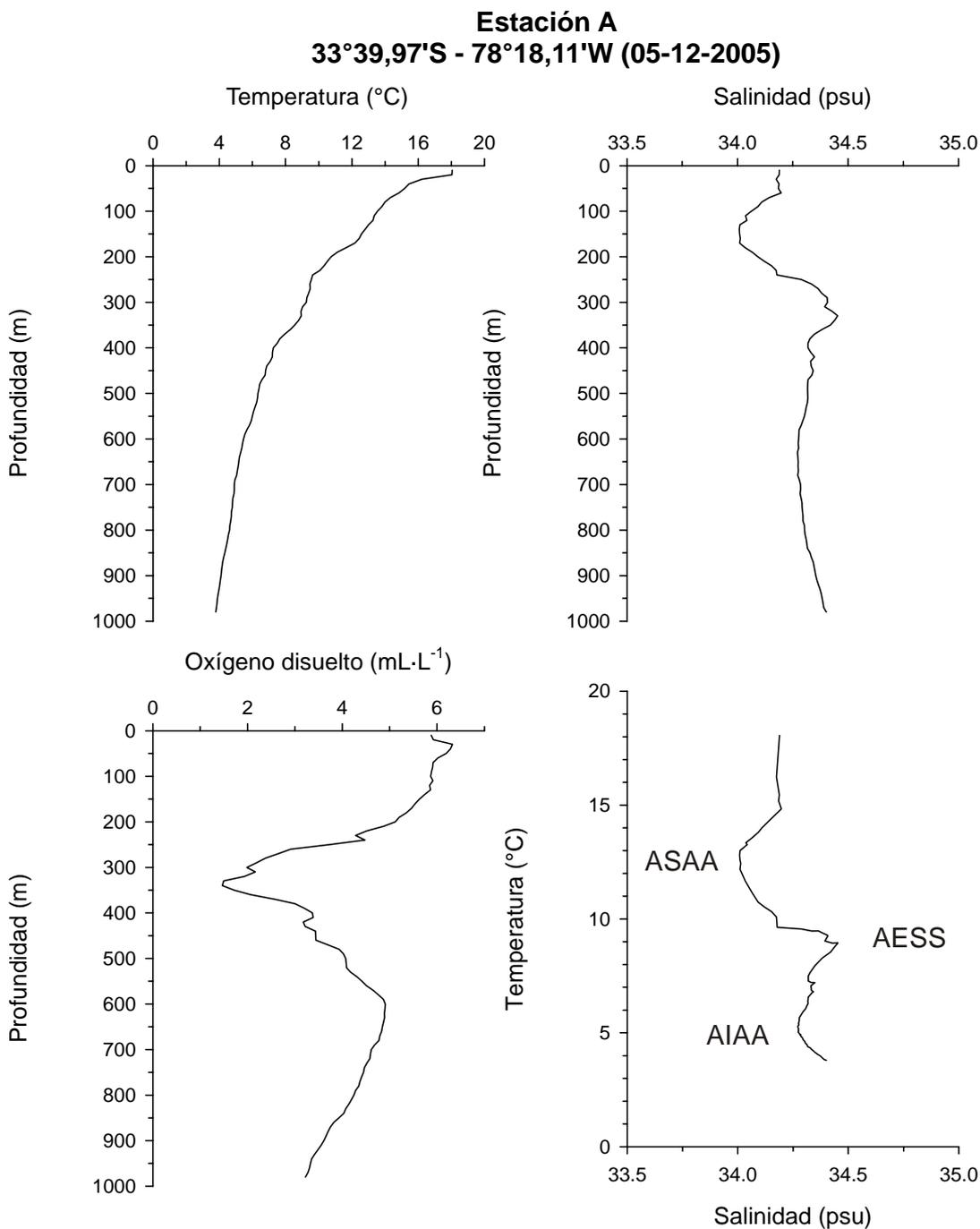
En los cuatro períodos muestreados, el oxígeno disuelto presentó una capa superficial bien oxigenada de unos 50 a 100 m de espesor, con concentraciones entre 90 y 110% de saturación.

En la capa subsuperficial (200 – 400 m), la salinidad presentó un máximo relativo con valores sobre 34,5 psu y el oxígeno disuelto un mínimo absoluto con concentraciones menores de  $2 \text{ mL}\cdot\text{L}^{-1}$ , lo cual es característico en la zona del AESS. Esta agua que proviene de frente al Perú (Silva & Neshyba, 1979), aún es apreciable nítidamente en la zona (Silva & Sievers, 1973; Silva, 1985), generando un ambiente que le es propio, cuya característica principal es el bajo contenido de oxígeno disuelto.

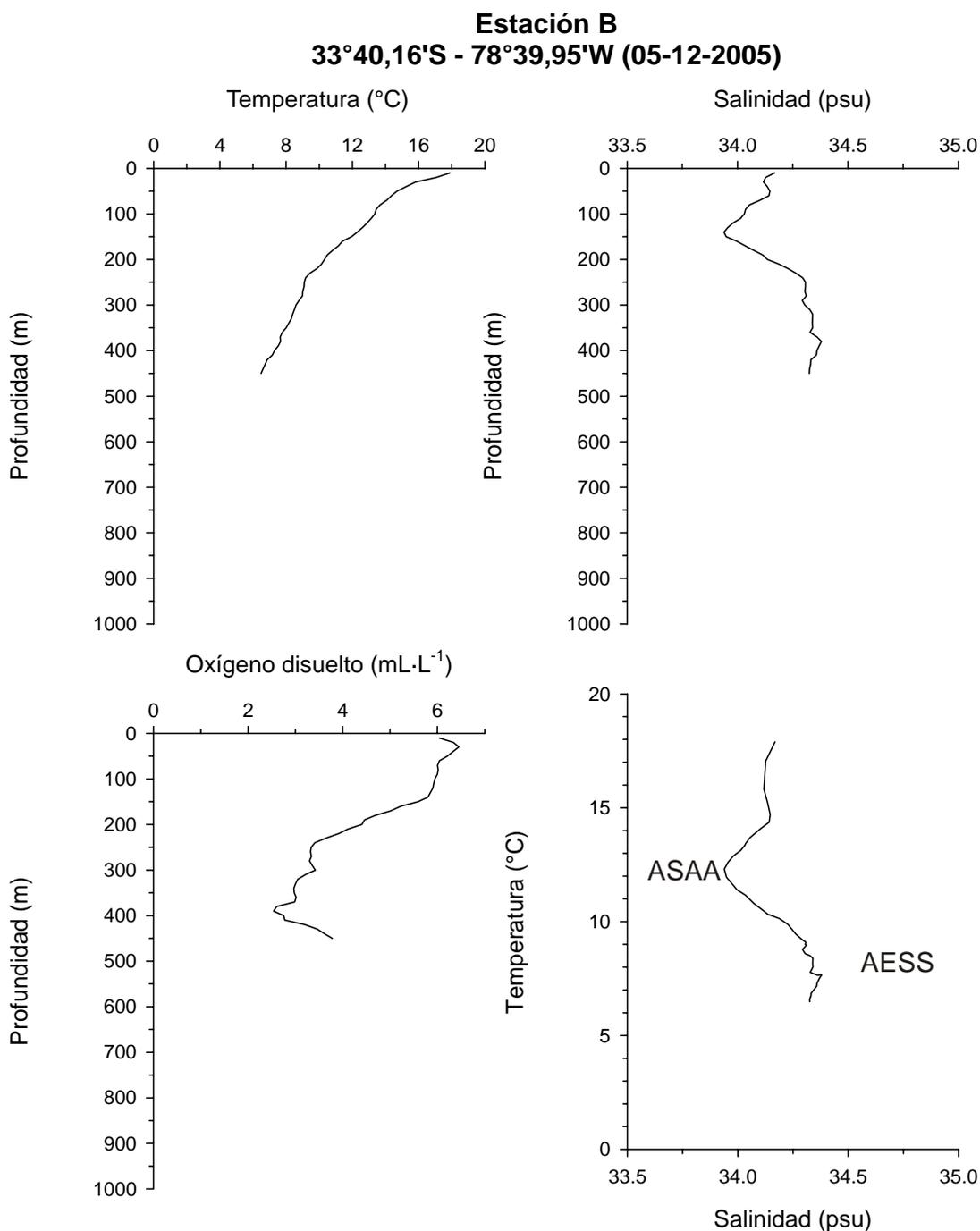
En la capa intermedia (400–1000 m), la salinidad presentó un mínimo relativo de salinidad con valores menores de 34,3 psu y un máximo relativo de salinidad con concentraciones mayores de  $2 \text{ mL}\cdot\text{L}^{-1}$ , lo cual es característico en la zona del AIAA. Esta agua proviene de la zona al norte del Frente Polar (Reid, 1965; Tsuchiya & Talley, 1998) aún es apreciable nítidamente en la zona (Silva & Sievers, 1973; Silva, 1985), generando un ambiente que le es propio, cuya característica principal es el máximo intermedio de oxígeno disuelto.

### **AGRADECIMIENTOS**

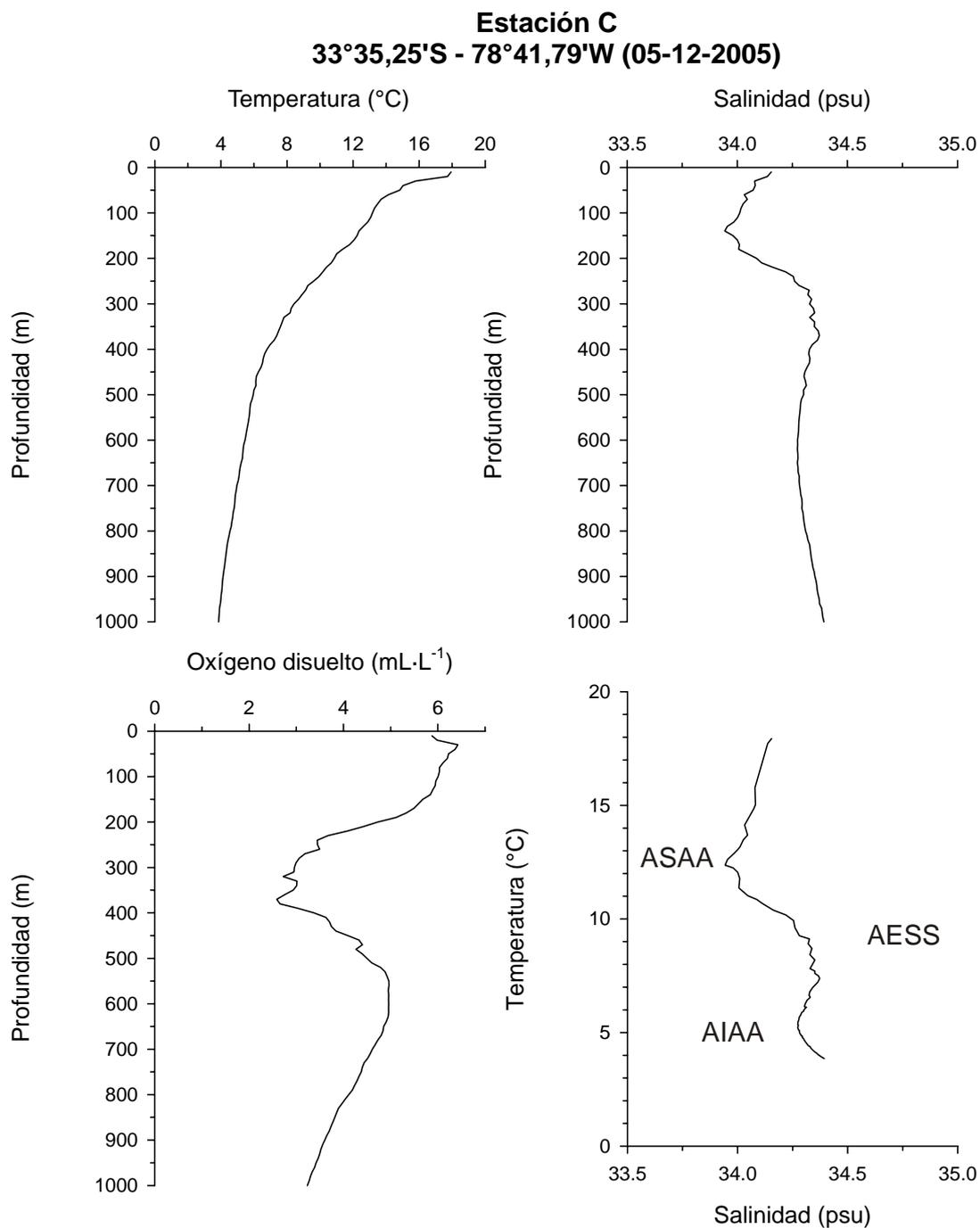
Se agradece al Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile por la recolección de datos en cuatro estaciones oceanográficas alrededor de isla Robinson Crusoe, efectuada con el CTDO del Agor "60" Vidal Gormaz.



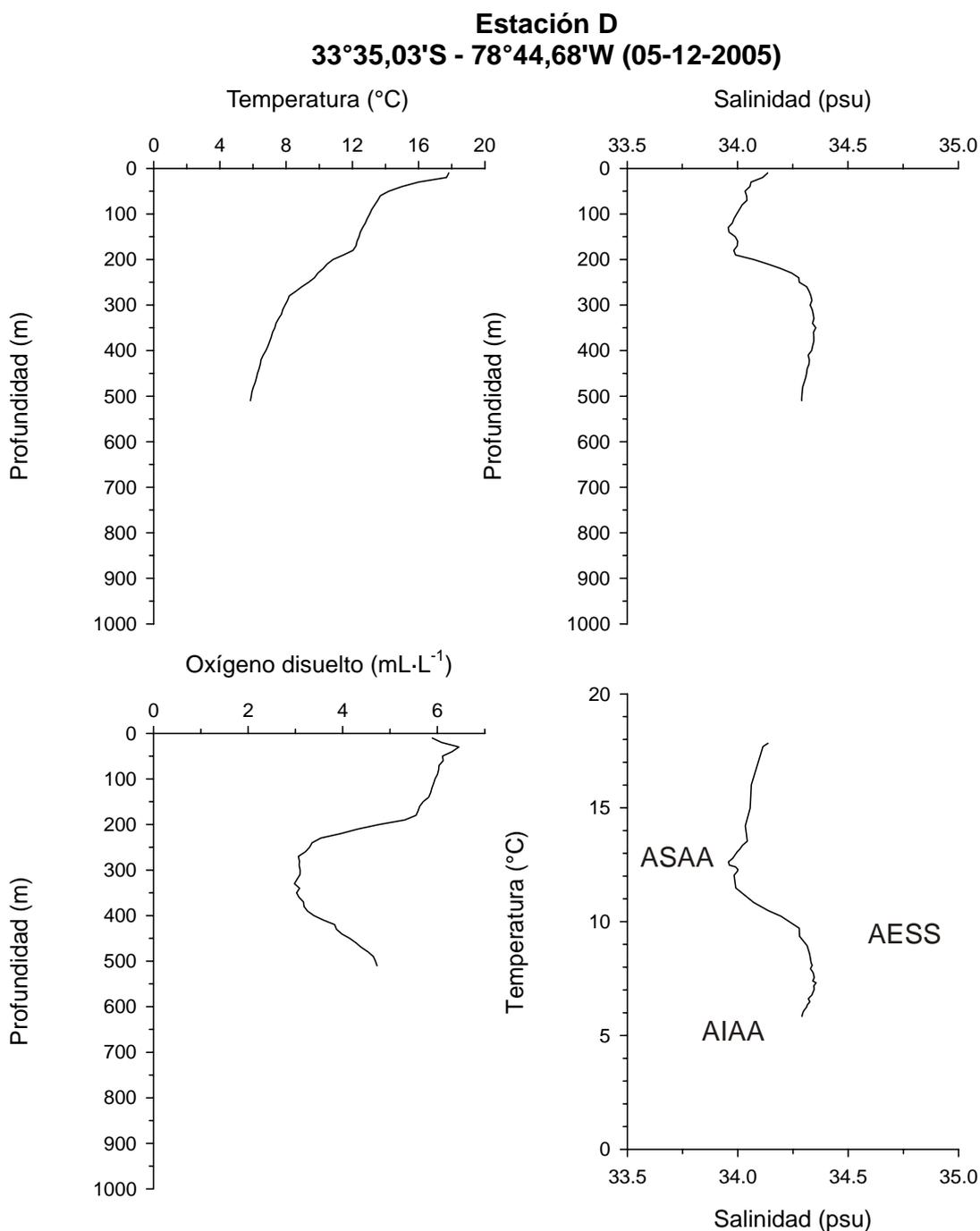
**Figura 110.** Distribución vertical de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y diagramas T-S para la estación A. ASAA = Agua Subantártica; AESS Agua Ecuatorial Subsuperficial; AIAA Agua Intermedia Antártica.



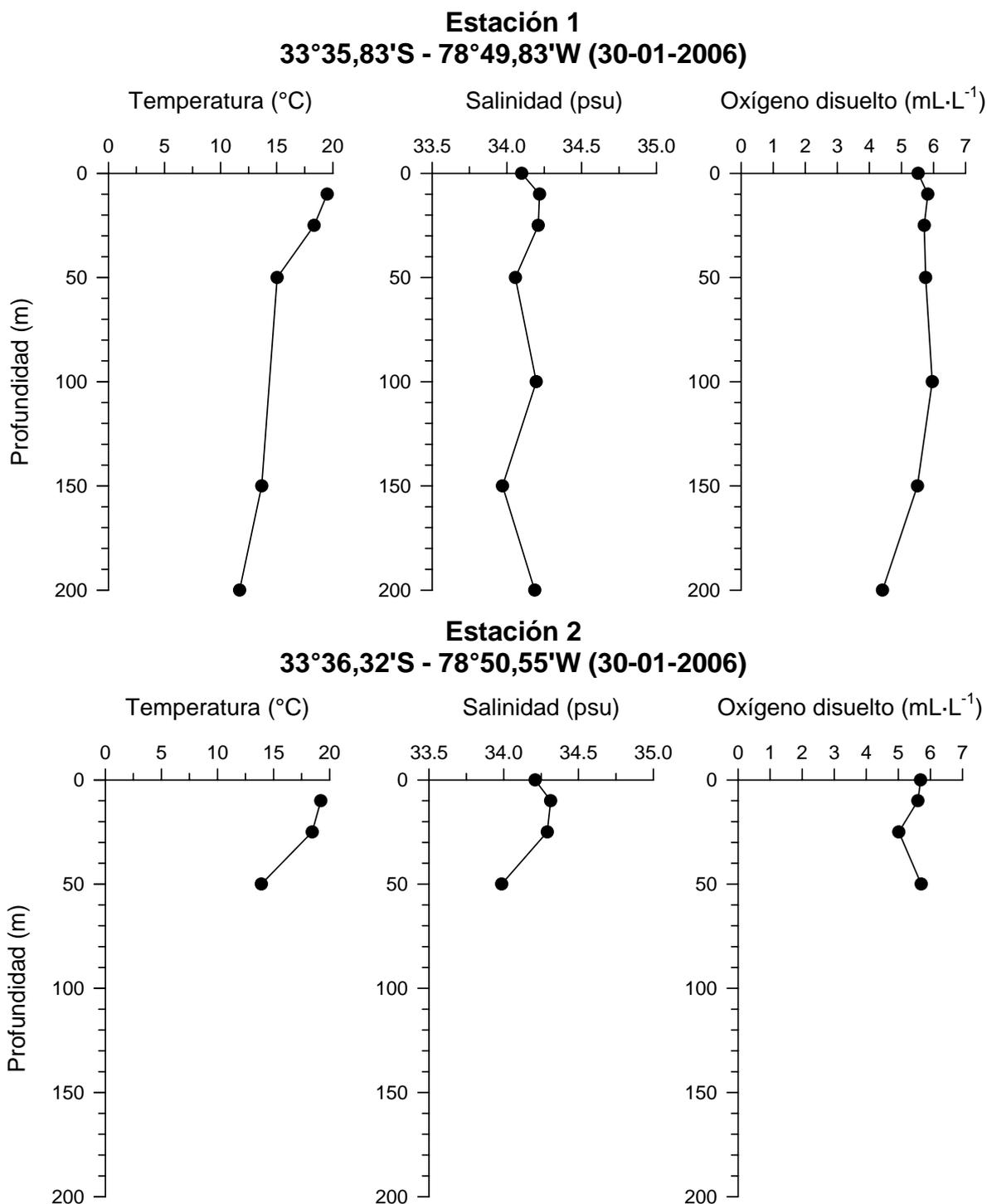
**Figura 111. Distribución vertical de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y diagramas T-S para la estación B. ASAA = Agua Subantártica; AESS Agua Ecuatorial Subsuperficial.**



**Figura 112.** Distribución vertical de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y diagramas T-S para la estación C. ASAA = Agua Subantártica; AESS Agua Ecuatorial Subsuperficial; AIAA Agua Intermedia Antártica.



**Figura 113.** Distribución vertical de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y diagramas T-S para la estación D. ASAA = Agua Subantártica; AESS Agua Ecuatorial Subsuperficial; AIAA Agua Intermedia Antártica.



**Figura 114.** Distribución vertical de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y diagramas T-S para las estaciones obtenidas el 30 de enero 2006.

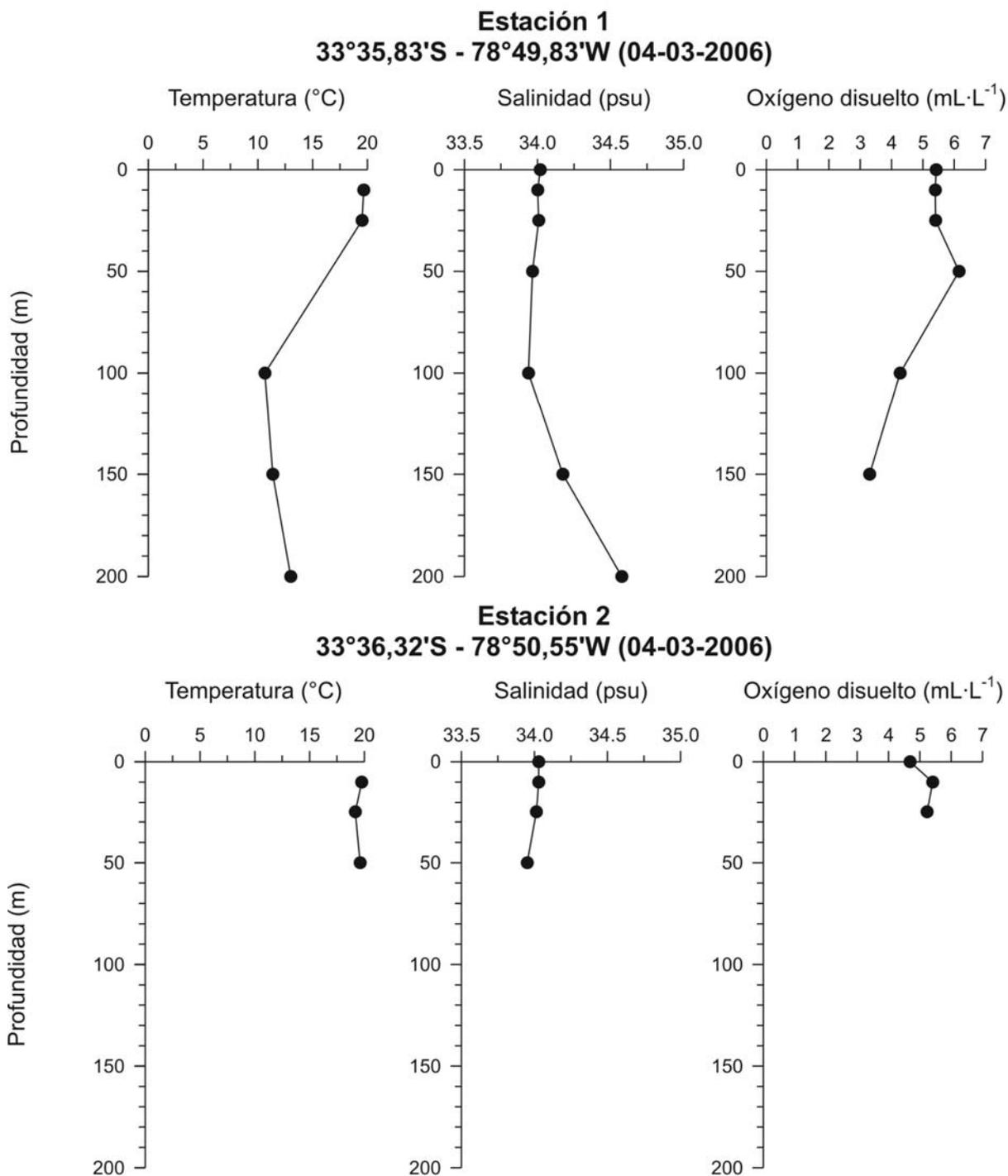


Figura 115. Distribución vertical de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y diagramas T-S para las estaciones obtenidas el 04 de marzo 2006.

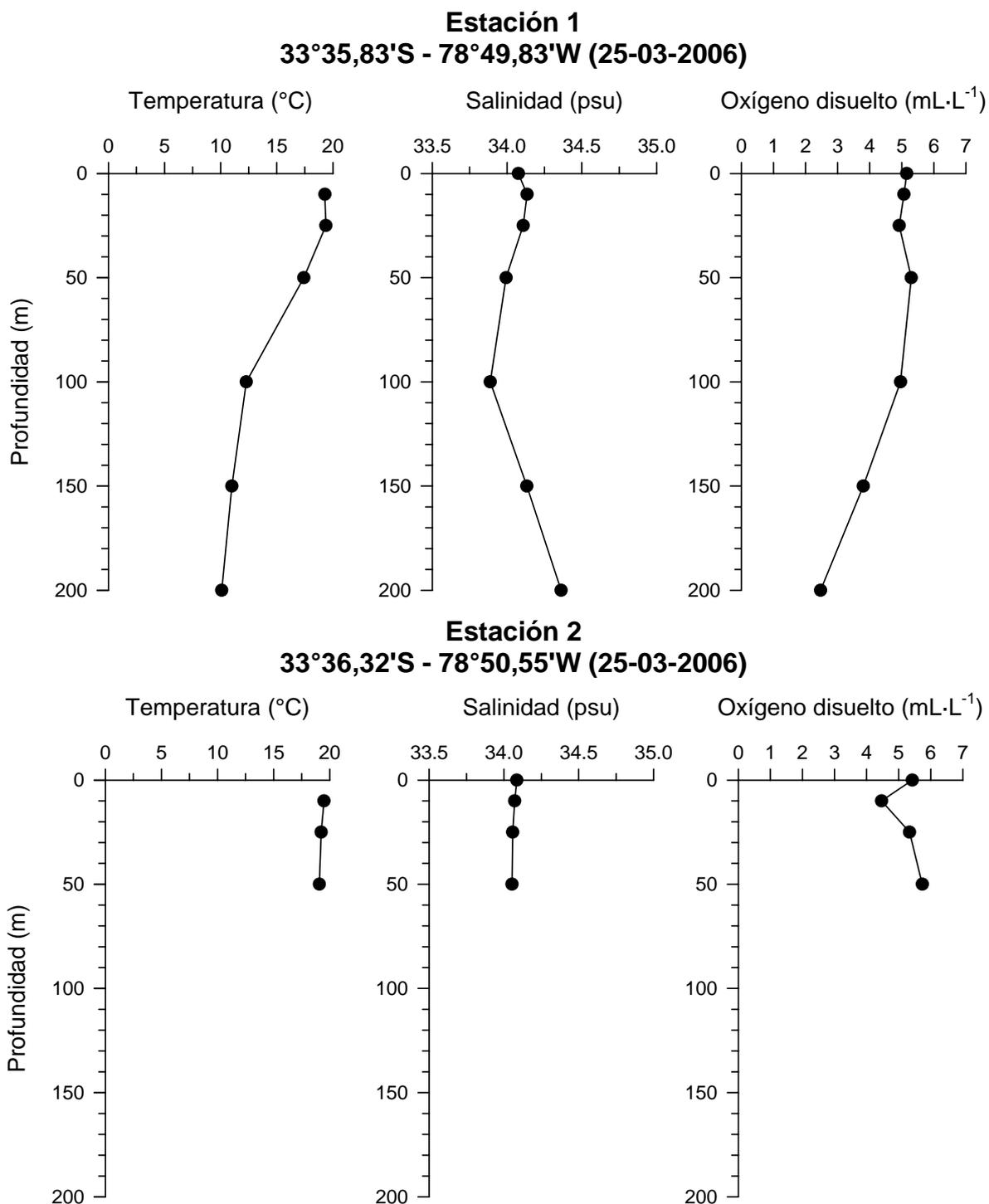


Figura 116. Distribución vertical de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y diagramas T-S para las estaciones obtenidas el 25 de marzo 2006.

## DISCUSIÓN

El archipiélago de Juan Fernández es un territorio que ha basado su poblamiento y desarrollo fundamentalmente en la pesquería de langosta (*Jasus frontalis*). Así, las labores ligadas a la extracción de dicho crustáceo alrededor de las islas Robinson Crusoe, Santa Clara y Alejandro Selkirk, además de las islas Desventuradas, se han desarrollado desde el siglo XIX, constituyendo no sólo una actividad pesquera, sino que una cultura cuya historia está ligada indisolublemente a la sustentabilidad de la pesquería.

El cangrejo dorado (*Chaceon chilensis*), es una especie en torno a la cual se ha desarrollado gradualmente una actividad extractiva a partir de una prospección de pesca exploratoria y experimental desarrollada por la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso en 1997 (Proyecto FIP 95-25) (Arana, 2000a). Esta pesquería constituye actualmente la más cierta posibilidad de diversificación del esfuerzo pesquero para la pesca artesanal desarrollada en aguas del archipiélago. Así, a partir de los datos y la información desarrollada en el presente estudio, se exponen a continuación la discusión de los resultados, para ambas especies objetivo, a fin de ser comentados y contrastados con información biológico-pesquera disponible generada en el marco de otros proyectos de investigación.

### a) Langosta de Juan Fernández

#### *Distribución y capturas*

La información recopilada en los muestreos en el mar entre octubre 2005 y marzo 2006, permitió generar la cartografía de los rendimientos de pesca promedio mensuales por estrato de profundidad. De acuerdo a ello, los resultados indicaron que las mayores tasas de captura o CPUE muestreadas se obtuvieron durante octubre 2005 (>5 langostas/trampa), principalmente en estratos de profundidad mayores a 80 m.

Cabe destacar, que en términos comparativos los altos rendimientos de langosta obtenidos durante octubre 2005 nunca se habían registrado en temporadas anteriores, de acuerdo a las investigaciones realizadas previamente por Arana & Melo (1973), Arana & Toro, 1985, Henríquez *et al.* (1985) y Arana & Vega (2000b), autores que en general coincidían en observar los mayores rendimientos en los meses enero-febrero de cada año. Durante el resto de los meses, los rendimientos disminuyeron considerablemente en comparación a octubre, manteniéndose la CPUE entre 0,5 y 3,5 langostas/trampa en los distintos estratos de profundidad, con tendencia a la disminución en los rendimientos y el alejamiento de la costa en los últimos meses de la temporada. Los valores obtenidos evidencian un leve

aumento en la tasa de captura respecto a las prospecciones realizadas en los últimos 25 años siendo más similares a lo obtenido durante la temporada 1984-1985 (Henríquez *et al.*, 1985).

Se destaca en los resultados de la cartografía, el cambio en la distribución batimétrica de los rendimientos de pesca de langosta durante los meses muestreados, en los cuales se observa que los registros más altos tienden a estar cercanos a la costa en los primeros meses (octubre-diciembre) para luego desplazarse a mayores profundidades al transcurrir la temporada. Este comportamiento de la langosta durante el período de pesca es coincidente con lo señalado por Pavez & Arana (1982), Arana (1983), Arana & Venturini (1989), Arana (1991-1992) y Arana & Vega (2000b).

Con relación a las capturas, destacó claramente la alta especificidad de las trampas en cuanto a capturar sólo marginalmente especies de fauna acompañante. Así, cabe indicar la presencia de pulpo (*Octopus* sp.) y centolla de Juan Fernández (*Paraloma rathbuni*) como las especies de mayor importancia como fauna asociada a la pesquería de *J. frontalis*, posiblemente relacionado con el área y profundidad de captura de la langosta. Igualmente, se registra la presencia ocasional de trozos de especies coralinas, destacando *Lumapathes fernandenzii*, al interior de las trampas de pesca, producto de enredos accidentales, provocados por la caída y/o arrastre del aparejo sobre el fondo marino, ya sea durante el calado y/o virado del mismo.

#### *Estructura del stock*

De acuerdo a los resultados emanados del análisis de la información biológico-pesquera, durante la presente temporada se han evidenciado algunos cambios en la población de langosta de Juan Fernández respecto a los reportes de años previos. En efecto, al comparar los actuales resultados con los obtenidos durante la temporada 96/97, se establecieron cambios en la proporción sexual, en los tamaños promedio de los ejemplares capturados y en la estructura de tallas del stock explotado.

En cuanto a la proporción sexual, en términos globales, durante el periodo analizado se obtuvieron valores mensuales que fluctuaron entre 48 y 60% y un valor promedio de 55%, cifras superiores a los informados por Arana & Olate (2000) quienes reportan un porcentaje de machos promedio de 47% con valores mensuales entre 34,3 y 57,1%.

Por su parte, la proporción sexual estructurada a la talla también registró un patrón levemente distinto. Así, mientras en la temporada 96/97 se registraron valores que oscilaron en torno al 50% y una tendencia de mayor proporción de machos en tallas inferiores a los 80,5 mm y mayores a 105,5 mm, en la actualidad se obtuvo un valor promedio de aproximadamente un 45% en tallas inferiores a los 80 mm de longitud cefalotorácica y de alrededor de 65% a partir de 111 mm.

En otras palabras, a tallas inferiores se observó una menor proporción de machos, mientras que a longitudes cefalotorácicas mayores se mantuvo la tendencia registrada en 1996-1997. En el rango intermedio (88 a 110 mm) en tanto, se incrementó en el porcentaje de machos respecto a lo indicado por Arana & Olate (2000).

Tal como se indicó precedentemente, también se registró un cambio significativo en el tamaño medio de los ejemplares capturados, siendo el promedio superior durante el presente estudio a lo reportado en otros trabajos. En efecto, durante la temporada de pesca 96/97 Arana & Olate (2000) informaron que la talla media mensual en machos fluctuó entre 83,9 y 88,7 mm y en hembras entre 83,7 y 89,9 mm, mientras que en la actual temporada los valores fueron superados en ambos sexos (92,4 y 100,1 mm en machos y 89,0 y 97,8 mm en hembras).

Al respecto, cabe indicar que el comportamiento del indicador de tendencia central precitado se complementó con una mayor amplitud en el rango de tallas en ambos sexos. Estos hechos son un indicio de procesos de reclutamiento exitosos, lo que explicaría el registro de ejemplares de tallas inferiores, los cuales no se encontraban representados en la temporada 96/97, así como del registro de un porcentaje más alto de ejemplares de mayor talla.

#### *Modelo dinámico poblacional*

Con relación a la estadística de desembarques analizada, cabe señalar que ésta presenta diversos problemas que deben ser resueltos con premura, este hecho permitirá construir series históricas de indicadores que den cuenta real de las remociones y de los cambios en la abundancia relativa. Los factores a tomar en cuenta se resumen a continuación:

- (a) Es prioritario obtener un registro no sesgado de las capturas de langostas. De esta forma se deben tomar las medidas del caso para llevar una confiable estadística mensual.
- (b) Las unidades de captura deben ser el número de langostas. Esta es una medida que todos los pescadores y los operadores manejan y evitará errores de estimación por parte de los mismos o asignaciones arbitrarias, como por ejemplo de conversión, por parte la institución que lleva la estadística pesquera, ya que en este caso no es necesariamente el peso promedio es constante entre años.
- (c) Los registros de captura deben ser agrupados por temporada, ya que sobre ésta opera el esfuerzo pesquero y se obtienen los indicadores de abundancia relativa.

- (d) Se debe registrar la estadística de desembarque por isla, separadamente para Alejandro Selkirk y Robinson Crusoe/Santa Clara, así como eventualmente en las islas Desventuradas cuando se realicen faenas extractivas en dicho lugar, ya que la dinámica de estos sistemas es distinta (biológico/pesquero) y, por el hecho de ser sistemas paralelos, permitiría hacer estudios comparativos entre ellos.
- (e) Es necesario que se registre las capturas por salida de pesca y respecto al número de trampas revisadas por pescador y por mes. Esto permitirá construir series de tiempo de abundancia relativa necesarias para calibrar modelos de dinámica poblacional.

Con relación al esfuerzo, específicamente al número de botes que operan en las islas, éste se ha mantenido prácticamente constante en los últimos 30 años. Esta información es robusta, ya que proviene de numerosos informes técnicos y de los registros históricos de la Capitanía de Puerto que incluye todas las naves que se han construido y dadas de baja desde principios de los años setenta. Esta es una situación bastante particular para una pesquería lucrativa como lo es la langosta, lo que probablemente está relacionado con el grado de aislamiento de las islas, evitando que otros pescadores de zonas diversas tengan la posibilidad acceder al recurso, así como también con la estructura espacial de los lugares de pesca y la asignación tradicional del esfuerzo en caladeros denominados marcas. Los pescadores ejercen un grado de propiedad sobre estos sitios puntuales, históricamente heredados por derechos consuetudinarios.

El número promedio de salidas por bote por mes, tampoco ha experimentado un aumento en el tiempo. Esto se debe probablemente a factores como condiciones ambientales adversas, disponibilidad de carnada y tiempo mínimo de exposición de la trampa. Esta estabilidad se podría romper si cambia la disponibilidad de carnadas en la isla (cambiando por ejemplo el método de pesca) y las características de las embarcaciones, lo cual podría permitir operar efectivamente día por medio. Esta situación se aprecia como un control natural del esfuerzo en su condición actual.

A diferencia de lo anterior, el número promedio de trampas utilizadas aumentó con la incorporación del chigre, en aproximadamente seis trampas por embarcación. Esto ocurrió a fines de la década de los años noventa. En las condiciones actuales de operación, distancias del puerto a los sitios de pesca (marcas), características de las embarcaciones, pesca diurna, condiciones ambientales, determinan que exista un límite en el número de trampas efectivamente visitadas. Si bien el número de trampas aumentó, también es efectivo que en promedio no todas las trampas pueden ser visitadas en un determinado viaje.

Los indicadores de abundancia relativa muestran en la actualidad que la abundancia de langostas comerciales es la más alta en los últimos 30 años en los cuales se cuenta con registros. La medida de abundancia relativa evaluada como captura por trampa parece ser una excelente medida, ya que es robusta a cambios en cualquiera de otros niveles de esfuerzo y, además, es un estadístico de fácil interpretación. Por otra parte, es ampliamente utilizada en otras pesquerías de langostas (e.g. Nueva Zelanda y Australia). Los cambios en la captura por trampa (CPP) son coincidentes con cambios en la captura a comienzos de la serie de tiempo (caída sistemática). Luego muestra un leve incremento a mediados de los años ochenta y una baja casi histórica en el año 1996. Este último registro se contrapone con los niveles de captura reportados, ya que se esperaría niveles de abundancia relativa mayores.

Dada la estacionalidad en la distribución espacial y niveles de esfuerzo y la selectividad filo de cuchillo (invariante en el tiempo) se prevé que los niveles de captura están fuertemente regulados por los reclutamientos interanuales que ocurren a la pesquería. Desde este punto de vista no parece apropiado incorporar medidas de manejo que se relacionen con niveles de captura, sino más bien con niveles de esfuerzo, si es que se identificara un aumento importante en esta variable.

#### *Biomasa vulnerable y estado de situación*

La biomasa media explotable para la langosta se estimó en 179,1 ton, y dada la intensidad de explotación, se calculó que en la temporada 2005-2006 la remoción fue 14%. De acuerdo a los resultados del estado de situación de *J. frontalis*, la tasa de mortalidad por pesca de la fracción completamente reclutada a la pesquería en ambos sexos, resultó superior a todos los Puntos Biológicos de Referencia (PBR) estimados (excepto el 20%Bo). Así, se desprende que el nivel de explotación, tomando en cuenta los PBR  $F_{0,1}$  o  $F_{75\%F_{max}}$ , debería equivaler a una remoción en peso de un 7%, es decir, no mayor a 44 toneladas o 54.700 individuos por temporada (actualmente estimada en 50 ton app, equivalente a 61.800 individuos).

Los resultados del presente estudio difieren en muchos aspectos a los informados por Yáñez *et al.* (2000), quienes realizaron la evaluación de stock para la temporada de pesca 1996-1997, y reportaron valores de mortalidad por pesca para la fracción completamente reclutada de 0,81 y 0,63 para hembras y machos, respectivamente; magnitudes que equivalen al 60% y 54% de las estimadas para la presente temporada de pesca. Asimismo, dichos autores informaron estimaciones de abundancia y biomasa media muy inferiores a las presentes estimaciones (37,8 ton de biomasa explotable), sin que los intervalos de confianza al 95% se sobrepongan.

Este hecho no es de extrañar, puesto que los desembarques de la presente temporada fueron muy superiores, lo que compensaría el balance de masa que respaldó la modelación. Al respecto cabe indicar que de acuerdo a lo indicado por Yáñez *et al.* (2000), en dicha oportunidad el estado de situación del recurso dio cuenta de una tasa de explotación intensa, lo cual reduciría la biomasa media en el largo plazo. Tal aseveración no es concordante con lo reportado en el actual informe, el cual indica un aumento en la biomasa vulnerable, hecho atribuible tanto a diferentes enfoques metodológicos, a las limitaciones ya indicadas respecto a la información disponible en la isla, o a la influencia de variables exógenas al esfuerzo pesquero, las que explicarían en parte importante la dinámica del recurso.

De acuerdo a lo anterior, y conforme a lo discutido en el Taller técnico de difusión de resultados llevado a cabo en Valparaíso, existe consenso entre investigadores de distintas instituciones en cuanto a señalar el fracaso de los esfuerzos destinados a describir la dinámica poblacional del recurso mediante modelos tradicionales. De este modo, se estima que los aspectos que necesitan ser abordados a fin de perfeccionar el diagnóstico de la pesquería de *J. frontalis* corresponden a mejorar la calidad de la información estadística disponible, además de abordar tópicos relativos al estudio del ciclo larval y de su etapa de asentamiento, a fin de propender a la comprensión de las fases previas al reclutamiento a la pesquería.

Conforme al Taller de divulgación de resultados realizado en la isla Robinson Crusoe, para los pescadores artesanales de la isla, el principal problema lo constituye la inexistencia de un control de la actividad pesquera en dicho territorio. De este modo, tal como han reiterado en numerosas ocasiones, señalan la necesidad de que el Servicio Nacional de Pesca envíe un inspector a fin de fiscalizar la normativa vigente, debido a la existencia de un tráfico de langostas bajo talla, además de establecer sanciones fuertes a quienes transgredan las normas.

En este sentido, indican que resulta fundamental mejorar la recopilación estadística de la información, la cual debe efectuarse en unidades y separadamente para Robinson Crusoe-Santa Clara y Alejandro Selkirk. En este sentido, cabe indicar que éstos tópicos han sido reiteradamente planteados en el tiempo, sin que a la fecha hayan sido recogidos por la Autoridad competente.

## **b) Cangrejo dorado**

### *Distribución y capturas*

Los niveles de la CPUE mensual muestreada obtenidas para cangrejo dorado por zona de pesca variaron entre 7 y 26 cangrejos/trampa en estratos de 400 y 650 m de profundidad en el período julio 2005 - marzo 2006. De acuerdo a ello, los rendimientos de pesca de cangrejo dorado obtenidos en las

islas Robinson Crusoe y Santa Clara en el presente proyecto, son muy similares a los obtenidos por Arana (2000b) en donde obtiene una CPUE promedio de 8,2 cangrejos/trampa.

Así, si bien las actividades pesqueras del recurso se desarrollaron entre 2005 y 2006 en caladeros muy localizados, en profundidades entre 400 y 650 m, la información obtenida a partir de la ejecución de tres transectas de pesca, permitió delimitar la distribución de la especie. De este modo, se detectó entre los 300 y 1000 m de profundidad, ubicándose sólo en la denominada transecta 3 (a la cuadra de Puerto Francés) hasta los 1000 m de profundidad, probablemente por la configuración del fondo marino, caracterizado por ser muy abrupto y accidentado en las restantes dos zonas prospectadas.

Coincidentemente con lo indicado por Arana (2000b), destacó la ausencia de hembras en prácticamente todos los lances de pesca realizados. Al respecto, cabe indicar el registro de una mayor presencia de este sexo en aquellas trampas caladas a menor profundidad, zona en la cual la captura de *Chaceon chilensis* se mezcla con la presencia de *Paraloma rathbuni*, esto puede explicar que no se vulneren ejemplares hembras en faenas comerciales de pesca extractiva. En este sentido, la estratificación de los sexos por estrato de profundidad es un hecho documentado para *Geryonidae*, presentando *C. chilensis* un comportamiento similar a *C. maritae*, especie que presenta un predominio de machos a profundidades mayores, y que difiere al documentado en *C. affinis* en las islas Canarias y Azores (López Abellán *et al.*, 2002).

#### *Estructura del stock*

El cangrejo dorado es un recurso cuya explotación es reciente y del cual se dispone de pocos antecedentes. Los primeros provienen de actividades de pesca experimental y exploratoria realizadas entre 1996 y 1997. Así, los resultados del presente estudio corresponden a los primeros obtenidos sobre la base del análisis de datos provenientes de faenas de pesca comercial, por lo que la comparación con los resultados obtenidos por Arana (2000a y 2000b), en operaciones de pesca exploratoria, se debe realizar tomando en cuenta la limitante precitada.

Los resultados del presente proyecto indican un claro predominio de machos los cuales representaron el 97,8%, tendencia similar a lo reportado por Arana (2000a y 2000b). En cuanto a la estructura de la población, los resultados dejan de manifiesto diferencias con los estudios anteriores, así las tallas medias de las capturas (119 mm en machos y 97,3 mm en hembras) son inferiores a las registradas durante la pesca exploratoria (Arana, 2000a) en donde se determinó valores de 123 y 101 mm en machos y hembras respectivamente. Esto posiblemente sea un primer efecto de la actividad extractiva que se ha realizado de manera más constante sobre el cangrejo.

En cuanto a la distribución de frecuencias de tallas, los resultados del presente estudio indican un amplio rango de tallas (48 a 177 mm) que supera el intervalo reportado por Arana (2000a) (86 a 140 mm) y Arana (2000b) (84 y 147 mm). Igualmente, las estructuras de tallas dan cuenta de dos modas (126 y 101 mm), efecto que no fue detectado en los estudios anteriores. Cabe destacar que en esta pesquería no hay medida que regule el tamaño mínimo de extracción; no obstante, por razones relacionadas con la comercialización del cangrejo, los pescadores devuelven al mar los ejemplares bajo los 130 mm de ancho de cefalotórax, lo que equivale a 114 mm de longitud cefalotorácica. Así, bajo esta consideración el 63,4% de los ejemplares capturados corresponde a la fracción comercial del stock.

Cabe indicar que a partir de la distribución de frecuencias de tallas generadas mediante las transectas de pesca se determinaron diferencias por estrato de profundidad. Así, la concentración de grupos modales pequeños a profundidades someras podrían sugerir como zona de reclutamiento para el recurso en fondos marinos situados a profundidades menores a los 500m aproximadamente.

#### *Biomasa vulnerable y estado de situación*

Las estimaciones de biomasa vulnerable mediante métodos directos, esto decir, mediante área de influencia del aparejo de pesca y reducción de stock para los escenarios utilizados, fueron sólo fueron utilizados como experiencias de carácter complementario, dadas las limitaciones de los mismos, en especial la de reducción de stock. Pese a ello, la evaluación realizada mediante el método de área de influencia de las trampas, permitió comparar los resultados obtenidos con los reportados, empleando similar metodología a la utilizada por Arana (2000b).

De este modo, la actual estimación indica para el stock explotado, una biomasa vulnerable de 545 ton para el rango comprendido entre 300 y 600 m de profundidad. Al respecto cabe indicar que dicho autor estimó 995 ton, para el rango batimétrico comprendido entre 175 y 625 m de profundidad, para el perímetro completo de la isla y para la totalidad del rango de tallas. Para ello empleó un radio de influencia, de acuerdo a antecedentes bibliográficos, de 30 m de longitud para diseños de trampas distintos, utilizadas en el marco de pesca experimental.

Así, la diferencia se explica porque en 1996-1997, se dio cuenta de un área de expansión diferente, correspondiente al perímetro completo de la isla con otro rango de profundidad. Igualmente, se consideró la totalidad del rango de tallas capturado por las trampas, dada la inexistencia de una talla comercial a la fecha de realización de dicho trabajo, y aparejos de pesca sólo de carácter experimental.

De este modo, tanto la evaluación de stock, efectuada mediante método de pseudocohortes, así como la evaluación directa mediante área de influencia del aparejo, coinciden en indicar una biomasa vulnerable de 550 ton aproximadamente para *Chaceon chilensis* en el área de distribución del recurso vulnerado por la flota.

A partir de la evaluación de stock de cangrejo dorado, y de la estimación de sus respectivos PBR, bajo el supuesto de una mortalidad natural equivalente a  $M = 0,15$  (año<sup>-1</sup>), conocida y libre de incertidumbre, se estimó una condición saludable del recurso cangrejo dorado de Juan Fernández. De acuerdo a ello, es recomendable no se exceder 35 ton de desembarque por temporada de pesca o por año calendario hasta que no se disponga de mayor información sobre esta especie.

Conforme a lo discutido en los talleres de difusión de resultados, efectuados tanto en Valparaíso como en Juan Fernández, existe consenso en cuanto a que es necesario fomentar la actividad pesquera de *C. chilensis* a fin de consolidar una pesquería complementaria a la langosta de Juan Fernández. De ese modo, se estima necesario mantener la actividad con el menor número de restricciones posibles, sugiriéndose establecer como talla mínima legal de captura los 130 mm de ancho cefalotorácico.

Los pescadores artesanales de la isla, señalan que el único modo de desarrollar la actividad económica en torno al crustáceo precitado pasa por solucionar la inexistencia de capacidad de procesamiento en Robinson Crusoe. En este sentido, cabe indicar la inquietud de numerosos actores en cuanto a establecer una planta de procesamiento en dicho territorio, la cual ha sido obstaculizada por restricciones burocráticas o de carácter normativo.

#### *Antecedentes oceanográficos del proyecto*

Como complemento a las investigaciones programadas en el proyecto, se generaron nuevos antecedentes oceanográficos, con el fin de contribuir a explicar la distribución de las especies estudiadas en torno al archipiélago de Juan Fernández. Esto fue posible al contar con la colaboración del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile (SHOA), que accedió a realizar el 5 de diciembre de 2005 cuatro estaciones oceanográficas con el AGOR Vidal Gormaz, frente a bahía Cumberland, hasta una profundidad de 1000 m. Con un CTDO SeaBird 19 plus se obtuvo registros continuos de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto. Para la calibración de los sensores de salinidad y oxígeno disuelto se tomaron además muestras discretas a profundidades estándar con botellas Niskin adosadas a la roseta. Paralelamente, personal de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, utilizando con este fin un bote pesquero, realizaron adicionalmente muestreos en dos estaciones oceanográficas los días 30 de enero, 4 y 25 de marzo de 2006, empleando para ello botellas Niskin y termómetros oceanográficos de inversión. En estas estaciones se registró la temperatura y se tomaron muestras de agua de mar a las

profundidades discretas de 0, 10, 25, 50, 100, 150 y 200 m, para la determinación de salinidad y oxígeno disuelto (ver Addendum).

Los resultados obtenidos en estos muestreos oceanográficos permitieron definir en profundidad la presencia de tres masas de agua, que corresponden al Agua Subantártica (ASAA), que se ubicó en la capa superficial (0-200 m), el Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS) que se ubicó entre 200 y 400 m y el Agua Intermedia Antártica (AIAA) entre los 400 y 1000 m. Al correlacionar el rango que cubren en la región cada una de estas masas de agua es posible determinar la estrecha relación de estas con la presencia de los crustáceos de interés pesquero o potencial en torno a las islas Robinson Crusoe y Santa Clara.

De esta manera, se asocia la distribución de la langosta estrechamente relacionada con las Aguas Subantárticas, caracterizada por una relativamente baja salinidad, alto contenido de oxígeno disuelto y temperaturas en el rango de 18°C a 10°C en el límite inferior de esta masa de agua (200 m). El Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS) se caracteriza principalmente por una mayor salinidad y por presentar un bajo nivel de oxígeno disuelto ( $<2 \text{ mL}\cdot\text{L}^{-1}$ ), rango de profundidad que es habitado por la centolla de Juan Fernández (*Paromola rathbun*), donde no se encuentran ejemplares de langosta y escasa presencia de cangrejo dorado. Bajo dicha masa de agua, las condiciones oceanográficas nuevamente cambian, determinándose en el Agua Intermedia Antártica nuevamente mayores contenidos de oxígeno disuelto y menor salinidad, con el núcleo centrado alrededor de los 600 m. Este rango concuerda plenamente con la distribución en profundidad del cangrejo dorado, a la vez que la mayor disponibilidad de este recurso se encuentra entre 450 y 700 m, como fue determinado en la presente investigación y en estudios previos sobre esta misma especie.

## CONCLUSIONES

### a) Langosta de Juan Fernández

#### *Distribución*

- La langosta de Juan Fernández (*Jasus frontalis*) se distribuyó entre los 20 y 130 m de profundidad alrededor de las islas Robinson Crusoe y Santa Clara.
- En general, los rendimientos de pesca de langosta muestreados en islas Robinson Crusoe y Santa Clara registran un leve aumento respecto a los obtenidos en los últimos 25 años, destacándose en forma extraordinaria el resultado de octubre de 2005 en que se obtuvo altas tasas de captura a diferencia de lo establecido en años previos.
- A medida que transcurre la temporada de langosta disminuyen los rendimientos de pesca. A principios del período de pesca (octubre) se calan trampas cerca de la costa y luego el esfuerzo se aleja de la costa, al localizarse el recurso en estratos de mayor profundidad.

#### *Estructura del stock*

- La langosta presentó una proporción sexual global (% de machos) que fluctuó entre 60 y 48% (febrero y noviembre, respectivamente), con un promedio de 55%.
- El tamaño de los ejemplares muestreados durante el período analizado fluctuó en machos entre 36,1 y 207,8 mm de longitud cefalotorácica, en tanto que en hembras varió entre 36,4 y 180,5 mm. En términos generales los machos exhibieron tallas medias superiores a las hembras fluctuando entre 92,4 y 100,1 mm en los primeros y entre 89,0 y 97,8 mm en las segundas, valores superiores a los obtenidos durante la temporada de pesca 96/97.
- La distribución de frecuencias de tallas para el período analizado, presentó una moda marcada en los 101 mm longitud cefalotorácica, la que se reitera en machos y hembras. En términos mensuales, se observó que en la medida que transcurre la temporada de pesca un aumento de la pendiente en el lado derecho de la curva, lo cual es efecto de la pesca de ejemplares sobre la talla mínima legal.

#### *Modelo poblacional dinámico*

- Es prioritario obtener un registro insesgado de las capturas de langostas. De esta forma, se deben tomar las medidas del caso para llevar una confiable estadística mensual.
- Las unidades de las capturas deben ser número de langostas. Esta es una medida que todos los pescadores y los operadores manejan y evitará errores de estimación por parte de los mismos o asignaciones arbitrarias (de conversión) por parte la institución que lleva la estadística pesquera.
- Los registros de captura deben ser agrupados por temporada, ya que sobre esta opera el esfuerzo pesquero y se obtienen los indicadores de abundancia relativa.
- Se hace necesario registrar una estadística de desembarque por isla, separadamente para la Alejandro Selkirk de Robinson Crusoe/Santa Clara, y eventualmente de las islas Desventuradas, ya que la dinámica biológica-pesquera de estos sistemas es distinta, y al ser sistemas paralelos, permite hacer estudios comparativos entre ellos.

- Es necesario implementar un registro de captura por salida y número de trampas utilizadas por pescador y por mes. Esto permitirá construir series de tiempo de abundancia relativa necesarias para calibrar modelos de dinámica poblacional.

#### *Estado de situación*

- Los resultados de la evaluación indirecta para el recurso langosta del archipiélago de Juan Fernández (*Jasus frontalis*) en la temporada 2005-2006, reportan valores de mortalidad por pesca de la fracción del stock completamente reclutada a la pesquería en torno a  $M = 1,35$  y  $M = 1,17$ , en hembras y machos respectivamente. Magnitudes superiores en ambos sexos, a la estimación del punto biológico de referencia (PBR)  $F_{max}$ , que es considerado como umbral de explotación, sobre el cual se hace presente la sobrepesca.
- En ambos sexos, la estimación máximo verosímil (EMV) de  $I_{50\%}$ , longitud cefalotorácica (LC) que da cuenta del 50% de retención, está en torno a los 97 mm. Asimismo, la estimación donde se registra el 95% de retención respecto a un patrón de explotación logístico, fluctúa los 102 mm LC.
- Para haber sustentado el desembarque de 50 ton, equivalentes a 61.830 langostas, en la presente temporada, debieron haber existido al menos entre 289 y 403 ton como biomasa media disponible en el área de pesca. En términos numéricos, lo anterior equivale a una fluctuación entre 477.800 y 637.900 langostas, donde la contribución a la abundancia media por parte de las hembras es al menos de un 37%.
- Por efectos de la pesca, la remoción en número fluctuó en torno del 12%, respecto de la abundancia media que debió haber estado disponible a inicios de la temporada de pesca; lo que en términos de remoción en peso asciende a un 14% de la biomasa media.
- Una postura adversa al riesgo sugiere una remoción en peso entre un 5% y 7%, lo que se deriva del análisis de rendimientos y biomاسas equilibradas, evaluadas en los PBR  $F_{0,1}$  y  $F_{75\%F_{max}}$ , y por consiguiente, el desembarque total considerando ambos sexos, en el largo plazo en promedio no debería exceder las 44 ton (54.800 ejemplares).
- En consecuencia, a la luz de los resultados de este enfoque analítico y de las limitaciones impuestas por los supuestos, no es sustentable mantener los niveles actuales de explotación pesquera en el largo plazo; por lo que se recomienda reducir el nivel de mortalidad por pesca, mediante la determinación una Cuota Total Permisible, y/o administrar el esfuerzo de pesca, regulando el número de embarcaciones, botes y/o trampas caladas estimada en función a PBR's que permitan resguardar el recurso y la actividad productiva, como los antes señalados.

#### *Estructura del stock incorporando incertidumbre en la mortalidad natural*

- Los resultados de la evaluación indirecta del recurso langosta del archipiélago de Juan Fernández (*Jasus frontalis*) para la temporada de pesca 2005-2006 que incorpora la incertidumbre en la mortalidad natural, dan cuenta de estimaciones de dicha variable, en torno a 0,19 y 0,17 para hembras y machos respectivamente.
- De forma similar, se reportan estimaciones de mortalidad por pesca del grupo de tallas completamente reclutado a la pesquería, en torno a 1,4 y 1,3, para hembras y machos respectivamente. Magnitudes superiores en ambos sexos, a la estimación del punto biológico de referencia (PBR)  $F_{max}$ , que es considerado como umbral de explotación, sobre el cual comienza el riesgo de sobreexplotar la población desovante y a reducir el futuro reclutamiento.

- Al comparar las estimaciones puntuales de ambos escenarios, la mayor variación en la mortalidad por pesca ocurre en los machos, registrándose un alza del 12% junto con un descenso cercano al 8% en el valor de mortalidad natural.
- En ambos sexos, la estimación máximo verosímil (EMV) de  $L_{50\%}$ , longitud cefalotorácica (LC) que da cuenta del 50% de retención, está en torno a los 97-98 mm. Asimismo, la estimación donde se registra el 95% de retención respecto a un patrón de explotación logístico, fluctúa los 101-103 mm LC.
- Para haber sustentado el desembarque en torno a las 61.830 langostas (50 toneladas), a inicio de la presente temporada, la abundancia media disponible en la zona de pesca debió haber fluctuado entre 479.400 a 641.500 individuos; con un aporte en promedio cercano al 40% de las hembras. Lo que en términos de biomasa media corresponde a niveles entre 291 a 403 toneladas.
- La extracción en número por efectos de la pesca, fluctuó en torno del 10,3%, respecto de la abundancia media (sexos combinados) que debió haber estado disponible a inicios de la temporada de pesca; lo que en términos de remoción en peso asciende a un 13,7% de la biomasa media.
- El haber incorporado la mortalidad natural en la evaluación de stock y estimarla junto al resto de las variables, mediante estimadores máximo verosímiles empleando un enfoque bayesiano, suministra información respecto a la incertidumbre en determinadas variables de interés; pero no afectan el diagnóstico del estado del recurso ni las recomendaciones, cuando se consideró como parámetro conocido. Lo anterior, debe ser producto de las numerosas fuentes de error difíciles de precisar pero ciertos de su existencia, dentro de las cuales tenemos: i) subreporte en los desembarques, ii) rendimientos de pesca que den cuenta de la abundancia relativa más que de procesos de pequeña escala o más bien locales, iii) insuficiencia en la dinámica y biología del recurso, entre otros.

#### *Medidas de regulación y desarrollo*

- A partir del desarrollo del Taller de Difusión de resultados, efectuado en Valparaíso, hubo consenso en cuanto a sugerir a la Autoridad que, en caso de implantarse alguna medida de manejo adicional a la pesquería, ésta debiese ser consultada a los principales usuarios de la pesquería, los pescadores de Juan Fernández. Del mismo modo, éstas debiesen orientarse al control del esfuerzo en vez de a las capturas, dada las falencias de los modelos empleados en la evaluación utilizados a la fecha debido a limitaciones respecto de la información estadística disponible para el recurso.
- De acuerdo al Taller de divulgación efectuado en Robinson Crusoe, los pescadores artesanales manifestaron que el principal problema de la pesquería de langosta de Juan Fernández pasa por la inexistencia de un control de Sernapesca en dicho territorio. Así, solicitan el traslado de un inspector a dicho lugar con el fin de prevenir el tráfico de ejemplares bajo talla.

## b) Cangrejo dorado

- El cangrejo dorado (*Chaceon chilensis*) se distribuyó entre los 300 y 1000 m de profundidad.
- Los rendimientos de pesca de cangrejo dorado variaron entre 7 y 26 cangrejos/trampa en estratos entre 400 y 650 m de profundidad.
- La proporción sexual registrada en cangrejo durante el período analizado, dejó de manifiesto un consistente predominio de machos, los cuales representaron entre el 95,7% (marzo) y 99,5 % (febrero) de las capturas, con un promedio para la temporada analizada de 97,8%.
- En términos globales, los machos exhibieron mayor tamaño que las hembras; así, en los primeros meses la longitud cefalotorácica media fluctuó entre 113,3 (marzo) y 129,8 mm (septiembre) con un valor promedio para el periodo analizado de 119,1 mm. En el caso de las escasas hembras capturadas, su tamaño medio varió entre 90,7 y 106,6 mm (noviembre y septiembre, respectivamente), obteniéndose un valor promedio global de 93,7 mm.
- La estructura de tallas global presentó forma polimodal, no obstante se detectan dos modas importantes: la principal a los 126 mm y la secundaria a los 101 mm de longitud cefalotorácica. Asimismo, en términos mensuales, las estructuras de tallas registraron de manera consistente las dos modas principales señaladas precedentemente y un paulatino desplazamiento de éstas a tallas inferiores en la medida que transcurren los meses. Los ejemplares machos variaron entre 48,0 y 177,4 mm, mientras que las hembras se concentraron entre 73,2 y 117,2 mm de longitud cefalotorácica.

### *Evaluación de biomasa vulnerable*

- Los resultados de la evaluación indirecta talla estructurada del recurso cangrejo dorado Juan Fernández (*Chaceon chilensis*) en la temporada 2005-2006, reportan valores de mortalidad por pesca de la fracción del stock completamente reclutada a la pesquería que fluctúan entre 0,6 y 0,7. Cifra que es inferior al PBR  $F_{0,1}$ , que es considerado en muchas pesquerías, como objetivo de manejo en la administración. Asimismo, se observó un amplio rango de tallas, bien representadas en el muestreo de la captura antes del descarte.
- La estimación máximo verosímil (EMV) de  $l_{50\%}$ , longitud caparazón (LC) que da cuenta del 50% de retención, está en torno a los 117 mm. Asimismo, la estimación donde se registra el 95% de retención respecto a un patrón de explotación logístico, fluctúa los 138 mm LC.
- El desembarque esperado para el período de análisis debió haber fluctuado en torno a 31 toneladas, equivalentes a 24.700 individuos removidos por efectos de la pesca. Asimismo, debió haber existido al menos entre 482 y 518 ton, como biomasa media disponible en el área en que se ejerció la actividad de pesca. En consecuencia, tanto la remoción en número como en peso fue aproximadamente un 5% del stock.
- A la luz de los resultados y de las limitaciones impuestas por los supuestos, es recomendable advertir la necesidad de que no se excedan las 35 ton, por temporada de pesca o año calendario, es decir, mantener el *statu quo* hasta que no se recopile más y mejor información, que de mayor confiabilidad. Al respecto se sugieren los siguientes estudios, que idealmente deberían estar contemplados en un programa de investigación.

- a) Seguimiento de la actividad biológico-pesquera, con levantamiento de la información a escala final.
- b) Estudio de crecimiento, con el objeto de identificar los estados de muda, período en que se verifica la ecdisis y estimación de parámetros de crecimiento acordes con la biología del recurso y a nuevos antecedentes.
- c) Revisión de la estimación de la tasa de mortalidad natural y variabilidad de ésta.
- d) Propiciar estudios orientados a evaluar la abundancia del recurso a toda el área del archipiélago de Juan Fernández.

#### *Evaluación directa*

- La evaluación directa de *C. chilensis*, mediante el área de influencia del aparejo de pesca indicó biomazas vulnerables del stock explotado, es decir del sector en el cual se concentra la actividad extractiva, de 425 y 545 ton, equivalentes a abundancias (en número) de 412.572 y 529.343 ejemplares, respectivamente.
- De acuerdo a la información recopilada mediante transectas de pesca, y extrapolando tales resultados a la totalidad del fondo marino que cubriría *C. chilensis* en torno a las islas Robinson Crusoe y Santa Clara, su biomasa vulnerable indica montos de 2.313 y 2.967 ton, equivalentes a abundancias (en número) de 1.922.429 y 2.465.463 ejemplares, respectivamente.
- De acuerdo a la información recopilada mediante transectas de pesca, y extrapolando tales resultados a la totalidad del fondo marino que cubriría *C. chilensis* en torno a las islas Robinson Crusoe y Santa Clara, la biomasa vulnerable al interior del Área de Reserva Artesanal fue 1.304 y 1.602 ton, equivalentes a abundancias (en número) de 1.389.696 y 1.083.607 ejemplares, respectivamente. Al exterior de dicha área en tanto, la biomasa vulnerable fue 1.009 y 1.295 ton, correspondientes a 838.822 y 1.075.767 ejemplares, respectivamente.

#### *Medidas de regulación y desarrollo*

- A partir del desarrollo del Taller de Difusión de resultados efectuado en Valparaíso, se sugiere mantener la pesquería de cangrejo dorado con un mínimo de restricciones a fin de potenciar su desarrollo. Se propuso establecer la actual talla mínima comercial, de 130 mm de ancho cefalotorácico, como talla mínima legal para la especie, a fin de cautelar el cuidado de animales inmaduros, protegiendo a su vez a las hembras, ejemplares de menor tamaño relativo.
- Durante el Taller de divulgación realizado en Robinson Crusoe, los pescadores artesanales manifestaron conformidad respecto de establecer una talla mínima legal de captura de 130 mm de ancho cefalotorácico para *C. Chilensis*. Igualmente, indican que el principal obstáculo para el desarrollo de una pesquería lo constituye la inexistente capacidad de procesamiento en la isla, dados los innumerables problemas burocráticos asociados a la obtención de permisos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aedo, G. & H. Arancibia. 2003.** Estimating attraction areas and effective fishing areas for Chilean lemon crab (*Cancer porteri*) using traps. *Fish. Res.*, 60: 267-172.
- Andrade, H. 1985.** Crustáceos decápodos marinos del archipiélago de Juan Fernández. En: "Investigaciones Marinas en el Archipiélago de Juan Fernández", P. Arana (ed.), Escuela de Ciencias del Mar, UCV, Valparaíso, 109-116.
- Arana, P. 1976.** Situation and perspectives of the artisanal fishery in the Archipiélago of Juan Fernández and the Desventuradas Islands (Chile). *Com. Perm. Pacífico Sur.* 4: 117-131.
- Arana, P. 1983.** Estado en que se encuentra la pesquería de la langosta ed Juan Fernández (*Jasus frontalis*). En: "Análisis de Pesquerías Chilenas", P. Arana (ed.), Escuela de Ciencias del Mar, UCV, Valparaíso, 77-11.
- Arana, P. 1985.** Perspectiva histórica y proyecciones de la actividad pesquera realizada en el archipiélago de Juan Fernández. En: "Islas Oceánicas Chilenas: Nuestro Conocimiento y Necesidades Futuras". J.C. Castilla (ed.), Tinker Foundation, USA y P. Universidad Católica de Chile. Santiago.
- Arana, P. 1991.** Desplazamientos de la langosta de Juan Fernandez (*Jasus frontalis*, H. Milne Edwards, 1837), determinados a través de marcaje. *Cienc. Tec. Mar. CONA* 15: 49-75.
- Arana, P. 1991-1992.** Desplazamientos batimétricos en la langosta de Juan Fernández (*Jasus frontalis*), determinados a través de metodologías de marcaje. *Cienc. Téc. del Mar, CONA*, 15: 49-75.
- Arana, P. 2000a.** Pesca exploratoria con trampas alrededor de las islas Robinson Crusoe y Santa Clara, archipiélago de Juan Fernández, Chile. *Invest. Mar., Valparaíso*, 28: 39-52.
- Arana, P. 2000b.** Estimación de abundancia y biomasa del cangrejo dorado (*Chaceon chilensis*), en el archipiélago de Juan Fernández, Chile. *Invest. Mar., Valparaíso*, 28: 53-68.
- Arana, P. & C. Melo. 1973.** La langosta de Juan Fernández. II. Pesca comercial de *Jasus frontales* en las islas Robinson Crusoe y Santa Clara (1972- 1973). *Invest. Mar., Valparaíso*, 4(5): 135-154.
- Arana, P. & C. Toro. 1985.** Distribución del esfuerzo, rendimientos por trampa y composición de las capturas en la pesquería de la langosta de Juan Fernández (*Jasus frontalis*). En: "Investigaciones Marinas en el Archipiélago de Juan Fernández", P. Arana (ed.), Escuela de Ciencias del Mar, Universidad Católica de Valparaíso, 28: 157-185.
- Arana, P. & V. Venturini. 1989.** Crecimiento y migración de la langosta de Juan Fernández (*Jasus frontalis*) determinado a través de metodologías de marcaje. Informe final FONDECYT. *Estud. Doc., Univ. Católica Valparaíso*, 4/89: 1-75.
- Arana, P., E. Yañez, C. Olate, C. Silva & R. Vega. 1997.** Análisis y evaluación indirecta de la pesquería de langosta en el Archipiélago de Juan Fernández. Informe Final Proyecto FIP 96-22. Escuela de Ciencias del Mar, UCV, Valparaíso, 217 pp.

- Arana, P. & C. Olate. 2000.** Composición de las capturas de la langosta de Juan Fernández (*Jasus frontalis*) y determinación de parámetros biológico-pesqueros durante la temporada de pesca 1996-1997. Invest. Mar, Valparaíso, 28: 83-115.
- Arana, P.M. & R. Vega. 2000a.** Pesca experimental del cangrejo dorado (*Chaceon chilensis*) en el archipiélago de Juan Fernández, Chile. Invest. Mar., Valparaíso, 28: 69-81.
- Arana, P. & R. Vega. 2000b.** Esfuerzo, captura y captura por unidad de esfuerzo en la pesquería de la langosta de Juan Fernández (*Jasus frontalis*), durante la temporada de pesca 1996-1997. Invest. Mar., Valparaíso, 28: 117-133.
- Arana, P.M. y R. Vega. 2000c.** Pesca exploratoria con espineles en aguas profundas en torno a la isla Robinson Crusoe (Archipiélago de Juan Fernández), Chile. Invest. Mar., Valparaíso, 28: 219-230.
- Arena, G., Barea, L. & O. Defeo. 1988.** Desarrollo de una metodología de evaluación mediante el uso de nasas. Publ. Com. Téc. Mix. Fr. Mar., 4: 55-66.
- Arena, G., L. Barea & O. Defeo. 1994.** Theoretical evaluation of trap capture for stock assessment. Fisheries Research, 19: 349-362.
- Báez, P. & R. Ruiz, 1985.** Crustáceos de las islas oceánicas de Chile depositados en el Museo Nacional de Historia Natural de Santiago. En: P. Arana (ed.), "Investigaciones Marinas en el Archipiélago de Juan Fernández", Esc. Ciencias del Mar, UCV, Valparaíso 93-108.
- Baranov, F.I. 1918.** On the question of the biological basis of fisheries. Nauchn. Issled. Ikhtiol. Inst. Izv., 1:81-128.
- Beverton, R.J. & S.J. Holt. 1957.** On the dynamics of exploited fish population. Min. Agr. Fish and Food (UK), Fish. Investig. Ser. II: 553 pp.
- Boschi, E.E., D.A. Bertuche, & J.G. Wyngaard. 1984.** Estudio biológico pesquero de la centolla (*Lithodes antacticus*) del Canal Baegle, Tierra del Fuego, Argentina. Contrib. INIDEP. Primera parte. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, Mar del Plata, 72 pp.
- Burden, R. & D. Faires. 2002.** Análisis numérico. Séptima edición. Thomson Learning, 839 pp.
- Carpenter, J. 1965.** The Chesapeake Bay Institute technique for the Winkler dissolved oxygen method. Limnol. Oceanogr., 10: 141-143.
- Canessa, S. 1965.** Pesca de la langosta de Juan Fernández. Tesis, Escuela de Pesquerías y Alimentos, UCV, Valparaíso, 91 pp.
- CIIFEN. 2006.** Boletines de diciembre 2005 a marzo 2006. [www.ciifen-int.org](http://www.ciifen-int.org) Revisado junio 2006.
- Casella G. & R. L. Berger. 1990.** Statistical Inference. Duxbury Press, 650 pp.
- Caddy, J.F. & Mahon, R. 1996.** Puntos de referencia para la ordenación pesquera. FAO Documento Técnico de Pesca. No. 347. Roma, 109p.
- Dupré, E. 1975.** Lista de crustáceos decápodos citados para el archipiélago de Juan Fernández. CIMAR, Documento técnico, 8/75: 46 .
- DeLury, D.B. 1947.** On the estimation of biological populations. Biometrics, 3 (4): 145-167.

- Dixon, W. & J. Masey. 1957.** Introduction to statistical analysis. 2nd ed. McGraw-Hill, New York, 488 pp.
- Eggers, D., N. Rickard, D. Chapman & R. Whitney. 1982.** A methodology for estimating area fished for baited hooks and traps along a ground line Can. J. Fish. Aquat. Sci. 39: 448-453
- Ernst, B., & J.L. Valero. 2005.** Bias of equilibrium-based estimators under biological and fishery disequilibria. (Proceedings book of assessment and Management of New and Developed Fisheries in Data-Limited Situations, 21<sup>st</sup> Lowell Wakefield Fisheries Symposium, en prensa 2005).
- Fournier, D. & C.P. Archibald. 1982.** A general theory for analyzing catch at age data. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 39: 1195-1207.
- Garcia, S.M. (1994)** Precautionary principle: its implications in capture fisheries management. Ocean & Coastal Management, 22: 99-125.
- Henríquez, G., L. Rodríguez, C. Lea-Plaza, J. Sáteler & R. Salas. 1985.** Diagnóstico de la pesquería de langosta en archipiélago de Juan Fernández. CORFO-IFOP, AP 86/6: 133 pp.
- Hilborn, R. & C.J. Walters. 1992.** Quantitative fisheries stock assessment: Choice, dynamics and uncertainty. Chapman & Hall, New York, 570 pp.
- Jones, R. 1984.** Assessing the effects of changes in exploitation pattern using length composition data (with notes on VPA and cohort analysis). FAO Fish. Tech. Pap., 256: 118 pp.
- Larraín, F. 1981.** Análisis histórico (1972-1979) de la pesquería de langosta (*Jasus frontalis*, H. Milne Edwards 1837) realizada en las islas Robinson Crusoe y Santa Clara (33°37'S-78°49'W) a través de modelos globales de producción. Tesis, Escuela de Ciencias del Mar, UCV, 148 pp.
- Larraín, F. & E. Yañez. 1983.** La pesquería de langosta (*Jasus frontalis*, Milne Edwards, 1837) desarrollada en las islas Robinson Crusoe y Santa Clara (33°40'S -78°50'W) entre los años 1972-1979: Estimación de rendimientos equilibrados. Invest. Mar., Valparaíso, 11: 19-30.
- López Abellán L.J., E. Balguerías, & V. Fernández-Vergaz. 2002.** Life history characteristics of the deep-sea crab *Chaceon affinis* population off Tenerife (Canary Islands). Fish. Res., 58: 231–239
- Leslie, P.H. & D.H.S. Davis. 1939.** An attempt to determine the absolute number of rats on a given area. J. Anim. Ecol. 8: 94-113.
- Martínez, W. & A. Martínez. 2002.** Computational statistics handbook with matlab. Chapman & Hall/CRC. 590 pp.
- Mac Call, A.D. 1986.** Virtual population analysis (VPA) equations for non homogeneous populations, and a family of approximations including improvements on Pope's cohort analysis. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 43: 2406-2409.
- Melville-Smith, R. 1983.** Some observations on the abundance of deep-sea red crab *Geryon maritae* in South West African waters using photography. S. Afr. J. Mar. Sci., 79(4): 1-144.

- Melville-Smith, R. 1985.** Density distribution by depth of *Geryon maritae* on the northern crab grounds of South West Africa/Namibia determined by photography in 1983, with notes on the portunid crab *Bathynectes piperitus*. S. Afr. J. mar. Sci., 3: 55-62.
- Melville-Smith, R. 1986.** Red crab (*Geryon maritae*) density in 1985 by the technique of effective area fished per trap on the northern fishing grounds of South West Africa. S. Afr. J. mar. Sci., 4: 257-263.
- McElman, J.F. & R.W. Elnor. 1982.** Red crab (*Geryon quinquedens*) trap survey along the edge of the Scotian shelf, September 1980. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci., 1084: 12 pp.
- Miller, R.J. 1975.** Density of the commercial spider crab, *Chionoecetes opilio*, and calibration of effective area fished per trap using bottom photography. J. Fish. Res. Board Can., 32(6): 761-768.
- Miller, R. J. 1990.** Effectiveness of crab and lobster traps. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 47: 1228-1251.
- Neter, J. & W. Wasserman. 1974.** Applied linear statistical models. Regression, Analysis of variance, and experimental designs. Ed. Richard D. Irwin, Inc. USA, 842 pp.
- Pope, J.G. 1972.** An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. Res. Bull. ICNAF, 9: 65-74.
- Pizarro, M.F. & M. Tiffou. 1974.** La langosta de Juan Fernández. III Sinopsis sobre la biología de la langosta de Juan Fernández *Jasus frontalis* (Milne-Edwards, 1837). Invest. Mar, Valparaíso, 5(1): 1-52.
- Pavez, P. & P. Arana. 1982.** Estimaciones de incrementos de talla, esquema de migración y determinación de tamaños poblacionales vulnerables de la langosta de Juan Fernández (*Jasus frontalis*). Informe final Subsecretaría de Pesca. Estud. Doc., Univ. Católica Valparaíso, 16/82: 1-90.
- Peña, O. & H. Romero 1976.** Sistemas geográficos regionales en el Pacífico sudoriental. En: G. Echeverría y P. Arana (Eds.), Las islas oceánicas chilenas, Instituto de estudios Internacionales, Universidad de Chile, vol. I: 3-19.
- Reid, J.L. 1965.** Intermediate waters of the Pacific Ocean. The Johns Hopkins Oceanographic Studies 2. The Johns Hopkins Press, Baltimore, 85 pp.
- Retamal, M. & P. Arana. 2000.** Descripción y distribución de cinco crustáceos decápodos recolectados en aguas profundas en torno a las islas Robinson Crusoe y Santa Clara (Archipiélago de Juan Fernández, Chile). Invest. Mar., Valparaíso, 28:149-163.
- Sullivan, P.J. 1988.** A Kalman filter Approach to catch-at-length analysis. Ph.D. Dissertation. University of Washington.
- Sepúlveda, J.I. 1987.** Peces de las islas oceánicas chilenas. En: "Islas Oceánicas Chilenas: Conocimiento científico y necesidades de investigaciones", J.C. Castilla (ed.), Edic. Univ. Católica de Chile, Santiago, 225-245.
- Silva, N. 1985.** Algunas características físicas y químicas de las masas de agua alrededor de las islas Robinson Crusoe y Santa Clara. En: Investigaciones Marinas en el Archipiélago de Juan Fernández. P. Arana (ed.), Escuela de Ciencias del Mar, UCV, Valparaíso, 35-41.

- Sepúlveda, J.I. & G. Pequeño. 1985.** Fauna íctica del archipiélago de Juan Fernández. En: "Investigaciones Marinas en el Archipiélago de Juan Fernández", P. Arana (ed.), Escuela de Ciencias del Mar, UCV, Valparaíso, 81-91.
- Silva, N. & H.A. Sievers 1973.** Condiciones oceanográficas de las aguas circundantes a las Islas Robinson Crusoe y Santa Clara (Crucero Juan Fernández I. Diciembre de 1972. Crucero Juan Fernández II. Abril de 1973). Invest. Mar., Valparaíso, 4(6): 158-179.
- Silva, N. & S. Neshyba 1979.** On the southernmost extention of the Perú-Chile Undercurrent. Deep Sea Res., 26A: 1387-1393.
- Sparre, P. Y S.C. Venema. 1995.** Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1. Manual. FAO Documento Técnico de Pesca, N°306.1 Rev.1, 440 pp.
- Tsuchiya, M., & L. Talley. 1998.** A Pacific hydrographic section at 88°W: Water-property distribution. J. Geoph. Res., 13(C6): 12899-12918.
- Thompson, W.F. & F.H. Bell. 1934.** Biological statistics of the Pacific halibut fishery. 2. Effect of changes in the intensity upon total yield and yields per unit of gear. Rep. Int. Fish. (Pacific Halibut) Comm., 8: 49 pp.
- Urquhart, G.G. & P.A.M. Stewart. 1993.** A review of techniques for the observation of fish behaviour in the sea. ICES Mar. Sci. Symp., 196: 135-139.
- von Bertalanffy, L. 1938.** A quantitative theory of organic growth (Inquiries on growth laws II). Hum. Biol., 10: 181-213.
- Vergara, H. & E. Morales. 1985.** Morfología submarina del segmento central del cordón asísmico Juan Fernández. En: "Investigaciones Marinas en el Archipiélago de Juan Fernández", P. Arana (ed.), Escuela de Ciencias del Mar, UCV, Valparaíso, 25-34.
- Wyrtki, K. 1964.** The thermal structure of the eastern Pacific Ocean. *Ergänzungsheft Reihe A* (8°) 6: 1-84.
- Weiss, R. 1970.** The solubility of nitrogen, oxygen and argon in water and sea water. Deep-Sea Res., 17: 721-735.
- Yáñez, E., F. Larraín y P. Pavez. 1982.** Análisis de la captura y del esfuerzo aplicado en la pesquería de la langosta (*Jasus frontalis*) del archipiélago de Juan Fernández y recomendaciones de un sistema estadístico de pesca. Informe final Subsecretaría de Pesca. Estud. Doc., Univ. Católica Valparaíso, 4/82: 68 pp.
- Yáñez, E., L. Pizarro; M.A. Barbieri y O. Barra. 1985.** Dinámica del stock de langosta (*Jasus frontalis* H. Milne Edwards, 1837) explotado en el archipiélago de Juan Fernández (33°40'S-80°W). En: "Investigaciones Marinas en el Archipiélago de Juan Fernández", P. Arana (ed.), Escuela de Ciencias del Mar, UCV, Valparaíso, 251-271.
- Yáñez E., V. Espejo & A. González. 1997.** Evaluación indirecta del stock de centolla en la X Región. Informe final. Proyecto FIP N° 97/29. Est. Doc., Univ. Católica Valparaíso. 17/97: 40 pp.
- Yáñez, E., C. Canales & C. Silva. 2000.** Evaluación indirecta y estado de explotación de la langosta (*Jasus frontalis*) en el Archipiélago de Juan Fernández (33°40'S-80°W). Invest. Mar, Valparaíso, 28: 135-147.

## **ANEXOS**

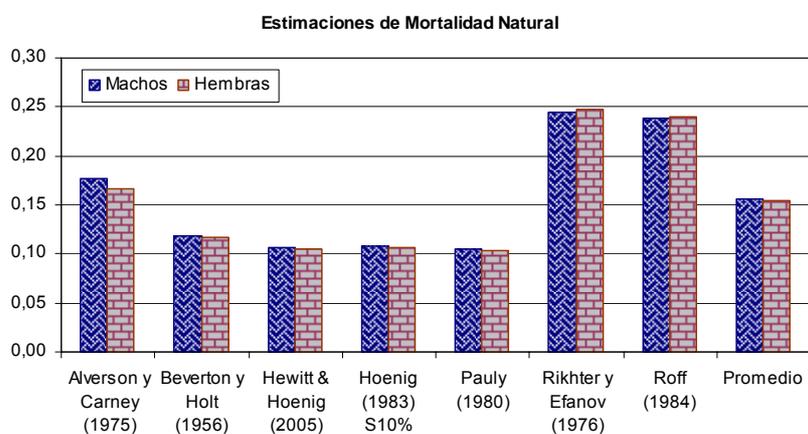
### **ANEXO 1. EVALUACIÓN INDIRECTA DEL STOCK DE LANGOSTA INCORPORANDO LA INCERTIDUMBRE DE LA MORTALIDAD NATURAL**

## RESULTADOS Y DISCUSION (M variable)

Se efectúa un análisis comparativo de una nueva evaluación de stock en que se reconoce la incertidumbre en la mortalidad natural y por ende, se incorpora como parámetro a estimar en la modelación, denominado para efectos prácticos escenario “*Incertidumbre*”; con los resultados de la evaluación de stock previamente informada, que considera la mortalidad natural como variable conocida ( $M=0,18$ ), denominado para efectos prácticos escenario “*Determinista*”.

### Evaluación indirecta del stock de langosta incorporando la incertidumbre en la mortalidad natural (M)

Para tales efectos se procedió a sintetizar el conocimiento previo respecto a estimaciones de la mortalidad natural, o más bien las creencias sobre dicho parámetro, en la forma de una función de densidad de probabilidad (*pdf*) *a priori*, sustentada en estimaciones generadas con métodos bioanalógicos. Atendiendo también a lo sugerido por Beverton y Holt (1959; cit. por Sparre & Venema, 1995) respecto a que la razón de  $M/k$ , en peces generalmente debería situarse entre 1,5 a 2,5. Con el propósito de recoger de mejor forma la variabilidad en  $M$ , se relajó dicha restricción, admitiendo todas aquellas estimaciones de mortalidad natural, tal que la razón  $M/k$  fuese mayor que 1 (la fórmula de Taylor entregó un valor de  $M=0,07$ , monto que implica que el  $M/k$  estimado está fuera de rango); proponiendo finalmente, como *pdf a priori*, una normal con  $\mu=0,16$  y  $\sigma=0,06$ .



**Figura 115. Estimaciones de mortalidad natural, diferenciada por sexo.**

Los resultados del proceso de modelación de la dinámica del stock de langosta de Juan Fernández, considerando el escenario *incertidumbre* ( $M$  parámetro a estimar) para cada uno de los sexos, son resumidos en la Tabla 42; en ésta se informan los estimadores máximo verosímiles (EMV) y la respectiva matriz de varianza-covarianza, donde las estimaciones de mortalidad natural reportadas por el

modelo, dan cuenta de valores en torno a 0,19 y 0,17 y estimaciones de mortalidad por pesca, del grupo de tallas completamente reclutados a la pesquería en torno a 1,4 y 1,3; para hembras y machos respectivamente. Se puede apreciar, que la mayor variación en términos de mortalidad por pesca ocurre en los machos, registrándose un alza del 12% junto con un descenso cercano al 8% en el valor de mortalidad natural, antes empleado como parámetro conocido ( $M=0,18$ ).

Es posible distinguir gran similitud en ambos sexos, entre la captura talla estructurada observada y la estimación generada por el modelo, lo que se acentúa por sobre los 100 mm de longitud cefalotorácica (LC) (Figs. 116 y 117). Se puede advertir además, que el patrón de explotación posee una pendiente más empinada en hembras que en machos, lo que está en concordancia con valores inferiores en las tallas de retención al 50% y 95% ( $l_{50\%}$  y  $l_{95\%}$ ) Figura 118. Sin embargo, en ambos sexos más del 99% de los individuos están completamente reclutados a la pesquería, por sobre los 105 mm LC.

**Tabla 42**

**Estimadores Máximo Verosímil (EMV) y matriz asintótica de varianza-covarianza**

<b>Sexo</b>	<b>Parámetros</b>	<b>EMV</b>	<b>Matriz de Varianza-Covarianza</b>
<b>Hembras</b>	$l_{95\%}$	100,83	0,036978334
	$l_{50\%}$	97,27	0,006906235 0,024087951
	<b>Fcr</b>	1,3615	0,000343621 0,004169649 0,03199789
	<b>M</b>	0,1883	-0,0004111390,000885044 0,000148096 6,65782E-05
<b>Machos</b>	$l_{95\%}$	103,45	0,037519227
	$l_{50\%}$	98,16	0,005535818 0,027548775
	<b>Fcr</b>	1,3062	-0,0030687080,010482342 0,062191529
	<b>M</b>	0,1674	-0,0003445850,000730639 -0,000280995 5,52788E-05

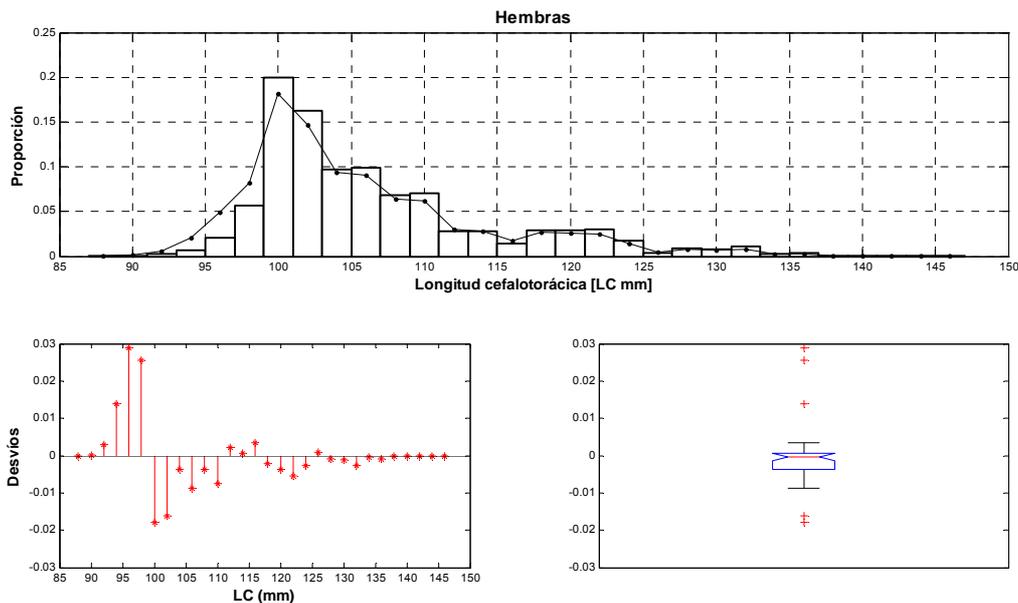


Figura 116. Captura talla-estructurada observada y estimada (línea) y desvíos de proporciones.

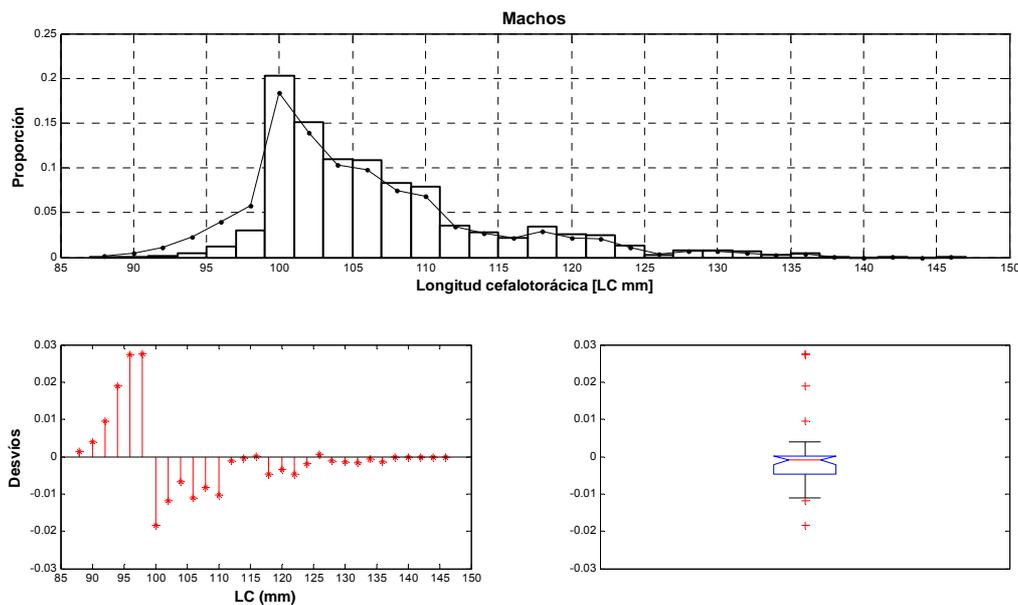
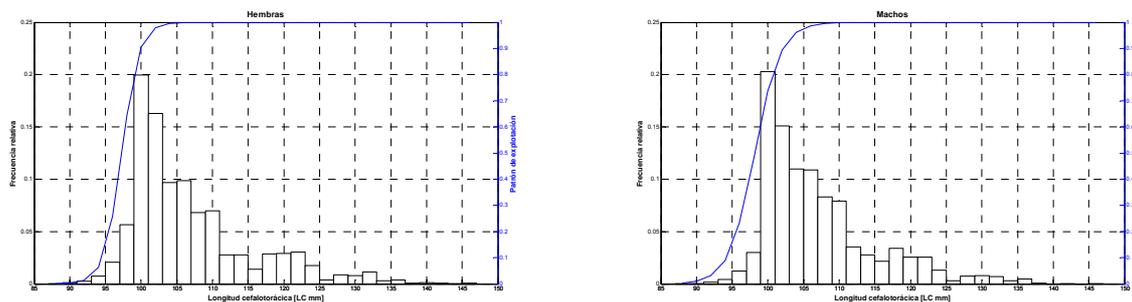


Figura 117. Captura talla-estructurada observada y estimada (línea) y desvíos de proporciones.



**Figura 118. Captura talla-estructurada observada y patrón de explotación.**

Al evaluar los EMV en el modelo de evaluación de stock talla-estructurado, para cada uno de los sexos, podemos generar indicadores que dan cuenta de los niveles poblacionales, tales como: abundancia y biomasa media, abundancia y biomasa media explotable, es decir, de la fracción comercial ( $LC \geq 98$  mm), entre otras; Tabla 43. Es así que podemos informar que el desembarque debió estar en torno a las 61,8 mil langostas, lo que equivaldría en peso a 50 toneladas aproximadamente.

Para sustentar dicho desembarque, la abundancia media explotable debió haber fluctuado en torno a los 230 mil individuos, donde el 66% correspondería a machos. Se requiriendo asimismo, un reclutamiento total en torno a los 97.700 individuos, abundancia requerida en el intervalo de tallas [88 – 90] mm de longitud cefalotorácica; en que el 61% corresponden al aporte de los machos.

**Tabla 43**  
**Macro indicadores de desempeño que dan cuenta de la condición actual del stock de langosta de Juan Fernández**

Indicadores	Hembras	Machos	Total
Desembarque (ton)	19,88	30,17	50,05
Captura en número	23.188	38.640	61.828
Biomasa media (ton)	139,97	226,41	366,38
Abundancia media	220.819	376.590	597.409
Reclutas, rango de tallas [88-90] mm LC	37.934	59.758	97.692
Biomasa media explotable (ton)	64,57	114,57	179,14
Abundancia media explotable	77.354	152.613	229.967

Debido a que la explotación del recurso langosta de Juan Fernández, posee un patrón de explotación asimilable a lo que en literatura se denomina “*filo de cuchillo*”, donde al menos el 96% del desembarque está constituido por individuos sobre los 98 mm de LC. Podemos señalar que la abundancia media considerando ambos sexos debió haber fluctuado los 597.400 individuos, de los cuales la pesca extrajo aproximadamente el 10,3%. Asimismo, la biomasa media debió haber fluctuado en torno a las 366 toneladas, de las cuales la pesca removió el 13,7%.

Finalmente, se evalúa para cada sexo la verosímil y parsimonia de ambos escenario (modelos), empleando el criterio de información Bayes Information Criteria (BIC<sup>1</sup>, Schwarz 1978), que utiliza el logaritmo de la función de verosimilitud, denominado función logverosímil ( $l$ ), el número de parámetros a estimar ( $p$ ) y el tamaño de la muestra ( $n$ ). De lo cual se desprende, que el escenario *incertidumbre* en ambos sexos presenta un mejor desempeño en comparación con el escenario *determinista*; ya que presenta los menores valores BIC (Tabla 44). Esto significa que el escenario *incertidumbre* posee mayor grado de ajuste de los datos y mayor poder de explicación; obsérvese sin embargo, que no es radical la mejora en término de los valores BIC, verificándose una reducción en torno a 2,4 y 5,9 en machos y hembras respectivamente.

**Tabla 44**  
**Criterio de Información BIC, considerando el valor de la función logverosímil, el número de parámetro y el tamaño de la muestra**

Escenario	Sexo	- l	p	n	BIC
Determinista	Hembras	133,130	3	31	276,6
	Machos	123,267	3	31	256,8
Incertidumbre	Hembras	128,496	4	31	270,7
	Machos	120,338	4	31	254,4

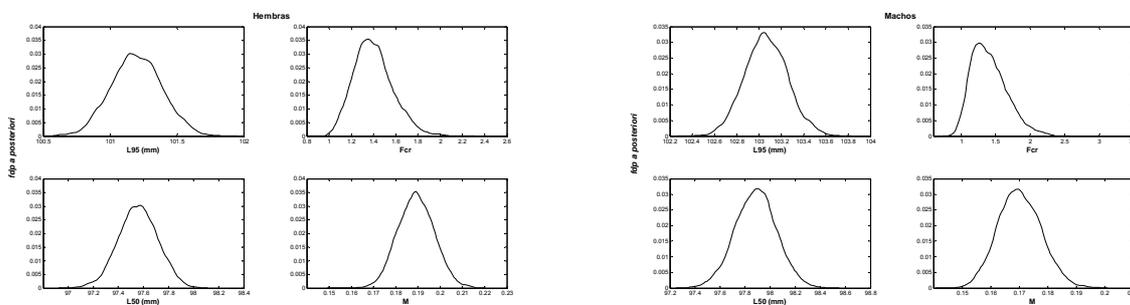
### Incertidumbre

Para cada uno de los sexos, se examina la incertidumbre en la estimación de los parámetros del modelo de evaluación de stock y en determinadas variables de salida, como por ejemplo, en la biomasa media; procediendo a re-muestrear la distribución conjunta *logverosímil*, siguiendo el procedimiento MCMC "*Markov Chain Monte Carlo*". Se puede advertir en ambos sexos, una menor simetría en la función de densidad de probabilidad (*pdf*) *a posteriori*, para la estimación de la mortalidad por pesca del grupo de tallas completamente reclutado a la pesquería (Fcr), seguido por la estimación de mortalidad natural (M) (Fig. 119). Lo anterior es reforzado, por una mayor dispersión de dichas variables, con coeficientes de variación más altos, respecto a las tallas de retención al 95% y 50%, respectivamente, Tabla 45.

<sup>1</sup>  $BIC = -2 \cdot \ln(L(\theta|x)) + 2 \cdot p \cdot \ln(n) = -2 \cdot l(\theta|x) + 2 \cdot p \cdot \ln(n)$

**Tabla 45**  
**Estimación central e intervalo al 95% de confianza y coeficiente de variación (CV) de los estimadores máximo verosímiles (EMV). Modelo talla estructurado.**

Sexo	Parámetros \ Percentil	2,5%	50%	97,5%	CV
<b>Hembras</b>	<i>I</i> <sub>95%</sub>	100,84	101,20	101,57	0,19%
	<i>I</i> <sub>50%</sub>	97,25	97,56	97,86	0,16%
	Fcr	1,0975	1,3833	1,7823	12,58%
	M	0,1736	0,1890	0,2052	4,34%
<b>Machos</b>	<i>I</i> <sub>95%</sub>	102,69	103,06	103,46	0,19%
	<i>I</i> <sub>50%</sub>	97,56	97,89	98,21	0,17%
	Fcr	1,0094	1,3722	2,0034	18,16%
	M	0,1559	0,1699	0,1855	4,42%

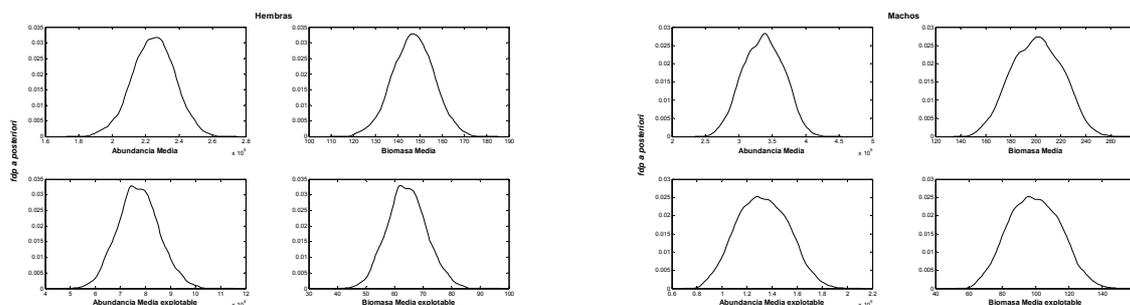


**Figura 119. Función de densidad de probabilidad *a posteriori* de los parámetros (EMV), estimados por el modelo talla-estructurado.**

Es posible informar a un 95% de confianza, que la abundancia media de hembras, debió haber fluctuado entre 200 mil y 250 mil individuos; lo que en términos de biomasa media, corresponde a una variación entre 128 y 165 toneladas. De forma similar a un 95% de confianza, la abundancia media en los machos, debió haber fluctuado entre 280.000 y 392.000 individuos; lo que en términos de biomasa, significa una fluctuación entre 163 y 238 toneladas (Tabla 46 y Fig. 120). Observándose también en ambos sexos, una menor simetría en la *pdf a posteriori* de la abundancia media explotable y biomasa media explotable, variables que poseen mayor dispersión con coeficientes de variación más altos, por sobre el 10%.

**Tabla 46**  
**Estimación central e intervalo al 95% de confianza y coeficiente de variación (CV) en variables de salida. Modelo talla estructurado**

Sexo	Variable \ Percentil	2,5%	50%	97,5%	CV
Hembras	Abundancia media	199.460	225.049	249.096	5,58%
	Biomasa media (ton)	128,36	146,98	164,95	6,25%
	Abundancia media explotable	61.747	77.036	93.768	10,59%
	Biomasa media explotable (ton)	51,41	64,16	78,17	10,63%
Machos	Abundancia media	279.985	337.108	392.384	8,74%
	Biomasa media (ton)	163,13	201,00	238,34	9,86%
	Abundancia media explotable	94.895	132.030	171.796	15,17%
	Biomasa media explotable (ton)	71,18	99,10	129,20	15,22%
Ambos	Abundancia media	479.445	562.157	641.479	
	Biomasa media (ton)	291,49	347,99	403,29	
	Abundancia media explotable	156.642	209.066	265.564	
	Biomasa media explotable (ton)	122,59	163,26	207,37	



**Figura 120. Función de densidad de probabilidad *a posteriori* de variables de salida estimadas por el modelo.**

En términos relativos, las *pdf a posteriori* generadas para los machos poseen mayor dispersión que las generadas para las hembras, debido a que éstas son las que poseen mayor dispersión con coeficientes de variación más altos (Tabla 46 y Fig.120). Lo anterior no es de extrañar, debido a que la pesquería se sustenta en gran medida sobre la fracción de machos del stock, capturándose en teoría sólo aquellas hembras por sobre la talla comercial y que no porten huevos.

A modo ilustrativo, se grafican las estimaciones centrales e intervalos al 95% de confianza de macro indicadores generados para los escenarios *determinista* e *incertidumbre*. Como éstos indicadores poseen distintas escalas y magnitudes, se procedió a escalar cada uno de ellos al valor máximo y de este modo poder incluirlos en una misma gráfica, lográndose distinguir con claridad, que ambos escenarios derivan en estimaciones convergentes, con una sobre posición del los intervalos de confianza de ambos escenarios (Fig. 121).

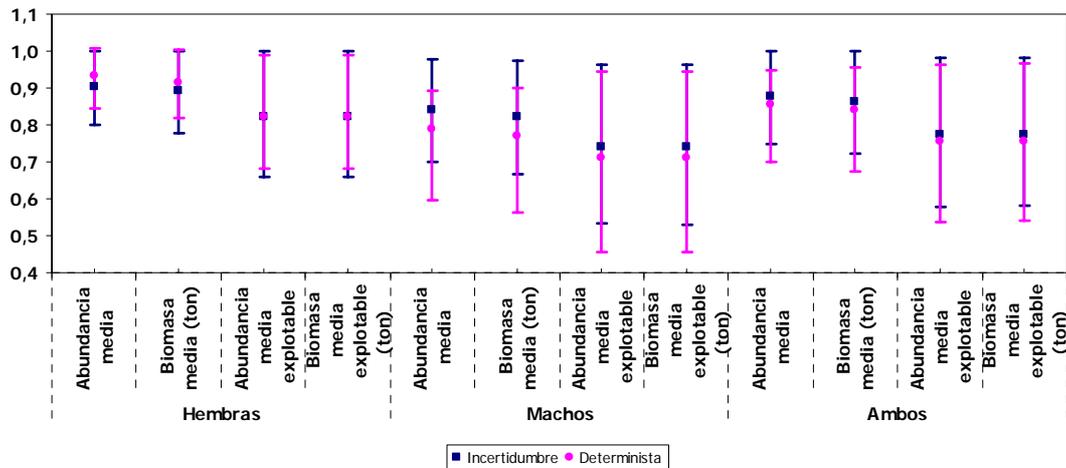


Figura 121. Contraste entre macro indicadores derivados del escenario determinista y el escenario.

### Puntos Biológicos de Referencia (PBR)

El cálculo de puntos biológicos de referencia tiene dos finalidades, la primera y más directa, es lograr contrastar dichas estimaciones con el valor de la tasa de mortalidad de la presente temporada de pesca y a la vez, construir un conjunto de valores de mortalidades por pesca para finalmente llegar a una recomendación de Captura Total Permissible (CTP).

La estimación de la tasa de mortalidad por pesca de la fracción completamente reclutada a la pesquería en ambos sexos, es superior a todos los puntos de referencia estimados, con la excepción del PBR 20%Bo, que es considerado como punto de referencia umbral o límite (PRL) respecto al cual, la biomasa no debe descender. En consecuencia, no es sustentable mantener en el largo plazo el actual nivel de explotación, debido a que las estimaciones de la tasa de mortalidad por pesca para la temporada 2005-2006, en ambos sexos están por sobre el valor  $F_{max}$  (proxy de  $F_{MSY}$ ), actualmente considerado como umbral de explotación (PRL), por sobre el cual comienza el riesgo de sobreexplotar la población desovante y a reducir el futuro reclutamiento (Caddy & Mahon, 1996).

Por lo tanto, en el contexto de enfoque precautorio (García, 1994), es altamente recomendable que la explotación del recurso langosta del archipiélago de Juan Fernández (*Jasus frontalis*), se efectúe teniendo en consideración los PBR  $F_{0.1}$  o  $F_{75\%F_{max}}$  como Puntos de Referencia Objetivo (PRO); lo que en la práctica significa una remoción en peso, entre un 5% y 7%, respecto de la biomasa de *equilibrio*; evitando a la vez que la biomasa (sexos combinados) descienda bajo las 615 toneladas (Tabla 47). Situando el desembarque por temporada de pesca, en niveles que en promedio no excedan las 44 toneladas o 54.800 organismos.

Tabla 47

Puntos biológicos de referencia (PBR), rendimientos y biomazas en equilibrio

Sexo	PBR	Valor	Rendimiento (ton)	Biomasa (ton)
Hembras	F <sub>66%</sub>	0,1848	13,51	362,53
	F <sub>0.1</sub>	0,3125	16,37	296,36
	F <sub>75%Fmax</sub>	0,5025	17,68	238,66
	F <sub>40%</sub>	0,6117	17,85	217,53
	F <sub>max</sub>	0,6700	17,86	208,47
	F <sub>cr</sub>	1,3615	17,14	154,16
	F <sub>20%</sub>	4,4590	14,53	108,77
Machos	F <sub>66%</sub>	0,1792	20,65	559,73
	F <sub>0.1</sub>	0,2987	24,86	459,25
	F <sub>75%Fmax</sub>	0,4575	26,67	377,04
	F <sub>40%</sub>	0,5808	26,96	335,84
	F <sub>max</sub>	0,6100	26,97	327,95
	F <sub>cr</sub>	1,3062	25,68	233,17
	F <sub>20%</sub>	3,4334	22,83	167,92

Complementariamente y con el fin sensibilizar los resultados, se calcularon los rendimientos y biomazas medias en equilibrio, considerando toda la variabilidad derivada de la evaluación de stock, con especial énfasis en las estimaciones de la mortalidad natural (M) y en el patrón de explotación (Tabla 47 y Fig. 122). Así como también, en la incertidumbre asociada con la estimación de la abundancia de los reclutas (R), presentes en el intervalo grupo de tallas [88 – 90[ mm LC, Tabla 48.

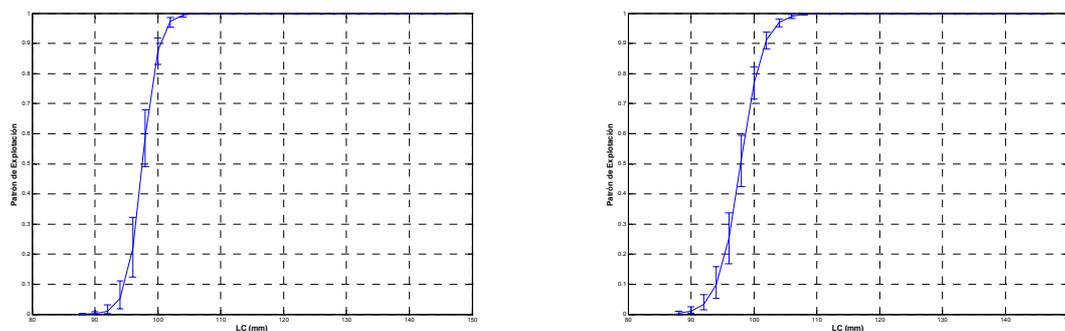
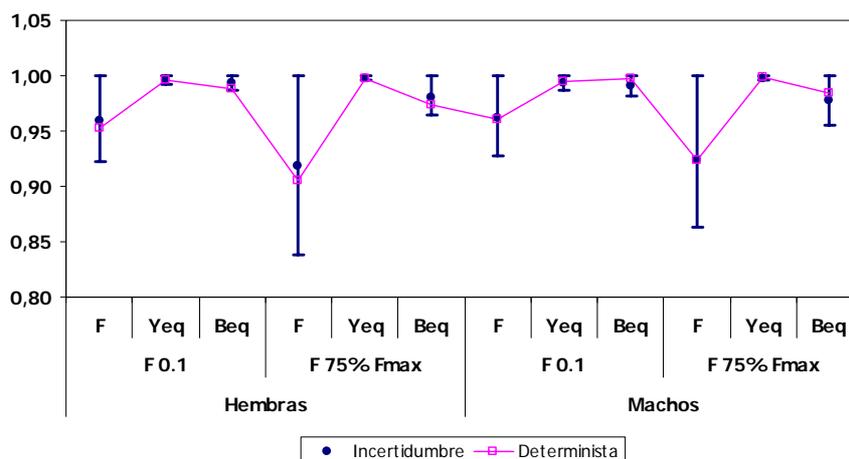


Figura 122. Variabilidad en patrón de explotación, puntos biológicos de referencia (PBR).

**Tabla 48**  
**Incertidumbre en el número de reclutas, puntos biológicos de referencia (PBR)**

Variable \ Percentil	2,5%	50%	97,5%	CV
Reclutas hembras	36.506	38.110	39.902	2,30%
Reclutas machos	57.829	60.069	62.688	2,06%

A modo ilustrativo, se grafican las estimaciones central e intervalos al 95% de confianza para: mortalidad por pesca de referencia, rendimiento y biomasa en equilibrio (escenario *incertidumbre*), derivado de la estimación de PBR's que incorporan distintas fuentes de incertidumbre, junto con la estimación puntual resultante del escenario *determinista*. Como éstos indicadores poseen distintas escalas y magnitudes, se procedió a escalar cada uno de ellos al valor máximo y de este modo poder incluirlos en una misma ilustración, lográndose distinguir con claridad, que ambos escenarios conducen a estimaciones convergentes (Fig. 123 y Tabla 49), donde la estimación puntual que se desprende del escenario *determinista*, en todos los casos es contenida en el intervalo de confianza del escenario *incertidumbre*. Apreciándose también, que los intervalos de confianza más amplios se verifican para la mortalidad por pesca de referencia, lo que se acentúa para  $F_{75\%F_{max}}$ .



**Figura 123. Contraste entre macro indicadores derivados del escenario determinista y el escenario que incorpora la incertidumbre en la mortalidad natural.**

En los gráficos de matriz de dispersión (Figs. 124 a 127), se puede observar el grado de asociación entre las variables sensibilizadas en el análisis de rendimiento por reclutas de Thompson & Bell (1934), dada la variabilidad en el patrón que se desprende de la presente evaluación de stock. Se puede distinguir en ambos sexos, para PBR  $F_{0,1}$  que el grado de asociación lineal del rendimiento de pesca con el resto de las variables, es mayor que el que posee la biomasa en equilibrio con el resto de las variables; situación que se invierte con el PBR  $F_{75\%F_{max}}$ .

Tabla 49

Incertidumbre en puntos biológicos de referencia (PBR), rendimientos y biomásas en equilibrio

Sexo	PBR	Variable \ Percentil	2,5%	50%	97,5%	CV	Determinista
Hembras	F <sub>0.1</sub>	F	0,3026	0,3147	0,3279	2,08%	0,3125
		Yeq	16,31	16,36	16,43	0,20%	16,37
		Beq	296,08	297,83	299,83	0,32%	296,36
	F <sub>75%Fmax</sub>	F	0,4650	0,5100	0,5550	4,34%	0,5025
		Yeq	17,65	17,68	17,73	0,11%	17,68
		Beq	236,27	240,31	245,03	0,92%	238,66
Machos	F <sub>0.1</sub>	F	0,2886	0,2989	0,3109	1,90%	0,2987
		Yeq	24,67	24,82	25,00	0,34%	24,86
		Beq	452,07	456,45	460,59	0,48%	459,25
	F <sub>75%Fmax</sub>	F	0,4275	0,4575	0,4950	4,07%	0,4575
		Yeq	26,61	26,64	26,70	0,09%	26,67
		Beq	365,77	374,70	383,11	1,18%	377,04

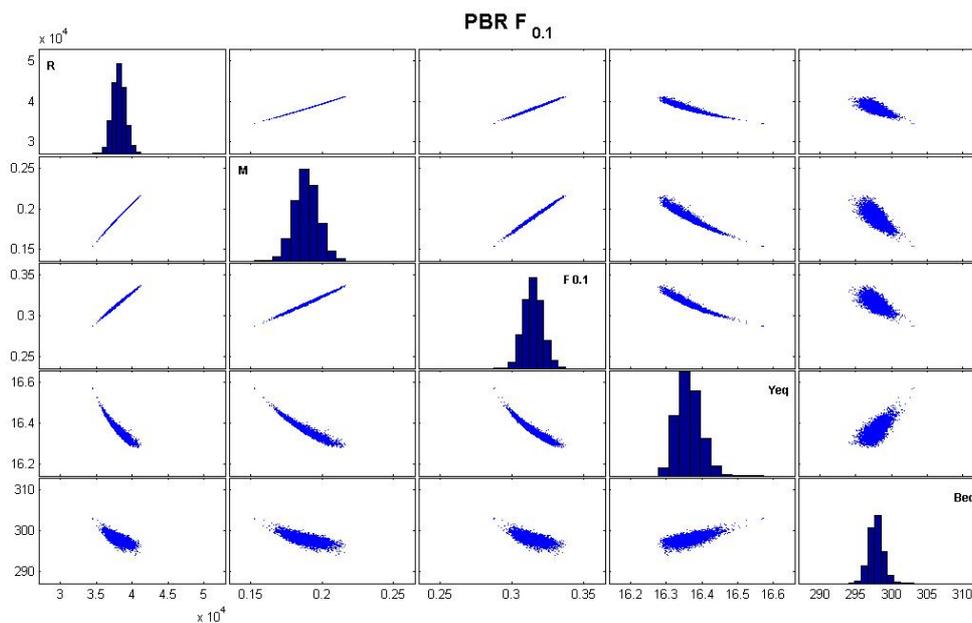


Figura 124. Gráfico matriz de dispersión, rendimientos y biomásas en equilibrio para PBR F<sub>0.1</sub>. (hembras).

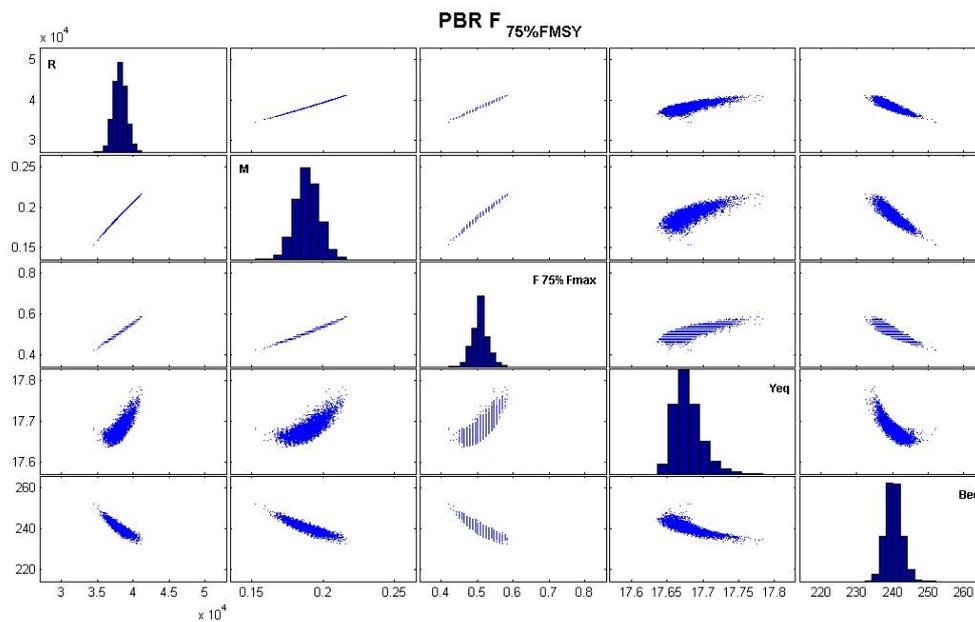


Figura 125. Gráfico matriz de dispersión, rendimientos y biomazas en equilibrio para PBR F<sub>75%Fmax</sub> (hembras).

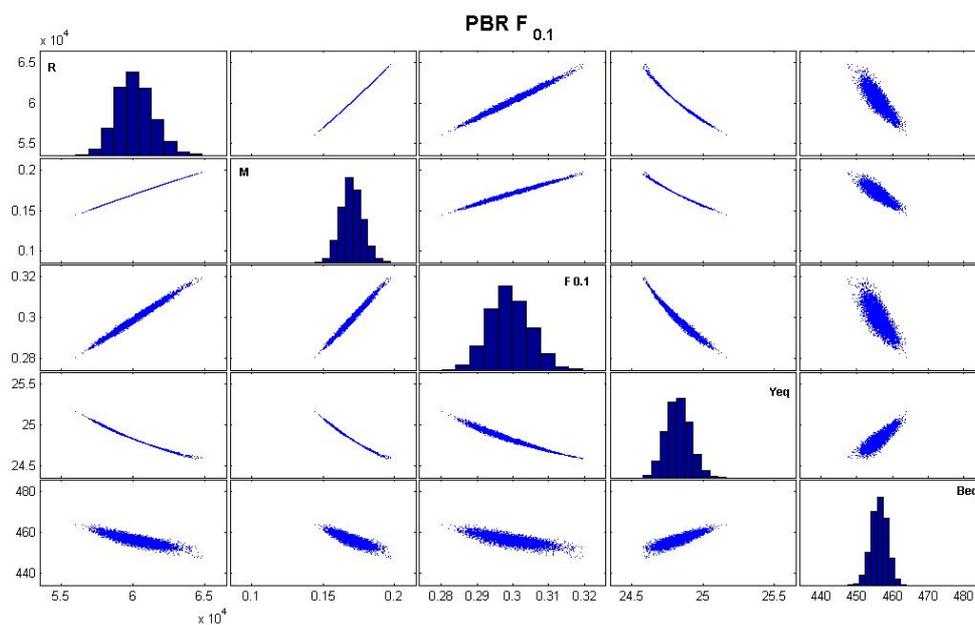
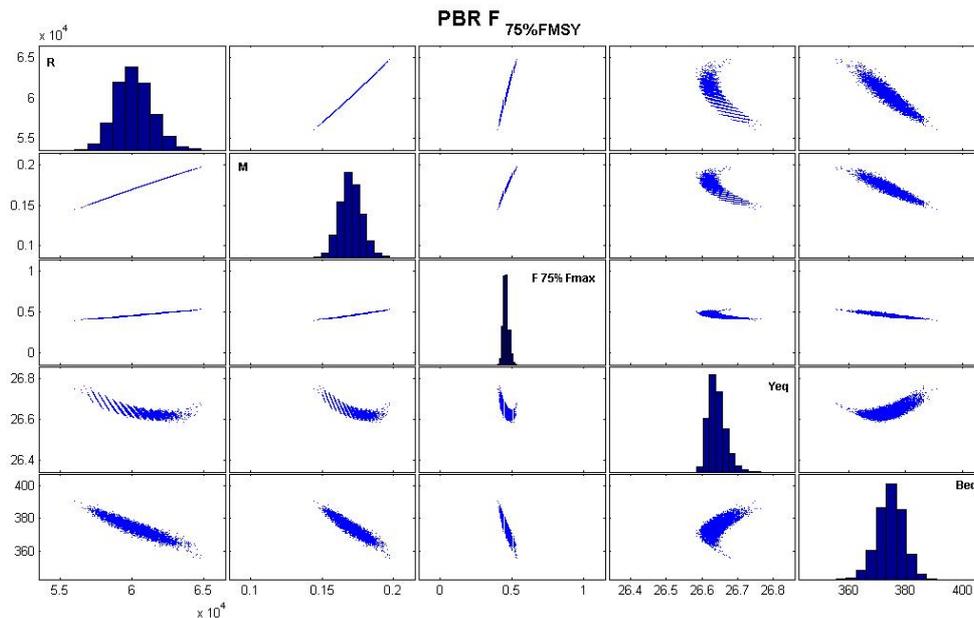


Figura 126. Gráfico matriz de dispersión, rendimientos y biomazas en equilibrio para PBR F<sub>0.1</sub> (machos).



**Figura 127. Gráfico matriz de dispersión, rendimientos y biomazas en equilibrio para PBR F<sub>75%FMSY</sub> (machos).**

Se puede informar, que si bien existe una mejora estadística al modelar la dinámica del stock de langosta de Juan Fernández al trabajar considerando el escenario *incertidumbre* (M variable), los resultados no aportan mayor información respecto a las estimaciones e intervalos de confianza cuando se considera M como variable conocida ( $M=0,18$ ); lo que es extensible para el análisis de PBR bajo incertidumbre. En consecuencia, no existiría un cambio sustancial que afecte el diagnóstico del estado del recurso, ni las recomendaciones previamente informadas; aún cuando es por todos conocidos la relevancia de M en la evaluación de stock.

Finalmente, los resultados del presente estudio difieren en muchos aspectos a los informados por Yáñez *et al.* (2000), quienes realizaron la evaluación de stock para la temporada de pesca 1996-1997, comunicando valores de mortalidad por pesca para la fracción completamente reclutada, iguales a 0,81 y 0,63 para hembras y machos respectivamente; magnitudes que equivalen al 59% y 48% de las estimadas para la presente temporada de pesca. Asimismo, dichos autores informan estimaciones de abundancia y biomasa media muy inferiores a las presentes estimaciones, sin que los intervalos de confianza se superpongan. Lo anterior, no es de extrañar, puesto que los desembarques de la presente temporada son muy superiores y éstos, compensarían el balance de masa subyacente que existe detrás de la modelación.

**ANEXO 2. MATERIAL FOTOGRÁFICO DEL PROYECTO**



**Trampa anguilera**



**Carnada (anguilas)**



**Captura de carnada (sierra)**



**Cajón con carnada**



**Operación de “engüerado” (encebar)**



**Encarnado de trampa**



**Preparación de calado de trampa**



**Lanzamiento de boya maestra (calado)**



**Chigre horizontal**



**Chigre vertical**



**Virado de trampa**



**Izado de trampa**



**Cangrejo pre-procesado a bordo**



**Dimorfismo sexual entre machos y hembras en cangrejo dorado**



**Hembras portadora de huevos en cangrejo dorado**



**Propulsión de embarcación y transductor de ecosonda**



**Boyas empleadas en el aparejo de pesca de cangrejo**



**Erizo rosado y gastrópodo**



**Lirio de mar**

**Fauna acompañante en faenas de pesca de cangrejo**



**Equipo de filmación submarina**

**ANEXO 3. DESAGREGACIÓN DE LA BIOMASA VULNERABLE (ton)  
A LA TALLA (mm), SEXO Y ESPECIE OBJETIVO**

Langosta de Juan Fernandez		
Marca	Machos	Hembras
98	5,8	12,0
99	5,1	10,6
100	6,9	12,8
101	6,8	14,1
102	3,3	6,8
103	3,1	5,5
104	4,1	6,4
105	3,5	5,3
106	3,3	5,1
107	2,6	3,8
108	2,2	3,1
109	2,4	3,6
110	2,1	3,2
111	0,8	0,7
112	0,6	1,1
113	0,9	1,5
114	0,4	0,6
115	0,5	0,4
116	1,0	1,7
117	0,9	1,5
118	1,4	1,6
119	0,5	1,1
120	1,1	2,3
121	1,3	3,3
122	0,4	0,6
123	0,7	1,4
124	0,3	0,4
125	0,0	0,1
126	0,1	0,2
127	0,5	0,7
128	0,2	0,1
129	0,3	0,4
130	0,2	0,3
131	0,3	0,7
132	0,2	0,5
133	0,2	0,3
134	0,0	0,0
135	0,0	0,0
136	0,2	0,3
137	0,0	0,0
138	0,0	0,1
139	0,0	0,1
140	0,0	0,0
141	0,0	0,0
142	0,0	0,0
143	0,0	0,0
144	0,0	0,0
145	0,0	0,0
146	0,0	0,0

<b>Langosta de Juan Fernandez</b>		
<b>Marca</b>	<b>Machos</b>	<b>Hembras</b>
147	0,0	0,0
148	0,0	0,0
149	0,0	0,0
150	0,0	0,0
151	0,0	0,0
152	0,0	0,0
153	0,0	0,0
154	0,0	0,0
155	0,0	0,0
156	0,0	0,0
157	0,0	0,0
158	0,0	0,0
159	0,0	0,0
160	0,0	0,0
161	0,0	0,0
162	0,0	0,0
163	0,0	0,0
164	0,0	0,0
165	0,0	0,0
166	0,0	0,0
167	0,0	0,0
168	0,0	0,0
169	0,0	0,0
170	0,0	0,0
171	0,0	0,0
172	0,0	0,0
173	0,0	0,0
174	0,0	0,0
175	0,0	0,0
176	0,0	0,0
177	0,0	0,0
178	0,0	0,0
179	0,0	0,0
180	0,0	0,0
181	0,0	0,0
182	0,0	0,0
183	0,0	0,0
184	0,0	0,0
185	0,0	0,0
186	0,0	0,0
187	0,0	0,0
188	0,0	0,0
189	0,0	0,0
190	0,0	0,0
191	0,0	0,0
<b>Total</b>	<b>64,57</b>	<b>114,57</b>

<b>Cangrejo dorado</b>	
<b>Marca</b>	<b>Machos</b>
108	9,3
109	9,3
110	12,4
111	11,9
112	10,0
113	12,2
114	12,3
115	11,6
116	12,6
117	11,2
118	14,5
119	17,0
120	13,9
121	18,6
122	15,5
123	16,2
124	18,7
125	18,5
126	20,9
127	23,9
128	19,5
129	22,1
130	21,8
131	21,2
132	18,6
133	22,0
134	13,2
135	13,8
136	13,8
137	13,5
138	11,6
139	9,4
140	10,9
141	11,2
142	8,8
143	10,0
144	6,8
145	6,0
146	7,8
147	5,8
148	5,3
149	2,4
150	2,2
151	1,4
152	2,3
153	2,3
154	2,6
155	1,7
156	1,0

<b>Cangrejo dorado</b>	
<b>Marca</b>	<b>Machos</b>
157	1,2
158	0,3
159	0,3
160	0,8
161	0,7
162	0,5
163	0,9
164	0,0
165	0,3
166	0,1
167	0,0
168	0,0
169	0,0
170	0,0
171	0,0
172	0,2
173	0,0
174	0,0
175	0,0
176	0,1
177	0,0
178	0,1
<b>Total</b>	<b>585,1</b>

**ANEXO 4. PERSONAL PARTICIPANTE Y HORAS HOMBRE (HH)  
COMPROMETIDAS EN EL PROYECTO**

**Plan detallado de asignación de personal profesional y técnico por actividad y objetivo específico**  
**Proyecto FIP 2005-21**

	Objetivo 1						Objetivo 2					Objetivo 3				
	Institución	Actividad				Total	Actividad				Total	Actividad				Total
		Puesta en marcha	Recopilación de datos	Análisis de datos	Elaboración de informes		Puesta en marcha	Recopilación de datos	Análisis de datos	Elaboración de informes		Puesta en marcha	Recopilación de datos	Análisis de datos	Elaboración de informes	
<b>Investigadores y Coinvestigadores</b>																
Patricio Arana Espina	PUCV	10		20	10	<b>40</b>	10		30	30	<b>70</b>	10		20	10	<b>40</b>
Eleuterio Yañez Rodríguez	PUCV	10			10	<b>20</b>	30		30	30	<b>90</b>					<b>0</b>
Mauricio Ahumada Escobar	PUCV	5			5	<b>10</b>	30		70	20	<b>120</b>	20		20	20	<b>60</b>
Aurora Guerrero Correa	PUCV				5	<b>5</b>	15		60	60	<b>135</b>				5	<b>5</b>
Claudio Silva Gallinato	PUCV	10		20	10	<b>40</b>	10		50	30	<b>90</b>					<b>0</b>
Victor Espejo Briones	PUCV	10		20	10	<b>40</b>	10		50	30	<b>90</b>					<b>0</b>
Billy Ernst Elizalde (*)	Externo					<b>0</b>					<b>0</b>					<b>0</b>
José María Orensanz (*)	Externo					<b>0</b>					<b>0</b>					<b>0</b>
<b>Total</b>		<b>45</b>	<b>0</b>	<b>60</b>	<b>50</b>	<b>155</b>	<b>105</b>	<b>0</b>	<b>290</b>	<b>200</b>	<b>595</b>	<b>30</b>	<b>0</b>	<b>40</b>	<b>35</b>	<b>105</b>

**Colaboradores, técnicos y personal de apoyo**

Carmen Luz Fernandez Romero	PUCV	20				<b>20</b>	50				<b>50</b>	30				<b>30</b>
Pedro Apablaza Bastías	PUCV	10	90			<b>100</b>	10	90			<b>100</b>	10	90			<b>100</b>
Sergio Salinas Martínez	PUCV		50	30		<b>80</b>		50	30		<b>80</b>		50	30		<b>80</b>
Ajejandra Arellano Molina	PUCV					<b>0</b>					<b>0</b>		50	80	20	<b>150</b>
Teresa Chaparro Vargas	PUCV	30				<b>30</b>	40				<b>40</b>	20				<b>20</b>
Muestreadores	JF-PUCV		600			<b>600</b>		1000			<b>1000</b>		800			<b>800</b>
<b>Total</b>		<b>60</b>	<b>740</b>	<b>30</b>	<b>0</b>	<b>830</b>	<b>40</b>	<b>1000</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1270</b>	<b>60</b>	<b>990</b>	<b>110</b>	<b>20</b>	<b>1180</b>

<b>TOTAL GENERAL OBJETIVO</b>		<b>105</b>	<b>740</b>	<b>90</b>	<b>50</b>	<b>985</b>	<b>145</b>	<b>1000</b>	<b>290</b>	<b>200</b>	<b>1865</b>	<b>90</b>	<b>990</b>	<b>150</b>	<b>55</b>	<b>1285</b>
-------------------------------	--	------------	------------	-----------	-----------	------------	------------	-------------	------------	------------	-------------	-----------	------------	------------	-----------	-------------

**Plan detallado de asignación de personal profesional y técnico por actividad y objetivo específico**  
**Proyecto FIP 2005-21**

	Institución	Objetivo 4					Objetivo 5					Objetivo 6				
		Actividad				Total	Actividad				Total	Actividad				Total
		Puesta en marcha	Recopilación de datos	Análisis de datos	Elaboración de informes		Puesta en marcha	Recopilación de datos	Análisis de datos	Elaboración de informes		Puesta en marcha	Recopilación de datos	Análisis de datos	Elaboración de informes	
<b>Investigadores y Coinvestigadores</b>																
Patricio Arana Espina	PUCV	20		20	10	<b>50</b>	10		20	10	<b>40</b>	10		20	10	<b>40</b>
Eleuterio Yañez Rodríguez	PUCV	30		30	30	<b>90</b>					<b>0</b>					<b>0</b>
Mauricio Ahumada Escobar	PUCV					<b>0</b>				5	<b>5</b>				5	<b>5</b>
Aurora Guerrero Correa	PUCV				5	<b>5</b>				5	<b>5</b>				5	<b>5</b>
Claudio Silva Gallinato	PUCV			20		<b>20</b>					<b>0</b>					<b>0</b>
Victor Espejo Briones	PUCV			20		<b>20</b>					<b>0</b>					<b>0</b>
Billy Ernst Elizalde (*)	Externo					<b>0</b>					<b>0</b>					<b>0</b>
José María Orensanz (*)						<b>0</b>					<b>0</b>					<b>0</b>
<b>Total</b>		<b>50</b>	<b>0</b>	<b>90</b>	<b>45</b>	<b>185</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>50</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>50</b>

**Colaboradores, técnicos y personal de apoyo**

Carmen Luz Fernández Romero	PUCV					<b>0</b>					<b>0</b>					<b>0</b>
Pedro Apablaza Bastías	PUCV					<b>0</b>					<b>0</b>					<b>0</b>
Sergio Salinas Martínez	PUCV					<b>0</b>					<b>0</b>					<b>0</b>
Ajeandra Arellano Molina	PUCV					<b>0</b>					<b>0</b>					<b>0</b>
Teresa Chaparro Vargas	PUCV					<b>0</b>					<b>0</b>					<b>0</b>
Muestreadores	JF-PUCV					<b>0</b>					<b>0</b>					<b>0</b>
<b>Total</b>		<b>0</b>														

<b>TOTAL GENERAL OBJETIVO</b>		<b>50</b>	<b>0</b>	<b>90</b>	<b>45</b>	<b>185</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>50</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>50</b>
-------------------------------	--	-----------	----------	-----------	-----------	------------	-----------	----------	-----------	-----------	-----------	-----------	----------	-----------	-----------	-----------

## Cronograma mensual de asignación de labores del equipo de trabajo

Proyecto FIP N°2005-21

PARTICIPANTE	Institución	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total
--------------	-------------	---------	-----------	-----------	-------	---------	-------	-------	-------

### Investigadores y coinvestigadores

Patricio Arana Espina	PUCV	60	40	40	40	40	40	20	<b>280</b>
Eleuterio Yañez Rodríguez	PUCV					60	80	60	<b>200</b>
Mauricio Ahumada Escobar	PUCV	30	20	20	20	40	40	30	<b>200</b>
Aurora Guerrero Correa	PUCV	30				50	40	40	<b>160</b>
Claudio Silva Gallinato	PUCV					50	40	60	<b>150</b>
Victor Espejo Briones	PUCV					50	40	60	<b>150</b>
Billy Ernst Elizalde (*)	Externo								
José María Orensanz (*)	Externo								
									<b>1140</b>

(\*) Asesor externo, la valorización se incluyó como costo de operación, no como HH de proyecto.

### Colaboradores y personal técnico

Pedro Apablaza Bastías	PUCV	40	50	50	40	40	40	40	<b>300</b>
Carmen Luz Fernandez Romero	PUCV	10	10	10	10	20	20	20	<b>100</b>
Sergio Salinas Martínez	PUCV	40	40	40	40	40	20	20	<b>240</b>
Alejandra Arellano Bastías	PUCV		10	10	10	40	40	40	<b>150</b>
									<b>790</b>

### Personal de apoyo - muestreadores

Teresa Chaparro Vargas	PUCV	10	10	10	10	10	20	20	<b>90</b>
Muestreadores	PUCV - JF	400	500	500	500	500			<b>2400</b>
									<b>2490</b>

<b>TOTAL GENERAL</b>									<b>4420</b>
----------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	-------------

<b>ASIGNACION DE LABORES</b> <b>Investigadores y Coinvestigadores</b>
--

Nombre	Actividad
Patricio Arana Espina	Dirección general del proyecto Análisis de resultados de evaluación directa Análisis integral de los resultados del proyecto
Eleuterio Yañez Rodriguez	Análisis de resultados de evaluación indirecta Análisis de los resultados de distribución de recursos
Mauricio Ahumada Escobar	Estimación de biomosas evaluación directa, relacion talla-peso coordinación operativa del proyecto, elaboración de informes
Aurora Guerrero Correa	Análisis de datos distribución de frecuencias de tallas Elaboración y edición de informes Análisis de resultados de proyecto
Claudio Silva Gallinato	Estimación de biomosas evaluación indirecta, estado situación de recursos Análisis distribución de recursos (GIS) Elaboración y edición de informes
Víctor Espejo Briones	Estimación de biomasa evaluación indirecta, Estado de situación de los recursos
Billy Ernst Elizalde	Modelo dinámico de biomosas langosta, analisis medidas de regulación
José María Orensanz	Modelo dinámico de biomosas langosta, analisis medidas de regulación

<b>ASIGNACIÓN DE LABORES</b> <b>Colaboradores, Técnicos y Personal de Apoyo</b>
--

Nombre	Actividad
Pedro Apablaza Bastías	Dirección operacional de actividades en Juan Fernández, Coordinación general de muestreos
Carmen Luz Fernandez Romero	Asesoría computacional
Sergio Salinas Martínez	Digitación de información, Validación de base de datos
Alejandro Arellano Molina	Analisis de fauna acompañante
Teresa Chaparro Vargas	Secretaria

## COMPOSICION DEL EQUIPO DE TRABAJO

### Colaboradores y personal técnico

NOMBRE	TITULO	INSTITUCION
Pedro Apablaza Bastías	Oceanografo (PUCV)	PUCV
Carmen Luz Fernández Romero	Ingeniero en Informática (UTFSM)	PUCV
Sergio Salinas Martínez	Ingeniero Pesquero ©	PUCV
Alejandra Arellano Molina	Ingeniero Pesquero ©	PUCV

### Personal de apoyo - muestreadores

NOMBRE	LABOR	INSTITUCION
Teresa Chaparro Vargas	Secretaria	PUCV
Waldo A. Chamorro Paredes	Muestreador	Juan Fernández
Oscar M. Schiller Contreras	Muestreador	Juan Fernández
Daniel F. Chamorro Burgos	Muestreador	Juan Fernández
Julio M. Chamorro Solis	Muestreador	Juan Fernández
Daniel I. de Rodt Solis	Muestreador	Juan Fernández
David de Rodt Solis	Muestreador	Juan Fernández
Francisco Gallardo Pastén	Muestreador	PUCV
Maikel Pérez González	Muestreador	Juan Fernández
Ana Jesús Contreras Rivadeneira	Muestreador	Juan Fernández
María A. Erices Oñate	Muestreador	Juan Fernández
Robinson González Avalos	Muestreador	Juan Fernández
Manuel Chamorro Recabarren	Muestreador	Juan Fernández

**COMPOSICION DEL EQUIPO DE TRABAJO**  
**Investigadores y Coinvestigadores**

<b>NOMBRE</b>	<b>TITULO/GRADO ACADEMICO</b>	<b>INSTITUCION</b>	<b>CAMPO DE TRABAJO/LABOR</b>	<b>CARGO PROYECTO</b>
Patricio Arana Espina	Ingeniero (E) Pesca, M.Sc. Oceanogr. Programa de Manejo de Recursos Marinos (OSU, USA)	PUCV	Evaluación directa / Coordinación general	Investigador Responsable
Eleuterio Yañez Rodriguez	Ingeniero Pesquero (PUCV), Doctorat 3ème cycle en Oceanographie Biologique, Doctorat en Oceanologie (Ph. D.)	PUCV	Evaluación indirecta	Investigador
Mauricio Ahumada Escobar	Ingeniero Pesquero (PUCV)	PUCV	Evaluación directa de recursos pesqueros	Coinvestigador
Aurora Guerrero Correa	Ingeniero Pesquero (PUCV)	PUCV	Evaluación de recursos pesqueros	Coinvestigador
Claudio Silva Gallinato	Ingeniero Pesquero (PUCV)	PUCV	Evaluación de recursos pesqueros	Coinvestigador
Victor Espejo Briones	Ingeniero Pesquero (PUCV)	PUCV	Evaluación de recursos pesqueros	Coinvestigador
Billy Ernst Elizalde	Biologo Marino (U. de Concepción), Ph. D. Mención Pesquerías, University of Washington	Asesor externo	Evaluación de recursos pesqueros	Coinvestigador
José María Orensanz	Doctor en Ciencias Naturales (U. Nac. De la Plata), Ph. D., Fisheries, University of Washington	Asesor externo	Evaluación de recursos pesqueros	Coinvestigador

**Personal participante en el monitoreo de los recursos langosta y  
cangrejo dorado en el archipiélago de Juan Fernández**  
(Proyectos FIP N°2004-48 y FIP N°2005-21)

Mes/año	Nombre	Número de viajes controlados (*)		
		Monitoreo		Transectas / Reducción
		Cangrejo	Langosta	Cangrejo
Julio 2005	Waldo A. Chamorro Paredes	2		
	Oscar M. Schiller Contreras	2		
	Daniel F. Chamorro Burgos	3		
	Julio M. Chamorro Solis	8		
Agosto 2005	Waldo A. Chamorro Paredes	3		
	Oscar M. Schiller Contreras	3		
	Daniel F. Chamorro Burgos	6		
	Julio M. Chamorro Solis	22		
	Daniel I. de Rodt Solis	3		
Septiembre 2005	Julio M. Chamorro Solis	13		
	Daniel I. de Rodt Solis	3		
Octubre 2005	Daniel F. Chamorro Burgos	4		
	David de Rodt Solis		2	
	Francisco Gallardo Pastén		9	
	Maikel Pérez González		5	
	Pedro Apablaza Bastías	3	5	
Noviembre 2005	Ana Jesús Contreras Rivadeneira		16	
	Maikel Pérez González		9	
	María A. Erices Oñate	6	7	
	Pedro Apablaza Bastías	11	2	6
Diciembre 2005	Ana Jesús Contreras Rivadeneira	2	13	1
	María A. Erices Oñate	2	10	1
	Pedro Apablaza Bastías	5		5
Enero 2006	Ana Jesús Contreras Rivadeneira		15	
	María A. Erices Oñate	1	13	
	Pedro Apablaza Bastías	6	2	7
	Francisco Gallardo Pastén		10	
Febrero 2006	Ana Jesús Contreras Rivadeneira		13	
	María A. Erices Oñate	1	11	
	Pedro Apablaza Bastías	4	2	10
	Francisco Gallardo Pastén		5	
Marzo 2006	Ana Jesús Contreras Rivadeneira	2	10	
	María A. Erices Oñate		16	
	Pedro Apablaza Bastías	10		
	Robinson González Avalos		10	
	Francisco Gallardo Pastén	1	6	
Abril 2006	Ana Jesús Contreras Rivadeneira		9	
	María A. Erices Oñate		13	
	Pedro Apablaza Bastías	9		1
	Robinson González Avalos		7	
	Manuel Chamorro Recabarren		4	
Mayo 2006	María A. Erices Oñate		9	
	Pedro Apablaza Bastías	6		2
	Robinson González Avalos	1	7	
	Manuel Chamorro Recabarren		7	
<b>Total viajes muestreados controlados</b>		<b>142</b>	<b>247</b>	<b>33</b>