

INFORME FINAL

PROYECTO FIP N° 2008-24

DINÁMICA POBLACIONAL Y PESQUERA DE LA
LANGOSTA EN LA ISLA ALEJANDRO SELKIRK



DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA
UNIVERSIDAD DE CONCEPCION

Concepción, Mayo 2010



Título del Proyecto: “Dinámica poblacional y pesquera de la langosta en la isla Alejandro Selkirk” (Proyecto FIP N°2008-24)

Requirente: Fondo de Investigación Pesquera (FIP)

Contraparte: Universidad de Concepción
Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas

Unidad Ejecutora: Departamento de Oceanografía
Barrio Universitario s/n
Casilla 160-C
Concepción

Investigador responsable: Dr. Billy Ernst Elizalde
Departamento de Oceanografía
Universidad de Concepción
Concepción
Fonos: (41) 2204012
Fax: (41)
E-mail: biernst@udec.cl

<u>CONTENIDO</u>	<u>pag.</u>
TÉRMINOS BÁSICOS DE REFERENCIA	5
RESUMEN EJECUTIVO	12
LISTADO DE TABLAS	14
LISTADO DE FIGURAS	16
LISTADO DE AUTORES	21
ANTECEDENTES	22
METODOLOGÍA DE TRABAJO	31
MATERIALES Y MÉTODOS POR OBJETIVO	34
Objetivo 1	34
Objetivo 2	35
Objetivo 3	38
Objetivo 4	42
Objetivo 5	47
Objetivo 6	48
Objetivo 7	51
Objetivo 8	52
RESULTADOS POR OBJETIVO	53
Objetivo 1	53
Objetivo 2	63
Objetivo 3	67
Objetivo 4	71
Objetivo 5	73
Objetivo 6	74
Objetivo 7	76
Objetivo 8	78
DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	81
CONCLUSIONES	95
LITERATURA CITADA	98
AGRADECIMIENTOS	107

LISTADO DE TABLAS	109
LISTADO DE FIGURAS	124

TÉRMINOS BÁSICOS DE REFERENCIA

1. PROYECTO Dinámica poblacional y pesquera de la langosta (*Jasus frontalis*) en la isla Alejandro Selkirk.

2. ANTECEDENTES

El desarrollo económico del Archipiélago de Juan Fernández se sustenta en gran medida en torno a la pesquería de la langosta (*Jasus frontalis*), actividad artesanal que se viene desempeñando por los últimos cien años. Su alto valor económico y la falta de desarrollo de otros sectores han determinado que el esfuerzo pesquero se concentre principalmente sobre este recurso, actividad que se desempeña durante octubre y mayo de cada temporada (Arana et al. 1985, Arana et al. 1997). Históricamente los desembarques han provenido de tres sistemas, islas Robinson Crusoe y Santa Clara, isla Alejandro Selkirk e islas Desventuradas, siendo las dos primeras las de mayor relevancia respecto de la extracción. La información de captura de la langosta recopilada en la publicación anual de desembarque del Servicio Nacional de Pesca no permite discriminar la procedencia de las langostas desembarcadas, de tal forma que hasta el día de hoy no se cuenta con registros de desembarque de langostas de la isla Alejandro Selkirk. Este problema fue señalado por Arana et al (2005) y conspira contra esfuerzos técnicos por determinar la productividad real de cada sistema.

La investigación biológica y pesquera de la langosta en el archipiélago ha sido esporádica en el tiempo, destacando los proyectos realizados durante las temporadas 1984/85 (Henríquez et al 1995), 1996/97 (Arana et al 1997) y 2005/06 (Arana et al 2006). Si bien estos esfuerzos han recopilado valiosa información sobre esta especie y su pesquería, la discontinuidad de información limita en gran forma la capacidad de análisis e inferencia respecto de la dinámica de la especie y de su pesquería. Esto se traduce en diagnósticos basados en modelos aplicados bajo condiciones de equilibrio, que a menudo limitan severamente el grado de inferencia que se puede hacer para este recurso. Adicionalmente se destaca la carencia de información de línea base y específica de la pesquería de la langosta en la isla Alejandro Selkirk, situación de gran preocupación, sobre todo si se considera que los desembarques por temporada en esta isla estarían representando un 50% del total del archipiélago. Las pesquerías de langostas dependen en gran medida de las fuerzas de las clases anuales que reclutan cada año a la pesquería. La variabilidad del reclutamiento depende a su vez de condiciones locales ambientales y biológicas durante las fases larvarias, de asentamiento y bentónicas. Esta situación determina que desde un punto de vista biológico los subsistemas Robinson/Santa Clara y Selkirk deban ser estudiados y monitoreados en forma independiente. Esta opinión ha sido ampliamente respaldada en los dos proyectos FIP que se han realizado en el archipiélago (1996 y 2005).

Acogiendo esta problemática, se plantea la necesidad de generar información biológica y pesquera independiente para la isla Alejandro Selkirk para la temporada 2008–2009, que permita incrementar el conocimiento sobre esta población y su pesquería y su relación respecto del archipiélago. Se plantea además el uso de metodologías modernas (marcaje y recaptura) que permitan el estudio de procesos de dinámica espacial y demográfica.

En el contexto precitado, el Consejo de Investigación Pesquera teniendo presente lo informado al efecto 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 del recurso, ha decidido incluir el presente proyecto en el programa de investigación pesquera del año 2008.

3. OBJETIVO GENERAL

Recabar y analizar información demográfica y pesquera de la langosta de Juan Fernández (*Jasus frontalis*) en la isla Alejandro Selkirk durante la temporada 2008-2009.

4. OBJETIVOS ESPÉCIFICOS

- 4.1 Caracterizar y analizar el régimen operacional y la actividad extractiva artesanal ejercida sobre el recurso durante la temporada 2008-2009.
- 4.2 Determinar la captura, esfuerzo y captura por unidad de esfuerzo considerando escalas espaciales y temporales.
- 4.3 Caracterizar la dinámica espacial de la fracción vulnerable a la pesquería, incluyendo distribución, migraciones estacionales y desplazamientos entre áreas.
- 4.4 Estimar tasas instantáneas de mortalidad por pesca, mortalidad natural y selectividad a la talla.
- 4.5 Determinar la composición de tallas por sexo de la fracción comercial y no comercial de langosta durante la temporada 2008-2009.
- 4.6 Generar una serie de tiempo de temperaturas de agua de fondo en las zonas de pesca.
- 4.7 Caracterizar la fauna acompañante (carnadas) asociada a esta pesquería.
- 4.8 Determinar el estado de situación de la langosta de Juan Fernández en la isla Alejandro Selkirk respecto del resto del archipiélago.

5. METODOLOGÍA

5.1 El proponente deberá desarrollar en su propuesta técnica, de acuerdo 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.

5.2 Para dar cumplimiento al objetivo específico 4.1 el proponente deberá recabar información de la totalidad de las embarcaciones, sus tripulaciones, arte de pesca y proceso de pesca, y compararla con temporadas anteriores.

5.3 El proponente deberá presentar una metodología que permita estimar la captura total y desembarque por mes y zona de pesca. Deberá además identificar los distintos niveles de esfuerzo pesquero e indicar cuál es el más apropiado para representar la dinámica de la pesca. Finalmente deberá presentar una metodología para estimar satisfactoriamente la captura por unidad de esfuerzo para la temporada 2008-2009.

5.4 El proponente deberá desarrollar modelos y un programa de marcaje y recaptura que permitan alcanzar los objetivos 4.3 y 4.4. Estos estudios deberán contemplar la fracción vulnerable, incluyendo individuos bajo y sobre la talla legal de captura. Las estimaciones de mortalidad natural y por pesca deberán provenir de los mismos experimentos de marcaje y recaptura, y no de aproximaciones indirectas (i.e. propuestas por Pauly 1980), las cuales han sido ampliamente utilizadas en el medio nacional.

5.5 Para dar cumplimiento al objetivo 4.5 se deberá implementar un programa de seguimiento que permita estimar la estructura de tallas de la fracción comercial y no comercial, tanto para machos como para hembras y durante la primera y segunda parte de la temporada de pesca.

5.6 Ziegler et al (2003) han propuesto que la capturabilidad de las langostas es función de la temperatura de agua de fondo. Este factor podría influir negativamente sobre construcción de un índice temporal insesgado de abundancia relativa y por ende es necesario que se considere la temperatura en el estudio. El proponente deberá presentar una metodología que permita medir directamente y a lo largo de toda la temporada, la temperatura del agua de fondo en las distintas zonas de pesca. Deberá presentar una metodología que permita además analizar las series de tiempo y la relación de la CPUE con la temperatura.

5.7 Para alcanzar el objetivo 4.7 el proponente deberá hacer un seguimiento de la composición por especies de las carnadas y una estimación de su captura total durante la temporada de pesca.

5.8 A la luz de los resultados obtenidos durante el proyecto y de la información histórica existente para esta isla y otras del archipiélago de Juan Fernández el proponente deberá presentar un enfoque que permita hacer inferencia respecto del estado de la pesquería de la langosta en la isla Alejandro Selkirk.

5.9 El proponente deberá coordinar al menos una reunión con los pescadores de la isla Alejandro Selkirk para discutir los resultados del proyecto y otra que incluya al Sindicato de Trabajadores Independientes Pescadores Artesanales de Juan Fernández (STIPA) en la isla Robinson Crusoe.

5.10 El consultor deberá realizar dos talleres; (i) El primero al inicio del proyecto con la finalidad de presentar la metodología y principales actividades asociadas al proyecto, a la autoridad administrativa y usuarios relacionados con el recurso y la pesquería, (ii) Un segundo taller de discusión metodológica y difusión de resultados, considerando la participación de científicos y técnicos relacionados con el tema, personas del sector pesquero y profesionales involucrados en el manejo de la pesquería. El taller se deberá efectuar antes de la entrega del preinforme final.

5.11 El proyecto tendrá una duración de quince (15) meses y se deberá iniciar a partir 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.

5.12 El proponente 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, con todos los análisis y resultados parciales detallados en la propuesta técnica, a entregar al término del 5º mes de iniciado el proyecto.
- b) Un preinforme final al término del mes catorce (14º) de iniciado el proyecto, conteniendo el total de resultados consignados en las bases especiales del proyecto.

Junto con este informe, el ejecutante deberá poner a disposición del Consejo de Investigación Pesquera las bases de datos con toda la información generada por el proyecto, en formato DBF en CD. Los nombres de los archivos no deberán tener más de 8 caracteres de largo y deberán ser de tipo alfanumérico. Las columnas de cada archivo deberán tener un nombre de campo de extensión inferior o igual a 10 caracteres, sin espacios ni textos explicativos. Adicionalmente se deberá entregar un archivo índice, el cual contendrá una

descripción de todos y cada uno de los archivos de base de datos adjuntos. Este archivo deberá ser creado en formato DBF y estar formado por cuatro campos (Campo 1 = COD_PROYEC; Campo 2 = RUTA; Campo 3 = ARCH y Campo 4 = DESCRIPCIO). El archivo de índice será utilizado por el sistema para conectar los archivos de datos y asociarlos al proyecto. El cumplimiento de este requerimiento será evaluado junto con el preinforme final.

5.13 Un informe final, al finalizar la ejecución del estudio, que deberá incorporar el total de los resultados emanados durante la ejecución del proyecto, incluyendo las observaciones realizadas al preinforme final.

5.14 Cada uno de los informes 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).

5.15 El proponente deberá comprometer la obtención de material fotográfico y/o audiovisual 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 el preinforme final, para fines de difusión que el Consejo del FIP determine. Este material podrá ser entregado en medios magnéticos, negativo o impreso.

5.16 La Subsecretaría de Pesca podrá autorizar una pesca de investigación para la realización del presente proyecto.

5.17 El consultor deberá elaborar un manuscrito en inglés, para eventualmente ser presentado en una revista de divulgación científica.

6. RESULTADOS ESPERADOS

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

6.1 Caracterización de la flota artesanal que opera sobre la langosta y las carnadas en la isla Alejandro Selkirk, considerando número y características de las embarcaciones, número de pescadores, arte de pesca, y régimen operacional durante la temporada 2008-2009.

6.2 Estimación de la captura y desembarque total, esfuerzo y captura por unidad de esfuerzo de la langosta en la isla Alejandro Selkirk durante la temporada 2008-2009 por zona de pesca y mes.

6.3 Estimación del desplazamiento medio de la fracción vulnerable de langostas entre zonas geográficas y durante la migración estacional.

6.4 Estimaciones de las tasas instantáneas de mortalidad por pesca, mortalidad natural y selectividad a la talla.

6.5 Estimación de la estructura de tallas de la fracción comercial y no comercial de langosta durante la temporada 2008-2009.

6.6 Construcción de una serie de tiempo de temperaturas de agua fondo en las zonas de pesca durante la temporada.

6.7 Caracterización de la fauna acompañante (carnadas) asociada a esta pesquería y estimaciones de los volúmenes de extracción para la temporada 2008-2009.

6.8 Diagnóstico de la pesquería de la langosta de Juan Fernández en la isla Alejandro Selkirk y difusión de resultados al interior de la comunidad pesquera insular.

6.9 Conclusiones y recomendaciones emanadas del taller de difusión y discusión metodológica.

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 páginas, y el documento íntegro en formato PDF. Los textos, tablas y figuras de los informes deberán ser entregados en formatos Word (.doc) y Excel (.xls), según corresponda, en CD. Deberá estar documentada la estructura y contenido de todos los archivos que se entreguen.

7. PRESUPUESTO INDICATIVO \$ 45.000.000.-

8. REFERENCIAS

Arana, P. 1985. Análisis y recomendaciones sobre medidas de regulación en la pesquería de la langosta de Juan Fernández (*Jasus frontalis*). In: P. Arana (ed.), Investigaciones Marinas en el Archipiélago de Juan Fernández, Escuela de Ciencias del Mar, UCV. Valparaíso, 291-300.

Arana, P., Yañez, E., Olate, Cristian, Silva, C. y Vega R. 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., Ahumada, M., Guerrero, A., Espejo, V., Yáñez, E., Ernst, B. y J.M. Orensanz. 2006. Evaluación de stock y distribución de la langosta y del cangrejo dorado en el archipiélago de Juan Fernández. Informe Final Proyecto FIP 2005-21. Escuela de Ciencias del Mar, UCV, Valparaíso, 257 pp.

Henríquez, G., Rodríguez, L., Lea-Plaza, C., Sáteler, J. y Salas, R. 1985. Diagnóstico de la pesquería de la langosta en archipiélago de Juan Fernández. CORFO-IFOP, AP 86/6:133 pp.

Pauly, D. 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *Journal du Conseil* 39(2):175-192.

Ziegler, P.E., S. D. Frusher and C. R. Johnson. 2003. Space–time variation in catchability of southern rock lobster *Jasus edwardsii* in Tasmania explained by environmental, physiological and density-dependent processes. *Fisheries Research* 61(1): 107-123.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto se desarrolló en la isla Alejandro Selkirk durante las temporadas de pesca 2008/09 y comienzos de 2009/10, y contó con la participación de las diez embarcaciones que operan regularmente en esta isla del archipiélago de Juan Fernández. Las actividades contemplaron la caracterización de la flota, el monitoreo de la actividad pesquera considerando escalas espaciales y temporales, y un programa de seguimiento biológico que consideró la estimación de la proporción sexual, estructura de tallas, desplazamiento de la langosta y tasas de sobrevivencia. Adicionalmente se midió en forma continua durante el período de estudio la temperatura del agua de fondo en las zonas de pesca. Se desarrolló un experimento de marcaje y recaptura con alta participación de la flota pesquera. Se utilizó esta información para mejorar el conocimiento respecto de crecimiento somático y reproducción, estimar la selectividad a la talla, tasas de sobrevivencia durante el período de estudio, y analizar desplazamientos estacionales y entorno a la isla. Mediante el uso de un modelo lineal generalizado se procedió a identificar los factores más relevantes que afectan la CPUE (captura por trampa levantada) durante la temporada de pesca.

Los resultados de este proyecto sugieren que la muda de machos comienza en enero y se extiende hasta marzo. Los resultados del segundo y tercer experimento de marcaje y recaptura sugieren que al menos un 40% de los individuos marcados experimentan una muda en el período de invierno. La portación de huevos a la talla, sugiere que las hembras mayores estarían terminando su período de portación a comienzos de la temporada de pesca, y sólo una fracción de las hembras maduras pequeñas o de tallas intermedias continuarían portando huevos hacia el verano.

En el sector norte de la isla Alejandro Selkirk se observa un claro patrón de desplazamiento estacional, conforme avanza la temporada de pesca desde zonas costeras hacia costa afuera. Este patrón se revierte durante la veda reproductiva. Alrededor de la isla se identifican varios conglomerados de

langostas que muestran un mayor grado de conectividad al interior de estos que entre los conglomerados. Durante el período de estudio se aprecia una baja conectividad de langostas entre zonas opuestas de la isla.

La implementación de un modelo lineal generalizado para modelar la CPUE permite afirmar que los factores bote, mes, temporada, zona de pesca y temperatura son todos altamente significativos. La temperatura de fondo por su parte muestra un conspicuo cambio entre los 13 y los 19 grados celsius durante el período de estudio.

La implementación y parametrización de los modelos de Brownie y de probabilidad de sobrevivencia y tasas de avistamiento sugieren que las tasas de explotación en las zonas de pesca alcanzarían valores de 0.88 y 0.54, para machos y hembras, respectivamente. Por otro lado el estimador de razón aplicado sobre hembras durante la primera temporada de pesca indica una tasa de explotación de 0.64. Estos valores son elevados, pero caen dentro del rango de otros stocks de *Jasus* en el mundo.

Una revisión histórica de las tasas de captura (número de langostas por trampa) revela que el valor actual es aproximadamente el doble que aquel de la temporada 1984/85 y los valores actuales en el sistema Robinson/Santa Clara.

A la luz de los antecedentes se sugiere implementar un sistema de monitoreo de la actividad pesquera permanente en esta isla y el resto del archipiélago, que permita tener información independiente de cada uno de los subsistemas y velar de esta forma por la sustentabilidad de los recursos naturales tan importantes para el desarrollo y economía insular.

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1: Número de trampas levantadas por zona y mes, durante las temporadas 2008/09 y 2009/10.

Tabla 2: Períodos de marcaje de langosta de Juan Fernández durante la temporada 2008/09.

Tabla 3: Número de langostas marcadas por sexo y zona de pesca.

Tabla 4: Aspectos biológicos y pesqueros relevantes para el diseño de los experimentos y colección de información de la langosta de la Isla Alejandro Selkirk durante la temporada 2008-2009. HO: hembras ovíferas.

Tabla 5: Miembros del Sindicato de Pescadores Independientes de la Isla Alejandro Selkirk.

Tabla 6: Características principales de las chalupas de alta mar que operan en la isla Alejandro Selkirk durante la temporada 2008/09.

Tabla 7.- Caracterización de la tripulación correspondiente a cada embarcación, tripulantes a bordo durante cada salida y su respectivo capitán.

Tabla 8.-Dimensiones de las trampas langostera utilizados en la captura de la langosta de Juan Fernández

Tabla 9.-Dimensiones de los viveros de superficie utilizados en la captura de la langosta de Juan Fernández.

Tabla 10.-Dimensiones de las trampas anguilera en la isla Alejandro Selkirk.

Tabla 11.- Promedio de horas de salida y llegada de las embarcaciones, durante un viaje de pesca. Mes 1=Enero 2009 y 10 = Oct 2008.

Tabla 12: Resultados obtenidos de una encuesta realizada a los pescadores, caracterizando la cantidad de trampas utilizadas, la cantidad de años que llevan pescando en la isla de Selkirk y las marcas que poseen.

Tabla 13: Promedio de trampas dispuestas en el agua y trampas visitadas durante los meses de la temporada 2008-2009

Tabla 14: Número de trampas caladas por mes, correspondiente a la temporada 2008-2009.

Tabla 15: Resultados de la selección de modelos para identificar los factores que afectaron a la CPUE comercial y no comercial en la isla Alejandro Selkirk entre octubre de 2008 y noviembre de 2009.

Tabla 16: Matriz de conectividad entre las 6 zonas en la isla Alejandro Selkirk desde Octubre 2008 a Febrero de 2009.

Tabla 17: Matriz de conectividad entre las 6 zonas en la isla Alejandro Selkirk desde Marzo a Noviembre de 2009.

Tabla 18: Estimaciones de parámetros del modelo de Brownie, bajo 3 escenarios de mortalidad natural (0.05, 0.1 y 0.15). Las tasas de reporte y capturabilidad se reportan con sus errores estándar (se). El esfuerzo está en unidades de trampas levantadas. La parte central de la tabla corresponde a estimaciones de tasa instantáneas de mortalidad por pesca.

Tabla 19: Fecha de registro de termistores por zona.

Tabla 20: Clasificación taxonómica de las especies utilizadas como carnadas en la pesquería de la langosta, las especie con (*) solo fue posible identificarla hasta el nivel de genero.

Tabla 21: Captura en peso (Kg) reportada por los pescadores por especie, mes y temporada.

Tabla 22: Número total de individuos utilizados como carnada dentro de la temporada, datos por especie y por mes, datos de observación a bordo.

Tabla 23: Peso y talla promedio de algunas especies usadas de carnada, en paréntesis su error estándar.

Tabla 24: Valores de los parámetros de la relación alométrica, en paréntesis se entrega el error estándar.

Tabla 25: Biomasa de las especies utilizadas como carnada dentro de la temporada, datos por especie y por mes. Se entregan los subtotales por mes y la biomasa total utilizada en la temporada.

Tabla 26: Captura por unidad de esfuerzo proveniente de la pesquería de langostas comerciales en la isla Alejandro Selkirk.

Tabla 27: Incremento en longitud por muda para *Jasus* (incremento en milímetros).

Tabla 28: Valores de mortalidad natural para machos y hembras, se especifica el método por el cual fue calculado y el autor que realizó la estimación

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1: Distribución geográfica de la langosta de Juan Fernández y su pesquería. El marco oscuro indica la zona de estudio del proyecto FIP 2008-24 (Isla Alejandro Selkirk).

Figura 2: Dimensiones y ubicación geográfica de la Isla Alejandro Selkirk.

Figura 3: Emplazamiento e infraestructura de Rada de la Colonia. Fuente: Masoli y Larraín, 2006.

Figura 4: Zonas de pesca establecidas para el proyecto 2008-24.

Figura 5: Hoja de bitácora utilizada por los pescadores en la isla Alejandro Selkirk durante las temporadas 2008/09 y 2009/10.

Figura 6: Langosta marcada dorsalmente en Octubre de 2008 en la isla Alejandro Selkirk.

Figura 7: Zonas costera y oceánica definidas en función del área de liberación de langostas marcadas en la isla Alejandro Selkirk.

Figura 8: Medición de la longitud cefalotorácica utilizada en el presente proyecto.

Figura 9: Ubicación de los anclaje con los sensores de temperatura instalados a comienzos de la temporada 2008-2009.

Figura 10: Caleta del poblado Rada de la Colonia, de la isla Alejandro Selkirk.

Figura 11: Rampa de la caleta (a) primer tramo construido de hormigón y rollizos en superficie (b) segundo tramo construido de rollizos y grava.

Figura 12: Caseta del huinche, ubicada en la parte superior de la caleta y cuya función es remolcar las embarcaciones que varan en la caleta.

Figura 13: Bodegas o cuartos, lugar empleado por los pescadores para guardar sus materiales de pesca.

Figura 14: Trampas utilizadas para la captura de langostas (a) con varas de eucalipto (*Eucalyptus* sp.) y ocasionalmente maqui (*Aristotelia maqui*), (b,c) presentando una entrada en la parte superior en base a un orificio cónico/cilíndrico construido por plásticos (d) y en algunos casos sus paredes laterales son recubiertas por redes de malla plástica.

Figura 15: Traslado de trampas, desde la isla Robinson a Selkirk, antes del comienzo de la temporada.

Figura 16: Horario de salida y llegada de las embarcaciones, completando un viaje de pesca al día, durante la temporada 2008-2009.

Figura 17: Numero de trampas dispuestas en el agua y número de trampas visitadas durante la temporada de pesca 2008-2009.

Figura 18: Lecturas de profundidad (metros) obtenidas alrededor de la isla Alejandro Selkirk en Octubre de 2008.

Figura 19: Captura comercial, no comercial, esfuerzo y tasas de captura de langostas en la isla Alejandro Selkirk durante la temporada 2008/09.

Figura 20: Captura comercial, no comercial, esfuerzo y tasas de captura de langostas en la isla Alejandro Selkirk durante la temporada 2008/09 y 2009/10.

Figura 21: Número de trampas levantadas por mes (octubre-mayo) para las temporadas 2008/09 y 2009/10.

Figura 22: Número de langostas capturadas por trampa, langostas comerciales (panel superior) y no comerciales (inferior). Círculo gris corresponde a la temporada 2008/09 y círculo negro a temporada 2009/10.

Figura 23: Captura total de langostas comerciales embarcación.

Figura 24: Captura (número) de langostas comerciales para las temporadas 2008/09 (círculo sólido) y 2009/10 (rombo negro).

Figura 25: Número de la marca y fecha de recaptura.

Figura 26: Número de langostas recapturadas por el programa de bitácoras de pesca en la isla Alejandro Selkirk durante la temporada 2008/09.

Figura 27: Tasa de langostas recapturadas sobre el esfuerzo de pesca expresado como número de trampas levantadas para la temporada 2008/09 en la isla Alejandro Selkirk.

Figura 28: Frecuencia de múltiples recapturas de langostas de la base construída con la información reportada por los pescadores.

Figura 29: Longitud cefalotorácica de las langostas al momento de marcaje (solo primer evento de marcaje) y en las recapturas en la isla Alejandro Selkirk durante la temporada 2008/09 y comienzos de la temporada 2009/2010.

Figura 30: Longitud cefalotorácica de las langostas al momento de marcaje (marcaje de Feb-Abril) y en las recapturas en la isla Alejandro Selkirk durante fines de la temporada 2008/09 y comienzos de la temporada 2009/2010.

Figura 31: Proporción de hembras portadoras de huevo respecto del total de hembras recapturadas por intervalos de talla.

Figura 32: Desplazamientos de langostas (sexos combinados)

Figura 33: Resumen de los desplazamientos por zonas. El punto de origen del desplazamiento fue ubicado en el centroide de la zona. La flecha roja representa la resultante vectorial por cuadrante.

Figura 34: Distancias desplazadas en metros entre marcaje y recaptura de langostas en la isla Alejandro Selkirk (F: hembras, M: machos y O: ovíferas).

Figura 35: Proporción de langostas retenidas en cada una de las zonas por mes de observación.

Figura 36: Ubicación espacial de las recuperaciones de langostas marcadas en octubre de 2008.

Figure 37: Ubicación espacial de las langostas recuperadas y marcadas en el período marzo-abril de 2009.

Figura 38: Selectividad a la talla de machos (panel superior) y hembras (panel inferior) obtenida a partir de organismos marcados en octubre de 2008 y recuperados entre octubre y diciembre. Línea gris gruesa corresponde al período octubre-diciembre.

Figura 39: Tasa instantánea de mortalidad por pesca (mensual) para machos y hembras estimados desde el modelo de Brownie.

Figura 40: Probabilidad de sobrevivencia (panel superior) y de avistamiento (panel inferior) para machos y hembras de langostas en la isla Alejandro Selkirk. Resultados del modelo con múltiples recapturas.

Figura 41: Proporción sexual de langostas (hembras/[machos+hembras]) por mes y por zona entre octubre de 2008 y noviembre de 2009 en la isla Alejandro Selkirk.

Figura 42: Distribución de frecuencia de longitudes cefalotorácicas para machos, hembras y hembras ovíferas entre octubre de 2008 y febrero de 2009 para toda la isla Alejandro Selkirk.

Figura 43: Distribución de frecuencia de longitudes cefalotorácicas para machos, hembras y hembras ovíferas entre marzo y noviembre de 2009 para toda la isla Alejandro Selkirk.

Figura 44: Distribución de frecuencia de longitudes cefalotorácicas para machos, hembras y hembras ovíferas entre octubre 2008 y abril de 2009 para la zona 3 de la isla Alejandro Selkirk.

Figura 45: Distribución de frecuencia de longitudes cefalotorácicas para machos, hembras y hembras ovíferas entre octubre 2008 y abril de 2009 para la zona 4 de la isla Alejandro Selkirk.

Figura 46: Espectro de temperatura de fondo de Selkirk basado en el método de Welch de la zona (a) 1, (b) 2, (c) 4 y (d) 5 con niveles de confianza del 95% para 20 (azul), 14 (rojo) y 10 (verde) grados de libertad.

Figura 47: Series de temperatura de fondo corregidas para brechas y saltos en los registros para las zonas 1, 2, 4 y 5 de la región de Selkirk. La línea roja muestra la serie filtrada en cada caso usando el filtro Godin que permite remover la marea.

Figura 48: Serie filtrada representativa de la región de Selkirk desde 4 de Octubre de 2008 al 25 de Mayo del 2009 (línea roja). Los puntos representan todas las observaciones de temperatura de fondo corregidas de las 4 zonas.

Figura 49: fotografía de las especies usadas como carnada en la pesquería de *J. frontalis*. a) *Seriola lalandi*; b) *Cheilodactylus gayi* c) Colorado d) *Gymnothorax porphyreus*; e) *Tunnus sp.* f) *Paralichthys sp.* g) Corvina.

Figura 50: Variación en el porcentaje de biomasa utilizada por especie como carnadas a través de la temporada 2008 y dos meses de la temporada 2009, datos obtenidos a través de las bitácoras.

Figura 51: Variación de la biomasa total utilizada a través de la temporada 2008 y dos meses de la temporada 2009, datos obtenidos de las bitácoras.

Figura 52: Proporción de las carnadas por mes, obtenido del muestreo biológico.

Figura 53: Ajuste del modelo alométrico a los datos de peso-longitud de la Breca en la isla Alejandro Selkirk.

Figura 54: Ajuste del modelo alométrico a los datos de peso-longitud del Atún en la isla Alejandro Selkirk.

Figura 55: Variación del número total de individuos de las especies más representadas utilizadas a través de la temporada 2008 y dos meses de la temporada 2009, datos obtenidos de las bitácoras.

Figura 56: Número de embarcaciones que instalaron huinche en las embarcaciones de la isla Alejandro Selkirk por temporada de pesca.

Figura 57: Captura por unidad de esfuerzo expresada como número de langostas por viaje (panel superior) y langostas por trampa (panel inferior).

Figura 58: Serie histórica de CPUE para la langosta de Juan Fernández en la isla Alejandro Selkirk. Número de langostas por viaje (panel superior) y por trampa (panel inferior).

Figura 59: Captura (número) de langostas por trampa para Selkirk y Robinson/Santa Clara. Las observaciones corresponden al promedio de los valores mensuales de CPUE nominal.

Figura 60: Frecuencia de longitudes de machos en las islas Alejandro Selkirk en las temporadas 1984/85 y 2008/09.

Figura 61: Frecuencia de longitud de machos en las islas Alejandro Selkirk (octubre 2008) y San Félix (agosto 2008).

Figura 62: Factores que afectarían la CPUE de langostas comerciales en la isla Alejandro Selkirk.

LISTADO DE AUTORES

Nombre	Función
Billy Ernst Elizalde	Jefe Proyecto. Análisis de datos. Modelación. Coordinación general actividad de terreno. Redacción de Informes.
Carolina Parada Véliz	Análisis de datos temperatura. Redacción de Informes.
Pablo Manriquez Angulo	Coordinación actividad de terreno en el archipiélago de Juan Fernández. Muestreo biológico y monitoreo pesquero.
Julio Chamorro Solis	Coordinación actividad de terreno en la isla Alejandro Selkirk. Muestreo biológico y monitoreo pesquero.
Pablo Retamal Contreras	Muestreo biológico y monitoreo pesquero.

Colaboradores

Catalina Román	Análisis de información y redacción de informe.
Javier Porobic	Análisis de información y redacción de informe.
Stewart Frusher	Modelación con datos de marcaje y recaptura.
Ana Parma	Discusión sobre modelación
Jose Orensanz	Discusión de resultados.

ANTECEDENTES GENERALES

LA ISLA

El archipiélago de Juan Fernández se ubica a 33°40`S, 79°00`W en la V región de Valparaíso, provincia de Valparaíso, comuna de Juan Fernández a 637 Km del puerto de Valparaíso (Masoli, 2008). El archipiélago está conformado por las islas: Robinson Crusoe (33°37`S, 78°53`W), Santa Clara (33°42`S, 79°01`W) y la Isla Mariner Alejandro Selkirk (33°45`S, 80°45`W) ubicada en dirección oeste a 168 Km de las otras dos islas (figura 1). Ésta última alcanza la mayor superficie de las islas que conforman el archipiélago, comprendiendo 49 Km² y alcanzando los 1300 metros de altura sobre el nivel del mar. Se considera la isla más joven de la cadena volcánica de Juan Fernández ya que se formó hace dos millones de años aproximadamente (González-Ferrán, 1987; Masoli & Larraín, 2007).

La Isla Mariner Alejandro Selkirk, antiguamente llamada Más Afuera pertenece al Parque Nacional Archipiélago Juan Fernández fundado el 16 de febrero de 1936 mediante el Decreto Supremo N° 103 por el Ministerio de Tierras y Colonización (Masoli, 2008) y a la reserva mundial de la Biósfera de la UNESCO desde 1977 (Hoffman and Marticorena 1987).

GEOMORFOLOGIA

La Isla Alejandro Selkirk descrita por sus visitantes como un escarpado y desértico peñón, presenta rasgos muy diferentes a los que se observan en Robinson Crusoe; se observa en forma de domo con contornos elevados e imponente altura que dan cuenta de su origen volcánico. Presenta fuertes pendientes interrumpidas por diversas quebradas de elevadas alturas (Masoli, 2008). Posee una superficie de 49 km² y su altura máxima alcanza los 1320 metros sobre el nivel del mar en el cerro Los Inocentes, constituyendo una de las islas oceánicas más altas del planeta. Sus dimensiones Norte-Sur y Este-Oeste alcanzan los 12.5 y 9.1 km, respectivamente (figura 2). El sector norte corresponde a una meseta de gran altura fragmentada por profundas y

abundantes quebradas, alcanzando una altura máxima de 1300 m.s.n.m. en el sector El Hombre, desde el cual nacen diversas planicies que otorgan mayor superficie a este sector. El sector norte está separado del sector sur por el cordón El Barril. El sector sur abarca una menor superficie, sin embargo posee las mayores alturas, encontrándose aquí el cerro Los Inocentes (Masoli & Larraín, 2007). Por el lado oeste la isla presenta acantilados abruptos que caen directamente al mar, impidiendo el acceso a la isla por este sector. Finalmente la costa oriental presenta una pendiente menos inclinada demarcada por valles y estrechas quebradas. El único sector poblado de la isla se encuentra en el lado oriente (hacia el continente), hacia el cual caen pequeñas quebradas que forman en sus desembocaduras, rellenos aluviales (Masoli & Larraín, 2007).

GEOLOGÍA

Más Afuera forma parte del grupo de islas oceánicas de origen volcánico, edad geológica reciente (plioceno superior, pleistoceno reciente) y cuya aparición se relaciona con procesos de tectónica global de placas al igual que las todas las islas oceánicas chilenas. En este contexto, la isla se asocia a los movimientos de la placa de Nazca, su actividad de subducción y las actividades de la dorsal mesoceánica del Pacífico situando a la isla, sobre cadenas volcánicas y puntos activos dentro de la placa de Nazca. Estos procesos explican y avalan la ocurrencia de actividades sísmicas y volcánicas ocurridas en torno al Archipiélago de Juan Fernández (González-Ferrán, 1987).

Se señalan que la isla Alejandro Selkirk estaría constituida en sus niveles más bajos por basaltos feldespáticos escoriáceos, que pueden ser vistos en la Quebrada las Casas. En niveles superiores, dominan lavas densas de basaltos olivínicos con intercalaciones de traquitas de soda (González-Ferrán, 1987).

CLIMA

En general, el grupo de islas de Juan Fernández se asocia con climas de tipo continental mediterráneo, generalmente con los de latitud cercana a los 38°S, aún cuando el archipiélago se sitúe dentro del régimen climático oceánico

(Di Castri & Hajek, 1976). El movimiento de masas de aire que predomina sobre las islas oceánicas de Chile es de tipo retrógrado (Hajek & Espinoza, 1987) dominado por vientos sur y sureste en el Archipiélago de Juan Fernández.

La isla de Más Afuera presenta un clima templado cálido con una estación lluviosa en invierno y seca en verano, con una fuerte influencia oceánica que incide en el régimen térmico permitiendo una baja oscilación térmica a escala anual e incluso diaria (Masoli & Larraín, 2007). Durante la estación de verano, los vientos son principalmente del sur mientras que en invierno además se manifiesta la influencia desde suroeste, sureste, oeste, noroeste y norte. Las precipitaciones se acentúan durante el invierno (45% durante esta estación) al igual que las bajas temperaturas que oscilan en torno a los 10°C. Debido al relieve local, es posible que existan variaciones pluviométricas, las cuales se acentúan en la isla de Más Afuera ya que al presentar cerros más elevados ocurre una mayor condensación de vapor de agua, neblina, lluvia, menor temperatura y mayor exposición a los vientos (Hajek & Espinoza, 1987).

La temperatura media anual oscila en torno a los 15° C con una amplitud de 6.3° C entre los meses más cálidos y más fríos. Durante el verano, la máxima ocurre en torno a los 28° C en el mes de febrero mientras que en invierno es de 19° C en el mes de julio. Las temperaturas más frías se concentran en el mes de agosto (3° C) con una media de 12° C en los meses de invierno (Hajek & Espinoza, 1987). La humedad alcanza valores del 75% con una oscilación del 5% entre la época mas húmeda y la más seca (Masoli, 2008).

HIDROLOGÍA

La isla de Más Afuera no presenta ríos debido a su geografía, sin embargo existen numerosas quebradas de escorrentía esporádica que dependerán de las precipitaciones. De estas quebradas, muy pocas desembocarán en el mar ya que existen numerosas infiltraciones en el suelo dado el origen volcánico de la isla. La hidrografía de la isla se constituye de arroyos cortos e intermitentes originados en las cumbres de las montañas (Masoli & Larraín, 2007). El régimen de las quebradas es pluvial y en ocasiones

nival en el invierno, periodo en el cual aumentan los caudales. Por el tamaño de sus cuencas destaca la *Quebrada Del Guatón* situada en el lado oeste de la isla, la *Quebrada el Pasto*, *Sánchez* y *Quebrada Larga* en el sector norte y *Quebrada Varadero* y *Las Vacas* en el sector sur, todas escurriendo en dirección oeste-este. La quebrada *De Las Casas* es la de mayor importancia ya que por su ubicación, permite el asentamiento de la única población existente en la isla, Rada de la Colonia (Masoli, 2008).

EL POBLADO

ANTECEDENTES HISTORICOS

El Archipiélago fue descubierto el 22 de noviembre de 1574 por el marino español Juan Fernández, al cual se le atribuye el nombre del archipiélago .

La Corona Española tomó posesión de las islas, visitándolas con el fin de obtener abastecimiento en comida y agua sobre todo en la isla de Robinson Crusoe, llamada en ese entonces Más a Tierra. Durante dos siglos fue refugio de navegantes, piratas y corsarios comenzando así la colonización del territorio. La isla de Más Afuera no cobraba mayor importancia debido a la ausencia de bahías que permitieran la llegada de embarcaciones, hasta que fue vista por los españoles como una alternativa de aprovisionamiento para quienes no pertenecían a la Corona Española, luego de lo cual fue visitada con mayor frecuencia.

La historia de Mas Afuera se resume en periodos característicos, con acontecimientos aislados. Es así como en 1690 comenzó el asentamiento de habitantes que iban en busca del Lobo Fino (*Arctocephalus philippii*) especialmente por su piel y aceite, de importancia comercial, estableciéndose campamentos de loberos en los sectores de la Lobería, Rodríguez bajo y en Toltén. Este período finaliza en 1890, cuando el recurso disminuye y ya no es rentable (Masoli, 2008). El año 1987, Don Antonio Fernández López arrienda la

isla con fines de asentamiento y colonización que finalmente resultan fallidos debido a la falta de transporte, la distancia y por sobre todo a causa de la geografía en torno a la isla que hacía de esta un lugar casi inaccesible. Durante 1908 y 1930 ocurre el período de presidios. El gobierno chileno, establece un asentamiento carcelario en la isla de Más Afuera (Masoli, 2008) que fue clausurado al dar cuenta de los sucesos que relataban la difícil estadía en la isla. Diez años más tarde, se instalan en la isla de Mas Afuera las compañías de pesca de langosta (*Jasus frontalis*) que ya se encontraban en Robinson Crusoe (Arana *et al*, 1976) hace 40 años y que a partir de 1940 llevaron a los pobladores de dicha isla a realizar las mismas labores a la Isla de Mas Afuera (Masoli, 2008). El año 1963, los pescadores cansados de los abusos por parte de las compañías que los mantenían en la isla en condiciones desfavorables, crean el Comité de Adelanto de Pescadores de Alejandro Selkirk (Más Afuera), que en la actualidad se encuentra conformado por 35 personas aproximadamente, que procuran el bienestar de los pescadores y sus familias. El período de las compañías finaliza en 1981 con la formación del sindicato de Pescadores Artesanales que se mantiene como personalidad jurídica hasta el día de hoy.

EL PARQUE NACIONAL

El Parque Nacional Archipiélago de Juan Fernández fue creado el 16 de enero de 1935, y cuenta con una superficie de 9.570 ha. El año 1977 fue declarado reserva de la Biosfera por la Unesco, por el alto grado de endemismo en torno a la flora y fauna del archipiélago.

La isla de Mas Afuera está considerada en su totalidad como Parque Nacional; no existe ningún terreno exento de esta categoría por lo tanto CONAF, corporación administrativa del parque es la institución que regula toda actividad en la isla y que se encuentra representada por un guardaparques. Al guardaparques se le atribuye la facultad de controlar los movimientos realizados en tierra, siendo él quien otorga los permisos de desplazamiento al interior de esta. También se encarga de la mantención de la isla y en ocasiones puede

prestar servicios a investigadores. Además actúa como mediador en circunstancias conflictivas en torno a la convivencia dentro de la isla.

ASENTAMIENTO HUMANO ACTUAL Y SU ORGANIZACIÓN

El asentamiento en la Isla Alejandro Selkirk, está limitado a los meses en que se desarrolla la actividad pesquera comercial en torno a la langosta, es decir, la isla se encuentra habitada solo desde octubre a mayo y el desarrollo de la pesquería constituye el 100% de su actividad económica. En torno a la *Quebrada de las Casas* se ubica la *Rada de la Colonia*, asentamiento humano que se categoriza como caserío. La permanencia de los habitantes en la Isla está regulada y sujeta a los permisos de la organización jerárquica que gobierna la isla, CONAF.

Toda actividad gira en torno a la caleta, lugar que los pescadores respetan en gran manera existiendo en él una serie de reglas. La mayor parte del tiempo, la población está constituida por hombres (Masoli & Larraín, 2007), situación que se modifica en el momento en que los familiares se trasladan desde la isla Robinson Crusoe. Dado que no existen espacios públicos, la cancha de fútbol constituye un lugar de recreación, junto con el radier de construcción abandonada que está junto a la caleta (figura 3, Masoli, 2008). La casa del guardaparques y la sede social, también son lugares relevantes al igual que otra vivienda de la cual dispone CONAF para albergar a científicos que se encuentren realizando estudios en la isla.

La isla se abastece de agua mediante mangueras que recogen agua de las quebradas del Mono y del Papal que se encuentran en mayor pendiente y altitud con respecto a la rada.

COMUNIDAD DE MÁS AFUERA

La isla de Más Afuera forma parte de una comunidad basada en las experiencias vividas por sus antecesores y que se han transmitido de generación en generación. Son una población única que habita la isla en

condiciones que no es posible encontrar en otro territorio y que por tanto, su adaptación ha sido primordial y los ha convertido en seres endémicos de la isla de Mas Afuera.

La estructura jerárquica en la que se encuentran, les permite en parte tomar decisiones en torno a su desarrollo local. Sin embargo, el hecho de estar insertos en un Parque Nacional, no les permite tomar el total dominio de la isla, por lo que las decisiones más importantes son autorizadas por el administrador del Parque Nacional y CONAF Valparaíso.

En la localidad de la Rada de la Colonia, no existen escuelas ni hospital. Solo existe una posta que cuenta con infraestructura básica, medicamentos y primeros auxilios, los cuales no son suministrados por algún especialista por lo que las condiciones de salud son precarias. La educación es separada de la familia ya que solo existen establecimientos educacionales en Robinson Crusoe y es la madre quien viaja con los hijos dejando al padre solo en la isla (Masoli & Larraín, 2007).

Hasta hace algunas temporadas, la comunidad de la isla contaba con un generador de electricidad, donado por la Armada de Chile frente a las gestiones realizadas por el Comité de Adelanto. De esta forma se contaba con cuatro horas de luz diaria para la utilización de electrodomésticos, televisores y el alumbrado público. Durante la temporada de pesca 2008-09 el generador permaneció inactivo por una falla mayor en su funcionamiento. De esta forma los usuarios supieron las demanda con grupos electrógenos individuales.

LA LANGOSTA Y SU PESQUERIA

La langosta de Juan Fernández (*Jasus frontalis*), es la especie de mayor importancia socioeconómica para los habitantes de dicho grupo insular ya que su extracción representa la mayor actividad realizada en el archipiélago (Arana, 1987; Arana & Vega 2000). En la isla de Más Afuera, constituye prácticamente el 100% de los ingresos económicos influyendo en el asentamiento urbano de la isla, que ocurre exclusivamente en períodos de extracción de la langosta.

La pesquería de la langosta se ha basado históricamente en tres subsistemas; la flota principal que opera en Robinson Crusoe y Santa Clara, una que opera en Alejandro Selkirk y una tercera y esporádica en las islas Desventuradas que además es dependiente de la flota principal (Arana, 1987).

Este recurso se distribuye batimétricamente entre el borde costero y 180 metros de profundidad y para su captura se utilizan trampas rectangulares construidas artesanalmente con maderas locales (eucaliptos y maqui), mallas plásticas y redes. La extracción de la langosta es realizada por los pescadores artesanales, a bordo de botes de doble proa equipados con motores fuera de borda (Arana & Vega, 2000 y Ernst et al 2010). La temporada de pesca se extiende desde el 1 de octubre hasta el 15 de mayo, para todas las embarcaciones del archipiélago. Cada año se desplaza una flota de aproximadamente 10 botes con los pescadores y sus familias, desde la isla Robinson Crusoe hasta la isla de Selkirk a bordo de un transporte de la Armada de Chile o algún armador particular. El asentamiento cuenta con una rampla utilizada para varar las embarcaciones, las casas de los pescadores y las instalaciones de CONAF. Luego de la jornada de pesca, las embarcaciones deben ser varadas debido a la falta de puerto y las variables condiciones en torno a la caleta.

INVESTIGACION BIOLÓGICA PESQUERA

La información referente a los desembarques de langosta, recopilada en los anuarios del Servicio Nacional de Pesca restringe el conocimiento acerca de la procedencia de las langostas y sobre la temporada de pesca. Esto determina la carencia de información cuantitativa respecto del desembarque de langostas en Alejandro Selkirk. La investigación biológica y pesquera de la langosta en el archipiélago ha sido esporádica en el tiempo, destacando los proyectos realizados durante las temporadas 1984/85 (Henríquez et al 1985), 1996/97 (Arana et al 1997) y 2005/06 (Arana et al 2006). Si bien estos esfuerzos han recopilado valiosa información sobre esta especie, la discontinuidad de información limita en gran forma la capacidad de análisis e inferencia respecto

de la dinámica de la especie y de su pesquería. Esto se traduce en diagnósticos basados en modelos aplicados bajo condiciones de equilibrio, que a menudo limitan severamente el grado de inferencia que se puede hacer para este recurso. Adicionalmente se destaca la carencia de información de línea base y específica de la pesquería de la langosta en la isla Alejandro Selkirk, situación de gran preocupación, sobre todo si se considera que los desembarques por temporada en esta isla podrían estar representando un 50% del total del archipiélago (Arana et al. 1997).

METODOLOGÍA DE TRABAJO

OBJETIVO GENERAL

Recabar y analizar información demográfica y pesquera de la langosta de Juan Fernández (*Jasus frontalis*) en la isla Alejandro Selkirk durante la temporada 2008-2009.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Objetivo 1: Caracterizar y analizar el régimen operacional y la actividad extractiva artesanal ejercida sobre el recurso durante la temporada 2008-2009.
- Objetivo 2: Determinar la captura, esfuerzo y captura por unidad de esfuerzo considerando escalas espaciales y temporales.
- Objetivo 3: Caracterizar la dinámica espacial de la fracción vulnerable a la pesquería, incluyendo distribución, migraciones estacionales y desplazamientos entre áreas.
- Objetivo 4: Estimar tasas instantáneas de mortalidad por pesca, mortalidad natural y selectividad a la talla.
- Objetivo 5: Determinar la composición de tallas por sexo de la fracción comercial y no comercial de langosta durante la temporada 2008-2009.
- Objetivo 6: Generar una serie de tiempo de temperaturas de agua de fondo en las zonas de pesca.
- Objetivo 7: Caracterizar la fauna acompañante (carnadas) asociada a esta pesquería.
- Objetivo 8: Determinar el estado de situación de la langosta de Juan Fernández en la isla Alejandro Selkirk respecto del resto del archipiélago.

DESARROLLO DEL PROYECTO

Aspectos Administrativos

- Octubre 16 de 2008: Aprobación del proyecto FIP 2008-24 (Apéndice 1)
- Octubre 30 de 2008: Ingresa a la rectoría de la Universidad de Concepción la resolución.
- Septiembre, 2008: Se solicita un permiso de pesca de investigación, relacionada con el proyecto 2008-24
- Noviembre 4 de 2008: Aprobación de la pesca de investigación por parte de la Subpesca (Apéndice 2).
- Diciembre, 2008: Ingreso de la primera cuota (50%) del presupuesto del proyecto.

Actividades de Terreno

- Septiembre, 2008: Compra de equipos (marcas, fungibles, etc)
- Septiembre, 2008: Traslado de equipos desde Valparaíso a isla Robinson Crusoe.
- Septiembre, 2008: Traslado de embarcaciones de pesca y equipo de trabajo desde la isla Robinson a isla Alejandro Selkirk a bordo del transporte AP 41 AQUILES de la Armada de Chile.
- Octubre 1 de 2008: Comienzo de actividades de pesca en la isla Alejandro Selkirk.
- Octubre 3 de 2008: Comienzo de muestreo biológico y bitácoras de pesca.
- Octubre 2 – 18 de 2008: Primer marcaje de langostas (3135 marcas)
- Febrero de 2009: Segundo marcaje de langostas (marcas)
- Abril de 2009: Tercer marcaje de langostas (marcas)

- Mayo, 2009: Traslado de embarcaciones de pesca y equipo de trabajo desde la isla Alejandro Selkirk a isla Robinson Crusoe a bordo del transporte "Antonio".
- Octubre, 2008: Traslado de embarcaciones de pesca y equipo de trabajo desde la isla Robinson a isla Alejandro Selkirk a bordo del transporte Antonio.
- Muestreo biológico y monitoreo durante los meses de octubre y noviembre de 2010.

Reuniones

- Septiembre, 2008: Taller de presentación del proyecto FIP 2008-24 a los pescadores del Comité de Adelanto de la isla Alejandro Selkirk en bahía Cumberland y confirmación de apoyo del 100% de la embarcaciones (Sr. Julio Chamorro).
- Octubre 2008: Taller de trabajo durante la reunión mensual del sindicato de pescadores de la isla Alejandro Selkirk para exponer aspectos logísticos del proyecto. Sede de Conaf (isla Alejandro Selkirk).
- Diciembre 2008: Taller de trabajo para explicar el uso de pie de metro a bordo, Isla Alejandro Selkirk.
- Enero 16 de 2009: Reunión de coordinación del proyecto FIP 2008-24 en la Subsecretaría de Pesca.
- Septiembre de 2009: Reunión con los pescadores miembros de SPIAS en la isla Robinson Crusoe para presentar resultados del proyecto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Objetivo 1:

Infraestructura y equipamiento en la caleta

Se recabará información sobre las características y composición de la caleta, tomando en cuenta número y destino de las construcciones, equipamiento básico para la comunidad y de la operación de pesca (e.g. rampa, huinche).

Censo de las embarcaciones y tripulaciones

Se llevará a cabo un censo de las embarcaciones, sus dimensiones, equipamiento, grado mantención, etc. Además se registrará la información sobre patrones, tripulantes y propietarios

Las trampas

A comienzos de temporada se documentará cuali y cuantitativamente las características de las trampas utilizadas en la pesquería de langosta, así como la procedencia y manufactura de las mismas y de sus materiales.

Regimen operacional de las carnadas

Se caracterizará los procedimientos empleados en la obtención de carnadas para la pesca de langosta.

Caracterización del viaje de pesca

Se hará una caracterización del viaje de pesca, dándose énfasis a las actividades y los tiempos asignados a cada una de ellas, así como a la duración del viaje de pesca. Se identificará el número de tripulantes por embarcación.

Esfuerzo de pesca

Caracterización de los distintos niveles de esfuerzo a través de la temporada, considerando número de botes que operan, número de trampas caladas,

número efectivo de trampas visitadas por viaje, tasa de pérdida de trampas, número de viajes por mes.

Conectividad con la isla Robinson/Continente

Se evaluará la conectividad de la isla Selkirk, en términos de número de viajes, características de las embarcaciones y actividad.

Reuniones y entrevistas con los pescadores

A lo largo de la temporada se llevaron a cabo entrevistas y reuniones con los pescadores para conocer los problemas operacionales y de manejo que ellos identifican como prioritarios en la isla Alejandro Selkirk.

Sectores de Pesca

En base a resultados de proyectos anteriores (Marcas y Monitoreo 2004 – 2007) se generó un mapa con la distribución de los sectores de pesca identificados durante la ejecución del proyecto.

Batimetría

Durante el mes de octubre de 2008, se realizaron 4 viajes de pesca con un ecosonda Lowrance LCX-20c, lo cual permitió hacer un primer levantamiento batimétrico en torno a la isla Alejandro Selkirk.

Objetivo 2: *Determinar la captura, esfuerzo y captura por unidad de esfuerzo considerando escalas espaciales y temporales.*

El proyecto MARCAS y los programas de monitoreo desarrollados durante las temporadas 06/07 y 07/08 entre la Universidad de Concepción y STIPA han permitido proponer 6 zonas fundamentales para organizar geográficamente la estadística pesquera en la isla Alejandro Selkirk (figura 4) y generar un catálogo de sectores y su relación geográfica con dichas zonas.

Durante el desarrollo de este proyecto se procedió a mantener la zonificación indicada.

La información sobre la captura y esfuerzo por trampa y viaje de cada embarcación es reportada por cada patrón en una planilla individual confeccionada con hojas impermeables (Rite-in-the-Rain) y organizadas en libretas por embarcación (figura 5). La información contenida en cada hoja es:

- Número de embarcación
- Fecha
- Peso y tipo de carnadas utilizadas en el viaje de pesca
- Langostas comerciales y no comerciales capturadas por trampa
- Número de trampas visitadas
- Sector o zona de pesca
- Código de marca de langostas recapturadas

Mediante la información preexistente (proyectos Marcas y Monitoreo) se pudo asociar, en los casos que fue necesario, los sectores reportados por los pescadores a las 6 zonas de pesca de interés. Los pescadores entregaron por salida las hojas con la información del viaje de pesca. Esta información fue transcrita al computador cada noche y enviada a la isla Robinson, con la frecuencia que el transporte marítimo así lo permitiera. La información fue almacenada en una base de datos en MS Access.

Los estadísticos de interés utilizados en este objetivo fueron:

- Captura comercial y sublegal total por área y mes
- Esfuerzo total (trampas caladas) por área y mes
- CPUE (captura por trampa) por área y mes.

Análisis de factores espaciales y temporales sobre la CPUE

La CPUE (captura por trampa) en la pesquería de la langosta de Selkirk puede estar condicionada por los factores tales como bote, área de pesca, mes y temporada de pesca (Ernst et al, 2010). La estadística de CPUE fue calculada

considerando la trampa levantada como la unidad básica de esfuerzo, y se registraron factores tales como número de bote, zona de pesca y fecha de operación.

En la tabla 1 se observan los totales de trampas levantadas organizadas por zona y mes.

Para explorar la relación funcional entre los diversos factores y la CPUE, se utilizó un modelo lineal generalizado que consideró los siguientes factores:

- a) Temporada
- b) Bote (categórica)
- c) Zona de pesca (categórica)
- d) Mes de operación (categórica)

El número de langostas por trampa es una variable aleatoria correspondiente a un conteo, lo que corresponde a una distribución de Poisson. Ajustamos modelos de regresión Poisson (Clayton and Hills, 1993) utilizando modelos lineales generalizados (glm), pues en este caso es posible formular la función link en términos lineales. Sea x la variable aleatoria que registra el número de langostas por trampa, entonces

$$f(x) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!},$$

donde λ es el número esperado de langostas. En el modelo de orden completo se espera que el número de langostas dependa de la zona, el mes, el bote y la temporada:

$$\log(\lambda) = \log(1) + \beta_0 + \beta_1 u + \beta_2 v + \beta_3 w + \beta_4 z$$

$$\lambda = e^{\beta_0 + \beta_1 u + \beta_2 v + \beta_3 w + \beta_4 z}$$

donde el offset (término $\log(1)$) es nulo porque el conteo se hace sobre cada trampa, u , v , w y z representan a la temporada, la zona, el mes y el bote, con sus correspondientes coeficientes, y β_0 es un intercepto general. Los modelos

ajustados utilizaron la función *glm* del sistema de programación estadístico R, y la comparación de modelos de llevó a cabo mediante AIC.

Las variables dependientes fueron el número de langostas no comerciales y el número de langostas comerciales.

Objetivo 3: *Caracterizar la dinámica espacial de la fracción vulnerable a la pesquería, incluyendo distribución, migraciones estacionales y desplazamientos entre áreas.*

El programa de marcaje y recaptura

Durante el desarrollo del proyecto FIP 2008-24 se implementó un programa de marcaje y recaptura de langostas orientado a obtener información sobre desplazamientos espaciales en el tiempo y estimación de tasas demográficas. Este programa permitió además estudiar el proceso de muda y crecimiento de la langosta.

Las marcas utilizadas fueron con anclaje tipo “T” (FD-68B, fabricados por Floy Tag, Seattle USA) aplicadas con una pistola modelo MARK II (figura 6). Originalmente durante el desarrollo de la propuesta de investigación y de acuerdo a las conversaciones informales con los pescadores se diseñó un sistema de códigos muy simple que identificara zona (6) y estrato de profundidad (costero-oceánico). Esta aproximación respondía a una alta demanda por limitar al mínimo el esfuerzo adicional de los pescadores al anotar información sobre las langostas marcadas. Numerosas conversaciones con los pescadores, el diseño de una libreta con formato apropiado y la perseverancia de los investigadores de campo, permitieron modificar convenientemente el sistema de codificación de las marcas, de uno grupal (12 códigos) a uno individual. De esta forma se codificaron 7000 marcas con anclaje tipo “T” (FD-68B) en forma correlativa. Todas las marcas fueron de color verde y fueron administradas en tres períodos de marcaje, alcanzando un total de 6895 marcas efectivas (tabla 2). El número mínimo de marcas utilizadas respondió ampliamente a las recomendaciones del Dr. Stewart Frusher, quien ha trabajado por décadas con

experimentos de marcaje y recaptura de *Jasus edwardsii* (Australia) y a las condiciones presupuestarias y logísticas del proyecto. En primera instancia se planteó marcar 500 langostas por zona, pero finalmente se superó ampliamente esa cantidad (tabla 3). La calendarización del marcaje respondió al modelo conceptual existente sobre eventos biológicos y pesqueros relevantes de este stock (tablas 4 y 5).

El uso de marcas individuales permitió el uso de modelos demográficos tradicionales y probados, liberando la necesidad imperiosa de realizar estudios de simulación que validaran la metodología inicialmente propuesta (marcas no individuales). De esta forma los modelos demográficos utilizados (objetivo 4) corresponden a modelos clásicos de Brownie y Cormack-Jollie-Seber (CJS).

La muda a lo largo de la temporada

En un comienzo, el estudio de la muda de la langosta de Juan Fernández en la isla Alejandro Selkirk fue planteado a través de tres técnicas complementarias, es decir: (a) cambios en la proporciones de individuos con y sin regeneración en la punta del pleópodo cortado en organismos marcados con marcas tipo T-Bar (Gardner & Musgrove 2004, Musgrove 2000, Musgrove 2001); (b) análisis de descomposición modal (Arana y Martínez 1985) y (c) haciendo un seguimiento de la dureza de la caparazón de las langostas vulnerables mediante un durómetro (Gardner & Musgrove 2004, Cockcroft and Goose 1995, Musgrove 2000). Estas tres metodologías presentaron problemas en su desarrollo. Después de realizar numerosas pruebas con un durómetro REX 1700 (facilitado por el Dr. Gardner, TAFI, Australia) a comienzos de temporada a bordo de las embarcaciones, se desechó esta metodología, dado que las lecturas presentaban grandes variaciones, a pesar de probarse sobre organismos con un amplio contraste de dureza.

Para estudiar la temporalidad de la muda y dado que se utilizaron marcas individuales en el marcaje, se procedió a estudiar el incremento en longitud de los organismos recuperados respecto de cada evento de marcaje. Esto se llevo a cabo por sexo.

Portación de huevos

Según la literatura existente para la población de langostas del sistema Robinson-Santa Clara, el período de portación de huevos de las hembras se extiende principalmente entre primavera y comienzos del verano. En el presente proyecto se llevó a través del muestreo biológico una estadística de la composición por sexo, proporción de hembras ovíferas y estructura de talla a través de la temporada. Esta información permitió estudiar los cambios temporales de la madurez a la talla (hembras) y caracterizar el período de portación de huevos de las hembras durante la temporada.

Desplazamiento de las trampas durante la temporada

Arana y Toro (1985) indican que los pescadores artesanales que operan en Robinson y Santa Clara mueven sus trampas desde zonas más someras a comienzos de temporada, hacia zonas más profundas a partir de enero de cada año. El resultado del proyecto MARCAS en el sistema Robinson-Santa Clara avala este postulado (Ernst et al, 2010).

La magnitud del desplazamiento estacional de las trampas experimentado en Selkirk era desconocido al comienzo del proyecto. Para abordar este tema se procedió a hacer un análisis gráfico de los cambios espaciales mensuales experimentados por la operación de la flota, que se obtuvo del proyecto MARCAS.

Desplazamientos entre zonas de las langostas (alrededor de la isla)

El proceso de recuperación de marcas provino de 2 fuentes de información, la actividad a bordo de los investigadores de campo en la isla Alejandro Selkirk y la información reportada por los pescadores. Debido a una mayor cobertura temporal de muestreo por parte de los pescadores se reportaron 5561 langostas marcadas, contra 1657 marcas identificables por parte del muestreo biológico. En ambas bases de datos se identificaron múltiples recapturas. A partir del muestreo de los pescadores se obtuvo una tasa de

recuperación de marcas (distintas) del 42.2%, lo cual representa un número bastante elevado, si se considera que se trató de 13 meses de estudio.

El estudio de los desplazamientos de las langostas entre zonas se abordó usando ambas fuentes de información en forma independiente. Las marcas reportadas por los pescadores tenían información sobre zonas, la cual se utilizó para construir matrices de probabilidad de desplazarse desde la zona de liberación X_i ($i= 1...6$) a cualquiera de las seis zonas. Este análisis se llevó a cabo a nivel mensual. Debido a que el experimento de marcaje y recaptura consistió principalmente de individuos sublegales, las recapturas fueron contabilizadas como liberaciones localizadas en las zonas de recuperación.

Una segunda aproximación en el estudio de los desplazamientos entre áreas se desarrolló apoyándose en la información espacial del proyecto MARCAS, que permitió calcular distancias y ángulos entre el origen de las langostas liberadas y las recapturadas en el muestreo biológico. Los ángulos y distancias fueron calculados mediante las siguientes ecuaciones:

$$D_i = \left[(l_r - l_l)^2 + \{ \cos(0.5ABS(l_r - l_l))(g_r - g_l) \}^2 \right]^{1/2}$$

$$\alpha_i = (j) \arctg \left[\{ \cos(0.5ABS(l_r - l_l))ABS(g_r - g_l) \} / ABS(l_r - l_l) \right]$$

Donde D_i , l_r , l_l , g_r , g_l y α_i corresponden a distancia recorrida, latitud de recuperación, latitud de liberación, longitud de recuperación y longitud de liberación y ángulo de desplazamiento, respectivamente. Los valores posibles para j son: (a) desplazamiento NE ($j=90^-$); (b) desplazamiento SE ($j=90^+$), (c) desplazamiento SW ($j=270^-$) y (d) desplazamiento NW ($j=270^+$).

Esto permitió calcular vectores de desplazamiento medio a través de la temporada, para cada una de las seis áreas.

Desplazamientos estacionales de las langostas (oceánico-costero)

El estudio de los desplazamientos costa-océano de la flota a través de la temporada identificaron a las zonas 5 y 6 como las únicas que presentan un contraste importante. Se utilizó este sistema como área de estudio para caracterizar el desplazamiento estacional de las langostas (figura 7), entre la zona costera y la oceánica. Según el modelo de la migración de la flota, las langostas se encuentran en zonas costeras a comienzos de temporada (octubre-diciembre), para desplazarse luego a zonas más oceánicas (enero-mayo). Por tratarse de una migración estacional, se asume que las langostas migrarían en algún momento durante la veda hacia zonas someras. Para abordar este estudio se consideraron las observaciones de individuos del primer marcaje, liberados en la zona costera y se observó su distribución espacial en ambas áreas entre los meses de enero y mayo. Posteriormente se analizó gráficamente la distribución espacial de los individuos marcados en la zona oceánica en los sectores cubiertos por la flota durante el período octubre-noviembre de 2009. Esto permitiría identificar la migración océano-costa, propuesta para este sistema.

Objetivo 4: *Estimar tasas instantáneas de mortalidad por pesca, mortalidad natural y selectividad a la talla.*

Selectividad a la talla

La selectividad a la talla de las langostas de Juan Fernández fue estimada utilizando la información del primer experimento de marcaje, las recapturas durante los tres meses posteriores (octubre - diciembre 2008) y la metodología propuesta por Frusher & Hoenig 2001a. El estimador insesgado de la función de selectividad a la talla esta determinado por la siguiente ecuación:

$$\Phi_l = \frac{Nr_l / Nl_l}{\max_l (Nr_l / Nl_l)}$$

donde Φ_l , Nr_l y Nl_l corresponden a la selectividad a talla, número de langostas recuperadas a la talla y número de langostas marcadas a la talla “ l ”.

Los intervalos de tallas considerados en este estudio fueron de 5 mm para ambos sexos. Dado que los resultados de este proyecto indicaron que existe al menos en algunas zonas desplazamiento estacional de las langostas y los machos experimentan la muda a partir de enero, la ventana temporal considerada en este estudio permitiría mantener a los individuos en el área de estudio y evitar sesgos por crecimiento somático.

Tasa instantánea de mortalidad por pesca y tasa instantánea de mortalidad natural.

El experimento de marcaje y recaptura que se desarrolló en el presente proyecto contempló el uso de ejemplares no comerciales para hacer inferencia sobre las tasas demográficas de interés. Se consideró el uso de dos aproximaciones distintas para estimar las tasas de sobrevivencia. La primera se basó en el modelo de Brownie (Brownie et al 1985; Frusher & Hoenig 2001; Frusher & Hoenig 2003) y la segunda en el modelo de Cormack-Jolly-Seber (CJS, Pollock et al. 1990, Lebreton et al. 1992 y Burnham and Anderson 1999).

Modelo de Brownie

En el presente proyecto desarrollamos un modelo de Brownie con una estructura similar a la planteada por Frusher & Hoenig (2001), pero con escala mensual. Este modelo fue planteado para estimar tasas instantáneas de mortalidad natural (M) y por pesca (F). Los datos provienen de la pesquería y contemplan el período octubre 2008 – noviembre 2009. El modelo general propone que la probabilidad de recuperar un individuo de la cohorte i en el período t depende fundamentalmente de 2 factores, la tasa de sobrevivencia ($s_{i,t}$) y la tasa de avistamiento ($f_{i,t}$). La tasa de avistamiento a su vez depende

de: (a) tasa de retención de marcas-mortalidad inducida por marcaje (ϕ); (b) tasa de reporte de marcas (λ) y tasa de explotación $u_{i,t}$.

$$p_{i,t} = s_{i,t-1} \phi \lambda u_{i,t}$$

Donde la tasa de explotación fue modelada mediante:

$$u_{i,t} = \left[1 - e^{-(M\Delta_{i,t} + F_{i,t})} \right] \frac{F_{i,t}}{M\Delta_{i,t} + F_{i,t}}$$

La estimación de la mortalidad natural y por pesca se llevó a cabo sobre un grupo de langostas sublegales completamente reclutadas a la pesquería. Se eligió de esta forma langostas de tallas igual o superior a 110 mm para machos y hembras, de tal forma de trabajar con la fracción completamente reclutada al arte de pesca. Este experimento se desarrolló como muestreo sin reemplazo, de tal forma que se contabilizó solo la primera recaptura de cada langosta.

En este estudio se consideraron los 3 períodos de liberación, de tal forma que el número estimado de individuos recuperados en cada mes (para la primera cohorte) se describen a través de las siguientes ecuaciones:

Cohorte 1

Octubre

$$R_1 \lambda \left[1 - e^{-(M\Delta_{1,1} + F_{1,1})} \right] \frac{F_{1,1}}{M\Delta_{1,1} + F_{1,1}}$$

Noviembre

$$R_1 \lambda e^{-(M\Delta_{1,1} + F_{1,1})} \left[1 - e^{-(M\Delta_{1,2} + F_{1,2})} \right] \frac{F_{1,2}}{M\Delta_{1,2} + F_{1,2}}$$

Diciembre

$$R_1 \lambda e^{-(M(\Delta_{1,1} + \Delta_{1,2}) + (F_{1,1} + F_{1,2}))} \left[1 - e^{-(M\Delta_{1,3} + F_{1,3})} \right] \frac{F_{1,3}}{M\Delta_{1,3} + F_{1,3}}$$

Enero

$$R_1 \lambda e^{-(M(\Delta_{1,1} + \Delta_{1,2} + \Delta_{1,3}) + F_{1,1} + F_{1,2} + F_{1,3})} \left[1 - e^{-(M\Delta_{1,4} + F_{1,4})} \right] \frac{F_{1,4}}{M\Delta_{1,4} + F_{1,4}}$$

Febrero

$$5 R_1 \lambda e^{-\left(M \sum_{i=1}^4 \Delta_{1,i} + \sum_{i=1}^4 F_{1,i}\right)} \left[1 - e^{-\left(M \Delta_{1,5} + F_{1,5}\right)} \right] \frac{F_{1,5}}{M \Delta_{1,5} + F_{1,5}}$$

Marzo

$$R_1 \lambda e^{-\left(M \sum_{i=1}^5 \Delta_{1,i} + \sum_{i=1}^5 F_{1,i}\right)} \left[1 - e^{-\left(M \Delta_{1,6} + F_{1,6}\right)} \right] \frac{F_{1,6}}{M \Delta_{1,6} + F_{1,6}}$$

Abril

$$R_1 \lambda e^{-\left(M \sum_{i=1}^6 \Delta_{1,i} + \sum_{i=1}^6 F_{1,i}\right)} \left[1 - e^{-\left(M \Delta_{1,7} + F_{1,7}\right)} \right] \frac{F_{1,7}}{M \Delta_{1,7} + F_{1,7}}$$

Mayo

$$R_1 \lambda e^{-\left(M \sum_{i=1}^7 \Delta_{1,i} + \sum_{i=1}^7 F_{1,i}\right)} \left[1 - e^{-\left(M \Delta_{1,8} + F_{1,8}\right)} \right] \frac{F_{1,8}}{M \Delta_{1,8} + F_{1,8}}$$

Octubre 2009

$$R_1 \lambda e^{-\left(M \sum_{i=1}^{12} \Delta_{1,i} + \sum_{i=1}^8 F_{1,i}\right)} \left[1 - e^{-\left(M \Delta_{1,13} + F_{1,13}\right)} \right] \frac{F_{1,13}}{M \Delta_{1,13} + F_{1,13}}$$

Noviembre

$$R_1 \lambda e^{-\left(M \sum_{i=1}^{13} \Delta_{1,i} + \sum_{j=1}^8 F_{1,j} + F_{1,13}\right)} \left[1 - e^{-\left(M \Delta_{1,14} + F_{1,14}\right)} \right] \frac{F_{1,14}}{M \Delta_{1,14} + F_{1,14}}$$

La demografía de las cohortes 2 y 3 (individuos marcados durante los eventos de marcaje 2 y 3) se estudió entre los meses de marzo –noviembre y abril –noviembre de 2009, respectivamente.

Los modelos estadísticos utilizados en la estimación de parámetros corresponden a funciones de probabilidad multinomial, que en escala logarítmica se representan por las siguientes ecuaciones:

Función de verosimilitud para la primera cohorte

$$\log L(M, q_s, \lambda | R_1, m_{1,j}) = \sum_s \sum_j m_{1,j} \log(p_{1,j}) + \sum_s \left[(R_1 - \sum_j m_{1,j}) \cdot \log(1 - \prod_j p_{1,j}) \right]$$

Donde

$m_{1,j}$: Número de individuos recapturados de la cohorte 1 en el mes j.

$p_{1,j}$: Probabilidad de recapturas de la cohorte 1 en el mes j.

s: Sexo.

q_s : Coeficiente de capturabilidad para el sexo s.

La verosimilitud total se compuso de la suma de las log-verosimilitudes parciales de cada cohorte. La estimación de parámetros se desarrolló mediante el programa Survive (White 1992). Adicionalmente se codificó el modelo en R y ADMB (AD Model Builder, ADMB Project 2009). La tasa instantánea mensual de mortalidad por pesca se modeló utilizando el esfuerzo expresado como número de trampas caladas por mes y un coeficiente de capturabilidad sexo específico. El espacio paramétrico contuvo 4 parámetros: (a) mortalidad natural, (b) capturabilidad por sexo (dos) y (c) tasa de reporte de marcas.

Modelo de sobrevivencias y tasas de avistamiento

Un segundo modelo se consideró para estudiar probabilidades de sobrevivencia (ϕ_t) y de avistamiento (p_t) de organismos marcados y recapturados (Manly et al 2005). Este método permite utilizar la historia de recaptura individual, dado que la naturaleza de este experimento determinó que se tratase de un muestreo con reemplazo. En este trabajo se consideraron los individuos marcados con una longitud cefalotorácica comprendida entre 100 y 105 mm (para ambos sexos). Esto permitió contar con un gran número de individuos de tallas menores a la comercial, de tal forma que las estimaciones de sobrevivencia reflejen directamente una causa natural y no combinada con el efecto de la pesquería. El modelo se implementó en el programa estadístico MARK (Cooch and White 2003),

Se estimaron para cada sexo 14 parámetros, 7 de encuentro y 7 de sobrevivencia, extendiéndose el análisis entre los meses de octubre de 2008 y

mayo de 2009. Se consideró además la información de los tres eventos de marcaje.

Objetivo 5: *Determinar la composición de tallas por sexo de la fracción comercial y no comercial de langostas durante la temporada 2008-2009.*

En el presente trabajo se efectuaron mediciones de longitud del cefalotórax de langosta de Juan Fernández considerando la distancia sobre el eje dorsal entre la parta posterior del cefalotórax y la base de las antenas (figura 8; Hernández et al 1985). Se eligió esta medida, dado que presta una utilidad directa para el manejo de la pesquería y los resultados serían comparables con los obtenidos por Henriquez et al (1985) en la isla Alejandro Selkirk. Los muestreos biológicos se realizaron a bordo de las embarcaciones de pesca durante embarques periódicos. Mensualmente, ambos muestreadores se fueron alternando en las embarcaciones, para cubrir todas las áreas de pesca.

Las muestras biológicas de cada embarque fueron obtenidas de la siguiente manera. Se muestreó toda la captura de una trampa, registrándose información de sexo, talla, condición de madurez, presencia de marcas y corte en pleópodos. Toda esta captura fue transferida a un tambor de plástico y luego cada langosta fue medida y liberada al agua, si era de talla menor a la comercial. Solo cuando se completan estas mediciones, se procedió a censar una siguiente trampa. La información fue posteriormente digitada y archivada en una base de datos en ACCESS. Se presentan distribuciones de frecuencia por sexo y mes.

Estimación de tasas de mortalidad total

Los cambios en la razón de las proporciones (CIR, “change in ratio estimators”) de distintintos componentes poblacionales ha sido una herramienta poco utilizada para estimar tasas de mortalidad en poblaciones explotadas en pesquerías (Frusher et al 1998, Hoenig & Pollock 1998). Estos métodos permiten evaluar tasas de mortalidad total de la fracción explotada, en base a cambios observados en las proporciones de este grupo respecto de otra fracción

poblacional. Frusher et al (1997) demostró que se pueden obtener estimaciones insesgadas de tasas de mortalidad total, si se cumplen algunos supuestos básicos de este modelo.

De acuerdo a los antecedentes preliminares disponibles para la langosta de Juan Fernández y lo observado durante el desarrollo de este proyecto se procedió a trabajar solo con hembras, esto principalmente para poder sostener el supuesto de población cerrada, principalmente respecto de crecimiento somático. Adicionalmente se hicieron algunos diagnósticos para verificar la validez de los supuestos.

El estimador de la tasa de mortalidad total para las hembras de langosta de Juan Fernández en la isla Alejandro Selkirk fue desarrollado por Pollock & Hoenig 1998:

$$u_t = \frac{p_1 - p_2}{p_1(1 - p_2)}$$

Donde: p_1 y p_2 corresponden a las proporciones de hembras comerciales en la captura en los períodos 1 (octubre 2008) y 2 (abril 2009). Frusher et al 2007 demuestran que aun bajo capturabilidades distintas entre grupos poblacionales, si la razón de ellas no cambia en el tiempo, las tasas de mortalidad serán insesgadas.

Objetivo 6: *Generar una serie de tiempo de temperaturas de agua de fondo en las zonas de pesca.*

Análisis de los datos de temperatura

Se instalaron termistores HOBO (UTBI-001 Registrador Tidbit) en 6 anclajes oceanográficos ubicados alrededor de la isla Alejandro Selkirk (figura 9). Los anclajes se ubicaron en las 6 zonas preestablecidas a una profundidad aproximada de 50 brazas (90 m). Cada anclaje consistió en un lastre, una línea madre de 6 mm de nylon, una boya maestra y un baticulo con boyas de superficie. El termistor se ubicó en la línea madre, cercano al fondo (2 m). La revisión de los anclajes y recolección de la información de los registradores se

llevó a cabo periódicamente. Cada equipo quedó programado para registrar información de temperatura cada una hora.

La instalación de los termistores alrededor de la isla proveyó de mediciones de resolución vertical y de campos hidrográficos para dos temporadas. Los métodos para el análisis de las series de tiempo de temperatura siguieron la metodología empleada por Pizarro et. (1994) y Emery & Thomson (2004). Las series fueron graficadas para identificar discontinuidades y valores erráticos, en el último caso los valores fueron estimados mediante una interpolación simple dependiendo de la dimensión de las brechas encontradas en las series. Para completar las brechas mayores a 24 horas se utilizó un procedimiento orientado a mantener las características espectrales de la serie (Pizarro et. 1994). Se aplicó un análisis armónico de manera de particionar la varianza de las series de tiempo en función de la frecuencia. Los diferentes componentes de la frecuencia fueron medidos en términos de la varianza de tal manera de identificar cuál banda de frecuencia (horas, días, semanas, meses, etc) de la series de temperatura de fondo presentó la mayor energía. Se identificaron y seleccionaron los componentes armónicos significativos de la señal, los que fueron usados para reconstruir las brechas en las series. Los registros de los termistores presentaron saltos asociados a la reinstalación de los equipos posterior a la descarga de la información en terreno. Estos saltos sugieren que los termistores fueron reinstalados a profundidades más someras que las originales. Las series de temperaturas fueron corregidas. Una vez que las series fueron corregidas se removió la media y la tendencia de las series.

Se realizó un análisis espectral de las series en base al método de Welch ((Welch, 1967; Oppenheim y Schafer, 1989) para particionar la varianza de cada serie de tiempo de temperatura de fondo en función de la frecuencia. Este método, una modificación del método de Barlett, incorpora el solapamiento de segmentos de datos y la aplicación de una ventana de Hanning antes de calcular el periodograma, lo que incrementa la habilidad de la transformada de Fourier rápida (TFR) para extraer la data espectral (Emery y Thomson, 2004). Posteriormente, la TFR se utilizó para realizar el análisis espectral. Se

determinaron los límites de confianza del espectro para diferentes grados de libertad (20, 14 y 10) para identificar diferentes rangos de frecuencias para las cuales la energía/varianza de la serie es significativa.

Debido a que las series de tiempo de temperatura de fondo presentaron discontinuidades y el análisis espectral mostró consistencia en las bandas de frecuencia de alta energía, se reconstruyó con toda la data disponible una única serie promediada para la región de Selkirk. Previamente, se filtraron las series de temperatura de fondo provenientes de las 4 regiones de la isla Selkirk (lugares donde se recuperaron los termistores durante la temporada) con un filtro pasa baja Godin (Thompson, 1983). Posteriormente se promediaron las series completas hasta obtener una única serie de la región con un registro de longitud casi el doble que las series originales. A la serie resultante se le aplicó un análisis de espectral utilizando el método de Welch para identificar las frecuencias a las cuales la energía de la señal es significativa. Los niveles de confianza y los grados de libertad seleccionados fueron los mismos que para el análisis utilizado en forma individual para cada serie.

Análisis del efecto de la temperatura sobre la CPUE

El modelo lineal generalizado utilizado en el objetivo 2 fue modificado para poder incorporar el efecto de la temperatura sobre la CPUE de las langostas legales y sublegales. En el modelo de orden completo se espera que el número de langostas dependa de la zona, el mes, el bote y la temperatura:

$$\log(\lambda) = \log(1) + \beta_0 + \beta_1 u + \beta_2 v + \beta_3 w + \beta_4 z$$

$$\lambda = e^{\beta_0 + \beta_1 u + \beta_2 v + \beta_3 w + \beta_4 z}$$

donde el offset (término $\log(1)$) es nulo porque el conteo se hizo sobre cada trampa, u , v , w y z representan a la zona, el mes, el bote y la temperatura, con sus correspondientes coeficientes, y β_0 es un intercepto general. Los modelos fueron ajustados utilizando la función glm del sistema de programación estadístico R, comparando modelos a través del AIC.

Objetivo 7: *Caracterizar la fauna acompañante (carnadas) asociada a esta pesquería.*

Las carnadas utilizadas para la captura de la langosta se dividen en dos tipos, el primero está compuesto por especies pequeñas y fáciles de capturar mediante una línea de mano (Arana y Ziller, 1985). Estas especies sirven posteriormente para capturar las carnadas de segundo orden, las que finalmente son utilizadas para capturar la langosta.

Para caracterizar la diversidad y volúmenes de esta fauna acompañante durante la temporada 2008/09 se desarrollaron tres actividades complementarias:

a) se creó un catálogo fotográfico de las especies capturadas, con su debida clasificación taxonómica.

b) Una estimación de la captura (en peso) por especie proveniente de la estadística reportada en las bitácoras de los pescadores por salida de pesca. Estas capturas fueron sumadas a través de las embarcaciones y el tiempo para obtener finalmente una estimación de la captura total por especie.

c) Una estimación global basada en los registros de los observadores del muestreo biológico. Estas estimaciones se reportaron en número de ejemplares por trampa calada. Utilizando el número total de trampas caladas se expandió la captura en número través de toda la temporada. En algunas salidas se pudo realizar mediciones morfométricas (longitud, peso) de las especies capturadas (tollo; atún; breca y vidriola). Estas fueron utilizadas para obtener una estimación global de biomasa mediante el cálculo del peso promedio de los individuos muestreados y el número total de individuos utilizados como carnada en la temporada. En el caso de la especie *Gymnothorax porphyreus* (anguila) se utilizó el peso promedio reportado por Cabral et al., (2004a; 2004b) de 1.075 kg y para las especies *Pseudocaranx chilensis*, *Paralichthys sp.* y *Girella albotriata* se utilizó el peso reportado por Arana (2000) de 2.49 kg, 1.26 kg y 1.89 kg respectivamente. Cabe destacar que el jurel de Juan Fernández puede ser utilizado en dos partes del proceso de pesca de la langosta: a) la primera es como carnada primaria, donde principalmente se reportan individuos de menor

tamaño (denominados jurelillos) y; b) en segundo lugar es también utilizado como carnada secundaria (individuos de mayor tamaño). Se contabilizaron en forma separada ambos tipos de jureles. Con la información de talla y peso de algunas especies (breca y atún) se realizó el ajuste de un modelo alométrico que dió cuenta de la relación entre el la talla y el peso de los individuos.

Objetivo 8: Determinar el estado de situación de la langosta de Juan Fernández en la isla Alejandro Selkirk respecto del resto del archipiélago.

Para determinar el estado de situación de la pesquería de la langosta en la isla Alejandro Selkirk se hizo una revisión histórica de la estadística disponible para este recurso. Se analizó la tendencia de la CPUE nominal estimada como número de langostas por trampa calada. El trabajo Henríquez et al. (1985) representa la mejor fuente de comparación de este estudio, pero Arana et al. 1997 y el proyecto Monitoreo de 2006/07 y 2007/08 también presenta valiosa información sobre abundancia relativa.

Los estadísticos históricos considerados fueron:

- a) CPUE de langostas legales.
- b) Estructura de tallas.
- c) Esfuerzo expresado como número de botes, salidas por mes y trampas caladas a través de la temporada.

Aun cuando este es un sistema distinto, se comparon estos estadísticos con algunos de los reportados históricamente para Robinson/Santa Clara y para las islas Desventuradas (FIP 96-22 y la pesca de Investigación de Langosta de Juan Fernández en las Islas Desventuradas, Agosto 2008), a fin de tener una visión más completa del archipiélago de sistemas presumiblemente sometidos a distintos regímenes de explotación.

RESULTADOS

Objetivo 1: *Caracterizar y analizar el régimen operacional y la actividad extractiva artesanal ejercida sobre el recurso durante la temporada 2008-2009.*

Equipamiento y funcionamiento de la caleta

La isla Alejandro Selkirk, presenta solo un asentamiento urbano denominado *Rada de la Colonia*, lugar donde llegan los pescadores y sus familias a vivir durante la temporada de extracción de langosta (fines de septiembre a mediados de mayo). El centro articulador del poblado lo constituye la caleta (figura 10), lugar donde se concentran la mayor cantidad de actividades. La caleta cuenta con una rampa dispuesta para el varado de botes, que se extiende desde la isla, atravesando todo el sector rocoso costero hasta llegar al mar, donde la profundidad es suficiente para impedir que las embarcaciones sean dañadas por las rocas al momento de varar o desvarar. La rampa de la caleta está construida en un primer tramo con hormigón y rollizos en su superficie y un segundo tramo rollizos y grava (figura 11). Los rollizos están separados entre sí por 80 cm y tienen una extensión de aproximadamente 6 metros. En tierra las embarcaciones se organizan en la caleta en varaderos, con un cupo máximo de 10 embarcaciones. La actividad de varar y desvarar las embarcaciones es coordinada por un “caletero”, quien se encarga además de velar por el orden, limpieza y buen funcionamiento de la rampa y el huinche. En este proceso se hace uso de una línea madre (“andarivel”) que se proyecta a lo largo del último tercio del eje de la rampa hacia aproximadamente unos 80 metros mar adentro, donde esta fuertemente fijada al fondo marino. Esto permite orientar satisfactoriamente a las embarcaciones al momento de varado y desvarado. Las embarcaciones que llegan a puerto y ya hicieron contacto con la rampa, son remolcadas por un huinche hidráulico ubicado en el eje superior de la rampa en la denominada “caseta del huinche” (figura 12). La conectividad de la caleta con el mar depende en gran medida de que la rampa se encuentre despejada de rocas y bolones. Este material es arrastrado con vientos fuertes

desde el cuadrante nor-este. Antes del comienzo de la temporada los pescadores organizan un viaje a la isla Selkirk para una faena de limpieza de las parte baja de la caleta. Esta actividad se reanuda con la llegada de la flota y sus tripulaciones a fines de septiembre y se prolonga por uno o más días, hasta que el acceso queda expedito.

Al sur-este de la caleta, se ubican las bodegas o cuartos (11) donde los pescadores guardan parte de sus materiales de pesca y los tambores de bencina (figura 13). También se encuentra un generador eléctrico en base a petróleo, que cuando funcionaba brindaba electricidad al poblado durante cierta cantidad de horas. Desde la temporada 2008, los pescadores han debido operar con generadores propios e individuales. Esto ha aumentado en gran medida la contaminación acústica en el poblado. Existe además una casa de radio, también utilizada como sede social.

Al norte de la quebrada de las Casas, que pasa por la Rada de la colonia, se ubica la vivienda de CONAF destinada al hospedaje del guardaparque y para fines administrativos referentes a la comunidad de la isla. Además, el poblado cuenta con una pequeña posta improvisada ubicada al norte de la caleta, que entrega primeros auxilios y es coordinada por el consultorio de Robinson Crusoe.

Sindicato de pescadores

Los pescadores están organizados en esta isla entorno a un sindicato de pescadores, *Sindicato de Pescadores Independientes de la Isla Alejandro Selkirk (SPIAS)*, el cual se constituyó el 17 de septiembre de 2008. Este sindicato está conformado por 27 miembros (tabla 5). El objetivo de la creación del sindicato se relaciona principalmente con mejoramiento de las condiciones de vida de los socios y sus familias, al igual que de la comunidad isleña en general, mejoramiento de la gestión respecto del resto del archipiélago, solicitud de comodato de la caleta y opción de participar en concursos fiscales de

mejoramiento de infraestructura. El sindicato tiene un presidente, un secretario y un tesorero.

Censo de las embarcaciones y tripulaciones

La cantidad máxima de embarcaciones que opera en Selkirk queda fuertemente limitada por el espacio disponible en la rampa y los varaderos para resguardar los botes durante cada noche. Durante la temporada 2008/09 operaron 10 embarcaciones (tabla 6). Todas las embarcaciones son chalupas de alta mar, con casco de madera de doble proa y cajón interior para albergar un motor fuera de borda de 15 o 18 Hp. El casco de doble proa facilita el varado y desvarado de las embarcaciones bajo distintas condiciones de mar. La mayoría de las embarcaciones cuentan con un segundo motor de repuesto, que mantienen en tierra. La flota de comienzos de la temporada 2009/10 fue la misma (Oct – Noviembre), pero en Diciembre se agregó la lancha oceánica Centinela, la cual transporta regularmente las langostas hacia la isla Robinson Crusoe.

El número de tripulantes (patrón más tripulantes) que operan las embarcaciones en la isla Alejandro Selkirk varía entre botes y también en el tiempo. Aproximadamente el 50% de los botes operó durante la temporada 2008/09 con 3 tripulantes (tabla 7). Existe una rotación más restringida a nivel de patrones, que en general representa un intercambio entre tripulante y patrón de la embarcación.

Las trampas y viveros

El diseño de trampas utilizadas en la pesquería de la langosta corresponde a aparejos de base rectangular de dos cámaras, construidas principalmente con varas de eucalipto (*Eucalyptus* sp.) y ocasionalmente maqui (*Aristotelia maqui*). Poseen un orificio cónico/cilíndrico de entrada en la cara superior y dos cámaras conectadas entre si por un segundo orificio cónico. Tradicionalmente ambas entradas eran construídas de cabos tejidos en forma de buche, pero en la actualidad se utilizan una variedad de materiales plásticos

(figura 14). Algunas de las trampas, además de tener varas de madera, presentan redes de malla plástica en los paneles laterales. Las trampas langosteras tienen en promedio 126 cm de largo, 43 cm de alto y 74 cm de ancho. La tabla 8 muestra la diversidad de tamaños de trampas obtenidas desde un muestreo realizado en terreno antes del comienzo de la temporada. La manufactura de las trampas tiene tres orígenes: (a) construidas en la isla Robinson y trasladadas con la embarcación antes del comienzo de la temporada (figura 15); (b) solo las varas de eucaliptus son dimensionadas en la isla Robinson y las trampas son confeccionadas en Selkirk; (c) las trampas son íntegramente confeccionadas en la caleta de Selkirk. Las trampas langosteras son a menudo utilizadas como viveros de profundidad para almacenar langostas comerciales, antes de ser enviadas a isla Robinson Crusoe. Existe otro tipo de viveros que se ubican en superficie y sus dimensiones promedio son 177 cm de alto, 57 cm de ancho y 98 cm de espesor (tabla 9).

El número de trampas activas en una fecha determinada varía de acuerdo a las embarcaciones y la duración de la temporada. Existe una tendencia a desplegar las trampas cerca de la costa cuando la temporada comienza, las cuales a medida que avanza la temporada son trasladadas hacia altamar. El esfuerzo efectivo ha aumentado en la última década debido a la incorporación de pequeños huinches hidráulicos llamados "chigres". Los chigres fueron incorporados a fines de los años noventa y reducen el tiempo de manipulación de las trampas, permitiendo un mayor número de visitas por viaje de pesca (Henríquez et al, 1985).

Régimen operacional de las carnadas

El tipo de carnada utilizada para la captura de langosta, se dividen en carnadas primarias y secundarias. La carnada primaria corresponde a especies pequeñas y de fácil acceso, obtenidas mediante línea de mano. Esta carnada primaria constituye la base para capturar la carnada secundaria, que es utilizada directamente en las trampas langosteras. En la isla Alejandro Selkirk existen 3 especies que constituyen un alto porcentaje de la biomasa total de carnada

utilizada durante cada temporada, anguila, breca y jurel de Juan Fernández. Los volúmenes extraídos y su importancia relativa se detallan en los resultados del objetivo 7.

Las carnadas son en algunas ocasiones capturadas el día previo a ir a revisar las trampas de langostas, pero a menudo son capturadas durante el mismo día de pesca. Las artes de pesca de las carnadas son las mismas descritas por Arana y Ziller (1985) para la isla Robinson Crusoe. La tabla 10 resume las dimensiones de las trampas anguilleras, utilizadas en la isla Alejandro Selkirk.

Caracterización del viaje de pesca

El registro de salidas, revela que estas se efectúan en promedio, entre las 7:30 y 8:16 a.m. durante los meses de captura, resultando las 7:55 a.m. la hora de salida promedio durante la temporada completa (figura 16). Con respecto al horario de llegada de las embarcaciones, este dependerá de las condiciones climáticas así como también del éxito en las capturas de carnadas y el número de trampas por revisar. En general, la hora de llegada oscila entre las 15:30 y las 20:00 p.m (dependiendo del mes), registrándose en promedio para toda la temporada las 18:50 p.m. como hora de llegada. Con respecto a los datos, se concluye que el tiempo promedio comprendido entre la hora de salida y la hora de llegada, durante un día es de aproximadamente 11 horas (tabla 11).

Esfuerzo de pesca

Durante la temporada 2008-2009, se realizaron 752 salidas a partir de los meses octubre (2008) hasta noviembre (2009). Se efectúan en promedio 75 salidas por mes, con un máximo correspondiente a octubre de 2008, período en que comienza la temporada, con 108 salidas durante esta fecha. La cantidad mínima de salidas se registra en el mes de mayo de 2008, período en que se acerca la veda biológica impuesta para el recurso *Jasus frontalis*. Durante la temporada 2008/09 los pescadores del archipiélago de Juan Fernández enfrentaron la crisis económica mundial, lo cual derivó en una fuerte caída en los

precios internacionales. En un esfuerzo por mantener estable los precios en Juan Fernández aun durante la crisis, las ventas mermaron mucho. Esto redundó en una disminución en la demanda y finalmente en el esfuerzo pesquero en la isla Alejandro Selkirk durante los meses de febrero y marzo de 2009.

El número total de trampas levantadas durante la temporada 2008/09 alcanzó las 18336 trampas, con un máximo mensual durante noviembre de 2008 (3819). En promedio, operaron 41 trampas por bote, con un máximo de 64 y un mínimo de 14 trampas (figura 17, tabla 12 y 13). Con respecto al número efectivo de trampas visitadas por viaje, la mayor cantidad se registró durante el mismo mes en que se encontró la mayor cantidad de trampas en el agua (enero 2009); En promedio se visitan 33 trampas por día, con un máximo de 58.

En general, se observa que la visita a las trampas ocurre con mayor frecuencia durante los meses octubre noviembre y diciembre, experimentando una disminución durante los meses de otoño e invierno.

Sistema de Manejo tradicional

La pesquería en torno a la langosta de Juan Fernández opera bajo un sistema dual con estatutos formales e informales. El recurso se sitúa en el marco de la pesquería de tipo artesanal, de acuerdo al acta de Pesquerías Chilenas de 1991 (www.subpesca.cl). La regulación en torno al recurso, incluye un tamaño legal correspondiente a 115 mm de longitud cefalotorácica, medida desde la base de las antenas hasta el borde posterior. Además, el recurso debe ser capturado dentro de la temporada impuesta que se extiende desde el 15 de mayo hasta el 30 de septiembre y no deben extraerse hembras ovígeras. El incumplimiento de esta normativa se centra principalmente en la captura de langostas de menor tamaño para consumo doméstico (Arana et al 2005), pero en el caso de la isla Selkirk esta fuente de mortalidad adicional es prácticamente despreciable.

La captura de la langosta ocurre en determinados sectores, en las denominadas *Marcas*, pertenecientes a los pescadores o al bote de pesca. Esto

forma parte de un complejo sistema de tenencia marina desarrollado en el archipiélago de Juan Fernández (Ernst et al, 2010). Las trampas son dispuestas individualmente en las marcas y visitadas día por medio. Los pescadores ejercen control sobre el uso de las marcas a lo largo de la temporada.

Conectividad con la isla Robinson/Continente

El transporte de la isla, se encuentra totalmente limitado y ocurre solo en temporada de extracción de la langosta es decir, entre octubre y mayo. El principal acceso a la isla se encuentra en el lado este donde se ubica la Rada de la Colonia, única población existente en la isla. Debido a que la isla carece de bahías que faciliten el anclaje de embarcaciones o de muelles para el desembarque, para ingresar a ella se debe varar en tierra utilizando un huinche que permite arrastrar las embarcaciones caleta arriba. La isla cuenta con senderos establecidos y huellas de las cabras que cubren la mayor parte de la isla, permitiendo mayor acceso a esta.

La isla no cuenta con un medio de transporte exclusivo que conecte la isla de Mas Afuera con Robinson Crusoe, sin embargo el archipiélago en su totalidad dispone actualmente de un buque mercante subvencionado por el gobierno (buque Antonio) el cual suministra abastecimiento a la isla de Robinson Crusoe pero contempla viajes esporádicos a la isla de Mas Afuera. A su vez, CONAF tampoco dispone de un medio de transporte que conecte estas dos islas, con lo cual el traslado de los habitantes ocurre a expensas de los viajes que se realizan con fines comerciales (Masoli & Larraín, 2008).

Durante la temporada 2009-2010 son tres las embarcaciones que han viajado entre isla Robinson y e isla Selkirk, La Centinela, don Lalo y la Blanca Luz.

La conectividad radial

En la isla existen dos antenas de radio que son propiedad de CONAF y del Comité de Adelanto, ambas ubicadas en el sector El Hombre que permiten mantener la comunicación con la isla Robinson Crusoe. La señal de la antena de

CONAF es permanente sin embargo no es de uso público ni permite sostener conversaciones privadas. La señal de los pescadores permite mantener en contacto a aquellos que se encuentran en altamar, con la isla y además permite la comunicación con la isla Robinson Crusoe (Masoli & Larraín, 2007).

Entrevistas a los pescadores

La isla y la caleta

Se realizaron varias entrevistas individuales a los pescadores en la isla Alejandro Selkirk donde se abordaron diversos temas relacionados con la caleta, comunidad y pesquería.

Respecto de los principales problemas que deben sobrellevar los habitantes de la isla, en el ámbito social, se destaca la baja conectividad de ésta, lo cual influye en la comercialización de la langosta. Factores climáticos (viento, marejadas), déficit de abastecimiento en necesidades y bienes básicos (agua potable, tendido eléctrico) son otras de las respuestas más frecuentes. A su vez, la mala condición en la que se encuentra el acceso a la caleta constituye un problema debido a las consecuencias que esto conlleva, pues restringe la salida constante de embarcaciones hacia el lugar de trabajo. Finalmente, otro problema que inquieta a la comunidad de pescadores de Selkirk, es la llegada de embarcaciones no insulares con intenciones de capturar langostas, sobre todo en el período de veda.

Durante diferentes reuniones, se preguntó a los habitantes de Selkirk, que avances esperan lograr dentro de los próximos 10 años. Las respuestas de la comunidad giran en torno al mejoramiento de sus espacios, en particular de la caleta que es el lugar donde pasan la mayor parte del tiempo. Además se manifiesta la inquietud por mejorar espacios, como el centro médico y la cancha, contar con nuevas redes de agua potable, generar energías limpias, eólica o solar y así mejorar su calidad de vida. Otro aspecto a mejorar en los próximos diez años es la conectividad de Selkirk con la isla de Robinson ya sea vía telefónica o internet. Finalmente, una gran parte de los habitantes de la isla concuerdan en que si estas ideas fuesen llevadas a cabo, se favorecería la

estadía permanente en la isla y consecuentemente mejoraría la calidad de vida de los habitantes de Selkirk.

Con respecto al equipamiento de la caleta, lugar donde se desarrolla la mayor parte de las actividades, también se detectaron inquietudes y deficiencias. Entre estos se destaca el mal estado en que se encuentran los rollizos, cuartos, el huinche y la caseta. Además, el sindicato indica que no se toma especial cuidado con el espacio en que se encuentra la caleta, ya que a veces esta se encuentra desordenada o sucia. Junto con todo esto, otro problema que deben sobrellevar los pescadores es la ausencia de tendido eléctrico y un difícil acceso a la caleta.

La pesquería

Referente a la pesquería de la langosta, un 58,3% del total de encuestados reconoce un buen manejo del recurso en el archipiélago, mientras que un 16,6% desconoce la existencia de algún plan de regulación y un 25% no responde esta pregunta.

La antigüedad como pescadores de los masafuerinos va desde 2 a 50 años. Todos reconocen la existencia del sistema de marcas y el número que ellos poseen van entre las 60 y 200, aun cuando existen pescadores que no las poseen (principalmente tripulantes).

La distancia mínima promedio en que una trampa se separa de la de otro pescador es de 50 metros.

Los pescadores almacenan las langostas en viveros de superficie y de profundidad. La cantidad de viveros en superficie que mantiene cada bote durante la temporada va desde 1 a 6 mientras que en profundidad se encuentran desde 3 a 15 viveros, así como también la ausencia de estos últimos en dos casos. Se observa que existe una pérdida de trampas por temporada que va de 1 a 50, sin embargo en la mayoría de los casos las trampas perdidas no superan las 8 unidades.

La langosta

El análisis de la distribución espacial de la captura resalta claras diferencias entre los sectores NW / N y NE, respecto de las zonas 2 y 3. En estas zonas la flota se mantiene siempre alejada de la costa. Al enfrentar a los pescadores a esta interrogante un 83,3% de los encuestados cree que no se pesca en el sector oeste y sur de la isla por malas condiciones climáticas (marejada y oleaje fuertes), baja o nula disponibilidad del recurso. El 16,6% restante no responde o desconoce los motivos.

Según el conocimiento previo adquirido con la experiencia, al preguntar si ellos creen que la langosta migra en algún momento de su ciclo de vida, todos los encuestados respondieron que si migraba. Respecto de la temporalidad de la muda (para hembras y machos) un 16,6% desconoce la temporada en que esto ocurre, en tanto que el 83,3% restante responde que la muda de machos ocurre a fines de primavera y comienzo de verano.

Finalmente, al preguntar la apreciación personal del proyecto que se llevo a cabo en la isla, a la mayoría de los encuestados les pareció bueno ya que les permitió ampliar sus conocimientos en torno a la pesquería del recurso más importante de su entorno, la langosta.

Profundidad alrededor de la isla Alejandro Selkirk

Durante el mes de octubre de 2008 se aprovechó de hacer sondeos durante cuatro salidas de pesca (figura 18). De este trabajo emergen algunos patrones: (a) el sector comprendido entre pta Sánchez y al sur de Rada de la Colonia (este-noreste de la isla) presenta una plataforma estrecha, alcanzándose rápidamente profundidades superiores a los 100 m, (b) el sector norte (Las Moscas – pta. Sánchez) presenta una rápida profundización hasta los 30-40 metros y luego presenta un aumento más gradual de la profundidad hacia costa afuera, (c) el sector El Imán (oeste-noroeste de la isla) presenta bajos que se proyectan costa afuera y (d) el sector sur-oeste de la isla (La Barra – La Lobería) presenta la plataforma más extensa de la isla.

Objetivo 2: *Determinar la captura, esfuerzo y captura por unidad de esfuerzo considerando escalas espaciales y temporales.*

Esfuerzo

Históricamente el esfuerzo en la pesquería de Juan Fernández ha sido caracterizado en función del número de trampas levantadas y el número de viajes de pesca. El número de trampas levantadas es un estadístico más robusto para representar el esfuerzo real sobre el sistema, dado que una revisión de esta pesquería indica cambios tecnológicos que han modificado el número de trampas que se pueden operar en un viaje de pesca y una estacionalidad en el número de trampas que se utiliza durante la temporada. El número de trampas como unidad esfuerzo, asume que las trampas permanecieron operando por una cantidad de tiempo constante y regular en el agua. Si bien esto es en gran medida cierto, dado que las trampas son visitadas día por medio, no es menos cierto que habitualmente todas las trampas no alcanzan a ser visitadas en una salida de pesca (Figura 17). Por otro lado eventos ocasionales determinan que las trampas permanezcan más tiempo en el agua. Estos factores probablemente introducirán errores en las estimaciones de CPUE, pero no se esperan sesgos intra o interanuales por este motivo. Por otro lado el tiempo óptimo de operación de la trampa es de aproximadamente dos días (Henríquez et al 1985), por lo que no se espera un aumento importante en la captura después de ese período.

El esfuerzo en la temporada 2008/09 comenzó elevado, con un número aproximado de 3700 trampas levantadas en octubre, cifra que aumentó hacia las 3800 trampas, para luego decaer hasta fines de enero (tabla 14). Luego, por motivos de la crisis económica mundial se produjo un gran descenso en el esfuerzo, alcanzando las 1500 trampas en febrero y luego decayendo hacia fines de temporada (mayo). El esfuerzo total durante el mes de octubre de la segunda temporada fue menor, situación que se explica por el retraso en el comienzo de la temporada en la isla Alejandro Selkirk. En noviembre de 2009, ya alcanza las 3300 trampas levantadas (figura 19).

Respecto de la distribución geográfica del esfuerzo, en octubre de 2008 el esfuerzo se ve relativamente homogéneo a través de las zonas con un valor medio de 500 trampas levantadas por zona. Posteriormente comienza un redistribución del esfuerzo intensificándose principalmente las zonas 3, 4 y 5, siendo máxima a través de toda la temporada 2008/09 en las zonas 3 y 4 (figuras 19 y 20). En la segunda temporada, el esfuerzo comienza muy elevado en las zonas 1 y 6, y se mantiene alto en esta última en el mes de Noviembre, mostrando un patrón claramente distinto al año anterior.

Captura

La captura total en la isla Alejandro Selkirk para la temporada 2008/09 alcanzó las 26175 langostas comerciales (figura 24). La mayor parte de este desembarque ocurrió entre octubre y enero, para disminuir a luego a 1200 langostas en los meses sucesivos (figura 21). Entre noviembre y enero de 2010 los mayores desembarques comerciales ocurrieron en las zonas 3 y 4, situación que se mantiene en forma menos conspicua hacia fines de la primera temporada. En la segunda temporada los mayores desembarques comerciales se manifiestan en las zonas 1 y 6, en octubre, para luego emparejarse entre las zonas 3 y 6, siendo mayores que las zonas 1 y 2.

Las capturas de langostas no comerciales (sublegales y hembras ovíferas) se desarrollaron en forma muy similar a las comerciales en el espacio y en el tiempo. A partir de noviembre de 2008 las mayores capturas ocurren en las zonas 3 y 4. En la segunda temporada en cambio la distribución es bastante más homogénea tanto en octubre como noviembre.

La razón global de langostas comerciales sobre langostas no comerciales alcanzó un valor de 0.063.

Captura por unidad de esfuerzo (CPUE)

La captura por trampa global en la isla Alejandro Selkirk de langostas comerciales experimenta grandes cambios a través de la temporada 2008/09 (figura 22). Comienza en octubre con alrededor de 1.15 langostas por trampa,

para disminuir levemente en noviembre. En diciembre la CPUE experimenta un rápido ascenso para llegar 1.5 langostas por trampa. En enero y febrero se alcanzan valores de 1.6. En el mes de marzo se eleva una vez más la CPUE para llegar aun nivel promedio de dos langostas por trampa. En abril y mayo se experimentan variaciones, que probablemente responden a menores tamaños muestrales producto de una baja global en el esfuerzo (figura 22). Las diferencias entre temporadas en las tasas de captura para octubre y noviembre son menores. En octubre 2009 la temporada comienza con una CPUE de 1.4 langostas por trampa, pero en noviembre el valor se iguala con la temporada anterior en aproximadamente una langosta por trampa.

Las tasas de captura de langostas no comerciales son aun mayores a un orden de magnitud respecto de las comerciales. Desde octubre de la primera temporada comienza un aumento exponencial de la CPUE no comercial hasta enero, luego se estabiliza alrededor de 28 langostas por trampa y finalmente disminuye para alcanzar las 24 langostas por trampa en abril de 2009. Las diferencias entre octubre-noviembre de 2008 y 2009 son menores (figura 22).

Existen diferencias conspicuas en la CPUE de langostas comerciales entre embarcaciones. Estas diferencias pueden alcanzar valores entre 0.7 y 1.6 langostas por trampas a comienzos de temporada, para aumentar a 1.4 y 3.4 para el mes de marzo. En general todas las embarcaciones muestran una tendencia de aumento hasta un máximo en marzo. Solo 4 embarcaciones operaron en mayo (figura 23).

Las tasas de captura entorno a la isla comienzan con valores cercanos a una langosta por trampa, con variaciones menores entre áreas. Durante los 4 primeros meses de la temporada 2008/09 las zonas 2, 3 y 4 reportan las mayores CPUE de langostas comerciales (figura 19). La zona dos mantiene los mayores valores durante toda la temporada (excluyendo mayo). La zona uno se mantiene con valores menores durante la mayor parte de la temporada. Las tasas de captura de langostas no comerciales también muestran un valor más elevado en la zona dos respecto del resto.

Factores que afectan la CPUE

Se evaluaron los efectos de cuatro factores (temporada, mes, embarcación y zona) sobre las tasas de captura de langostas comerciales y no comerciales en la isla Alejandro Selkirk entre octubre de 2008 y noviembre de 2009.

Los resultados de los ajustes del GLM con distribución de poisson se presentan en la tabla 15. En ambos casos se consideraron 8 modelos candidatos, desde el modelo base (coeficiente) hasta el modelo con los 4 factores y la interacción mes-temporada. Este último modelo resulto ser el mejor modelo para ambas series de CPUE, con 58 y 42 unidades de AIC menos que el modelo sin las interacciones. Para el caso de las langostas comerciales el factor temporada dejo de ser significativo, al incluir la interacción. Los meses de noviembre y enero no fueron significativamente distintos de octubre.

Objetivo 3: *Caracterizar la dinámica espacial de la fracción vulnerable a la pesquería, incluyendo distribución, migraciones estacionales y desplazamientos entre áreas.*

El programa de marcaje y recaptura

El desarrollo del proyecto permitió generar dos bases de datos respecto de las langostas marcadas recapturadas. La primera proviene de las bitácoras de pesca registradas por los pescadores durante cada viaje y la segunda de los muestreos biológicos con observadores a bordo. La tasa de langostas recapturadas (distintas) sobre langostas marcadas alcanzó un 42%. La figura 25 resume todo el proceso de marcaje y recaptura reportada por los pescadores. Se aprecian los tres períodos de marcaje y las recuperaciones desde comienzos de octubre de 2008, el período de veda y nuevamente recapturas a través de todo el rango de número de marcas. La figura 26 muestra el número de individuos recapturados en el tiempo y el esfuerzo medido en número de trampas levantadas. Se aprecia una alta sincronía entre estos dos procesos. La razón entre el número de langostas recapturadas sobre trampas levantadas indica una leve disminución en la tasa de recuperación de langostas. Entre noviembre y febrero la tasa de recuperación ha oscilado entorno a las 0.2 marcas por trampa (figura 27). Es decir que cada cinco trampas levantadas, se estaría recuperando una langosta marcada.

La frecuencia de recapturas decae exponencialmente, llegándose a encontrar 14 recapturas de un individuo (figura 28).

La muda a lo largo de la temporada

La muda de los machos fue inferida a partir del incremento en talla experimentada por los individuos marcados durante las temporadas de pesca. Esta información fue desplegada en gráficos de talla al marcaje (eje X) y talla en la recaptura (eje Y). En ausencia de crecimiento (muda) todos los puntos debieran estar concentrados en torno a una línea con pendiente igual a uno. En octubre de 2008 se aprecian unos pocos individuos que mudaron,

encontrándose la mayor parte de la data en torno a la línea de 45 grados (figura 29). Según los datos el error de medición alcanzaría a ser de un milímetro, pero la mayor parte de la data oscila entre ± 0.3 mm. En noviembre se aprecia aun una baja proporción de individuos sin mudar. En diciembre esta proporción comienza a elevarse y en enero ya se alcanza una alta proporción de machos mudados. Esta proporción sigue aumentando. En marzo y abril queda una baja proporción de organismos sin mudar. En octubre y noviembre de la temporada siguiente no se aprecian individuos sin mudar. El incremento medio experimentado por los machos alcanza los 5 mm. En octubre y noviembre de 2009 se aprecia un segundo grupo de individuos con mayor incremento. Esto podría relacionarse con una segunda muda.

Durante marzo y abril se desarrolló un segundo marcaje de machos. Las recapturas indican una falta de muda durante esos meses. Una gran proporción de los individuos recapturados en octubre y noviembre de 2009 mudaron durante el período de veda (figura 30).

Portación de huevos

La portación de huevos por parte de las hembras fue monitoreada a través del muestreo biológico. Las hembras fueron separadas en portadoras y no portadoras, registrándose además su tamaño. La figura 31 presenta la curva de portación de huevos a la talla de las hembras desde octubre de 2008 a abril de 2009 (primera columna) y para octubre y noviembre de 2009 (segunda columna). Las curvas de portación de huevos a la talla son muy similares para comienzos de la temporada 2008/09 y temporada 2009/10 (octubre y noviembre). Se aprecia un máximo en la proporción de portación alrededor de los noventa milímetros y en el mes de octubre, alcanzando un valor 55%. La proporción de hembras portadoras decae fuertemente hacia tallas mayores, sugiriendo que una importante proporción de las hembras mayores han terminado ya con este proceso. En meses sucesivos la proporción de hembras portadoras va disminuyendo. Para abril queda una fracción muy baja de hembras con huevo menores a 100 milímetros. Esta situación se revierte para

individuos de mayor tamaño, sugiriendo que la actividad de portación comenzaría a intensificarse en los meses de marzo y abril (figura 31).

Desplazamientos de las langostas entre zonas (alrededor de la isla)

Los desplazamientos individuales de las langostas recapturadas entre Octubre de 2008 y Noviembre de 2009 se aprecian en la figura 32 (muestreo biológico, sexos combinados). Se aprecia un bajo grado de conectividad entre las zonas 2 y 3 y el resto de las zonas y un alto grado de desplazamiento local dentro de esas zonas. Se aprecia además una discontinuidad espacial entre los conglomerados de las zonas 1-2 y 3-4. La zona 4 también muestra un alto grado de unidad respecto de los desplazamientos, pero al nor-este presenta una mayor conexión con la zona 5. Entre las zonas 1, 5 y 6 existe un alto grado de desplazamiento. Existen intercambios entre zonas opuestas alrededor de la isla, pero son menores.

Una descomposición vectorial de los desplazamientos por sexo se presenta en la figura 33. El origen del desplazamiento fue reubicado en el centroide de cada una de las 6 zonas consideradas. En gris se presentan los desplazamientos individuales y la flecha negra corresponde al desplazamiento promedio. Los vectores resultantes para los machos indican una componente hacia la isla en las zonas 3, 4 y 5. Las hembras presentan un menor desplazamiento promedio en todas las zonas.

La distribución de las distancias desplazadas se aprecia en la figura 34. Los machos presentan un mayor desplazamiento en las zonas 1, 3 y 6.

A partir de los datos de las bitácoras de los pescadores se calcularon matrices de conectividad entre zonas a través de la temporada (tablas 16 y 17). La proporción de retención para cada una de las zonas a través del tiempo indica que en las zonas 2, 3 y 4 es muy alta (figura 35). Las zonas 1, 5 y 6 presentan la menor retención.

Desplazamientos estacionales de las langostas (oceánico-costero)

Para estudiar la migración estacional se siguió el destino de las langostas que habían sido marcadas en octubre (en el sector costero) y en el período marzo-abril. Las recapturas fueron organizadas en tres períodos: (a) octubre-diciembre 2008; (b) enero-mayo 2009 y (c) octubre-noviembre 2009. La figura 36 muestra una fracción importante de langostas que fueron marcadas en octubre de 2008 (en rojo) fueron avistadas en la costa en el primer período, en la zona oceánica en enero-mayo y nuevamente en el sector costero en octubre-noviembre de 2009. La baja en la presencia de individuos recuperados en el sector costero en el segundo período también se puede deber al corrimiento de las trampas desde el sector costero al oceánico. A comienzos de la segunda temporada una fracción importante de los recuperados vuelve a ser avistado en el sector costero. Para corroborar que efectivamente hubo migración desde el período oceánico al costero durante la época de veda, se siguió la distribución de los marcados en marzo-abril (figura 37). Aquí se aprecia una alta proporción de langostas recuperadas en el sector costero.

Objetivo 4: *Estimar tasas instantáneas de mortalidad por pesca, mortalidad natural y selectividad a la talla.*

Selectividad a la talla

La proporción de organismos retenidos a la talla fue investigada a partir de las langostas marcadas en octubre de 2008. Según los resultados del proceso de muda, ni los machos ni las hembras experimentarían un crecimiento durante ese período y los desplazamientos estacionales aun no serían muy relevantes. Las ojivas de selectividad son bastante similares durante el período octubre-diciembre, no siendo muy escarpadas. La selectividad del 50% se alcanza a los 95 mm y el 100% alrededor de 110 mm (figura 38).

Las hembras muestran un patrón de retención muy distinto a los machos. Con 90-95 mm ya alcanzan una retención del 100%, la cual decae a un 80% hacia los 115 mm (figura 38).

Modelo de Brownie

El número de registros que cumplieron con las condiciones establecidas para este análisis fueron de 260 y 547 para hembras y machos, respectivamente. De ese total un 46% fueron recapturadas para el caso de las hembras y un 74% para el caso de los machos a lo largo del desarrollo del proyecto.

El proceso de estimación de parámetros obligó, debido a la naturaleza de la información, a fijar las tasas de mortalidad natural en tres valores probables (0.05, 0.1 y 0.15). Estos valores están dentro del rango reportado en la literatura de *Jasus*. Las estimaciones de las tasas instantáneas de mortalidad por pesca para cada sexo, indican que las hembras tienen F_s que corresponden aproximadamente a un 36% al de los machos (tabla 18). Los machos muestran tasas mensuales de mortalidad por pesca de un 0.44, para los cuatro primeros meses, decayendo luego fuertemente hacia mayo. En octubre y noviembre 2009 los niveles alcanzan nuevamente los de la primera temporada (figura 39). Las tendencias de ambas series se encuentran determinadas por las variaciones

mensuales del esfuerzo pesquero. Estas altas tasas instantáneas mensuales determinan tasas de explotación durante la temporada de pesca 2008-09 de 0.88 y 0.55 para machos y hembras, respectivamente.

Modelo de sobrevivencias y tasas de avistamiento

Las tasas mensuales de sobrevivencia y avistamiento para langostas sublegales se reportan en la figura 40. Las estimaciones de sobrevivencia para ambos sexos son más bajas en el mes de octubre respecto del resto de la serie. La sobrevivencia es mayor en hembras que en machos. Ambos sexos muestran un menor avistamiento en el mes de octubre, un incremento en noviembre y luego una sistemática disminución, siendo mayor la probabilidad de avistamiento en machos que en hembras.

Las tasas de sobrevivencias mensuales obtenidas en este trabajo y llevadas a una tasa instantánea de mortalidad natural para cada sexo se traducen en valores de 0.32 y 0.57 para hembras y machos, respectivamente.

Objetivo 5: *Determinar la composición de tallas por sexo de la fracción comercial y no comercial de langostas durante la temporada 2008-2009.*

La proporción de sexual de todas las langostas observadas durante la temporada 2008/09 y 2009/10 experimenta algunos notorios. En ambas temporadas la proporción comienza con una mayor proporción de machos (alrededor de 0.4), para luego comenzar a subir y alcanzar un valor de 0.55 en enero y febrero. Posteriormente la proporción comienza a decaer hasta alcanzar un valor de 0.35 en abril (figura 41). En los períodos de comienzo y fines de temporada existe una mayor presencia de machos en las zonas 3 y 4, pero luego en enero y febrero estas zonas presentan la mayor proporción de hembras.

Los gráficos de distribuciones de frecuencia de tallas para langostas de toda la isla Alejandro Selkirk no generan patrones con estadíos claramente distinguibles lo cual no se adecúa para un análisis de descomposición modal (figuras 42 y 43). En ambas temporadas se aprecia en octubre una mayor proporción de machos mayores a la talla mínima legal. En el primer año esta proporción decae entre octubre y noviembre, haciéndose significativamente escarpada frente a la talla mínima legal.

Al separar las distribuciones de frecuencia de tallas por zonas (3 y 4) pareciera definirse de mejor forma la presencia de estadíos en el caso de las hembras (figuras 44 y 45).

Objetivo 6: *Generar una serie de tiempo de temperaturas de agua de fondo en las zonas de pesca.*

Análisis espectral

Las series de temperatura de fondo de la zona 1 y 2 presentaron brechas que fueron rellenadas con métodos de interpolación lineal para el primer caso, y con los armónicos de alta frecuencia para la zona 2 con períodos de 3, 12 y 24 h, correspondientes a armónicos de marea, y a 40 y 76 horas. Las series de temperatura de la zona 4 presentaron discontinuidades y saltos que fueron corregidos por la media y desviación estándar del segmento de la serie con la discontinuidad con la desviación estándar del segmento de la serie sin discontinuidad. Previo al análisis, a las series originales se les removió la media y la tendencia. El análisis espectral mostró en forma consistente para las 4 zonas la importancia de la señal mareal (figura 46). Los máximos de energía espectral se asociaron a 24, 12, 6 y 3h (esta última solo zona 1 y 4), para 14 y 20 grados de libertad con un nivel de confianza del 95%. Los máximos de energía espectral se asociaron a 21 días (zona 4), 10 y 4 días (zona 1) y 14 y 3 días (zona 5) para 10 grados de libertad con un nivel de confianza del 95%.

Serie representativa de la temperatura de fondo de la región de Selkirk

Las series de temperatura de fondo corregidas para brechas y saltos se observan en figura 47. Los registros de las series originales cubren diferentes periodos entre el 4 de octubre de 2008 y 25 de mayo del 2009 (tabla 20).

Para generar una serie representativa de la región de Selkirk se filtraron cada una de las series individuales con un filtro Godin con el objetivo de remover efectivamente la marea. Cada una de las series filtradas se observa en la figura 47. Las series filtradas pertenecientes a la zona 2, 4 y 5 están significativamente correlacionadas. La mayor correlación se encuentra entre las series de termistores que se encuentran a menor distancia. La correlación entre las series de temperatura de fondo de las zonas 4 y 5 (al noroeste de la isla Selkirk y las más cercanas) fue de $r^2 = 0.9555$, al igual que la correlación entre zona 2 y 4 fue

de $r^2 = 0.9064$, mientras que las zonas 2 y 5, las más alejadas, mostraron una correlación menor con un $r^2 = 0.7765$.

Se promediaron los valores positivos de las series filtradas de las 4 zonas de las series de temperatura de fondo, así se generó una serie representativa que cubre el período 4 de octubre de 2008 al 9 de diciembre del 2009 (figura 48).

Efecto de la temperatura sobre la CPUE

La inclusión de la temperatura en análisis de los factores que influyen sobre la captura por unidad de esfuerzo de langostas comerciales genera el mejor modelo (Constante + Temporada + Mes + Zona + Bote + Temperatura) según el criterio de información de Akaike ($AIC=296526$). El factor temperatura fue altamente significativo en el análisis.

Objetivo 7: *Caracterizar la fauna acompañante (carnadas) asociada a esta pesquería.*

La diversidad de organismos directamente relacionados con la pesquería de la langosta (en forma incidental o como carnada) es bastante amplia. Estos organismos se encuentran concentrados solo en unos pocos órdenes. El más representado de estos órdenes fue perciformes, el cual contiene a 9 géneros del total de especies reportadas en este estudio. Entre ellos destacan las especies *Polyprion oxygeneios* (Bacalao de Juan Fernandez), *Seriola lalandii* (Vidriola) y *Cheilodactylus gayi* (Breca). Los otros órdenes presentes en la pesquería y reportados en este estudio están representados con un solo género cada uno. Cabe destacar que el orden octópoda, si bien esta presente en la lista, es una especie que aparece esporádicamente en la pesquería y que es parte de las pesca incidental (tabla 19). La clasificación taxonómica se desarrolló en base a información de terreno, material fotográfico (figura 48) y bibliografía (Mann G. 1954; Pequeño y Sáez 2000).

La estimación de biomasa total por especie y por mes, dentro de la temporada de pesca y calculada a través de la información proveniente de las bitácoras (tabla 21), muestra claramente que las especies predominantes son la breca y la anguila, seguido por la vidriola y el jurel en un porcentaje mucho menor (figura 50). Cuando se observa la variación de la biomasa total utilizada como carnada dentro de la temporada (figura 51), se aprecia una disminución importante entre los meses de febrero a mayo. Esta disminución se debió a problemas en la comercialización de la langosta y por consiguiente una disminución del esfuerzo y del total de carnadas necesarias para esas fechas. Ahora cuando se observan los datos generados por el muestreo biológico se puede apreciar que las especies más frecuentes en las carnadas son la breca, anguila y jurelillo (tabla 22, figura 52). El jurelillo corresponde a los ejemplares más pequeños de *Pseudocaranx chilensis*, que son utilizados como carnada primaria. El peso y la talla promedio de los individuos muestreados se observan en la Tabla 23. Los valores reportados son similares a los entregados por otros autores para las mismas especies (Arana y Vega 2000; Arana 2000) y también se reportan los

valores de los parámetros del ajuste del modelo alométrico basado en información morfométrica recolectada (tabla 24) para la Breca (figura 53) y el Atún (figura 54). Cuando se observan las variaciones del número total de individuos usados como carnadas de las especies más representadas (figura 55) se puede apreciar que existe una disminución en los meses de final de temporada, esto originado posiblemente por problemas con la comercialización. La baja notable experimentada en el mes de octubre de 2008 se debe a un menor esfuerzo de muestreo realizado por observadores debido a que el esfuerzo estaba enfocado a la tarea de marcaje de las langostas, por lo cual es retirado para los cálculos de biomasa y se utiliza el mes de octubre de la temporada 2009. El cálculo de la biomasa de carnada total utilizada por mes se alcanza valores cercanos a los reportados directamente por los pescadores en unidades de biomasa, mostrando un total aproximado de 49 toneladas de biomasa (tabla 25). En el cálculo de la biomasa total no se considera el aporte realizado por las carnadas de primer orden. Al recalcular y al asumir un peso promedio por Jurelillo de 0.2 kg, la biomasa total asciende a 52 toneladas, valor cercano a las 53 toneladas reportadas por los pescadores.

Objetivo 8: *Determinar el estado de situación de la langosta de Juan Fernández en la isla Alejandro Selkirk respecto del resto del archipiélago.*

Marco legal vigente

Existen cuatro regulaciones legales por parte de la administración que estarían condicionando la actividad pesquera en la isla Alejandro Selkirk (Anon 2004):

- Talla mínima legal de 115 mm de longitud cefalotorácica (D.S. (MIN FOM) N° 1584 de 1934).
- Veda indefinida de hembras con huevos (D.S. (MIN FOM) N° 1584 de 1934).
- Veda biológica que rige entre el 15 de mayo y el 30 de septiembre de cada año en todo el Archipiélago de Juan Fernández (D.S. (MINAGRI) N° 223 de 1963 y D.S. (MINECON) N° 311 de 2004).
- Trampa como único arte de pesca permitido para capturar langosta en el Archipiélago de Juan Fernández e Islas Desventuradas (Res. (SUBPESCA) N° 957 de 1992).

Adicionalmente, durante el período 2004/2009 (Anon 2004) y nuevamente para 2009/2014 (Anon 2009) se ha cerrado el registro de inscripción de naves y pescadores al recurso langosta de Juan Fernández. Esto limita principalmente el esfuerzo expresado como número de botes.

Esfuerzo de pesca

Se identifican tres niveles fundamentales de esfuerzo en esta pesquería, (a) número de botes operando en este sistema; (b) número de salidas de pesca y (c) número de trampas levantadas. Los registros históricos respecto del número de botes, indican que a lo menos desde el año 1984, el número de botes ha fluctuado en torno a las 9 – 10 unidades (tabla 26). El espacio físico disponible en la rampla de varado en la rada de la colonia (isla Alejandro Selkirk) permite la normal operación en tierra de 10 embarcaciones.

El número total de salidas de pesca en una determinada temporada depende fundamentalmente del largo de la temporada, del número de embarcaciones que se encuentran operando, de las condiciones climáticas imperantes, de la acumulación de langostas en los viveros producto de problemas logísticos de transporte o del precio de mercado de las langostas que pudiera retrasar la venta. La información disponible a partir de los proyectos IFOP 84/85, FIP 96/97 y FIP 2008-22 indica que no se identifica un aumento sistemático en el número de salidas de pesca, más bien muestra un máximo en la temporada 84/85 y un mínimo en la temporada 96/97. La baja en esa última temporada se debería fundamentalmente a que operaron menos embarcaciones en la isla Alejandro Selkirk.

Finalmente la última unidad de esfuerzo, número de trampas caladas, si ha experimentado un cambio a través del tiempo (tabla 26). Una encuesta realizada durante el proyecto Marcas en el año 2005 (Ernst, datos no publicados) dejó en evidencia la rápida incorporación del chigre y el posterior incremento del número de trampas en el agua y revisadas (figura 56).

Variaciones temporales de la CPUE

Las tasas de captura en la isla Alejandro Selkirk muestran cambios conspicuos durante el transcurso de las temporadas de pesca (captura por viaje y captura por trampa).

En una escala interanual se aprecian cambios y tendencias importantes. La CPUE en la temporada 1984/85 muestra su valor histórico más bajo de la serie (una langosta por trampa, figura 57). Los valores de CPUE en esta última década han sido ampliamente superiores a ese valor, alcanzando valores promedio de dos langostas por trampa. La tendencia en las últimas cuatro temporadas es a una disminución en las tasas de captura (figuras 58 y 59). Esta tendencia es también capturada en el sistema Robinson/Santa Clara, donde los rendimientos son aproximadamente la mitad que los observados en la isla Alejandro Selkirk.

Estructura de tallas

La figura 60 muestra las estructuras de talla de machos en las temporadas 1984/85 y 2008/09. Los tamaños muestrales son ampliamente mayores en este proyecto, pero a pesar de la incertidumbre en el muestreo, no se aprecian grandes diferencias en las proporciones de individuos de talla comercial. Al comparar la distribución de tallas de machos en octubre de 2008 en la isla Alejandro Selkirk y agosto de 2008 en la isla San Félix (Archipiélago de las Desventuradas) se aprecia una gran diferencia (figura 61). Una gran proporción de individuos se encuentra entre los 120 y 150 milímetros. Estas diferencias son atribuibles a la ausencia de pesca por un período de 6 años, probablemente una menor tasa de explotación histórica y eventualmente al efecto de distintas temperaturas de agua fondo,

DISCUSION

Programa de marcaje y recaptura

El desarrollo del proyecto permitió generar dos bases de datos respecto de las langostas marcadas-recapturas. La primera proviene de las bitacoras de pesca registradas por los pescadores y la segunda de los muestreos biológicos. La tasa de langostas recapturadas (distintas) sobre langostas marcadas alcanzó un 42%. Estas tasas resaltan respecto de lo obtenido para otras especies y destacan el éxito del experimento de marcaje y recaptura en la isla Alejandro Selkirk.

Las múltiples recapturas de langostas marcadas (llegándose a encontrar 14 recapturas de un individuo) no parece afectar su tasa de mortalidad. Podríamos postular entonces que la mortalidad incidental por capturar y descartar regularmente un 90% de la captura de las trampas, no debiera generar incrementos importantes en las tasas de mortalidad, de otra forma la probabilidad de capturar múltiples veces una misma langosta sería muy baja.

La muda a lo largo de la temporada

Durante febrero y marzo se desarrolló un segundo marcaje de machos. Las recapturas indican una falta de muda durante esos meses. Luego una gran proporción de los individuos recapturados en octubre y noviembre de 2009 mudaron durante el período de veda.

Investigaciones anteriores establecen que las épocas principales de muda de *J. frontalis* es a fines de primavera para los machos y en otoño para las hembras. La determinación de estos periodos de muda fue realizada por Arana y Martínez (1985) a través del análisis de la proporción porcentual entre los individuos blandos y el total de langostas capturadas en cada uno de los meses. Esta estimación fue ratificada por Dupre (2000) quien a través del análisis de individuos en cautiverios determinó que la muda en machos sería entre febrero y marzo y para las hembras esta se llevaría a cabo desde la mitad de abril hasta mediados de junio. Esos resultados son muy similares a los reportados para

especies del mismo género, donde determinan que las hembras mudan usualmente a finales del verano y principio del invierno y los machos a finales de la primavera y principio del verano (Booth, 2006). El incremento por muda reportado en estudios anteriores para *J. frontalis* varían entre 6.6 mm y 11.62 mm (tabla 27), resultados superiores a los rangos de 2.8-5 mm de incremento medio para otras *Jasus*. Los valores obtenidos en nuestro estudio son cercanos a los reportados en la literatura internacional (tabla 27, Annala & Bycroft, 1988; Booth, 2006).

Portación de huevos

El período de portación de los huevos se extiende según Arana (1983) entre julio y febrero del año siguiente, teniendo una incidencia alta de hembras con huevos entre octubre y diciembre. Esto sugiere que los procesos de portación estarían siendo similares al sistema de Robinsón Crusoe. Según Dupre (2000) el inicio de la portación de huevos ocurriría entre junio y fines agosto y termina a fines de octubre. Este adelantamiento en la portación de huevos *in vitro* se debe al efecto que tendría la muda anticipada y este a su vez muy ligado al efecto de la temperatura.

El índice de portación a la talla sugiere que las hembras de mayor tamaño estarían desovando en fechas más tempranas. Eso es ratificado por otros autores, donde sugieren que el desove no sería sincrónico ya que los individuos de tallas mayores serían los primeros en extruir los huevos y son los que posteriormente iniciarán la liberación de las larvas (Arana *et al.*, 1985). Esto sugiere que la existencia de una eclosión diferenciada por tallas para *J. frontalis*. Algunos autores como MacDiarmid (1989) han propuesto para una especie emparentada de *J. frontalis* (*J. edwardsii*) que, la diferencia en el intervalo entre la muda y la copula pareciera estar generando un desfase en la portación de huevos. Esto genera que las hembras de mayor tamaño estuviesen liberando las larvas más temprano.

Desplazamientos de las langostas entre zonas (alrededor de la isla)

El desplazamiento de los organismos entre zonas alejadas fue bastante bajo, se observan conglomerados bien delimitados que incluyen más de una zona. Este tipo de estructura ya ha sido evidenciada para otras especies como *J. edwardsii*, donde se ha encontrado una alta fidelidad de los organismos a ciertas zonas y un alto movimiento de los individuos dentro de estos conglomerados (Kelly, 2001; Childress & Jury, 2006; Freeman *et al.*, 2009). Este tipo de comportamiento es altamente notorio en individuos de tallas mayores (Kelly & MacDiarmid 2003; Freeman *et al.* 2009). Las migraciones reproductivas (ie. costa afuera, costa adentro) también presentan asociaciones fieles a ciertos conglomerados (Kelly & MacDiarmid 2003). En el caso de *J. frontalis* la diferencia en desplazamiento de machos y hembras puede deberse a factores relacionados con la muda y el apareamiento de los individuos. Este tipo de diferencia de desplazamiento entre sexos ya fue documentada para *J. edwardsii* (Freeman *et al.* 2009). En el caso de los machos, se ha encontrado que el aumento de actividad está relacionado con el principio del ciclo de muda y con el término del proceso de apareamiento (Kelly, 2001). Para las hembras este aumento en actividad locomotora estaría relacionado con el final del proceso de portación (Kelly, 2001).

Desplazamientos estacionales de las langostas (oceánico-costero)

Estos desplazamientos estacionales estarían relacionados principalmente al comportamiento reproductivo de la langosta (MacDiarmid & Sainte-Marie, 2006). Para *J. frontalis* el inicio del ciclo reproductivo (cópula), se encontraría asociado a una migración hacia aguas más profundas realizada por machos y hembras. Según Arana (1983) y Arana (1992) ambos sexos se concentran entre los 90 m y 145 m a mediados y fin del verano, donde iniciarían el período reproductivo con la muda de las hembras y posteriormente el apareamiento.

Los resultados de este proyecto permiten describir esta migración de forma más directa que en trabajos anteriores, pero no permite aun vincularlo con sus causas.

Tasas de mortalidad

Tasas de explotación

Las tasas de explotación estimadas fueron muy poco sensibles al rango de valores escogidos para la mortalidad natural. Las tasas, a pesar de ser altas, son similares a las reportadas para otras *Jasus edwardsii* en Australia. Esto se debería a que esta pesquería depende en gran medida de los individuos que reclutan anualmente a la talla comercial. Dado que las tasas de explotación estimadas se relacionan solo con las zonas de pesca y que existen algunas zonas de no explotación, entonces estos valores estarían sobreestimando la tasa de explotación respecto de toda la población vulnerable alrededor de la isla.

Este trabajo se puede mejorar al desarrollar un modelo integrado que represente simultáneamente todos los procesos demográficos relevantes. Esto implicará mejorar nuestras estimaciones de parámetros de otros procesos (e.g. crecimiento).

Mortalidad Natural

La mortalidad natural (M) para *J. frontalis* ha sido estimada principalmente mediante la utilización de métodos indirectos bioanalógicos (tabla 28). Estas estimaciones de M han variado entre el rango de 0.07 year^{-1} a 0.25 year^{-1} . Algunos autores han sugerido que el valor de mortalidad natural más probable obtenido mediante estos métodos para *J. frontalis* estaría cercano a $M=0.18 \text{ year}^{-1}$ (Díaz & Arana, 1985; Arana & Olate, 2000; Yáñez et al., 2000). Estas estimaciones basadas en modelos de relaciones empíricas ofrecen una rápida y poco costosa manera de obtener estimadores de M . Por otro parte esta forma de estimar M presenta un alto nivel de error asociado y se ve altamente limitado (Vetter, 1988; Pascual & Irribarne, 1993). Esto es particularmente relevante si se toma en consideración que M es un parámetro importante dentro de los modelos pesqueros (Vetter, 1988). Este tipo de modelos toman solidez si se toma en cuenta la incerteza asociada a la estimación del parámetro (Patterson et al., 2001). La utilización de estos modelos se ha realizado por décadas debido principalmente a que los modelos de estimación directa (ie. marcaje y recaptura,

telemetría) muchas veces se hacen impracticables tanto económica como técnicamente (Hewitt & Heonig, 2005).

El valor de mortalidad natural en las *Jasus* es desconocido, pero en la mayoría de las especies las tasas de mortalidad utilizadas fluctúan entre 0.1-0.2 year⁻¹ (Booth, 2006). Valores de tasa de mortalidad natural bastante similares a las propuestas para *J. frontalis*. Cabe destacar que la mayoría de las especies del género no cuentan con un programa de evaluación formal y constante en el tiempo, salvo en *J. lalandii* y *J. edwardsii*. En esta última, estimaciones actuales de mortalidad natural basadas en experiencias de marcajes y con modificaciones a modelos anteriores (ver Frusher & Hoening, 2001b) han arrojado valores para M de 0,12 year⁻¹ (Frusher & Hoenig 2003).

Las estimaciones obtenidas en el presente proyecto parecen ser elevadas. Se recomienda encarecidamente continuar con el programa de marcaje y recaptura, dado que existe aun una fracción importante de langos sublegales que entraran en año sucesivos a la pesquería.

Selectividad a la talla

Las diferencias en los patrones de selectividad entre machos y hembras ya han sido reportadas anteriormente para esta especie (Arana & Ziller, 1994). Al observar la proporción de individuos a la talla, se aprecia que el 50 % de retención sería alcanzado a tallas mayores por los machos. Arana y Ziller (1994) encuentran en Robinsón Crusoe que los machos presentan tallas de LC_{50%}¹ levemente mayores lo cual concuerda con lo reportado en esta experiencia.

Al observarse el patrón que presenta la selectividad a la talla en hembra (figura 38), se aprecia una notable disminución a partir de los 95 mm de Lc. Esta variación es probable que no se deba precisamente a una baja en la selectividad del arte de pesca si no que podría deberse a una baja en la disponibilidad del recurso. Si bien el fenómeno que ocasionaría esta disminución no está muy claro, se ha propuesto en especies del género, que han evidenciado este mismo patrón, donde la baja en la disponibilidad estaría relacionada con el estado

¹ Longitud cefalotoraxica a la cual es retenido el 50% de los individuos

reproductivo de las hembras (Frusher & Hoenig, 2001a). En el caso de *J. frontalis* se ha reportado que el 50 % de las hembras de Selkirk se encontrarían maduras a los 96mm de Lc (Henríquez *et al.*, 1985). Todo esto podría indicarnos que efectivamente la baja en la retención, se deba principalmente a una baja en disponibilidad por efecto del estado reproductivo de las hembras, las cuales estarían menos disponibles en esas fechas y a esas tallas.

Mediciones de longitud cefalotorácica

Cabe destacar que la longitud del cefalotórax (Lc) esta definida en la mayoría de los trabajos realizados, como la distancia en línea recta sobre el eje medio dorsal desde el arco post ocular hasta el límite posterior del caparazón (Arana *et al.*, 1985; Arana & Pizarro, 1971; Arana & Toro, 1985). Esta forma de medir difiere de la utilizada por la comercializadora, los pescadores y sobre la cual se ha fijado el manejo de la pesquería. Esta medición tendría asociado un menor error de muestro, debido a que tanto el arco post ocular como el limite posterior del caparazón se encuentran en una sola estructura dura. Por otra parte las medidas realizadas desde la base de las antenas, presentaría un nivel de variación asociado de aproximadamente 0.3mm (figura 28; 29) Sin embargo a pesar de esta variación las medidas de manejo están establecidas bajo la Lc medida desde la base de las antenas, y corresponde a la utilizada por los pescadores. Por lo cual las mediciones realizadas desde el arco post ocular necesitan ser modificadas al otro sistema de medida para poder ser utilizadas en el manejo pesquero. Esta transformación no es determinística, por lo cual no presenta una relación directa exacta, si no más bien una aproximación. Estas transformaciones han sido abordadas por diferentes autores y muchas de ellas muestran claras diferencias, por ejemplo: (1) Arana & Pizarro (1971) establece que la forma de medir que va desde la base de las antenas hasta el límite posterior del caparazón resulta ser aproximadamente un 3% mayor que la medida realizada desde el arco post ocular; (2) Arana (1983) señala que la talla mínima legal de extracción que utilizan los pescadores de 115 mm de Lc, corresponde en promedio a 103 mm de Lc utilizando la medición desde el arco

post ocular; y (3) Arana y Olate (2000) describen que la talla mínima legal correspondiente a los 115 mm calculados desde la base de las antenas corresponde a los 98 mm de longitud calculados desde el arco post ocular.

Con respecto a esto autores que trabajan con especies congénicas de *J. frontalis*, consideran la medida de longitud cefalotorácica como la distancia mediada en línea recta desde la base de las antenas hasta el borde posterior de cefalotórax (Annala & Bycroft, 1988; 1985; Groeneveld *et al.*, 2005; Montgomery *et al.*, 2009; Newman & Pollock, 1974). Tipo de medida relacionada directamente con las utilizadas para el manejo de sus especies

Efecto de la temperatura

La temperatura es uno de los factores ambientales que tiene mayor efecto sobre el crecimiento y la sobrevivencia de los crustáceos (Hartnoll, 1982). En el caso de las langostas, la temperatura de las masas aguas también afecta los procesos conductuales de estos organismos (Herrnkind, 1980; Crossin *et al.*, 1998; Childress & Jury, 2006), afectando por ejemplo su disponibilidad, es decir, su motivación por buscar alimento. Esto provocaría una disminución en la capturabilidad de estos organismos. Ziegler *et al.*(2004) encuentran que uno de los factores que determinan la capturabilidad de *J. edwardsii* es el cambio de temperatura dentro de la temporada, en conjunto con otros procesos biológicos (ie. muda, apareamiento y períodos de compensación). La importancia de estos procesos puede ser variable por zonas, es así como Ziegler *et al.* (2003) describe que la temperatura sería más importante que los factores fisiológicos al momento de determinar la capturabilidad de *J. edwardsii* en la zona sur de Tasmania.

Las altas variaciones en temperatura registrada por los termistores dentro de la temporada, alcanzan un rango total cercano a los 8º C (12º C a 20º C). Este amplio rango de temperaturas a las que se ve expuesta *J. frontalis* es similar al reportado por Ziegler *et al.*(2004) para *J. edwardsii*. Estos autores establecen que en ciertos períodos la temperatura del agua podría explicar más del 60% de la variación en la capturabilidad. Este tipo de relación resulta ser

bastante significativa al observar los análisis del GLM. Paralelamente se cálculo el índice de correlación de Pearson (Copertwait & Metcalfe, 2009) para evaluar el nivel de relación entre estas dos variables (Temperatura; CPUE) arrojando un valor de correlación de 0.78 (p.value= 0.022). Este resultado nos sugiere que al igual que en otras especies del género, la temperatura estaría altamente correlacionada con la capturabilidad de *J. frontalis*. Todo lo anterior nos sugiere el fuerte rol que estaría probablemente jugando la temperatura en los patrones de captura de *J. frontalis* a diferentes niveles (ie. Conductuales, crecimiento, reproductivos, figura 58).

Arte de Pesca de Carnadas

Se hipotetiza que la sustentabilidad por décadas de la pesquería de las carnadas (peces) se debe en gran medida al arte de pesca utilizado. Tanto las líneas de mano como los espines se han utilizado por muchas décadas (Arana & Ziller, 1985). La utilización de espineles como sistema de pesca, ha permitido que los pescadores mantengan un mejor control sobre el total y tipo de especie que se requiere capturar. En el caso de la pesquería de Selkirk, la captura de carnadas secundarias (peces) se realiza en un 100% a través de artes pesca con anzuelo. Algo diferente ocurre en Robinsón Crusoe donde se han utilizado redes de enmalle para obtener las carnadas. El uso de este tipo de arte de pesca no permite mantener un buen control sobre la cantidad pescada y es menos selectivo en el tipo de especie que se quiere obtener (Arana, 2000), pudiendo exceder en un lance con creces lo que se requiere para todo un día de pesca. Otro de los problemas que presenta el utilizar redes, es la pesca fantasma, particularmente grave y que se origina producto de la pérdida de los aparejos de pesca (Cochrane, 2005). Al observar la intensidad y los patrones de las corrientes que circundan a Selkirk, el que ocurra pesca fantasma por perdida de los aparejos de pesca, parece altamente factible. Si se expone esto, en conjunto con la alta biomasa de carnadas que se capturan por temporada, el

incorporar las redes dentro del esquema de pesca, podría ser altamente perjudicial y poner en riesgo el equilibrio en que se encuentra el sistema.

Captura por unidad de esfuerzo (CPUE)

La captura por trampa global en la isla Alejandro Selkirk de langostas comerciales experimenta grandes cambios a través de la temporada 2008/09. Comienza en octubre con alrededor de 1.15 langostas por trampa, para disminuir levemente en noviembre. En diciembre la CPUE experimenta un rápido ascenso para llegar 1.5 langostas por trampa. En enero y febrero se alcanzan valores de 1.6. En el mes de Marzo se eleva una vez más la CPUE para llegar aun nivel promedio de dos langostas por trampa. En abril y mayo se experimentan variaciones, que probablemente responden a menores tamaños muestrales producto de una baja global en el esfuerzo. Las diferencias entre temporadas en las tasas de captura para octubre y noviembre son menores. En octubre 2009 la temporada comienza con una CPUE de 1.4 langostas por trampa, pero en noviembre el valor se iguala con la temporada anterior en aproximadamente una langosta por trampa.

Las tasas de captura de langostas no comerciales son aun mayores a un orden de magnitud respecto de las comerciales. Desde octubre de la primera temporada comienza un aumento exponencial de la CPUE no comercial hasta enero, luego se estabiliza alrededor de 28 langostas por trampa y finalmente disminuye para alcanzar las 24 langostas por trampa en abril de 2009. Las diferencias entre octubre-noviembre de 2008 y 2009 son menores (figura 5).

Las tasas de captura entorno a la isla comienzan con valores cercanos a una langosta por trampa, con variaciones menores entre áreas. Durante los 4 primeros meses de la temporada 2008/09 las zonas 2, 3 y 4 reportan las mayores CPUE de langostas comerciales (figura 2). La zona dos mantiene los mayores valores durante toda la temporada (excluyendo mayo). La zona uno se mantiene con valores menores durante la mayor parte de la temporada. Las tasas de captura de langostas no comerciales también muestran un valor más elevado en la zona dos respecto del resto.

Al observar las variaciones de la CPUE entre individuos de talla comercial y langostas no comerciales, vemos que se mantienen las mismas tendencias entre zonas (figura 18; 19). Variaciones positivas en langostas comerciales son similares en tendencia a los cambios en las no comerciales. Esto podría deberse a que no existe una situación conductual en la cual organismos de mayor tamaño afecten a organismos menores. Este tipo de comportamiento de exclusión ha sido reportado en *J. edwardsii* (Ziegler et al., 2002) y es opuesto a lo que sugieren los datos de este trabajo.

Estas variaciones en la CPUE para individuos de talla comercial dentro de la temporada de pesca, han sido reportadas para la especie en Robinson Crusoe (Larrain & Yáñez 1983; Ernst et al., 2010). En ese sistema las variaciones en la CPUE son mucho más marcadas que en Selkirk, partiendo algunas temporadas con valores de CPUE alrededor de los 0.4 langostas/trampa. Este tipo de variaciones en la CPUE ha sido reportada y estudiada en otras especies del género (Ziegler et al., 2002; 2004). Si bien es cierto que especies congénicas presentan patrones de variación bastante diferentes, las causas que las generan podrían ser similares. Dentro de los factores que se reportan como posibles causantes de estas variaciones están la muda, el apareamiento y factores físicos como la temperatura (Ziegler et al., 2002; 2004). En nuestro caso, lo que podría estar generando el empezar con una baja CPUE puede ser la muda de los machos, en conjunto con una baja actividad motora debido al efecto de la temperatura. Otro factor que es discutido por Larrain & Yáñez (1983), hace referencia a la época de portación de huevos. Afirmando que la posible causa del aumento notorio de la CPUE, sea debido a que las hembras eclosionan sus huevos y se vuelven disponibles para la pesquería.

Sistema tradicional de manejo

El sistema tradicional de manejo de lugares individuales discretos de pesca (IDFS, Individual discrete fishing spots) que se describe en este trabajo para la isla Alejandro Selkirk, se corresponde plenamente con lo descrito por Ernst et al

(2010), el cual describe principalmente el sistema Robinson/Santa Clara. Esta aproximación que nace desde los usuarios, constituye una forma efectiva de ordenar la pesquería y es muy particular de esta zona del país. Es común que para recursos de alto precio individual (loco, erizo, etc) la autoridad deba incurrir en variadas aproximaciones verticales de manejo para administrar estas pesquerías, habitualmente al borde del colapso. Son comunes fuertes controles de entrada y de salida para regular estos sistemas, acompañados de costosos sistemas de fiscalización. En el caso de Selkirk y de Juan Fernández, en general, existe un sistema emergente desde la comunidad que acompañado de un conjunto básico de regulaciones emanadas desde la autoridad, han permitido hacer sustentable esta pesquería por aproximadamente 100 años.

A pesar de la existencia de numerosas aproximaciones de manejo basado en las comunidades a nivel mundial, el modelo IDFS de Juan Fernández parece ser un sistema único en su género.

Tendencias

Las tasas de captura expresadas como captura por viaje durante la temporada de pesca se ven afectadas por los cambios operacionales que determinan el número de trampas que se utilizan a lo largo de la temporada. De esta forma este índice de abundancia relativa se ve afectado directamente por factores biológicos (abundancia relativa de langostas) pero también por niveles de esfuerzo que no recoge este índice. Las tasas de captura expresadas como captura por trampa, si refleja de mejor forma cambios reales en abundancia relativa. En general, este índice muestra un valor elevado en octubre, una disminución hacia noviembre, posteriormente un incremento sostenido hacia el verano y finalmente una disminución en los últimos meses. Este patrón tiene variaciones interanuales, pero mucho menos marcadas que para el caso de Robinson/Santa Clara (Ernst et al 2010). Entre los factores que influirían sobre este patrón se encontrarían: (a) período de portación de huevos, (b) muda de los machos, (c) cambio espacial en el esfuerzo (costa adentro – costa afuera) y (d)

capturabilidad influenciada por el metabolismo temperatura dependiente. Tanto (a), (b) y (d) estarían influenciados por los cambios de temperatura del agua de fondo.

En una escala de tiempo mayor (años) se aprecian cambios en los índices de abundancia relativa que indicarían períodos de mayor y menor abundancia poblacional. El período 2004/05 – 2008/09 es una muestra clara de ello, donde se aprecia una tendencia negativa en el índice de abundancia. El mismo patrón se recoge en la CPUE de las islas Robinson Crusoe/Santa Clara, donde también se aprecia una disminución importante en los últimos años. Estos resultados interpretados ahora en una escala de tiempo aun mayor (décadas), y teniendo en consideración los escasos cambios en el número de embarcaciones operando en cada isla, permiten proponer que hay fuertes variaciones, probablemente autocorrelacionadas, en la CPUE producto de factores que operan a baja frecuencia (e.g. factores que influyen sobre el reclutamiento). El aumento en la CPUE de esta década, respecto de la anterior, se contrapone con el aumento en un 60% del esfuerzo efectivo expresado como número de trampas levantadas a fines de los años 1990s, lo cual deja como la hipótesis más plausible que explicaría los cambios decadales en la CPUE aquella que se relaciona con la variación en el reclutamiento pesquero.

Recomendaciones

Como resultado del presente proyecto se propone las siguientes recomendaciones a la autoridad y/o los usuarios:

1. Es importante que las partes (sobre todo la autoridad) reconozcan de la forma más formal posible la existencia del modelo IDFS y que este sistema, su estructura y dinámica sea considerado en la planificación de futuras normativas que se quieran establecer.
2. El número actual de embarcaciones y sus características operativas parecen haber impuesto un tope efectivo en el esfuerzo. Se hace importante mantener las características operativas de las embarcaciones

- en el tiempo (que no sean reemplazadas por embarcaciones de mayor tamaño), dado que esto generaría grandes cambios en el esfuerzo, lo cual obligaría a la autoridad a imponer fuertes regulaciones de entrada o salida, con un aumento desproporcionado en los costos de fiscalización en este remoto lugar, para hacer efectivas dichas disposiciones.
3. Se recomienda mantener por el momento las actuales medidas regulatorias vigentes.
 4. Mantener las líneas de mano y espineles como las únicas artes de pesca para capturar las carnadas y mantener a las redes de enmalle fuera de las islas del archipiélago. Los espineles son más selectivos respecto del tipo y número de individuos que se desea capturar.
 5. Se recomienda al gobierno implementar/financiar un sistema de monitoreo permanente en la isla Alejandro Selkirk y el resto del archipiélago, con una estructura basada en la aproximación de “Barefoot ecologist” de Prince (2003). Ernst et al (2010) presentan un modelo aplicado principalmente las islas Robinson y Santa Clara, en el cual se trabaja muy de cerca con los pescadores y su sindicato (STIPA-JF). Este modelo se debiera ampliar a nivel de archipiélago e incluir muestreos biológicos básicos, que permita en tiempo real tener información biológica y pesquera de este sistema. Esto en un contexto interanual permitirá interpretar de mejor forma la variación y tendencia de la CPUE en cada isla del archipiélago.

El apoyo del gobierno a un sistema de monitoreo permanente y costo-efectivo en el archipiélago es vital para poder contar con la información adecuada en la toma de decisiones de un sistema que depende estructuralmente de la pesquería de la langosta. Si colapsara la pesquería de la langosta, se vendría abajo gran parte de la economía insular. La información recabada por SERNAPESCA no permite generar estimadores de abundancia relativa.

6. Continuar con experimentos de marcaje y recaptura para poder mejorar el conocimiento sobre procesos biológicos vitales como tasas de crecimiento – períodos de muda, tasas de mortalidad, sin los cuales se hace impracticable pensar en optimizar adecuadamente esta pesquería.
7. A través de los fondos que corresponda se requiere aumentar el apoyo a la infraestructura de la caleta en Rada de la Colonia.
8. Mejorar la conectividad entre las islas Alejandro Selkirk y Robinson Crusoe, para asegurar una buena competitividad en la comercialización de la langosta respecto de Robinson/Santa Clara y asegurar un flujo apropiado de víveres.
9. Respecto de seguridad y la alta vulnerabilidad del poblado Rada de la Colonia a potenciales tsunamis, se recomienda instaurar un sistema de alerta permanente, que le permita desplazarse oportunamente a los habitantes hacia zonas más elevadas en caso de una emergencia.

CONCLUSIONES

- La comunidad de pescadores en la isla Alejandro Selkirk se encuentra bien organizada a través de un sindicato (contando con un 100% de participación) para temas de la caleta y de pesca en general, el Grupo de Adelanto, para temas relacionados con toda la comunidad y una alcaldía de mar, para la autorización de zarpes diarios de pesca.
- No ha habido aumentos sistemáticos (sólo variaciones interanuales) en el número de botes operando en la isla Alejandro Selkirk desde la temporada 1984/85. El número medio de botes operando es de diez embarcaciones.
- Las características físicas actuales de la caleta y la dinámica del viaje de pesca determinan un tope en el esfuerzo expresado como número de botes operando durante la temporada de pesca (10-11 embarcaciones).
- La fecha de comienzo y término de la temporada de pesca queda sujeta a la disponibilidad de transporte para instalar y levantar el campamento en Rada de la Colonia. La conectividad entre las islas del archipiélago es irregular y requiere de un mejoramiento de infraestructura, para poder hacer frente a las demandas actuales de esta pesquería.
- Desde la temporada 1984/85 no han habido grandes cambios tecnológicos en el diseño y tipo de las embarcaciones, habiéndose mantenido el diseño clásico del bote de madera de doble proa de Juan Fernández que data prácticamente desde el origen de la pesquería.
- El gran cambio tecnológico se produjo con la instalación del chigre bencinero, equipo que permitió aumentar notablemente el número de trampas utilizadas durante la temporada. El número de trampas revisadas por salida habría aumentado en promedio en un 61% desde la temporada 1984/85.
- Las cuatro medidas regulatorias son respetadas por los pescadores, siendo el consumo de langostas sublegales un tema de menor importancia que en el subsistema Robinson/Santa Clara.

- Existe un sistema de manejo tradicional interno (Marcas) muy efectivo y reconocido por la comunidad, el cual permite mantener una organización en la distribución espacial del esfuerzo por embarcación.
- La captura total de langostas para la temporada 2008/09 alcanzó las 26175 unidades y se revisó un total de 18531 trampas.
- El programa de marcaje y recaptura fue un éxito desde el punto de vista de la participación de los pescadores y de las altas tasas de retorno reportadas.
- Las tasas de explotación en las zonas de pesca alcanzan valores de 0.88 y 0.55 para machos y hembras respectivamente, lo cual resalta las altas tasas de mortalidad al que estaría sometida la fracción vulnerable del stock.
- Las estimaciones de mortalidad natural parecen ser altas respecto de las reportadas en literatura y se recomienda extender este estudio por varias temporadas, para aumentar el contraste en la información.
- Los datos de incremento en la talla indican que la muda estaría ocurriendo en los machos tanto en verano como en otoño-invierno.
- La proporción de hembras portadoras de huevos disminuye desde octubre hacia el verano. El período de portación de huevos es talla-específico, con una gran mayoría de hembras grandes liberando los huevos en el período de invierno.
- En el sector norte de la isla Alejandro Selkirk (principalmente entre el Imán y Pta. Sánchez), una fracción importante de langostas marcadas experimentaron un desplazamiento costa afuera entre la primera y segunda parte de la temporada y luego un desplazamiento costa adentro, durante la veda de invierno.
- El desplazamiento de langostas durante el desarrollo del proyecto entre zonas alrededor de la isla fue bajo, presentando una mayor movilidad dentro de los conglomerados.
- La temperatura del agua de fondo en las zonas de pesca muestra una marcada oscilación estacional, con valores inferiores y máximos promedios de 13 y 19 grados celsius, respectivamente.

- La temperatura de fondo, al igual que los factores bote, mes, temporada y zona resultaron ser altamente significativos para explicar la CPUE de langostas comerciales en la isla Alejandro Selkirk.
- La CPUE de langostas comerciales en las temporadas del período 2004-2009 fueron mayor a 2 veces la CPUE de la temporada 1984/85, mostrando además un descenso en estos últimos 5 años.
- La CPUE comercial pareciera mostrar ciclos de baja frecuencia, con períodos de mayor abundancia (e.g. 2005) y de menor (1984 y 2008).
- Las tasas de captura en los últimos 5 años han sido aproximadamente el doble a la estimada en igual período en Robinson/Santa Clara.
- Breca, anguila y jurelillo de Juan Fernández representan las carnadas más importantes de esta pesquería, con una biomasa global de extracción de 53 toneladas para la temporada 2008/09,

LITERATURA CITADA

- ADMB Project. 2009 AD Model Builder: automatic differentiation model builder. Developed by David Fournier and freely available from admb-project.org.
- Annala J. y Bycroft B. 1985. Growth rate of juvenile rock lobsters (*Jasus edwardsii*) at Stewart Island, New Zealand. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. Vol. 14 : 217-227
- Annala J. y Bycroft B. 1988. Growth of rock lobsters (*Jasus edwardsii*) in Fiordland, New Zealand. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. Vol. 22 : 29-41
- Anon 2004. Suspensión temporal del acceso a la pesquería de la langosta de Juan Fernández (*Jasus frontalis*) en la V región e islas oceánicas, 2004-2009. Informe Técnico (R. Pesq.) N° 46.
- Anon 2009. . Suspensión temporal del acceso a la pesquería de la langosta de Juan Fernández (*Jasus frontalis*) en la V región e islas oceánicas, 2009-2014. Informe Técnico (R. Pesq.) N° 102.
- Arana, E.P. 1976. Situación y perspectivas de la pesca artesanal en el Archipiélago Juan Fernández e islas Desventuradas (Chile). *Revista de la Comisión Permanente del Pacífico Sur* 4: 117-131.
- Arana P. 1983. Estado en que se encuentra la pesquería de la langosta de Juan Fernández (*Jasus frontalis*). *Análisis de Pesq. Chilenas*, P. Arana (Ed.): 77-111.
- Arana P. 1987. Perspectivas históricas y proyecciones de la actividad pesquera realizada en el archipiélago de Juan Fernández, Chile. Pages 319–353 in J. C. Castilla, ed. *Islas oceánicas chilenas: su conocimiento científico y necesidades de investigaciones*. Ediciones Univ. Católica de Chile, Santiago, Chile.
- Arana P. 1992. Desplazamiento de la langosta de Juan Fernández (*Jasus frontalis*. Milne Edwards, 1837), determinados a través de marcaje. *CIENC. TEC. MAR., CONA* 15: 49-75

- Arana P. 2000. Experiencias de pesca con red de enmalle en las islas Robinson Crusoe y Santa Clara, Chile. *Invest. Mar.* 28: 231-237.
- Arana P., M. Ahumada, A. Guerrero, V. Espejo, E. Yañez, 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 2005-21). Informe final. *Estad. Doc, Pont. Univ. Católica, Valparaíso*, 27/2006: 257p.
- Arana P., Dupré E. y Gaete V. 1985. Ciclo reproductivo, talla de primera madurez sexual y fecundidad de la langosta *Jasus frontalis*. En: P. Arana (ed.). *Investigaciones Marinas en el Archipiélago de Juan Fernández*. Esc. Ciencias del Mar, UCV, Valparaíso, pp. 187-223
- Arana P. y Martínez G. 1985. Crecimiento por muda de la langosta de Juan Fernández (*Jasus frontalis*). In: P. Arana (ed.). *Investigaciones Marinas en el Archipiélago de Juan Fernández*. Esc. Ciencias del Mar, UCV, Valparaíso, pp. 225-236.
- Arana P. y Olate C. 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. y Pizarro M. 1971. La langosta de Juan Fernández I. Características morfométricas y distribución de tallas y sexos de *J. frontalis* de la isla Robinsón Crusoe. En: *Investigaciones Marinas Vol 2(5)*: 93-125.
- Arana, P. y Toro, C. 1985. Distribución del esfuerzo, rendimientos por trampa y composición de las capturas en la pesquería de la langosta de Juan Fernández (*Jasus frontalis*). Pages 157-185 in P. Arana, ed., *Investigaciones Marinas en el Archipiélago de Juan Fernández*. Escuela de Ciencias del Mar, Universidad Católica de Valparaiso (Chile).
- Arana P. y R. Vega. 2000. Pesca exploratoria con espineles en las aguas profundas en torno a la isla Robinsón Crusoe (Archipiélago de Juan Fernández) Chile. *Inves. Mar.* 28:219-230

- Arana, P., E. Yañez, C. Olate, C. Silva & R. Vega. 1996. Análisis y evaluación indirecta de la pesquería de langosta en el Archipiélago de Juan Fernández. Informe Final Proyecto FIP 96-22. Escuela del Ciencias del Mar, UCV, Valparaíso, 217 pp.
- Arana, P., Yañez, E., Olate, C., Silva, C. and Vega, R. 1997. Análisis y evaluación indirecta de la pesquería de langosta en el archipiélago Juan Fernández. Fondo de Investigaciones Pesqueras (Chile), Proyecto FIP N° 96-22, 219 pags.
- Arana, P. y Ziller, S. 1994. Modelación de la selectividad de las trampas para la captura de la langosta (*Jasus frontalis*), en el archipiélago de Juan Fernández (Chile). Invest. Pesq. (Chile) 38: 1-21.
- Arana, P. y S. Ziller. 1985. Antecedentes generales sobre la actividad pesquera realizada en el archipiélago de Juan Fernández. En: P. Arana (ed.). Investigaciones Marinas en el Archipiélago de Juan Fernández. Esc. Ciencias del Mar, UCV, Valparaíso, 125-152.
- Booth J. 2006. CHAPTER 10: *Jasus* Species In: Lobsters: Biology, Management, Aquaculture and Fisheries. Phillips Bruce(Ed). Blackwell Publishing ©. 340-358.
- Brownie, C., Anderson, D.R., Burnham, K.P., and Robson, D.S. 1985. Statistical inference from band recovery data: a handbook. 2nd ed. U.S. Fish Wildl. Serv. Resour. Publ. No. 156.
- Burnham, K. P. and D. R. Anderson. 1998. Model selection and inference: a practical information-theoretic approach. Springer-Verlag, New York. 353 p.
- Cabral J. M., H. Arancibia y M.A. Carmona, 2004b, Proyecto de Inversión. Parte II. Fundamentación del Proyecto de Inversión: “Pesca, proceso y comercialización de nuevos recursos pesqueros provenientes de la isla Robinson Crusoe (Archipiélago de Juan Fernández)”. Proyecto FONDEF D02I-1150 “Desarrollo de la explotación comercial de nuevos recursos pesqueros en el Archipiélago de Juan Fernández (Isla Robinson Crusoe)”. UNITEP, Universidad de Concepción, 2004.

- Childress M. & Jury S. 2006. CHAPTER 3: Behaviour In: Lobsters: Biology, Management, Aquaculture and Fisheries. Phillips Bruce(Ed). Blackwell Publishing ©. 78-112.
- Clayton, D. and M. Hills. 1993. Statistical models in epidemiology. Oxford Univ. Press, New York. 367 p.
- Cochrane K. 2005. Guía del administrador pesquero: medidas de ordenación y su aplicación. FAO Documento técnico de pesca 424. Roma.
- Cockcroft, AC and Goosen, PC, 1995. Shrinkage at moulting in the rock lobster *Jasus lalandii* and associated changes in reproductive parameters. South African Journal of Marine Science, 16: 195-203.
- Cooch, E. and White, G. 2003. Program Mark: Analysis of data from marked individuals. "A gentle Introduction". Second Edition.
<http://warnercnr.colostate.edu/~gwhite/mark/mark.htm>
- Cowpertwait, P.S, and Metcalfe Andrew. 2009. Introductory time series with R. Springer series. 254pp.
- Crossin G., Al-Ayoub S., Jury S., Howell H. & W. Watson III. 1998, behavioral thermoregulation in the American lobster *Homarus americanus*. The Journal of Experimental Biology 201, 365–374 (1998).
- di Castri , F. y E.R. Hajek, 1976. Bioclimatología de Chile. Santiago. Editorial Universidad Católica. 128 pp.
- Díaz P. & P. Arana. 1985. estimaciones de mortalidades y de la edad critica de la langosta de Juan Fernández (*Jasus frontalis*) de las islas Robinsón Crusoe y Santa Clara. En: P. Arana (ed.). Investigaciones Marinas en el Archipiélago de Juan Fernández. Esc. Ciencias del Mar, UCV, Valparaíso, 237-249.
- Dupre E. 2000. Reproducción muda y desarrollo de la langosta de Juan Fernandez, *Jasus frontalis*, en estanques de Cultivo. Invest. Mar., Valparaíso. 28: 165-174.
- Emery, WJ. and Thomson R.E. 2004. Data analysis methods in physical oceanography. Elsevier, 638 pp.

- Ernst, B., P. Manríquez, J.M. (Lobo) Orensanz, R. Roa, J. Chamorro and C. Parada. 2010. Strengthening of a traditional territorial tenure system through protagonism in monitoring activities by lobster fishermen from Juan Fernández islands (Chile). (In press, Bulletin of Marine Science).
- Frusher, S., & J. Hoenig. 2001a. Impact of lobster size on selectivity of traps for southern rock lobster (*Jasus edwardsii*). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences **52**: 2482-2489
- Frusher, S., & J. Hoenig. 2001b. Estimating natural and fishing mortality and tag reporting rate of southern rock lobster (*Jasus edwardsii*) from a multiyear tagging model. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences **58**: 2490-2501
- Frusher, S., & J. Hoenig. 2003. Recent developments in estimating fishing and natural mortality and tag reporting rate of lobsters using multi-year tagging models Fisheries Research **65**: 379–390
- Frusher, S. D., Kennedy, R. B., and Gibson, I. D. 1997. Precision of exploitation rate estimates in the Tasmanian rock lobster fishery based on change-in-ratio techniques. Mar. Freshwater. Res. 48: 1069-1074.
- Frusher, S. D., Kennedy, R. B., and Gibson, I. D. 1998. Preliminary estimates of exploitation rates in the Tasmanian rock lobster (*Jasus edwardsii*) fishery using the change-in-ratio and index removal techniques with tag-recapture data. In Proceedings of the North Pacific Symposium on Invertebrate Stock Assessment and Management. Edited by G. S. Jamieson and A. Campbell. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 125: 63 – 71.
- Frusher, S.D., Hoenig, J.M. and Ihde, T.F. 2007. Evaluating catchability assumptions for Change-in-Ratio and Index-Removal estimators, with application to Southern Rock Lobster. Fisheries Research. 84: 254-262.
- Gardner, C. and Musgrove, R. 2004. Rock lobster post-harvest subprogram: quantification of shell hardness in southern rock lobster. Tasmania. Australia. FRDC Final Report 2002/238.
- González-Ferrán, O., 1987. Evolución Geológica de las Islas Oceánicas Chilenas. In: Castilla (ed) Islas Oceánicas Chilenas: Conocimiento

- Científico y Necesidades de Investigaciones: 127-165 Ediciones Universidad Católica de Chile. Pág. 50-54
- Groeneveld J., Khanyile J., & Schoeman D. 2005. Escapement of cape rock lobster (*Jasus lalandii*) through the mesh and entrance of commercial traps. Fish. Bull. 103: 52-62
- Hajek, E. y Espinosa, A., 1987. Meteorología y Bioclimatología de las Islas Oceánicas Chilenas, Facultad de Ciencias Biológicas, Departamento de Biología Ambiental y de Poblaciones, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Hartnoll, R.G., 1982. Growth. In: The Biology of Crustacea. Bliss, D.E. Ed., Embryology, Morphology and Genetics 2 Academic Press, pp. 111–196.
- Henríquez, G., Rodríguez, L., Lea-Plaza, C., Sáteler, J. and Salas, R. 1985. Diagnóstico de la pesquería de langosta del archipiélago Juan Fernández. CORFO-IFOP (Valparaiso, Chile), AP 86/6, 133 pages.
- Henríquez, G., Rodríguez, L., Lea-Plaza, C., Sáteler, J. and Salas, R. 1985. Diagnóstico de la pesquería de langosta del archipiélago Juan Fernández. CORFO-IFOP (Valparaiso, Chile), AP 86/6, 133 pages.
- Herrnkind, W.F. (1980) Spiny lobsters: patterns of movement. In: J.S. Cobb & B.F. Phillips (Eds) The Biology and Management of Lobsters, 1, Physiology and Behavior. Academic Press, New York. pp. 349–407.
- Hewitt D & JM Hoenig. 2005. Comparison of two approaches for estimating natural mortality based on longevity. Fishery Bulletin 103: 433-437.
- Hoenig, J.M. and Pollock, K. H. 1998. Index-removal methods. invited article for the Encyclopedia of Statistical Sciences Update Volume 2 pp. 342-346 (S. Kotz, C.B. Read and D.L. Banks, editors). John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Hoffman, A. and Marticorena, C. 1987. La vegetación de las islas oceánicas chilenas. In: Castilla JC (ed) Islas oceánicas chilenas: conocimiento científico y necesidades de investigaciones: 127-165. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.

- Kelly S. & MacDiarmid A. 2003. Movement patterns of mature spiny lobster, *Jasus edwardsii*, from marine reserve. New Zealand journal of marine freshwater research. 37: 149-158
- Kelly S. 2001. Temporal variation in the movement of the spiny lobster *Jasus edwardsii*. Mar. Freshwater Res. 52: 323-331
- Larrain, F. and Yáñez, E. 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 1972-1979: estimación de rendimientos equilibrados. Investigaciones Marinas (Valparaíso) 11: 19-30.
- Lebreton, J.D., Burnham, K.P., Clobert, J. and Anderson, D.R. 1992. Modelling survival and testing biological hypothesis using marked animals: a unified approach with case studies. Ecological Monographs 62: 67-118.
- MacDiarmid A.B. 1989. Moulting and reproduction of the spiny lobster *Jasus edwardsii* (Decapoda: Palinuridae) in northern New Zealand. Marine Biology 103: 303-310.
- MacDiarmid A.B. Y Sainte-Marie B. 2006. CHAPTER 2: Reproduction In: Lobsters: Biology, Management, Aquaculture and Fisheries. Phillips Bruce(Ed). Blackwell Publishing ©. 45-77.
- Manly, B. F.J., McDonald, T.L. and Amstrup, S.C. 2005. Introduction to the Handbook. In: Handbook of Capture-Recapture Analysis. Editors: Amstrup, S.C., McDonald, T.L. and Manly, B.F. Princeton University Press. New Jersey. 313 pags.
- Mann, G. 1954. La vida de los peces en aguas chilenas. Ministerio de Agricultura, Instituto de Investigaciones Veterinarias y Univ. de Chile. Santiago de Chile, 343 pp.
- Masoli, C. & Larraín, J. 2007. Masafuera: Base de Antecedentes para futuros planes de ordenamiento territorial. Informe de Práctica Profesional. Universidad Central de Chile. 86 pags.
- Masoli, C. 2008. Propuesta de ordenamiento territorial para el uso de turismo científico en la isla más afuera archipiélago Juan Fernández. Proyecto

- Titulo. Escuela de Ecología y Paisaje. Universidad Central de Chile. Santiago. 87 pags.
- Montgomery S., Liggins W., Craig J. & R. McLeod. 2009. Growth of the spiny lobster *Jasus verreauxi* (Decapoda: Palinuridae) off the east coast of Australia. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, Vol. 43: 113–123.
- Musgrove, R.J.B., 2001. Interactions between haemolymph chemistry and condition in the southern rock lobster, *Jasus edwardsii*. *Marine Biology* 139: 891-899.
- Musgrove, RJB, 2000. Molt staging in the southern rock lobster *Jasus edwardsii*. *Journal of Crustacean Biology*, 20: 44-53.
- Newman G. y Pollock D. 1974 Growth of the rock lobster *Jasus lalandii* and its relationship to benthos. *Mar Biol* 24:339–346
- Oppenheim, A.V., and R.W. Schafer. *Discrete-Time Signal Processing*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1989. Pgs. 311-312.
- Pascual, M. y O. Iribarne. 1993. How good are empirical predictions of natural mortality? *Fisheries Research* 16:17-24.
- Patterson, K., R. Cook, C. Darby, S. Gavaris, L. Kell, P. Lewy, B. Mesnil, A. Punt, V. Restrepo, D.W. Skagen and G. Stefansson. 2001. Estimating uncertainty in fish stock assessment and forecasting. *Fish and Fisheries*, 2: 125-157.
- Pequeño G y Sáez S, 2000, Los peces litorales del archipiélago de Juan Fernández (Chile): endemismo y relaciones ictiogeográficas. *Invest. Mar.*, Valparaíso, 28: 27-37
- Pizarro O, Hormazábal S, González A y Yáñez E, 1994. Variabilidad del viento, nivel del mar y temperatura en la costa norte de Chile. *Investigaciones Marinas*, Valparaíso, 22: 85-101.
- Pollock, K.H., and Hoenig, J.M. 1998. Change-in-ratio estimators. In *Encyclopedia of statistical sciences update*. Vol. 2. Edited by S. Kotz, C.B. Read, and D.L. Banks. John Wiley and Sons, Inc., New York. pp. 109–112.

- Pollock, K.H., Nichols, J.D., Brownie, C. and Hines, J.E. 1990. Statistical Inference for Capture-Recapture Experiments. Wildlife Society Monographs 107: 1-97.
- Prince, J. D. 2003. The barefoot ecologist goes fishing. Fish & Fisheries. 4: 359–371.
- Thompson, R. 1983. Low-pass filters to suppress inertial and tidal frequencies. Journal of Physical Oceanography, 13: 1077-1083.
- Vetter, E.F.. 1988 Estimation of natural *mortality* in fish stocks: a review. Fish. Bull., U.S. 86:25-43.
- Welch, P.D. 1967. The Use of Fast Fourier Transform for the Estimation of Power Spectra: A Method Based on Time Averaging Over Short, Modified Periodograms. IEEE Trans. Audio Electroacoust. Vol. AU-15 (June 1967). Pgs. 70-73
- White, G.C.. 1992. PC SURVIV User's Manual. Dept. of Fishery and Wildlife Biology, Colorado State University, Fort Collins, CO
- Yáñez, E., C. Canales & C. Silva. 2000. Evaluación indirecta y estado de explotación de la langosta (*Jasus frontalis*) en el Archipiélago de Juan Fernández (33o40'S-80oW). Invest. Mar, Valparaíso, 28: 135-147.
- 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.
- Ziegler P., Frusher S. & C. Johnson. 2003. Space–time variation in catchability of southern rock lobster *Jasus edwardsii* in Tasmania explained by environmental, physiological and density-dependent processes. Fisheries Research, 61(1-3): 107-123.
- Ziegler P., Johnson C., Frusher S. & Gardner C. 2002. Catchability of southern rock lobster *Jasus edwardsii*. II Effects of size. Marine and freshwater research, 53, 1149-1159.

Ziegler P., Haddon M., Frusher S. & C. Johnson. 2004. Modelling seasonal catchability of the southern rock lobster *Jasus edwardsii* by water temperature, moulting, and mating. *Marine Biology*. 145: 179–190

AGRADECIMIENTOS

Deseamos extender nuestros más sinceros agradecimientos a cada uno de los integrantes del Sindicato de Pescadores Independientes de la Isla Alejandro Selkirk (SPIAS) por su gran interés y buena voluntad en participar activamente en este proyecto. En especial queremos agradecer a cada una de las diez tripulaciones de las embarcaciones de los botes 17, 67, 74, 85, 88, 89, 122, 130, 132, 141 que nos recibieron a bordo muy cordialmente y nos demostraron con su nivel de interés, cooperación y tenacidad lo mucho que les interesa este recurso.

Se extienden los agradecimientos al presidente y secretario de STIPA-JF señores Guillermo González y Waldo Chamorro, por su apoyo en algunas etapas de la ejecución del proyecto. A los señores Juan Torres y Alberto Manríquez, por su colaboración logística desde Valparaíso y su interés por un apropiado desarrollo de este proyecto.

Agradecemos especialmente al Sr. IVAN LEIVA, administrador del Parque Nacional Archipiélago Juan Fernández, al Sr. Leonardo Möder Zambrano, Jefe Regional del Departamento de Áreas Protegidas y Medio Ambiente y a otras autoridades de CONAF por habernos permitido usar la casa de huéspedes y brindarnos apoyo logístico y comunicacional en la isla Alejandro Selkirk. Además agradecemos a cada uno de los guardaparques que nos colaboraron, en especial al Sr. Danilo Arredondo por su apoyo durante el comienzo del proyecto.

Agradecemos al FONDO DE INVESTIGACION por financiar este proyecto, al Sr Ruben Pinochet (Secretario del Fondo de Investigación Pesquera) por su interés y gestión para un adecuado desarrollo de este proyecto y al Sr. Alejandro Karstegl (Subsecretaría de Pesca) por su interés en este proyecto y la oportuna tramitación de la respectiva pesca de investigación.

Finalmente agradecemos a la Armada de Chile por su apoyo logístico para el traslado de personal y equipos entre el continente y las islas del archipiélago de Juan Fernández mediante sus transportes Aquiles, Valdivia y Rancagua, Este apoyo se enmarca en el programa de colaboración entre la Universidad de Concepción y la Armada de Chile en los temas de islas oceánicas.

TABLAS

Tabla 1: Número de trampas levantadas por zona y mes, durante las temporadas 2008/09 y 2009/10.

Zone	Temporada 2008/09								2009/10	
	10	11	12	1	2	3	4	5	10	11
1	611	466	233	198	98	74	53	11	595	450
2	429	431	411	439	215	236	141	38	237	372
3	629	704	835	948	438	489	326	20	333	593
4	824	1094	1145	1008	444	451	335	30	424	642
5	401	652	508	386	169	203	195	25	412	583
6	608	469	257	183	75	103	63	10	823	692

Tabla 2: Períodos de marcaje de langosta de Juan Fernández durante la temporada 2008/09.

Períodos	Inicio	Fin	# marcas
1	1/10/2008	18/10/2008	3093
2	14/02/2009	14/03/2009	1712
3	15/04/2009	30/04/2009	2090
Total			6895

Tabla 3: Número de langostas marcadas por sexo y zona de pesca.

Zonas	Hembras	Machos	Ovíferas	Total
1	210	462	34	706
2	177	595	53	825
3	440	1055	66	1561
4	553	1221	110	1884
5	250	628	65	943
6	343	557	76	976
Total	1973	4518	404	6895

Tabla 4: Aspectos biológicos y pesqueros relevantes para el diseño de los experimentos y colección de información de la langosta de la Isla Alejandro Selkirk durante la temporada 2008-2009. HO: hembras ovíferas.

Biológico	Hembras ovíferas (HO)	HO	HO	término HO	Muda Machos			Muda Hembras / Machos?				
Pesquero	Comienzo de la Temporada (1 Octubre)			Migración flota Mar adentro				Fin de Temporada (15 de Mayo)				
	Oct	N	D	Ene	Feb	M	A	Mayo	J	J	A	S
Temporada de Pesca (2008-2009)									Cierre Pesquería			

Tabla 5: Miembros del Sindicato de Pescadores Independientes de la Isla Alejandro Selkirk.

Indice	Nombre	Bote
1	Florentino Contreras Recabarren	132
2	Manuel de Rodt Camacho	122
3	Manuel de Rodt Solis	122
4	Bruno Gonzalez Camacho	130
5	Antonio Jorge Gonzalez Chamorro	67
6	Sandro Gonzales Contreras	17
7	Claudio Gonzales Gonzales	17
8	Gino Lopez Gonzales	89
9	Guillermo Lopez Rivadeneira	130
10	Jose Lopez Rivadeneira	89
11	Sergio Ruz Bustamante	74
12	Mario Charpentier Araya	74
13	Reinaldo Rojas Rivadeneira	88
14	Ronaldo Contreras Schiller	132
15	Miguel Garcias Dias	141
16	David de Rodt Solis	122
17	Eduardo Retamales Arellano	141
18	Manuel Chamorro Burgos	85
19	Orlando Salas Angulo	85
20	Ramon Salas Camacho	85
21	Oscar Lopez Rivadeneira	130
22	Sergio Ruz Araya	74
23	Hector Recabarren Gomez	17
24	Anibal Gonzales Contreras	67
25	Jose Rojas Schulz	88
26	Jonathan Retamal Contreras	132
27	Ambrosio Andres Araya Recabarren	42

Tabla 6: Características principales de las chalupas de alta mar que operan en la isla Alejandro Selkirk durante la temporada 2008/09.

Indice	Número	Nombre	Eslora	Manga	Nº Bancadas	Motor
1	17	Rosa Eliana				
2	67	Popito	8.95	2.25	4	Tohatsu 18 Hp
3	74	Gui-Gui	9.01	2.37	5	Suzuki 15 Hp
4	85	Playa Larga	9.26	2.24	4	Suzuki 15 Hp
5	88	Elsa Sofia	9	2.3	5	Tohatsu 18 Hp
6	89	Tauro	8.43	2.3	4	Suzuki 15 Hp
7	122	Acuario	9.18	2.2	4	Suzuki 15 Hp
8	130	Carmen II	8.97	2.29	4	Suzuki 15 Hp
9	132	Jasus frontalis	9.47	2.35	4	Honda 15 Hp
10	141	Mama Queta	8.99	2.46	4	Suzuki 15 Hp

Tabla 7.- Caracterización de la tripulación correspondiente a cada embarcación, tripulantes a bordo durante cada salida y su respectivo capitán.

Bote	Tripulación	Tripulantes por salida	Capitán
17	Anibal González Contreras Claudio González Hector Recabarren Gómez Manuel De Rodt Camacho Sandro González Contreras	2 - 3	Claudio González Sandro González Contreras
67	Anibal González Contreras Hector Recabarren Gómez Jorge Antonio González Chamorro Miguel García Díaz Ramón Salas Camacho	2	Jorge Antonio González Chamorro
74	Bernardo Chamorro De Rodt Mario Charpentier Araya Sergio Ruz Araya Sergio Ruz Bustamante	2 - 3	Sergio Ruz Araya Sergio Ruz Bustamante
85	Jordan López González Manuel Chamorro Burgos Nicanor Salas Angulo Ramón Salas Camacho	2	Manuel Chamorro Burgos Nicanor Salas Angulo Ramón Salas Camacho
88	José Rojas Schulz Juan García Rojas Litter Gonzalez Charpentier Mikel Pérez Pablo Retamal Contreras Reynaldo Rojas Rivadeneira	2	José Rojas Schulz Reynaldo Rojas Rivadeneira
89	Eduardo Paredes Chamorro Eduardo Paredes Chamorro Gino López González José López Rivadeneira Julio Chamorro Solis Miguel García Díaz	2	Gino López González José López Rivadeneira
122	Claudio Gonzalez David De Rodt Solis David De Rodt Solis Julio Chamorro Solis Manuel De Rodt Camacho Miguel Garcia Diaz Pablo Retamal Contreras Rubén Bertullo Martínez	2 - 3	Manuel De Rodt Camacho Claudio Gonzalez Rubén Bertullo Martínez David De Rodt Solis
130	Guillermo López Rivadeneira Óscar López Rivadeneira Bruno Alberto González Fernando Gonzalez	2 - 3	Guillermo López Rivadeneira Óscar López Rivadeneira
132	Florentino Contreras Jonatan Retamal Contreras Pablo Retamal Contreras Ronaldo Contreras Schiller Rubén Bertullo Martínez	2 - 3	Ronaldo Contreras Schiller
141	Anibal González Contreras Eduardo Retamales Arellano		Eduardo Retamales Arellano

Tabla 8.-Dimensiones de las trampas langostera utilizados en la captura de la langosta de Juan Fernández.

(A) Trampas langosteras			
	Largo	Alto	Ancho
	123	41	78
	120	44	74
	128	44	73
	123	45	77
	126	42	76
	131	44	72
	132	45	77
	131	43	79
	123	42	64
	130	41	72
Prom	126,7	43,1	74,2
Var	18,2	2,3	19,1

Tabla 9.-Dimensiones de los viveros de superficie utilizados en la captura de la langosta de Juan Fernández.

(C) Viveros grandes			
	Largo	Alto	Ancho
	190	56	96
	200	66	116
	120	58	90
	190	57	92
	160	55	92
	180	55	100
	200	57	105
Prom	177,1	57,7	98,7
Var	823,8	14,6	85,6

Tabla 10.-Dimensiones de las trampas anguilera en la isla Alejandro Selkirk.

(B) Trampas anguilleras			
	Largo	Ancho	Alto
	64	51	34
	71	49	34
	63	50	32
	66	52	32
	70	42	35
	80	48	33
	82	50	37
Prom	70,9	48,9	33,9
Var	56,8	10,8	3,1

Tabla 11.- Promedio de horas de salida y llegada de las embarcaciones, durante un viaje de pesca. Mes 1=Enero 2009 y 10 = Oct 2008.

Promedio de salidas		Promedio de llegadas	
Mes	Total	Mes	Total
1	7:50:46	1	19:53:49
2	8:16:23	2	20:00:20
3	8:12:05	3	18:56:23
4	7:45:39	4	15:34:00
10	7:54:28	10	18:02:25
11	8:01:33	11	19:20:53
12	7:30:28	12	19:53:30
Promedio	7:55:17	Promedio	18:49:06

Tabla 12: Resultados obtenidos de una encuesta realizada a los pescadores, caracterizando la cantidad de trampas utilizadas, la cantidad de años que llevan pescando en la isla de Selkirk y las marcas que poseen.

Bote	Tripulante	Viveros superficie	Viveros profundidad	Trampas perdidas	Tiempo pescando (años)	Nº de marcas	Dist. entre marcas (m)
1	1	2	3	4	2	-	50
1	2	2	15	50	8	60	-
2	1	4	8	8	22	70	50
2	2	4	-	8	19	70 - 100	10
3	1	3	10	5	6	80	40
4	1	1	3	1	2	-	-
5	1	2	14	5	3	-	50
6	1	6	-	4	13	70	30
7	1	2 - 3	9 -10	30	3	90 - 100	50 - 60
8	1	2	7	7	30	70	100
9	1	1	10	10 - 15	10	80	30
10	1	2	11	40	50	200	50

Tabla 13: Promedio de trampas dispuestas en el agua y trampas visitadas durante los meses de la temporada 2008-2009

Trampas en el agua		Trampas visitadas	
Mes	Total	Mes	Total
1	44,76	1	33,86
2	39,46	2	32,09
3	31,55	3	25,27
4	23,14	4	21,21
10	40,97	10	32,40
11	46,60	11	38,05
12	46,00	12	40,32
Promedio	41,22	Promedio	33,53

Tabla 14: Número de trampas caladas por mes, correspondiente a la temporada 2008-2009.

Temporada	Mes	Numero trampas caladas por mes
2008	Oct	3686
2008	Nov	3819
2008	Dic	3427
2008	Ene	3162
2008	Feb	1439
2008	Mar	1556
2008	Abr	1113
2008	May	134
2009	Oct	2824
2009	Nov	3332

Tabla 15: Resultados de la selección de modelos para identificar los factores que afectaron a la CPUE comercial y no comercial en la isla Alejandro Selkirk entre octubre de 2008 y noviembre de 2009.

Langostas Comerciales

Modelo	AIC
1 Constante	81338
2 Constante + Temporada	81142
3 Constante + Temporada + Mes	79863
4 Constante + Temporada + Mes + Temporada*Mes	79823
5 Constant + Temporada + Mes + Zona	79063
6 Constant + Temporada + Mes + Zona + Temporada*Mes	79011
7 Constant + Temporada + Mes + Zona + Bote	77884
8 Constant + Temporada + Mes + Zona + Bote + Temporada*Mes	77826

Langostas no Comerciales

Modelo	AIC
1 Constante	340218
2 Constante + Temporada	335936
3 Constante + Temporada + Mes	316933
4 Constante + Temporada + Mes + Temporada*Mes	316924
5 Constant + Temporada + Mes + Zona	312245
6 Constant + Temporada + Mes + Zona + Temporada*Mes	312230
7 Constant + Temporada + Mes + Zona + Bote	296742
8 Constant + Temporada + Mes + Zona + Bote + Temporada*Mes	296700

Tabla 16: Matriz de conectividad entre las 6 zonas en la isla Alejandro Selkirk desde Octubre 2008 a Febrero de 2009.

2008
Octubre

Zona Liberación	Zona Recuperación					
	1	2	3	4	5	6
1	0.92	0.00	0.02	0.04	0.00	0.02
2	0.03	0.85	0.07	0.01	0.00	0.04
3	0.00	0.06	0.91	0.02	0.01	0.01
4	0.01	0.03	0.01	0.90	0.03	0.02
5	0.05	0.03	0.03	0.13	0.78	0.00
6	0.03	0.01	0.00	0.04	0.04	0.89

2008
Noviembre

Zona Liberación	Zona Recuperación					
	1	2	3	4	5	6
1	0.89	0.03	0.00	0.00	0.03	0.05
2	0.01	0.90	0.02	0.03	0.01	0.03
3	0.01	0.04	0.85	0.04	0.03	0.02
4	0.01	0.04	0.02	0.90	0.01	0.02
5	0.02	0.00	0.02	0.04	0.81	0.11
6	0.03	0.03	0.01	0.05	0.18	0.71

2008
Diciembre

Zona Liberación	Zona Recuperación					
	1	2	3	4	5	6
1	0.78	0.02	0.02	0.07	0.02	0.07
2	0.01	0.82	0.08	0.06	0.00	0.03
3	0.00	0.07	0.89	0.03	0.02	0.00
4	0.00	0.04	0.03	0.81	0.09	0.04
5	0.02	0.00	0.02	0.18	0.68	0.10
6	0.06	0.00	0.03	0.05	0.21	0.65

2009
Enero

Zona Liberación	Zona Recuperación					
	1	2	3	4	5	6
1	0.71	0.02	0.04	0.04	0.06	0.14
2	0.04	0.81	0.12	0.02	0.00	0.01
3	0.00	0.09	0.87	0.01	0.01	0.02
4	0.01	0.04	0.05	0.80	0.07	0.03
5	0.00	0.04	0.02	0.17	0.67	0.09
6	0.06	0.03	0.04	0.13	0.17	0.58

2009
Febrero

Zona Liberación	Zona Recuperación					
	1	2	3	4	5	6
1	0.44	0.13	0.06	0.00	0.00	0.38
2	0.00	0.88	0.08	0.03	0.00	0.03
3	0.02	0.07	0.85	0.05	0.02	0.00
4	0.00	0.05	0.07	0.88	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00	0.33	0.67	0.00
6	0.07	0.04	0.00	0.21	0.11	0.57

Tabla 17: Matriz de conectividad entre las 6 zonas en la isla Alejandro Selkirk desde Marzo a Noviembre de 2009.

2009
Marzo

Zona Liberación	Zona Recuperación					
	1	2	3	4	5	6
1	0.57	0.14	0.00	0.00	0.00	0.29
2	0.00	0.89	0.07	0.03	0.01	0.00
3	0.00	0.16	0.83	0.01	0.01	0.00
4	0.00	0.01	0.03	0.84	0.11	0.02
5	0.00	0.00	0.03	0.11	0.83	0.03
6	0.00	0.00	0.00	0.04	0.35	0.61

2009
Abril

Zona Liberación	Zona Recuperación					
	1	2	3	4	5	6
1	0.61	0.06	0.00	0.06	0.00	0.28
2	0.00	0.84	0.14	0.00	0.01	0.01
3	0.00	0.05	0.95	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.01	0.00	0.93	0.06	0.01
5	0.00	0.00	0.00	0.07	0.93	0.00
6	0.03	0.00	0.03	0.03	0.28	0.62

2009
Octubre

Zona Liberación	Zona Recuperación					
	1	2	3	4	5	6
1	0.84	0.00	0.02	0.00	0.05	0.09
2	0.03	0.72	0.17	0.05	0.01	0.03
3	0.02	0.11	0.84	0.01	0.00	0.01
4	0.01	0.01	0.07	0.66	0.08	0.17
5	0.03	0.03	0.03	0.04	0.55	0.34
6	0.07	0.01	0.01	0.04	0.04	0.82

2009
Noviembre

Zona Liberación	Zona Recuperación					
	1	2	3	4	5	6
1	0.69	0.12	0.04	0.00	0.04	0.12
2	0.00	0.87	0.09	0.00	0.00	0.04
3	0.00	0.07	0.81	0.06	0.02	0.03
4	0.00	0.06	0.06	0.66	0.11	0.11
5	0.03	0.03	0.12	0.16	0.43	0.24
6	0.06	0.00	0.02	0.10	0.19	0.63

Tabla 18: Estimaciones de parámetros del modelo de Brownie, bajo 3 escenarios de mortalidad natural (0.05, 0.1 y 0.15). Las tasas de reporte y capturabilidad se reportan con sus errores estándar (se). El esfuerzo está en unidades de trampas levantadas. La parte central de la tabla corresponde a estimaciones de tasa instantáneas de mortalidad por pesca.

Mes	M	MACHOS			HEMBRAS		
		0.05	0.1	0.15	0.05	0.1	0.15
	Reporte	0.723	0.734	0.723	0.723	0.734	0.723
	(se)	0.021	0.022	0.021	0.021	0.022	0.021
	Capturabilidad	0.1271	0.1268	0.1265	0.0454	0.0454	0.0454
	(se)	0.00745	0.00750	0.00745	0.00406	0.00406	0.00406
	Esfuerzo						
Octubre	3502	0.445	0.444	0.443	0.159	0.159	0.159
Noviembre	3816	0.485	0.484	0.483	0.173	0.173	0.173
Diciembre	3389	0.431	0.430	0.429	0.154	0.154	0.154
Enero	3162	0.402	0.401	0.400	0.143	0.144	0.144
Febrero	1439	0.183	0.182	0.182	0.065	0.065	0.065
Marzo	1556	0.198	0.197	0.197	0.071	0.071	0.071
Abril	1113	0.141	0.141	0.141	0.050	0.051	0.051
Mayo	134	0.017	0.017	0.017	0.006	0.006	0.006
Octubre	2824	0.359	0.358	0.357	0.128	0.128	0.128
Noviembre	3332	0.424	0.422	0.421	0.151	0.151	0.151

Tabla 19: Fecha de registro de termistores por zona.

Fecha de registros de termistores	Zona
25 Mayo 2009 - 9 Diciembre 2009	1
7 Enero 2009 - 25 Mayo 2009	2
4 Octubre 2008 - 25 Mayo 2009	4
9 Octubre 2008 - 15 Mayo 2009	5

Tabla 20: Clasificación taxonómica de las especies utilizadas como carnadas en la pesquería de la langosta, las especie con (*) solo fue posible identificarla hasta el nivel de genero.

Familias	Genero	Especie	Nombre Vernacular
Carangidae	Seriola	<i>Seriola lalandi</i>	Vidriola
Carangidae	Pseudocaranx	<i>Pseudocaranx chilensis</i>	Jurel de Juan Fernandez
Cheilodactylidae	Cheilodactylus	<i>Cheilodactylus gayi</i>	Breca
Kyphosidae	Scorpiis	<i>Scorpiis chilensis</i>	Pampanito
Scombridae	Thunnus	<i>Tunnus sp.</i>	Atun
Sciaenidae	Umbrina	<i>Umbrina reedi</i>	Corvina de Juan Fernandez
Kyphosidae	Girella	<i>Girella albostrata</i>	Jerguilla
Paralichthyidae	Paralichthys	<i>Paralichthys sp.*</i>	Lenguado
Polyprionidae	Polyprion	<i>Polyprion (Hectoria) Oxygeneios</i>	Bacalao de Juan Fernandez
Gempylidae	Thyrsites	<i>Thyrsites atun</i>	Sierra
Scorpaenidae	Helicolenus	<i>Helicolenus lengerichi</i>	Chancharro
Berycidae	Beryx	<i>Beryx splendens</i>	Alfonsino
Muraenidae	Gymnothorax	<i>Gymnothorax porphyreus</i>	Morena
Triakidae	Mustelus	<i>Mustelus mentus</i>	Tollo
Octopodidae	Octopus	<i>Octopus crusoae</i>	Pulpo de Juan Fernandez

Tabla 21: Captura en peso (Kg) reportada por los pescadores por especie, mes y temporada.

	Temporada 2008					Temporada 2009				
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	OCT	NOV
Anguila	4526	4877	5514	5893	2833	3363	2505	335	3523	4405
Bacalao	49	15	300	24	20	24	255	47	5	0
Breca	3446	3301	3448	2352	1014	703	490	120	1847	2274
Colorado	20	0.5	1	8	4	7.5	16	0	0.5	1
Corvina	231	220	105	98	0	10	8	0	25	47
Jerguilla	0	22	92	1200	12	35	93	0	0	55
Jurel	449.5	554	566.5	451	298	541.5	457.5	42	176.5	359
Lenguado	0	13	9	2	5	2	3	0	22	14
Tollo	41	30	6	9	53	0	0	0	8	9
Vidriola	28	220	11	603	359	413	501	0	1366	389

Tabla 22: Número total de individuos utilizados como carnada dentro de la temporada, datos por especie y por mes, datos de observación a bordo

	<u>Temporada 2008</u>					<u>Temporada 2009</u>	
	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	OCT
Jurel	78	0	5	20	63	97	14
Anguila	4808	6485	6194	2743	3383	1941	5722
Breca	2845	2797	1539	352	282	461	1940
Vidriola	30	10	237	21	449	252	339
Lenguado	63	1	6	3	0	0	1
Corvina	275	18	51	32	2	80	45
Jerguilla	0	301	701	13	8	4	0
Tollo	18	10	7	0	0	0	5
Jurelillo	2121	3355	4415	1900	2430	1610	1804

Tabla 23: Peso y talla promedio de algunas especies usadas de carnada, en paréntesis su error estándar.

	Breca	Vidriola	Corvina	Atun	Tollo
Talla promedio (cm)	37.16 (0.00137)	60.975 (0.046)	49.66 (0.085)	111.14 (0.094)	82.35 (0.776)
Peso promedio (kg)	0.789 (0.0000679)	2.6 (0.009)	1.82 (0.009)	25.6 (0.041)	3.6 (0.087)

Tabla 24: Valores de los parámetros de la relación alométrica, en paréntesis se entrega el error estándar

	alfa	beta
Breca	0.0001189 (0.000060)	2.424 (0.1382)
Atun	0.0001074 (0.00017)	2.615 (0.341)

Tabla 25: Biomasa de las especies utilizadas como carnada dentro de la temporada, datos por especie y por mes. Se entregan los subtotales por mes y la biomasa total utilizada en la temporada.

	<u>Temporada 2008</u>					<u>Temporada 2009</u>	
	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	OCT
Jurel	193.2	0.0	11.3	50.1	156.8	241.8	35.5
Anguila	5168.1	6971.8	6658.1	2948.3	3637.2	2086.4	6150.8
Breca	2245.1	2206.4	1214.3	278.0	222.1	363.5	1530.4
Vidriola	80.2	26.9	629.3	56.6	1189.6	669.1	897.7
Lenguado	78.8	1.3	7.1	4.0	0.0	0.0	1.5
Corvina	501.0	32.4	92.9	57.8	3.1	146.1	82.2
Jerguilla	0.0	569.4	1324.7	24.0	15.9	7.1	0.0
Tollo	63.1	34.8	24.5	0.0	0.0	0.0	19.3
Subtotal	8329.5	9843.0	9962.3	3418.7	5224.6	3514.0	8717.4
Total	49009						

Tabla 26: Captura por unidad de esfuerzo proveniente de la pesquería de langostas comerciales en la isla Alejandro Selkirk.

<i>Captura por viaje</i>							
MES	IFOP 84/85	FIP 96/97	Marcas 04/05	Monitoreo 06/07	Monitoreo 07/08	FIP 08/09	FIP 08/09
Octubre	20.5	31.8				39.8	
Noviembre	12.9	34.2				39.4	
Diciembre	16.7	41.3				54.4	
Enero	20.9	39.2				51.7	
Febrero	17.1	27.6	40.4			50.9	
Marzo	13.8	26.6	68.1			49.8	
Abril	9.1	23.5	56.6			33.0	
Mayo	10.7						
<i>Captura por trampa</i>							
MES							
Octubre	0.97			2.29	1.99	1.14	1.37
Noviembre	0.69				1.80	1.04	1.01
Diciembre	0.75				1.25	1.48	
Enero	0.87			1.17		1.65	
Febrero	0.81		1.58	1.21		1.63	
Marzo	0.72		3.06	1.34	2.61	1.94	
Abril	0.56		3.17	2.56	2.66	1.60	
Mayo	0.34				2.20		
n salidas	647	518				584	
n max botes operando	9	8-10	9			10	10
n trampas caladas	12784	-				18531	
Captura total	9805	16712				26175	
	19.8					31.7	

Tabla 27: Incremento en longitud por muda para *Jasus* (incremento en milímetros).

Especie	Incremento	Autor (es)
<i>J. frontalis</i>	8,32-11,62	Arana (1983)
<i>J. frontalis</i>	8,9	Arana & Martinez (1985)
<i>J. frontalis</i>	6,6	Arana <i>et al.</i> (1996)
<i>J. frontalis</i>	6,6	Arana & Olate (2000)
<i>J. lalandii</i>	2,8-5,5	Newman & Pollock (1974)
<i>J. edwardsii</i>	5	Annala & Bycroft (1988)

Tabla 28: Valores de mortalidad natural para machos y hembras, se especifica el método por el cual fue calculado y el autor que realizó la estimación

Autor	Método	Mortalidad Natural (M)	
		Machos	Hembras
Arana, 1983	Rikhter & Efanov (1976)*	0,150	0,150
	Pauly (1980)*	0,150	0,150
	Rikhter & Efanov (1976)	0,180	0,180
	Pauly (1980)	0,180	0,180
Díaz & Arana, 1985	Pauly (1980)	0,180	0,180
	Rikhter & Efanov (1976)	0,220	0,220
	Jones y van Zalinge (1982)	0,250	0,250
	"II" de van Sickle (1977)	0,230	0,230
Enriquez <i>et al.</i> , 1985	Jones (1984)	0.13-0.18	0.13-0.18
Yañez <i>et al.</i> , 1985	Green (1970)*	0,178	0,178
	Pauly (1980)*	0,180	0,180
	Rikhter & Efanov (1976)	0,240	0,240
Arana <i>et al.</i> , 1996	Beverton y Holt (1956)	0,118	0,116
	Alverson y Carney (1975)	0,177	0,166
	Rikhter & Efanov (1976)	0,200	0,203
	Pauly (1980)	0,100	0,099
	Roff (1984)	0,239	0,239
Yañez <i>et al.</i> , 2000	Pauly (1980)	0,160	0,160
	Taylor (1958)	0,200	0,200
Arana & Olate, 2000	Beverton y Holt (1956)	0,120	0,120
	Taylor (1958)	0,070	0,070
	Alverson y Carney (1975)	0,180	0,170
	Rikhter & Efanov (1976)	0,200	0,200
	Roff (1984)	0,240	0,240
Arana <i>et al.</i> , 2005	Incertidumbre	0,17-0,19	0,17-0,19

*estimaciones realizadas por Díaz (1982)

FIGURAS

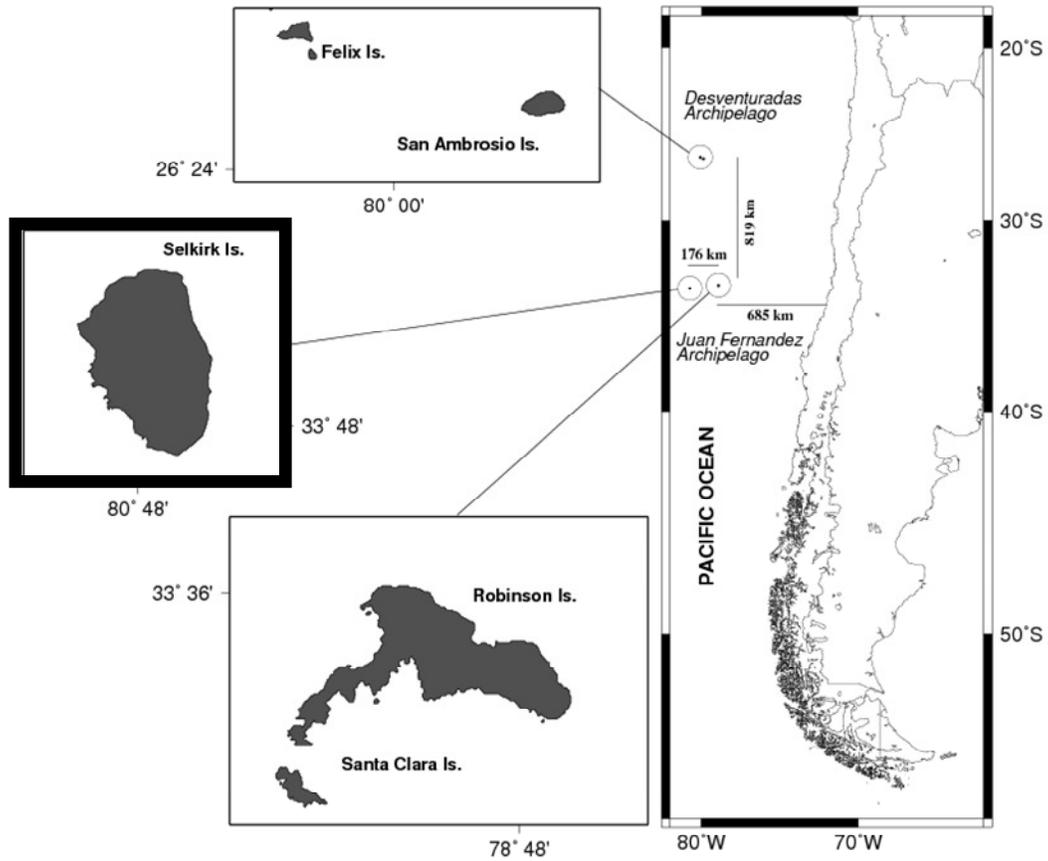


Figura 1: Distribución geográfica de la langosta de Juan Fernández y su pesquería. El marco oscuro indica la zona de estudio del proyecto FIP 2008-24 (Isla Alejandro Selkirk).

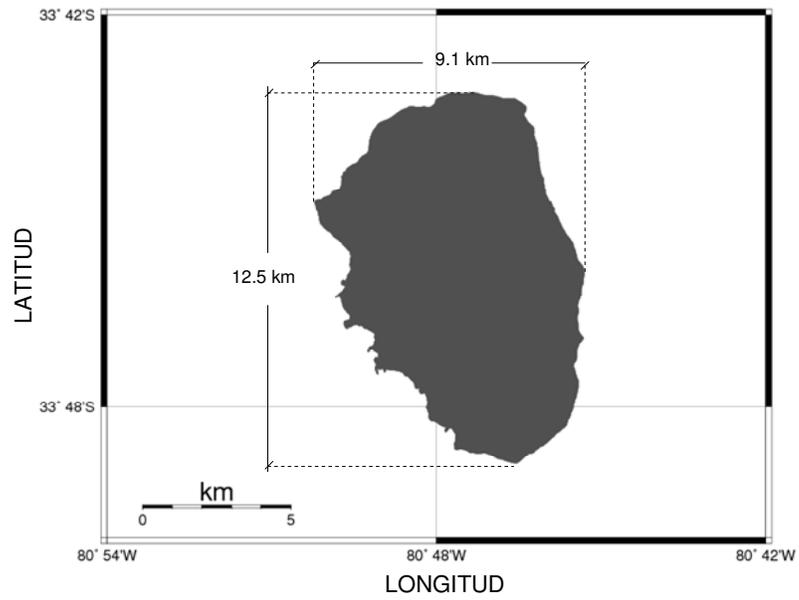


Figura 2: Dimensiones y ubicación geográfica de la Isla Alejandro Selkirk.

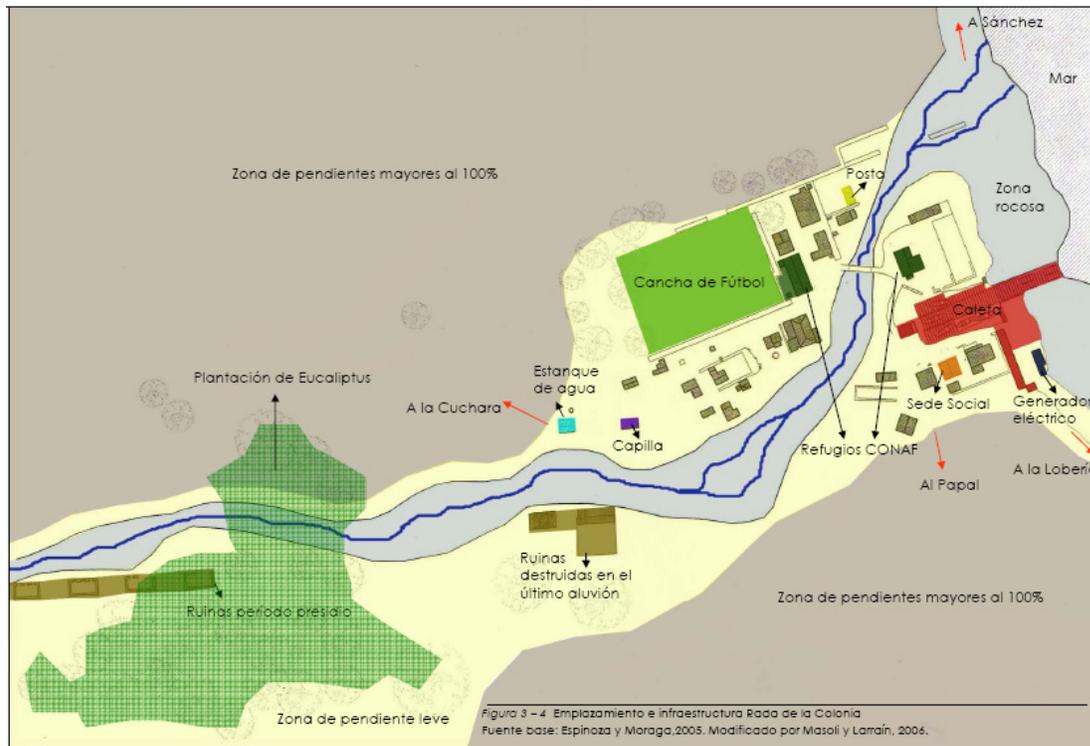


Figura 3: Emplazamiento e infraestructura de Rada de la Colonia. Fuente: Masoli y Larraín, 2006.

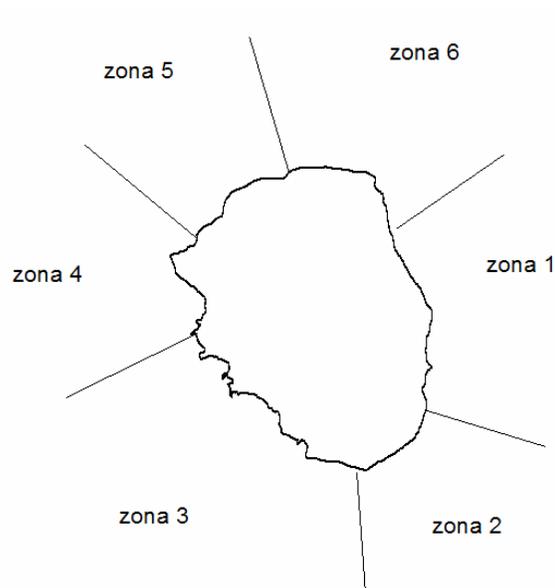


Figura 4: Zonas de pesca establecidas para el proyecto 2008-24.

Fecha de Embarque:
 Número de Trampas en el Agua:
 Carnadas:

Bote 130

Trampa	Número de Langostas		SECTOR / ZONA	n° de Marca	Hora Marca
	Comerciales	No comerciales			
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					

Figura 5: Hoja de bitácora utilizada por los pescadores en la isla Alejandro Selkirk durante las temporadas 2008/09 y 2009/10.



Figura 6: Langosta marcada dorsalmente en Octubre de 2008 en la isla Alejandro Selkirk.

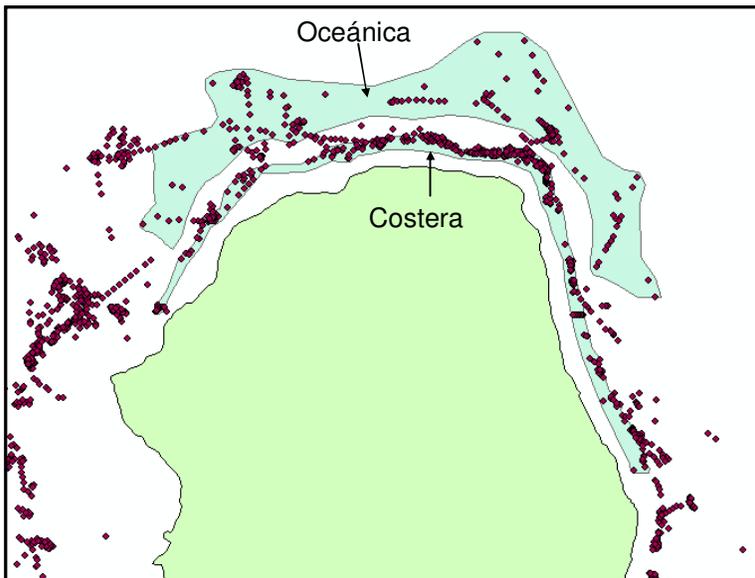


Figura 7: Zonas costera y oceánica definidas en función del área de liberación de langostas marcadas en la isla Alejandro Selkirk.



Figura 8: Medición de la longitud cefalotorácica utilizada en el presente proyecto.

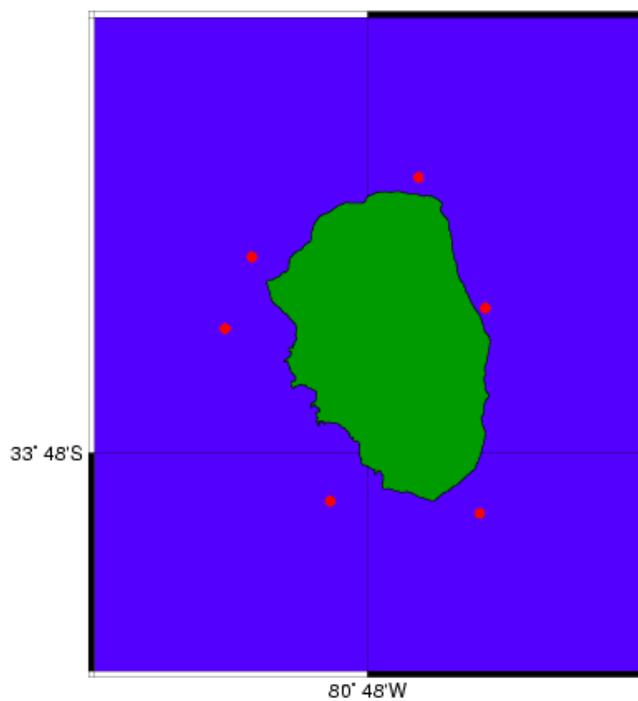


Figura 9: Ubicación de los anclaje con los sensores de temperatura instalados a comienzos de la temporada 2008-2009.



Figura 10: Caleta del poblado Rada de la Colonia, de la isla Alejandro Selkirk.



Figura 11: Rampa de la caleta (a) primer tramo construido de hormigón y rollizos en superficie (b) segundo tramo construido de rollizos y grava.

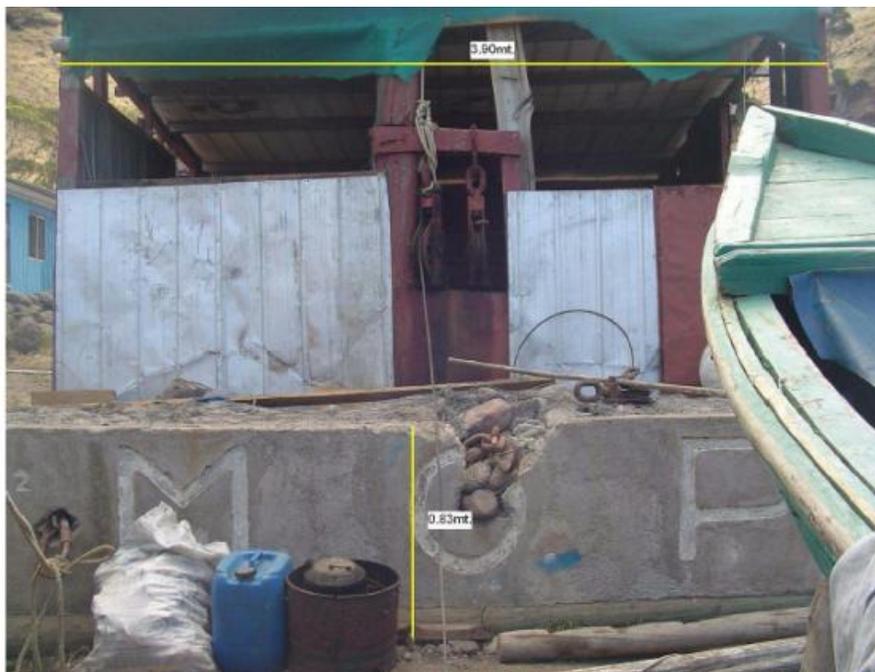


Figura 12: Caseta del huinche, ubicada en la parte superior de la caleta y cuya función es remolcar las embarcaciones que varan en la caleta.



Figura 13: Bodegas o cuartos, lugar empleado por los pescadores para guardar sus materiales de pesca.



Figura 14: Trampas utilizadas para la captura de langostas (a) con varas de eucaliptus (*Eucalyptus* sp.) y ocasionalmente maqui (*Aristotelia maqui*), (b,c) presentando una entrada en la parte superior en base a un orificio cónico/cilíndrico construido por plásticos (d) y en algunos casos sus paredes laterales son recubiertas por redes de malla plástica.



Figura 15: Traslado de trampas, desde la isla Robinson a Selkirk, antes del comienzo de la temporada.

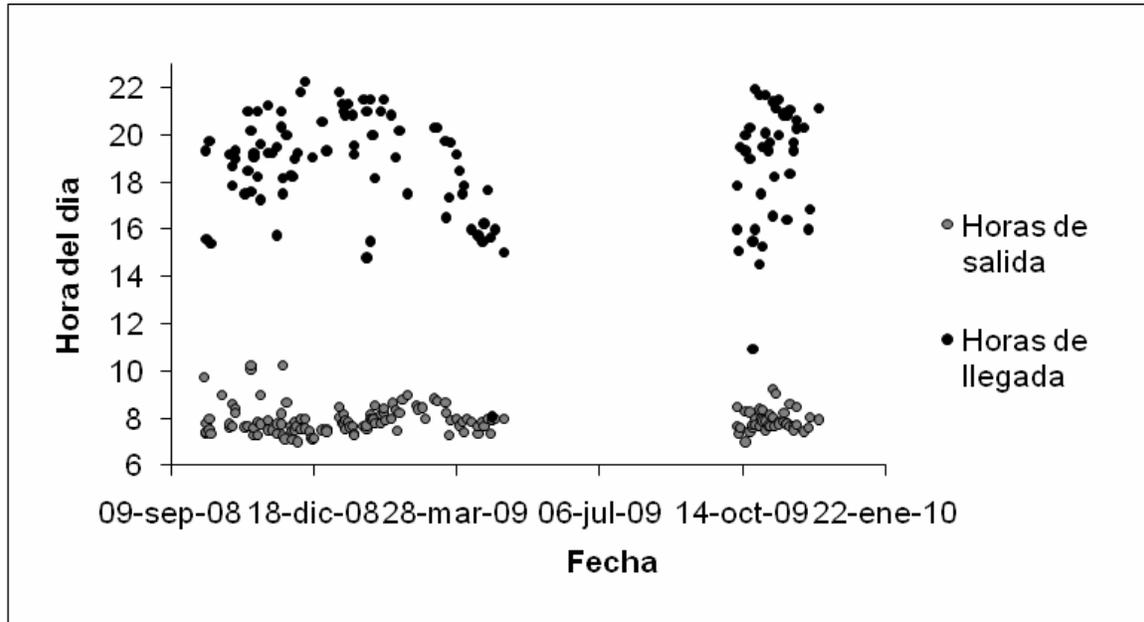


Figura 16: Horario de salida y llegada de las embarcaciones, completando un viaje de pesca al día, durante la temporada 2008-2009.

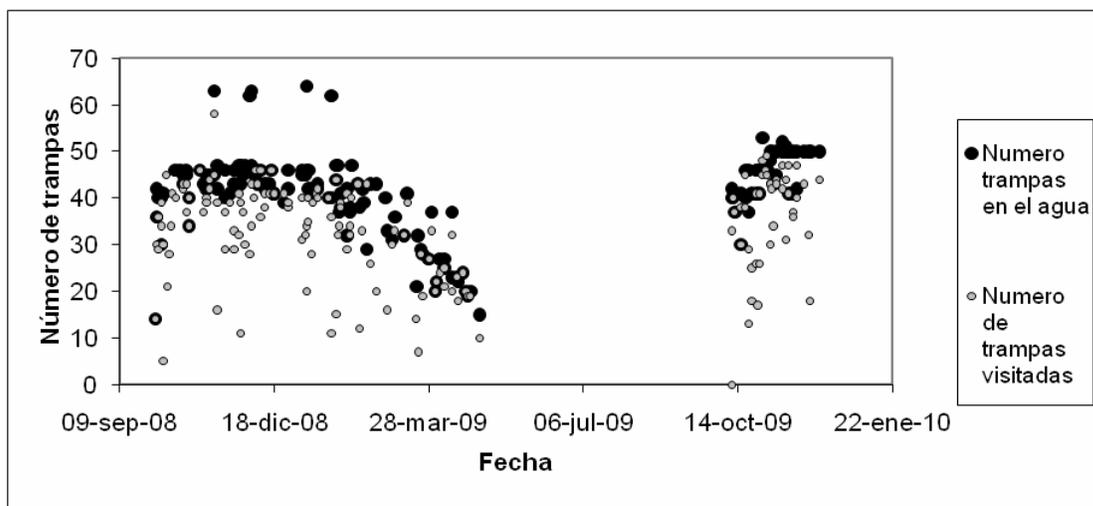


Figura 17: Numero de trampas dispuestas en el agua y número de trampas visitadas durante la temporada de pesca 2008-2009.

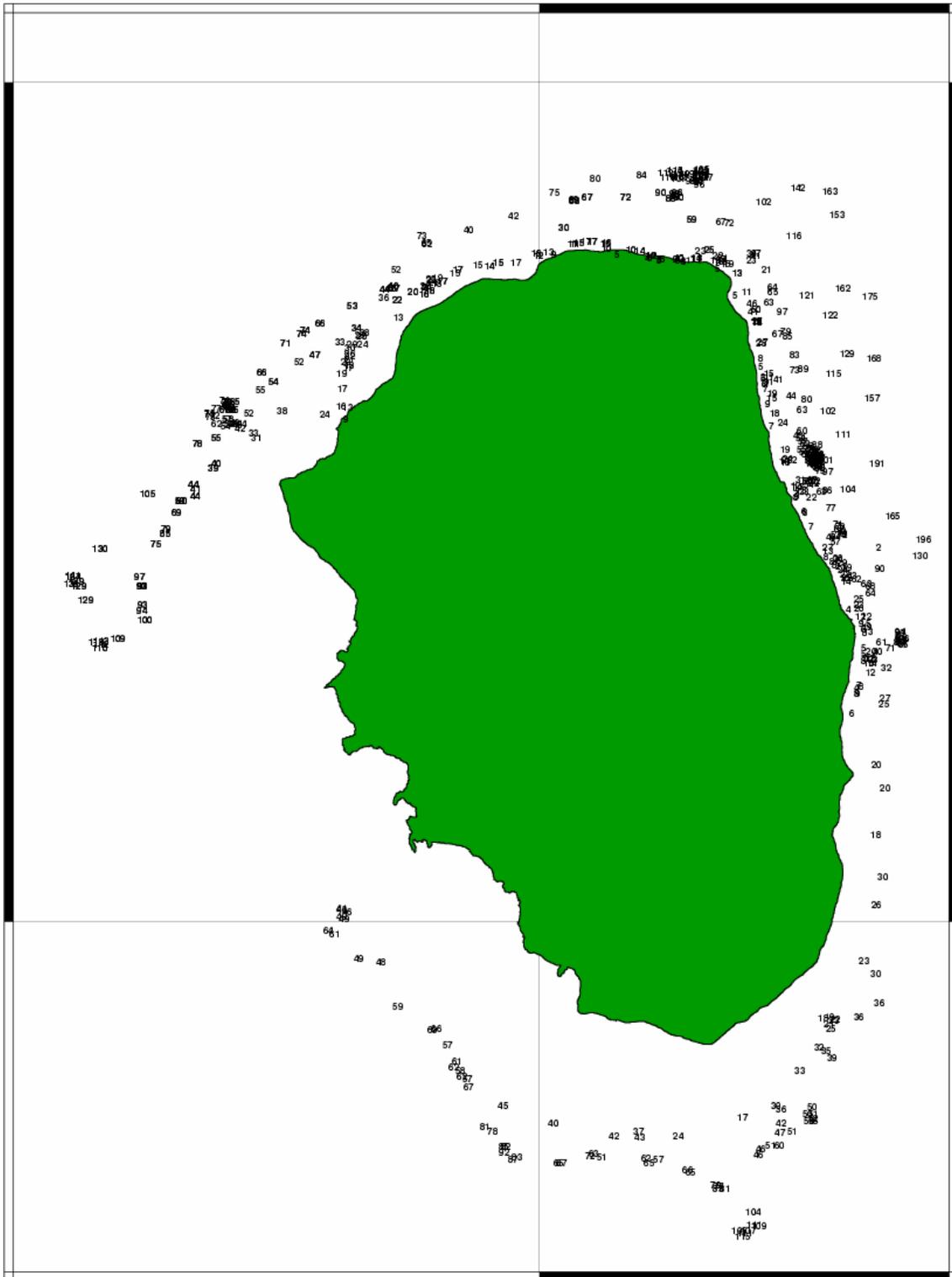


Figura 18: Lecturas de profundidad (metros) obtenidas alrededor de la isla Alejandro Selkirk en Octubre de 2008.

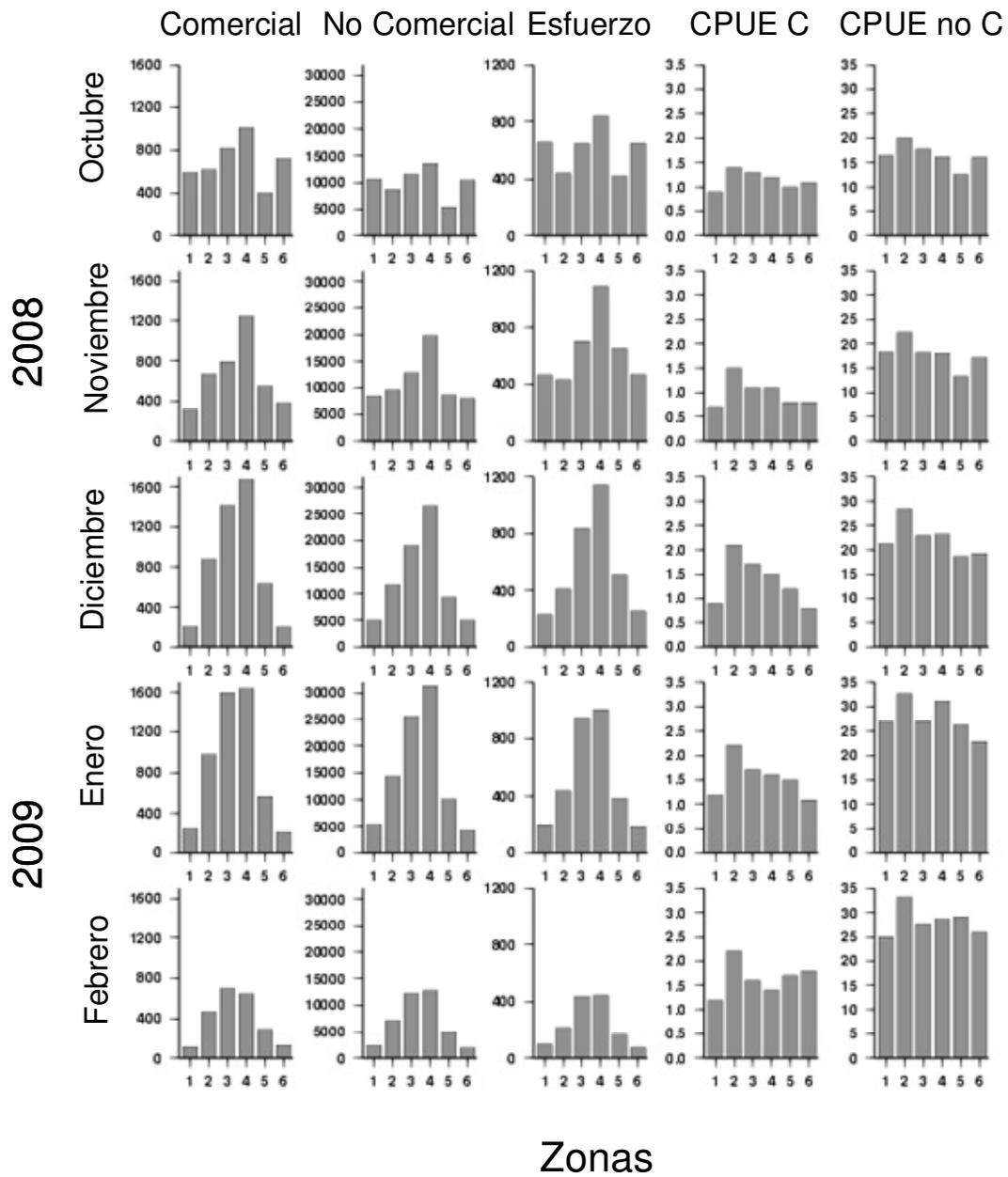


Figura 19: Captura comercial, no comercial, esfuerzo y tasas de captura de langostas en la isla Alejandro Selkirk durante la temporada 2008/09.

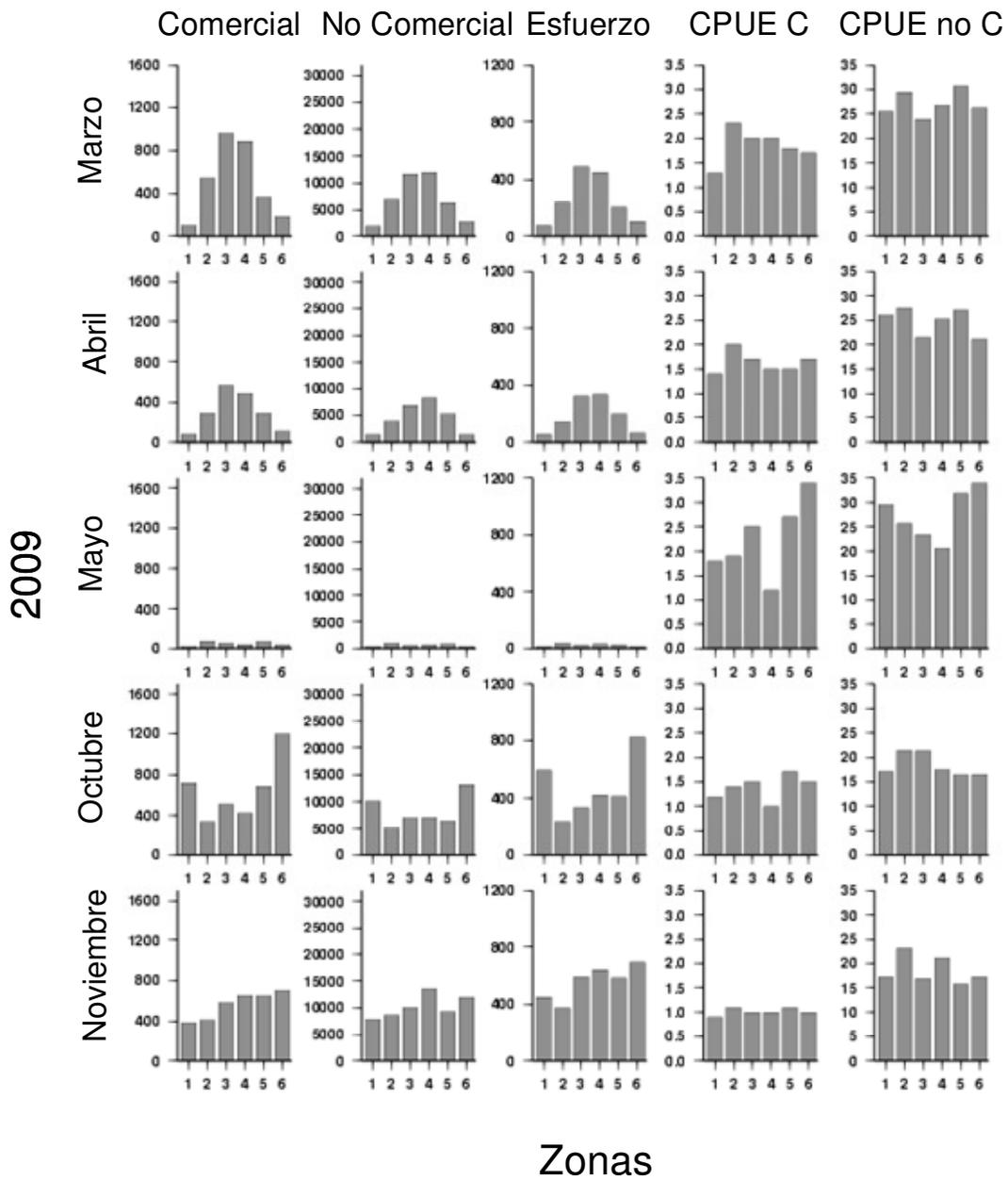


Figura 20: Captura comercial, no comercial, esfuerzo y tasas de captura de langostas en la isla Alejandro Selkirk durante la temporada 2008/09 y 2009/10.

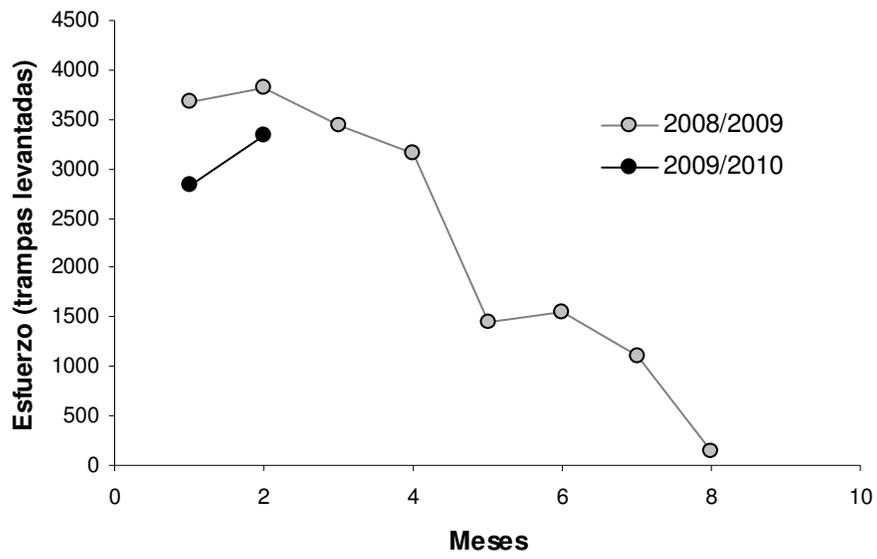


Figura 21: Número de trampas levantadas por mes (octubre-mayo) para las temporadas 2008/09 y 2009/10.

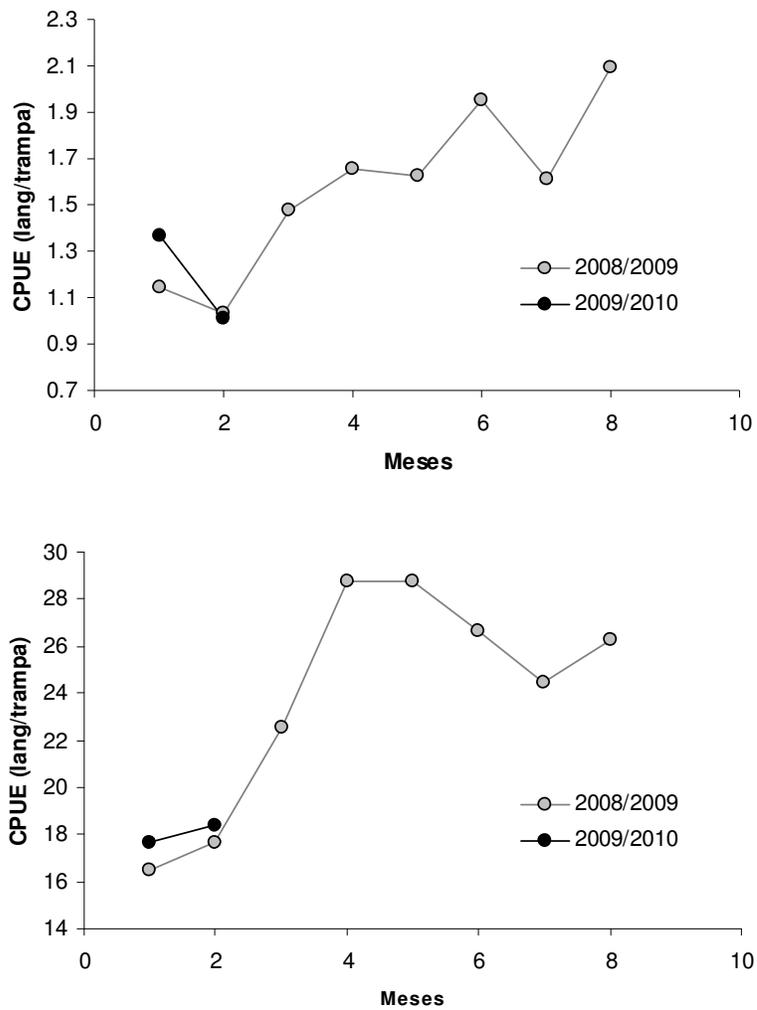


Figura 22: Número de langostas capturadas por trampa, langostas comerciales (panel superior) y no comerciales (inferior). Círculo gris corresponde a la temporada 2008/09 y círculo negro a temporada 2009/10.

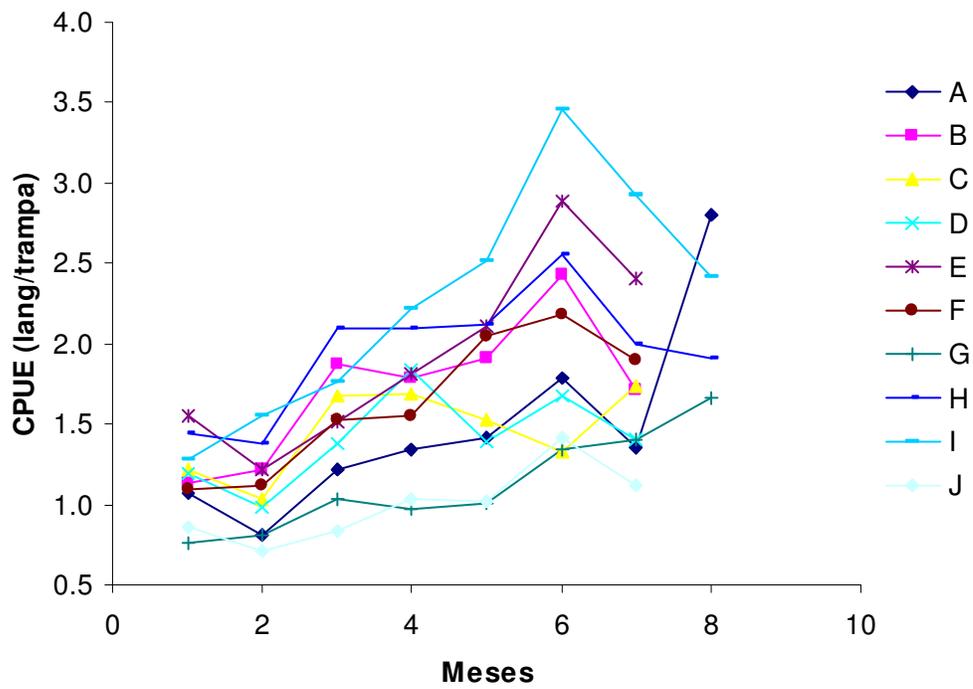


Figura 23: Captura total de langostas comerciales embarcación.

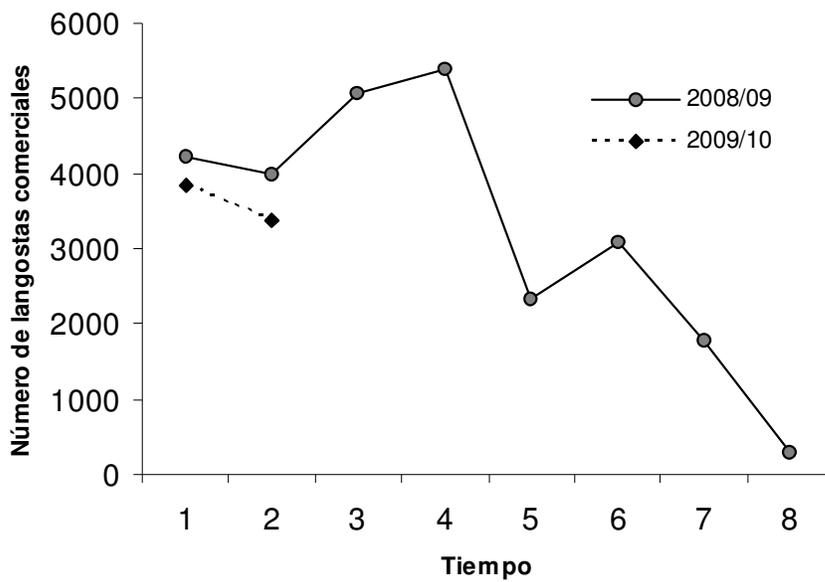


Figura 24: Captura (número) de langostas comerciales para las temporadas 2008/09 (círculo sólido) y 2009/10 (rombo negro).

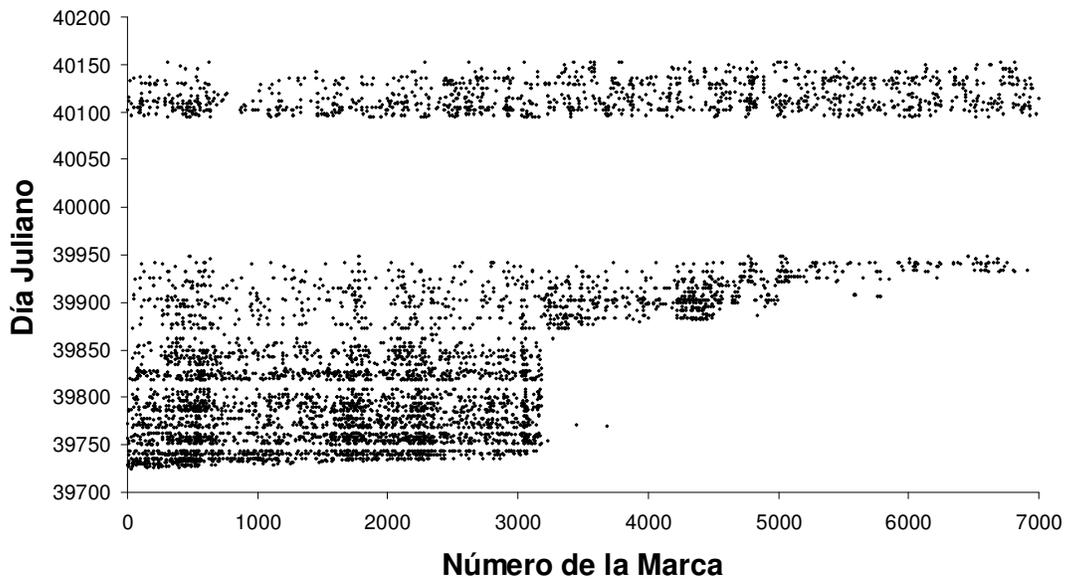


Figura 25: Número de la marca y fecha de recaptura.

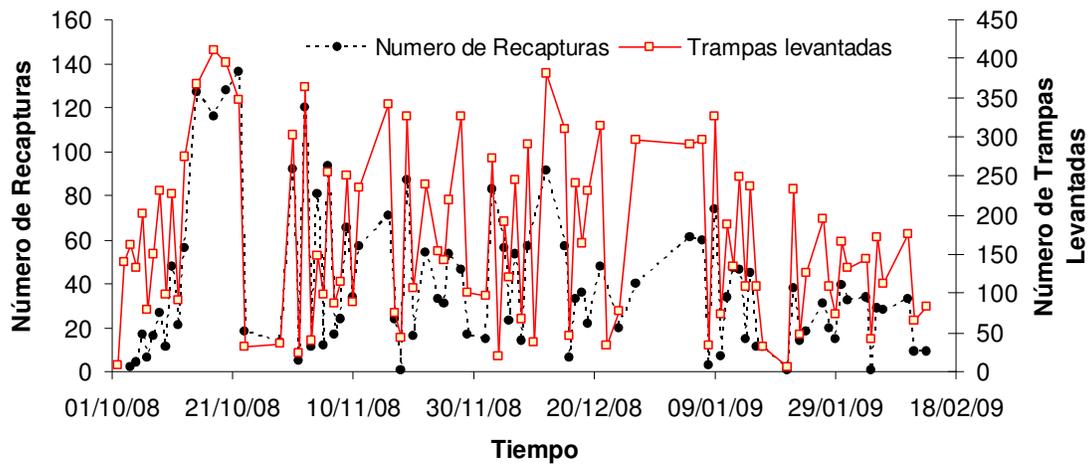


Figura 26: Número de langostas recapturadas por el programa de bitácoras de pesca en la isla Alejandro Selkirk durante la temporada 2008/09.

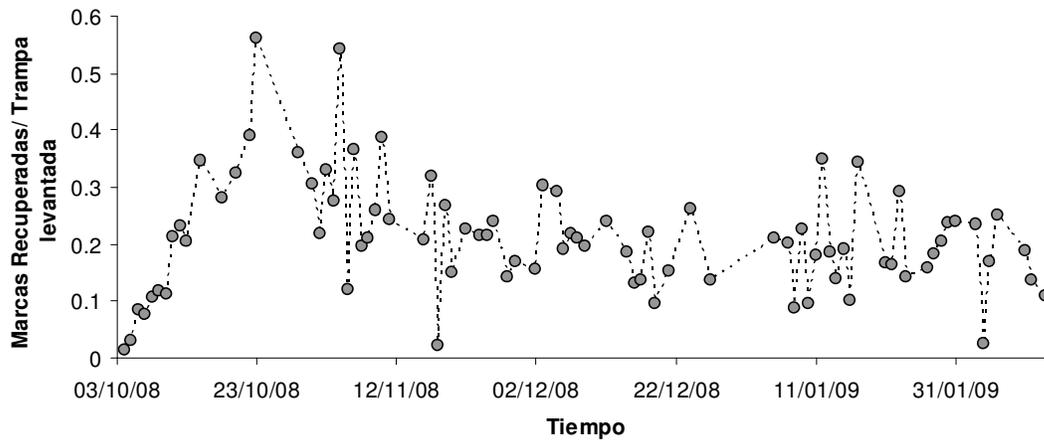


Figura 27: Tasa de langostas recapturadas sobre el esfuerzo de pesca expresado como número de trampas levantadas para la temporada 2008/09 en la isla Alejandro Selkirk.

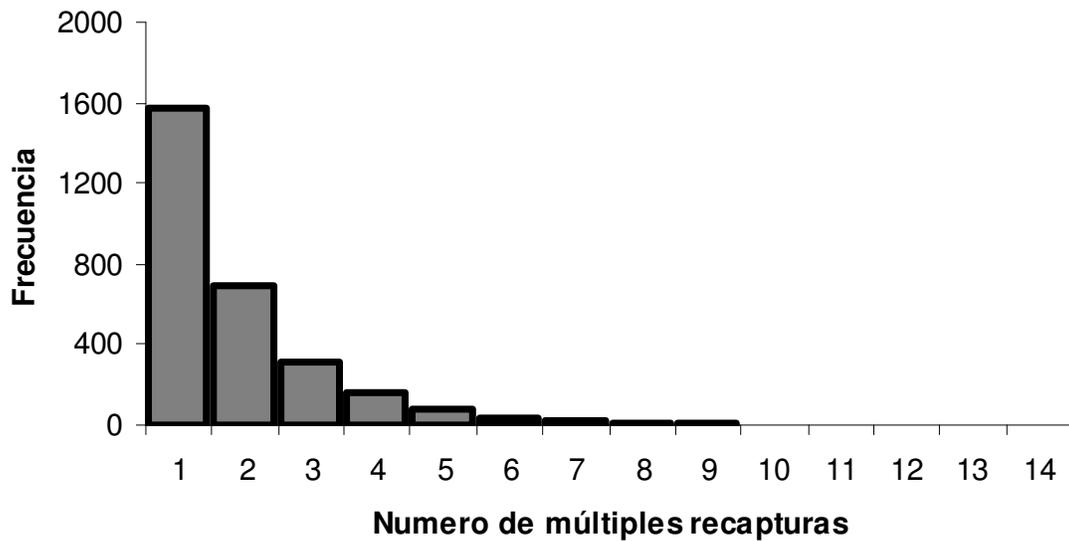


Figura 28: Frecuencia de múltiples recapturas de langostas de la base construída con la información reportada por los pescadores.

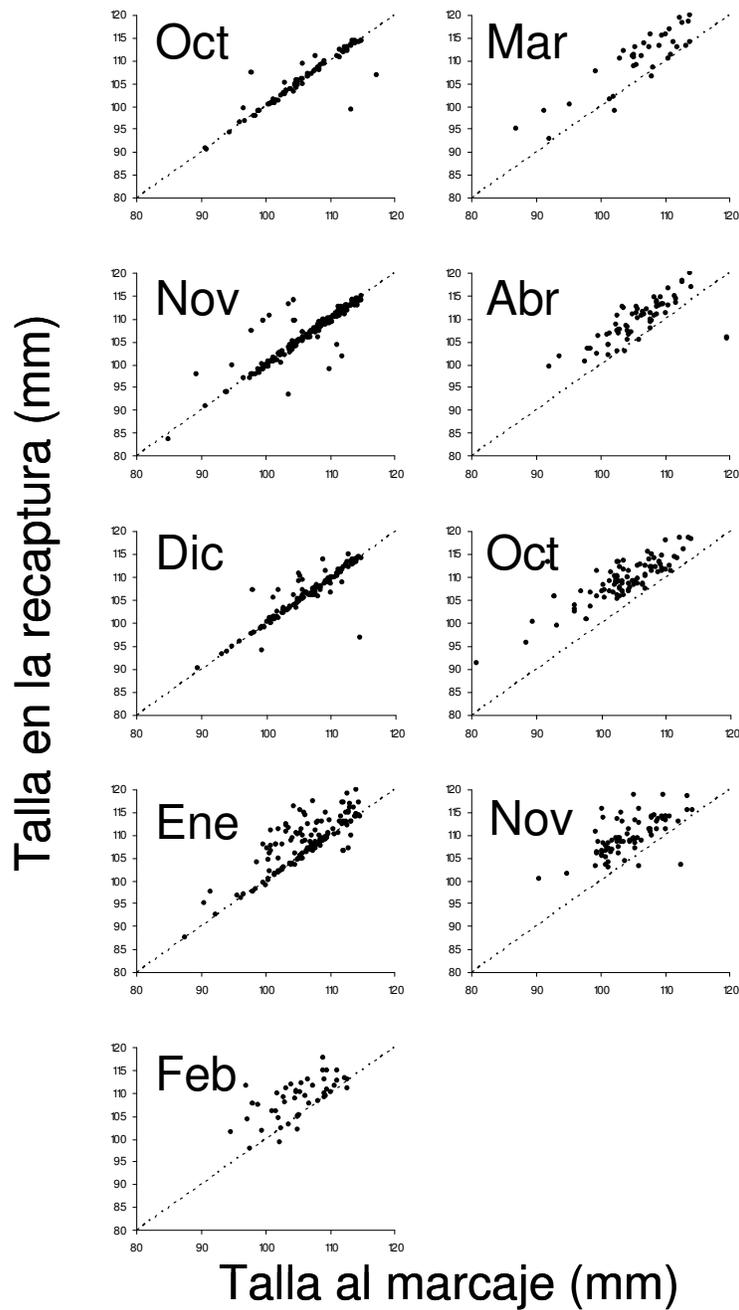


Figura 29: Longitud cefalotorácica de las langostas al momento de marcaje (solo primer evento de marcaje) y en las recapturas en la isla Alejandro Selkirk durante la temporada 2008/09 y comienzos de la temporada 2009/2010.

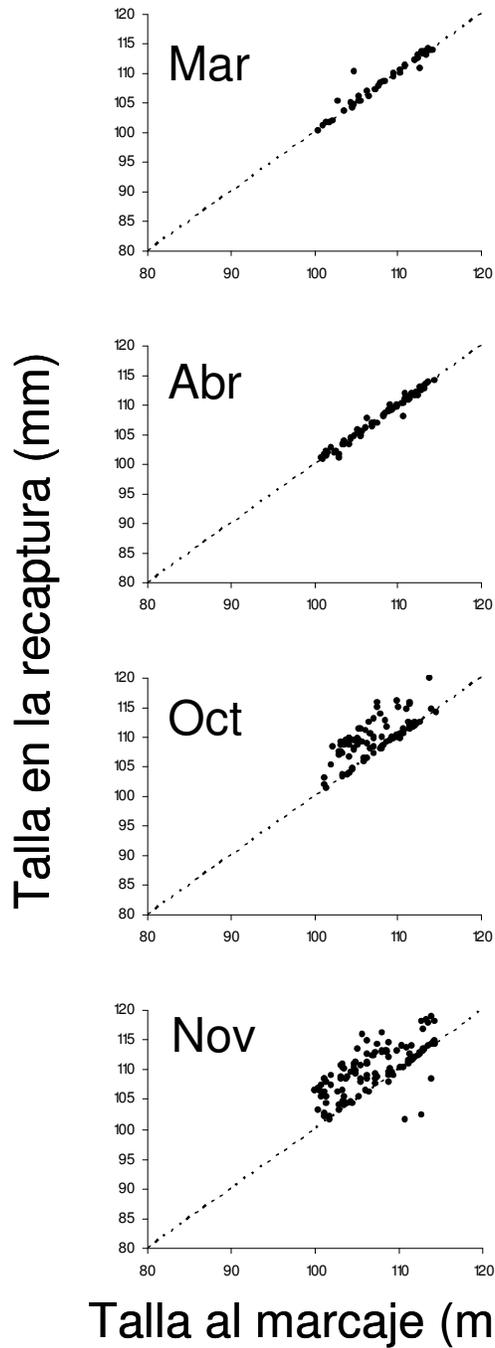


Figura 30: Longitud cefalotorácica de las langostas al momento de marcaje (marcaje de Feb-Abril) y en las recapturas en la isla Alejandro Selkirk durante fines de la temporada 2008/09 y comienzos de la temporada 2009/2010.

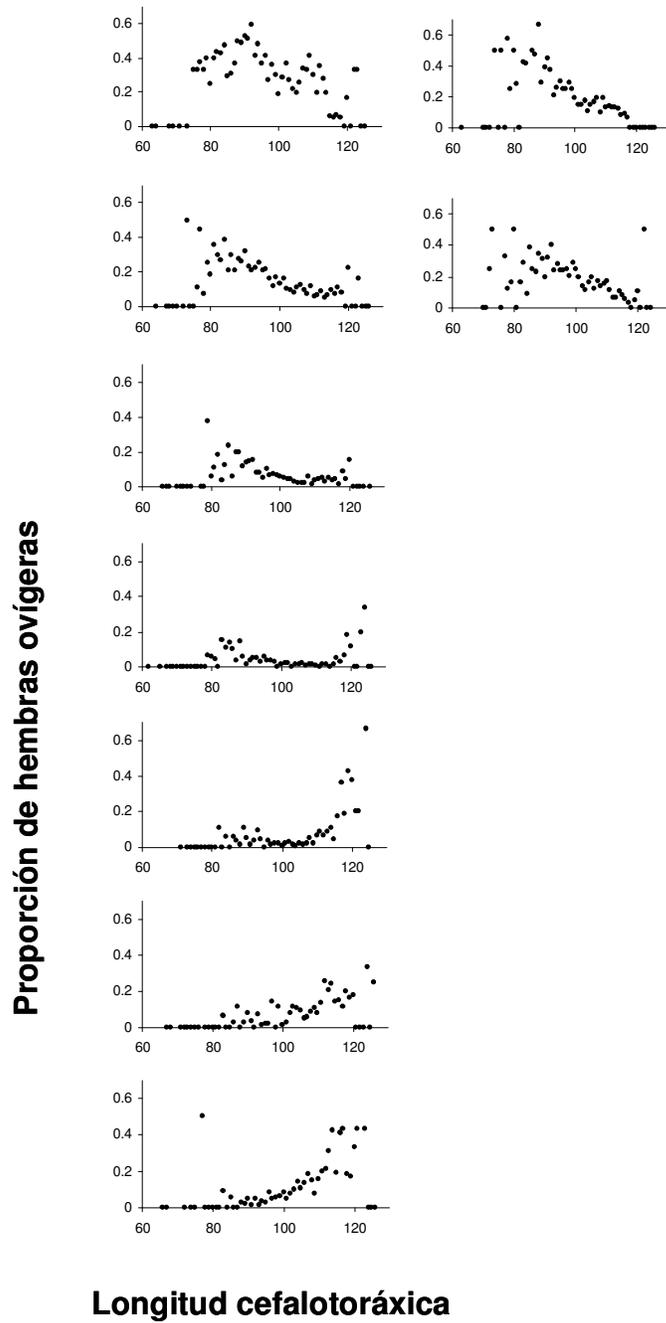


Figura 31: Proporción de hembras portadoras de huevo respecto del total de hembras recapturadas por intervalos de talla.

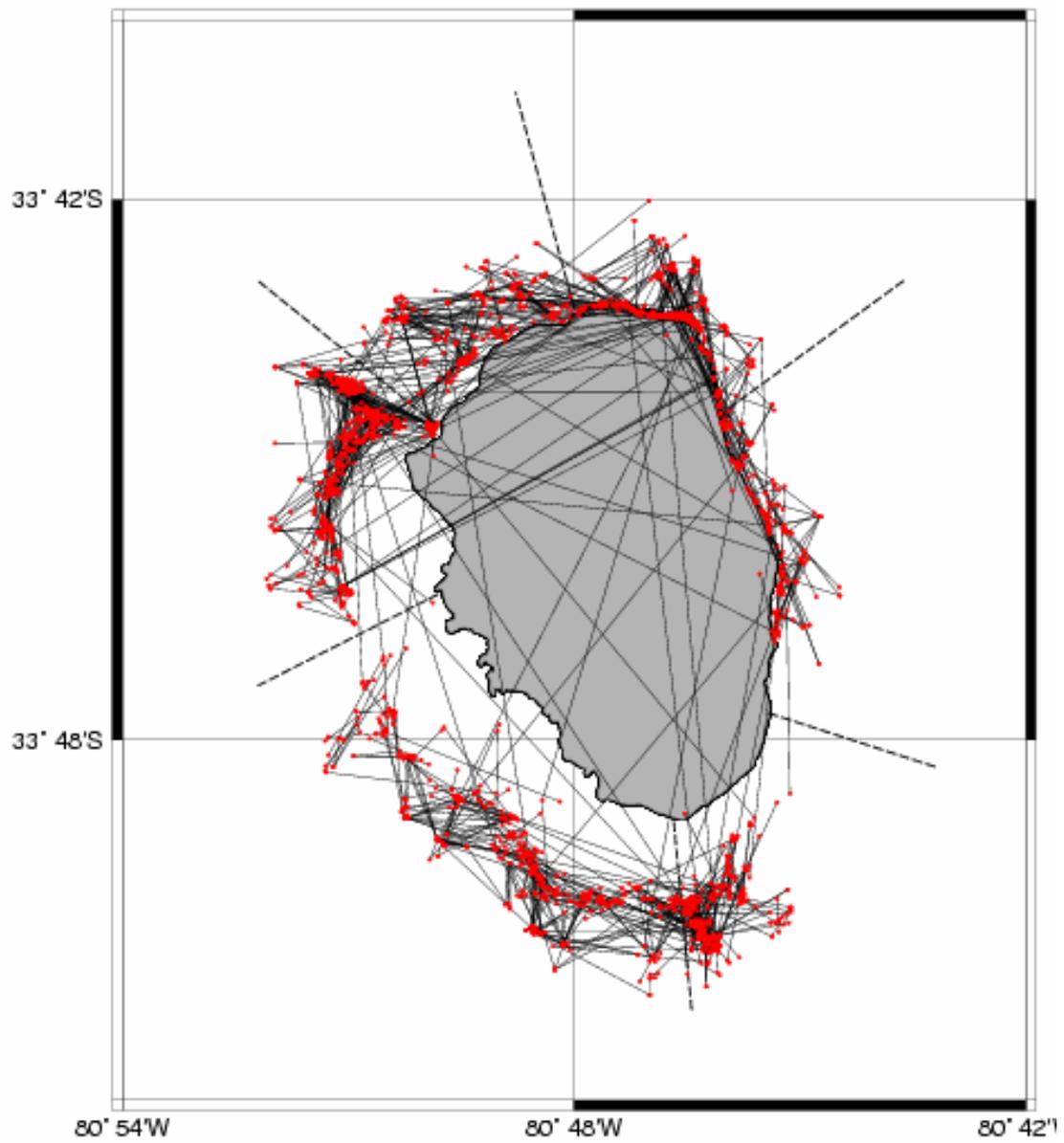


Figura 32: Desplazamientos de langostas (sexos combinados)

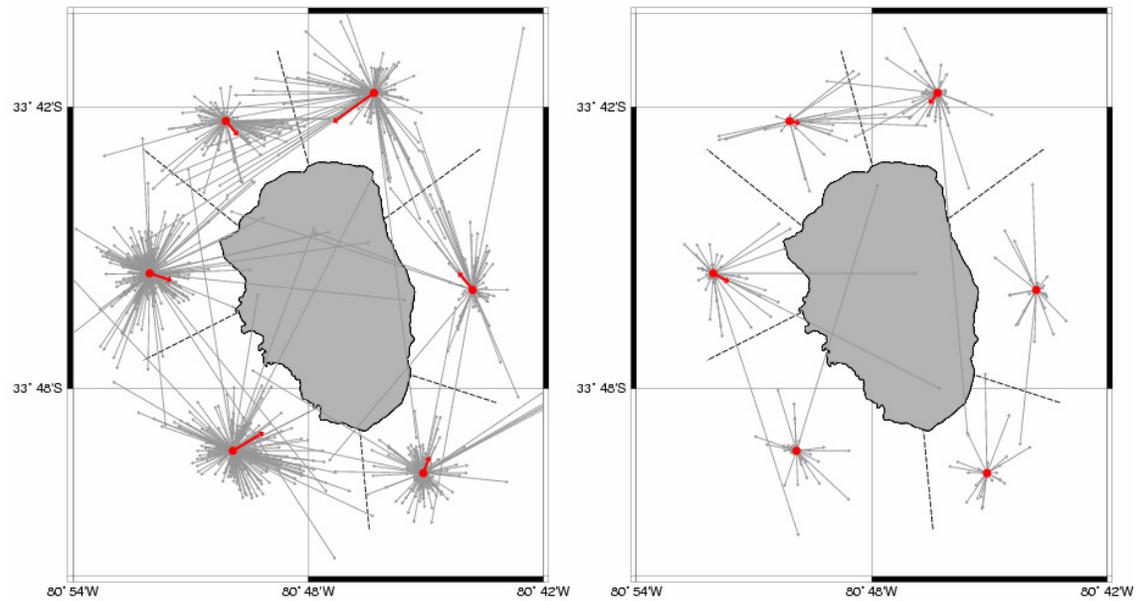


Figura 33: Resumen de los desplazamientos por zonas. El punto de origen del desplazamiento fue ubicado en el centroide de la zona. La flecha roja representa la resultante vectorial por cuadrante.

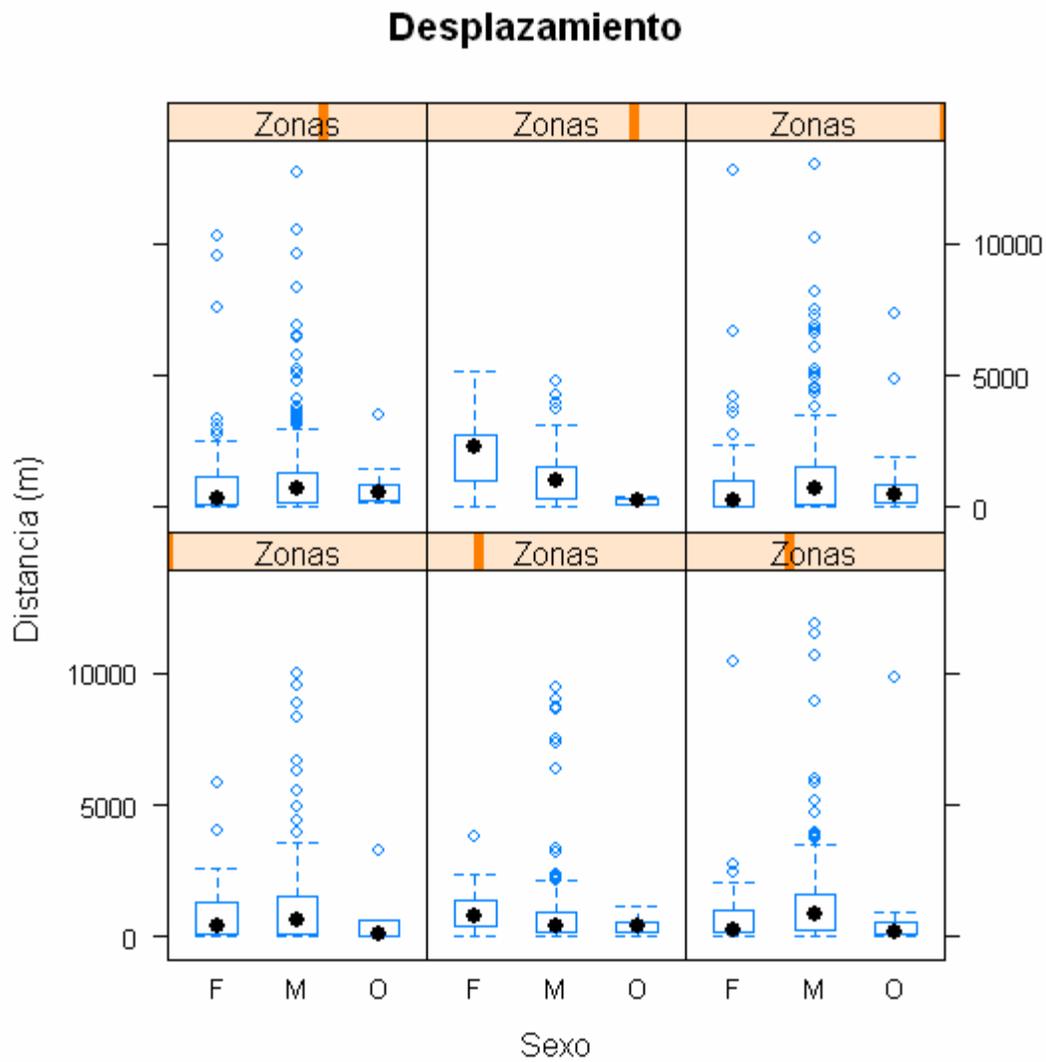


Figura 34: Distancias desplazadas en metros entre marcaje y recaptura de langostas en la isla Alejandro Selkirk (F: hembras, M: machos y O: ovíferas).

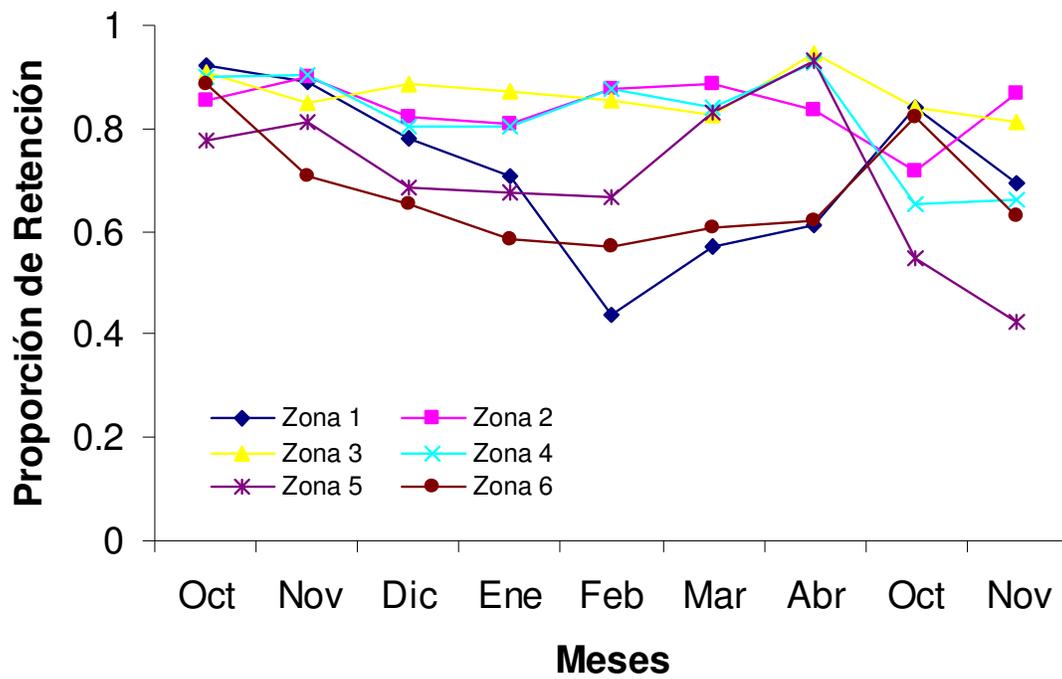


Figura 35: Proporción de langostas retenidas en cada una de las zonas por mes de observación.

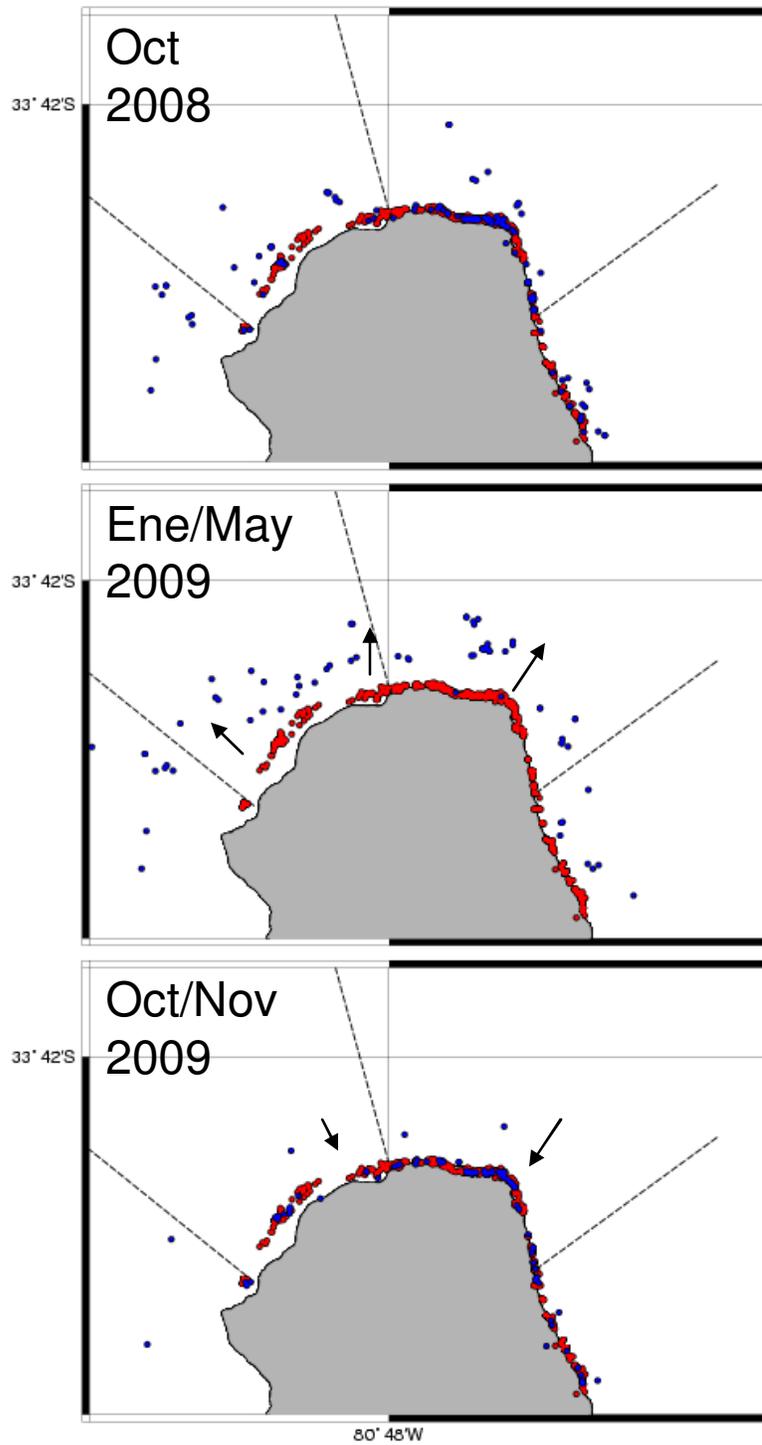


Figura 36: Ubicación espacial de las recuperaciones de langostas marcadas en octubre de 2008.

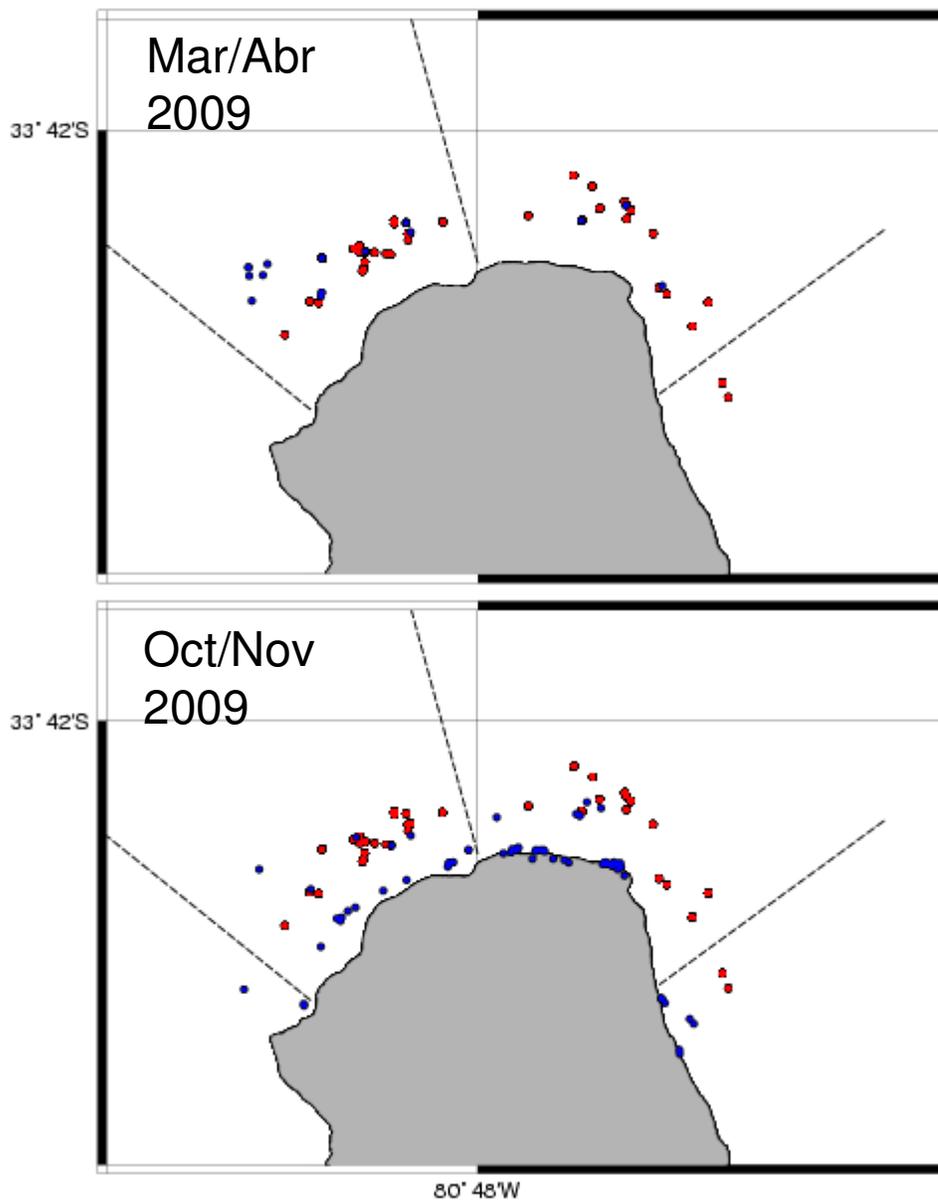


Figure 37: Ubicación espacial de las langostas recuperadas y marcadas en el período marzo-abril de 2009.

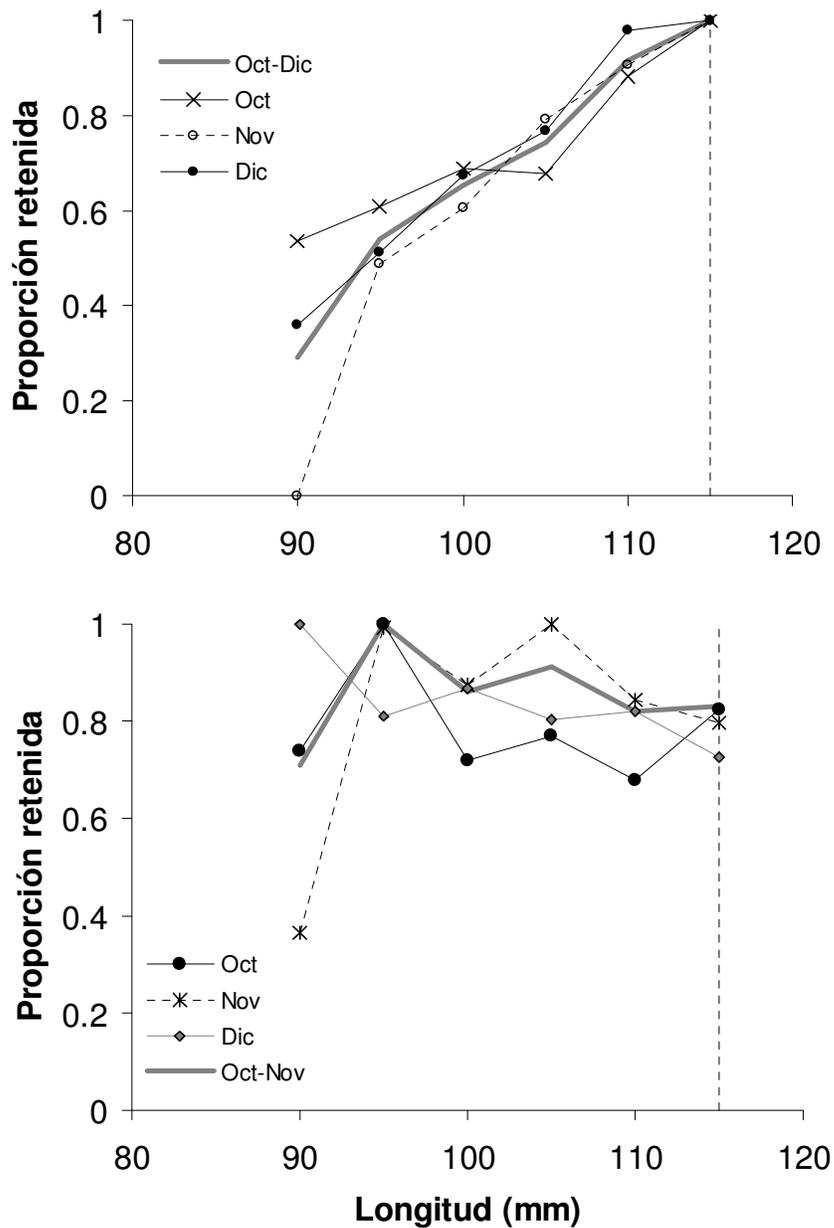


Figura 38: Selectividad a la talla de machos (panel superior) y hembras (panel inferior) obtenida a partir de organismos marcados en octubre de 2008 y recuperados entre octubre y diciembre. Línea gris gruesa corresponde al período octubre-diciembre.

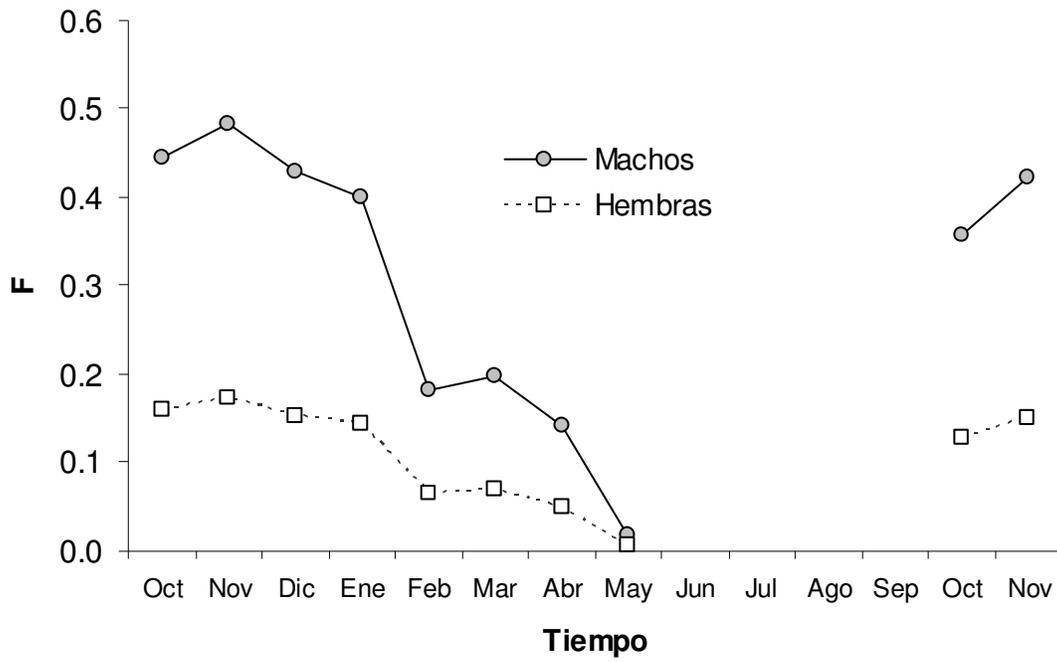


Figura 39: Tasa instantánea de mortalidad por pesca (mensual) para machos y hembras estimados desde el modelo de Brownie.

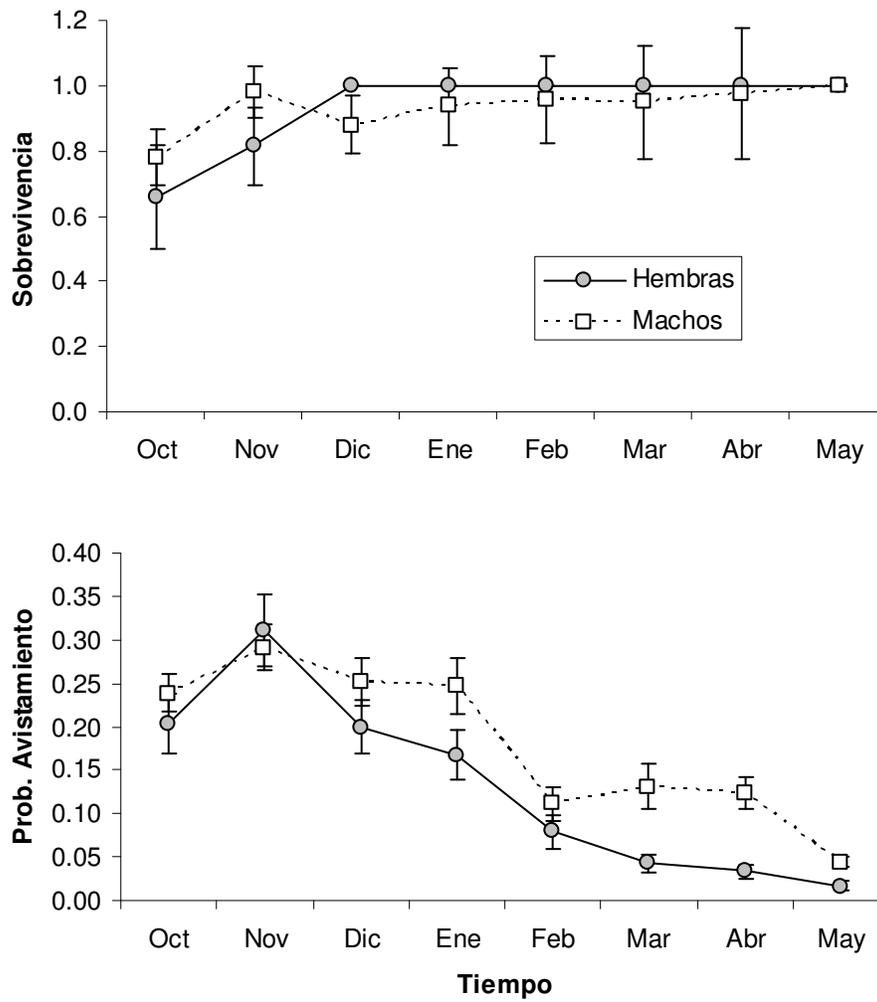


Figura 40: Probabilidad de sobrevivencia (panel superior) y de avistamiento (panel inferior) para machos y hembras de langostas en la isla Alejandro Selkirk. Resultados del modelo con múltiples recapturas.

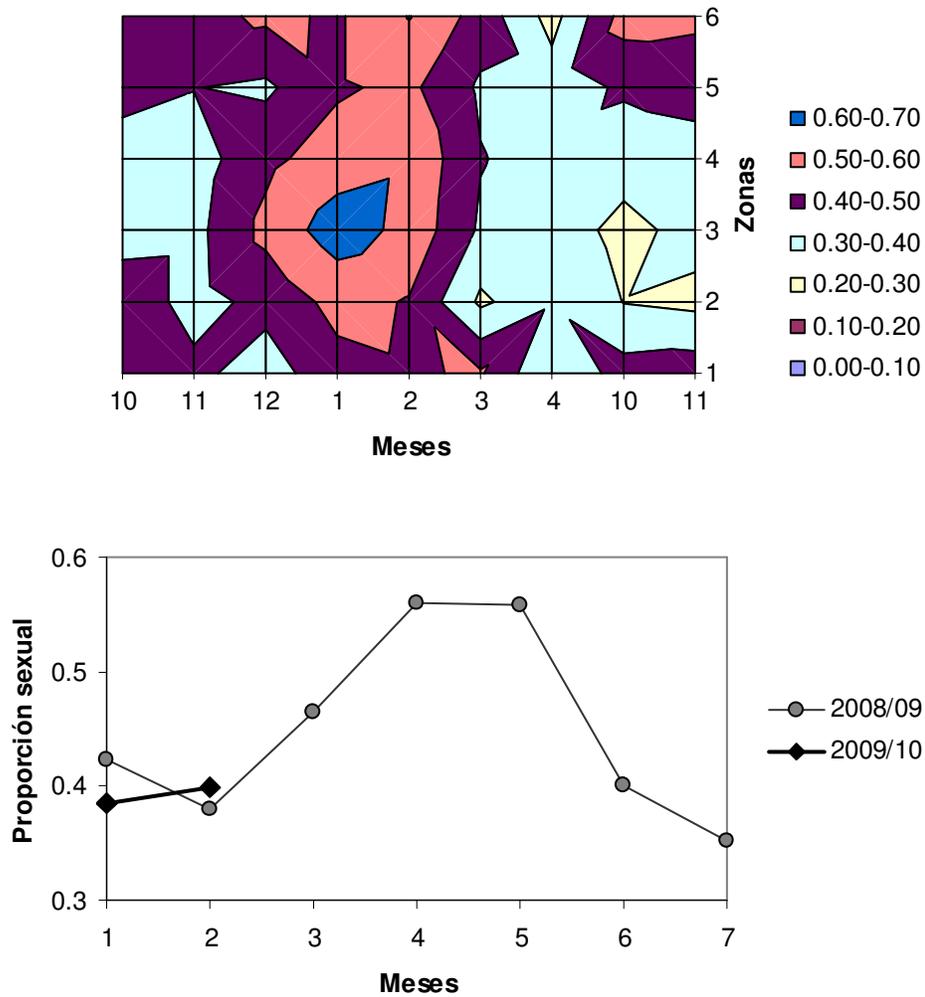


Figura 41: Proporción sexual de langostas (hembras/[machos+hembras]) por mes y por zona entre octubre de 2008 y noviembre de 2009 en la isla Alejandro Selkirk.

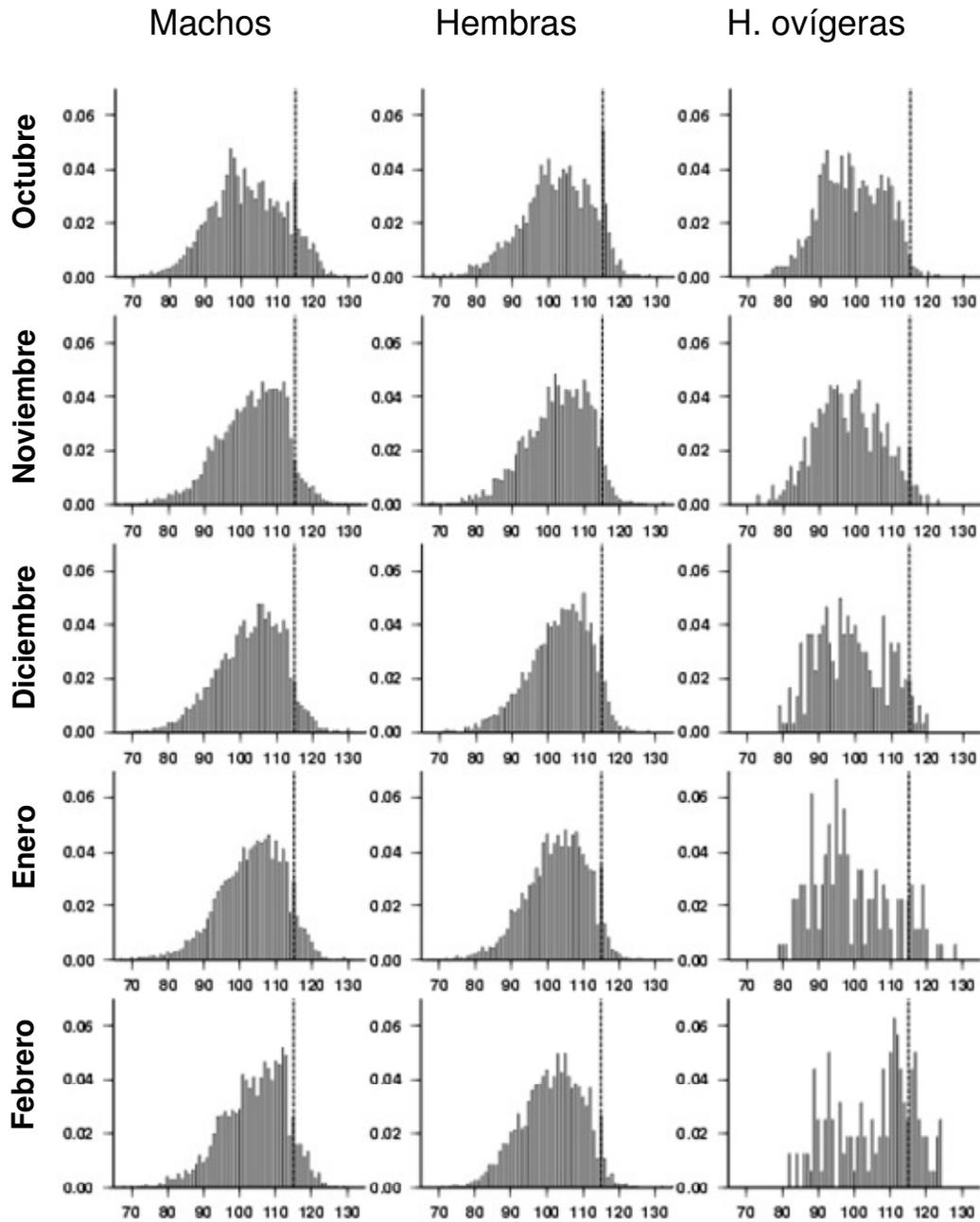


Figura 42: Distribución de frecuencia de longitudes cefalotorácicas para machos, hembras y hembras ovígeras entre octubre de 2008 y febrero de 2009 para toda la isla Alejandro Selkirk.

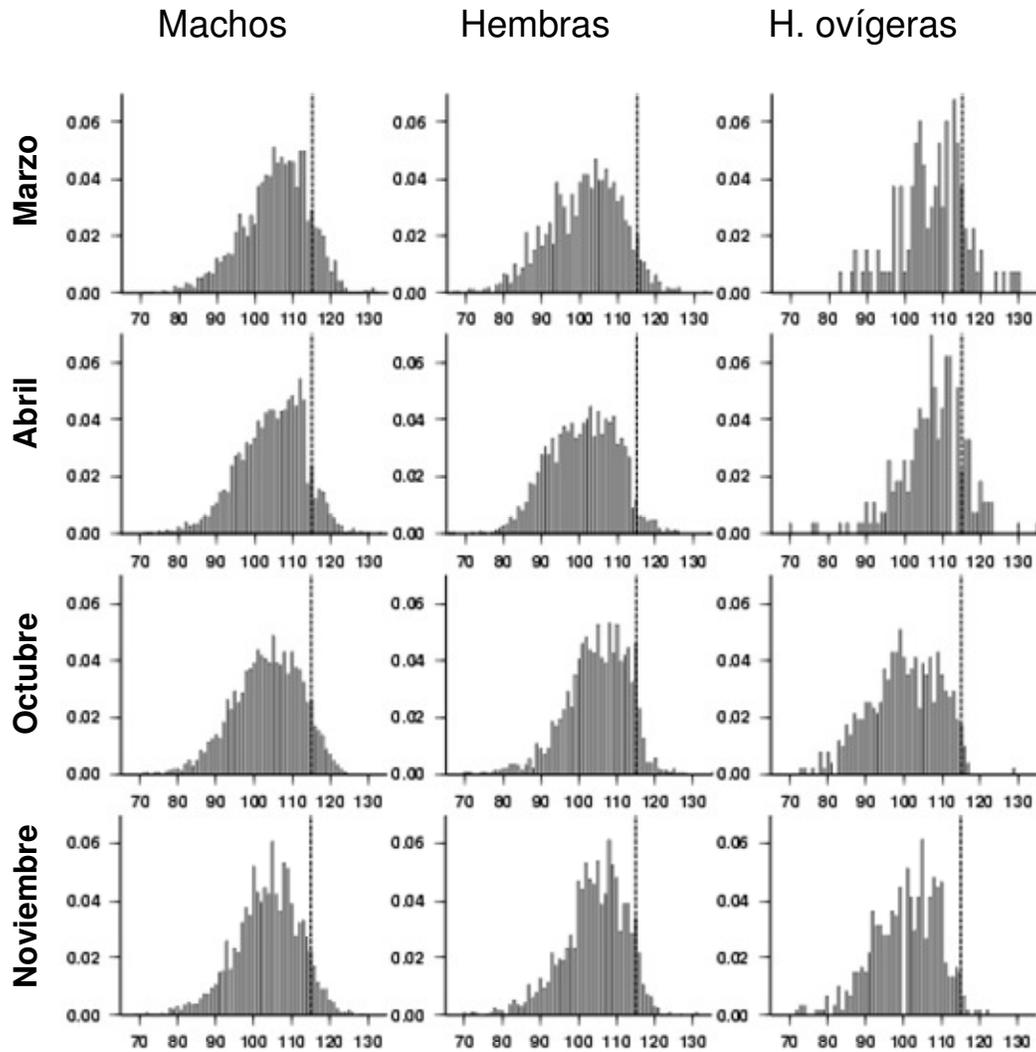


Figura 43: Distribución de frecuencia de longitudes cefalotorácicas para machos, hembras y hembras ovíferas entre marzo y noviembre de 2009 para toda la isla Alejandro Selkirk.

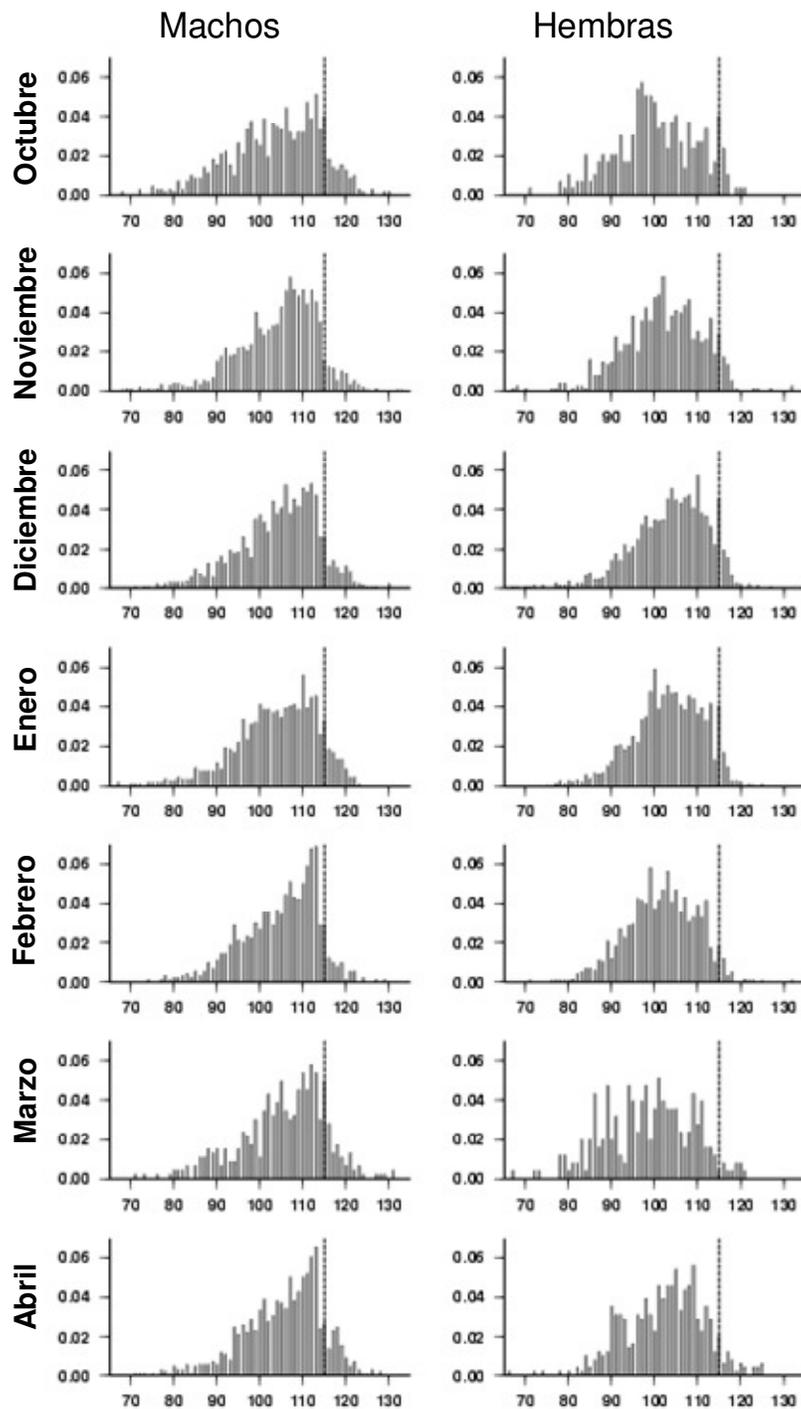


Figura 44: Distribución de frecuencia de longitudes cefalotorácicas para machos, hembras y hembras ovíferas entre octubre 2008 y abril de 2009 para la zona 3 de la isla Alejandro Selkirk.

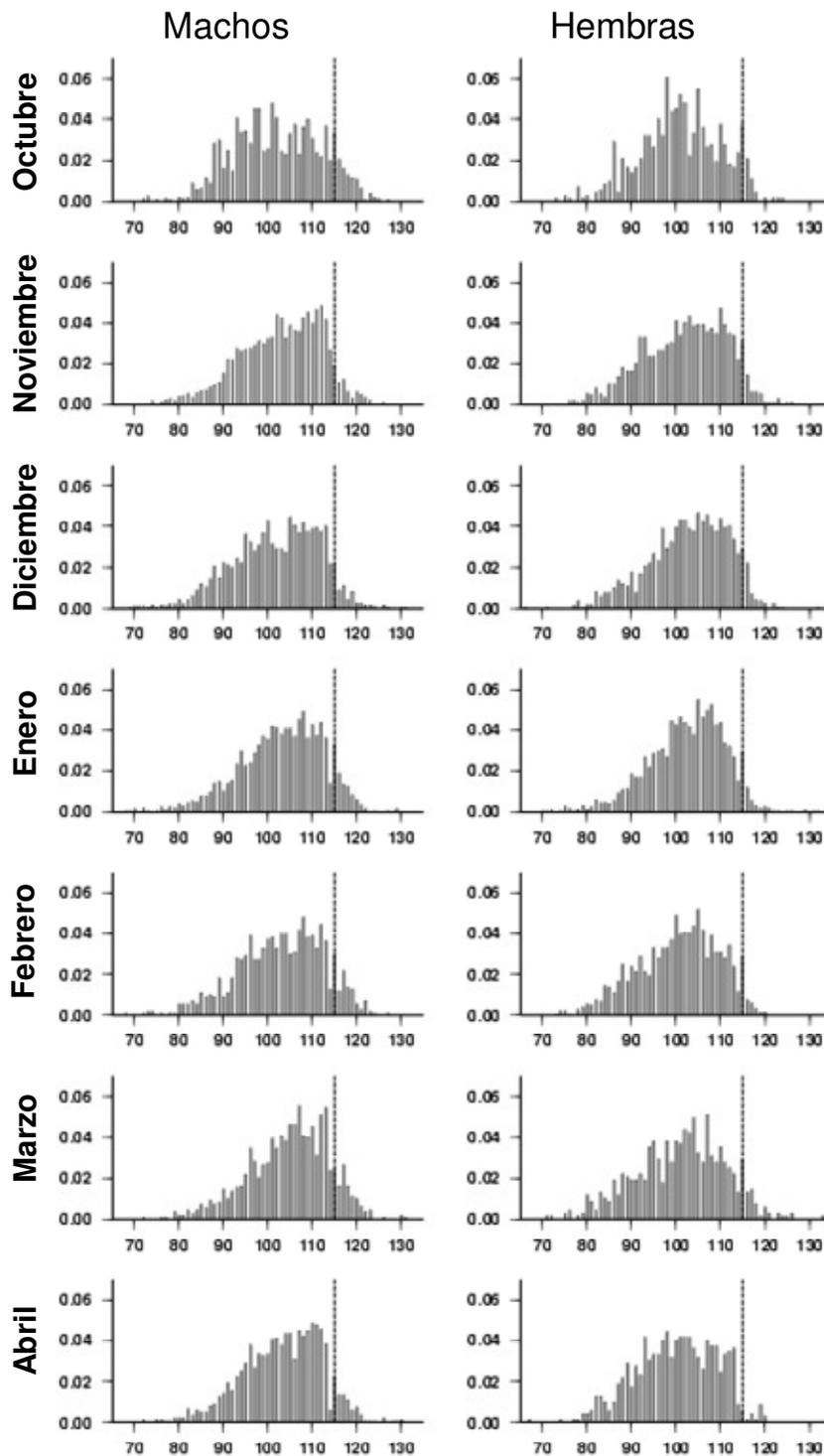


Figura 45: Distribución de frecuencia de longitudes cefalotorácicas para machos, hembras y hembras ovíferas entre octubre 2008 y abril de 2009 para la zona 4 de la isla Alejandro Selkirk.

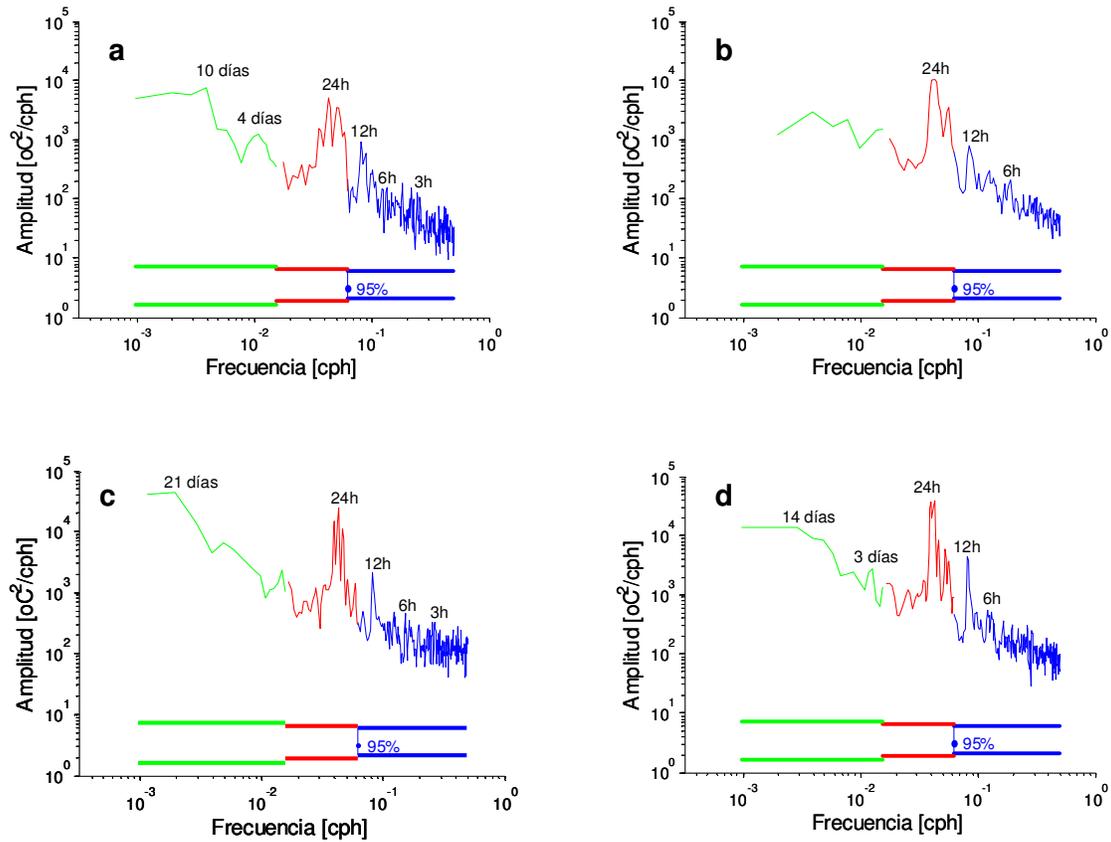


Figura 46: Espectro de temperatura de fondo de Selkirk basado en el método de Welch de la zona (a) 1, (b) 2, (c) 4 y (d) 5 con niveles de confianza del 95% para 20 (azul), 14 (rojo) y 10 (verde) grados de libertad.

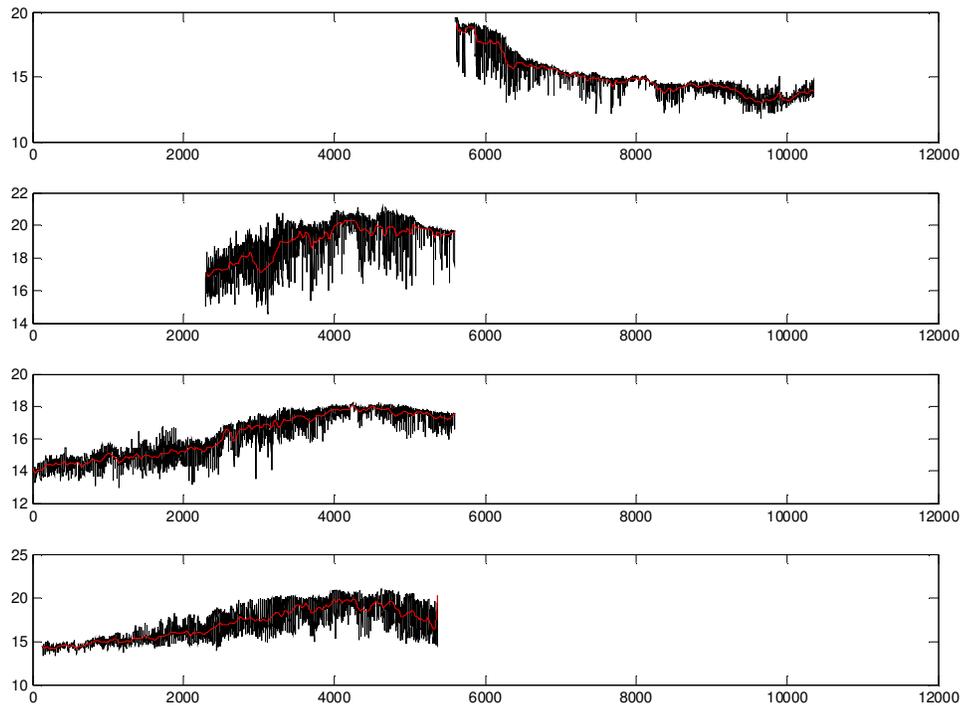


Figura 47: Series de temperatura de fondo corregidas para brechas y saltos en los registros para las zonas 1,2 4 y 5 de la región de Selkirk. La línea roja muestra la serie filtrada en cada caso usando el filtro Godin que permite remover la marea.

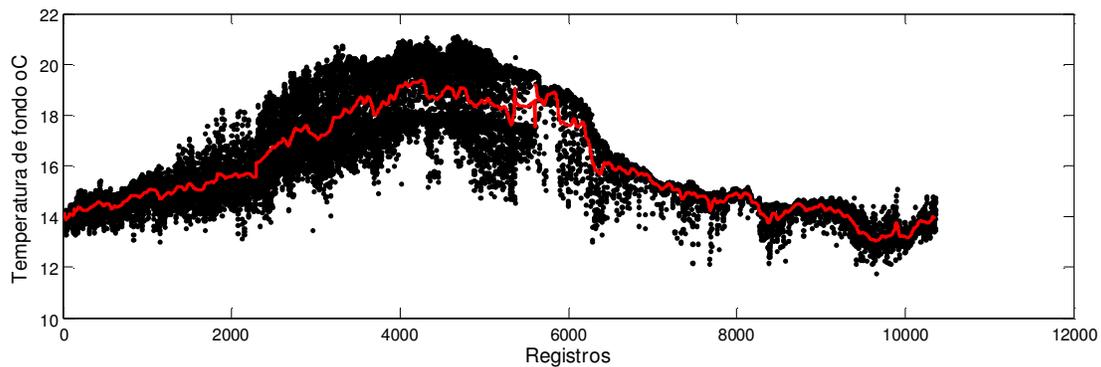


Figura 48: Serie filtrada representativa de la región de Selkirk desde 4 de Octubre de 2008 al 25 de Mayo del 2009 (línea roja). Los puntos representan todas las observaciones de temperatura de fondo corregidas de las 4 zonas.

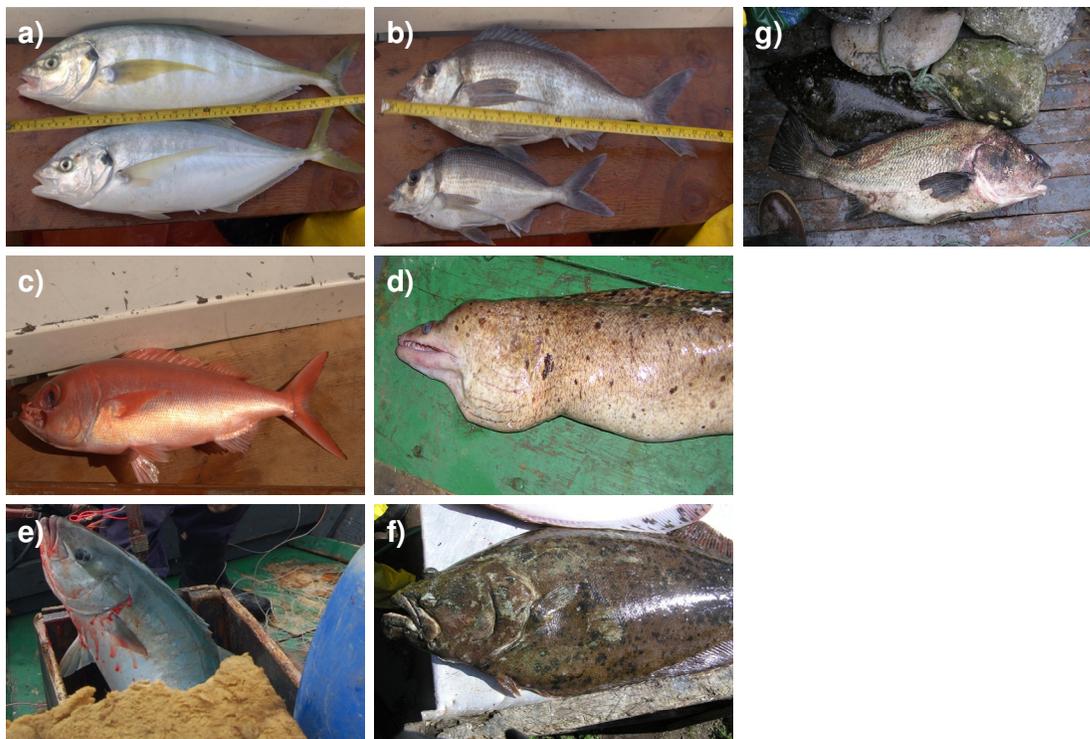


Figura 49: fotografía de las especies usadas como carnada en la pesquería de *J. frontalis*. a) *Seriola lalandi*; b) *Cheilodactylus gayi* c) Colorado d) *Gymnothorax porphyreus*; e) *Tunnus* sp. f) *Paralichthys* sp. g) Corvina.

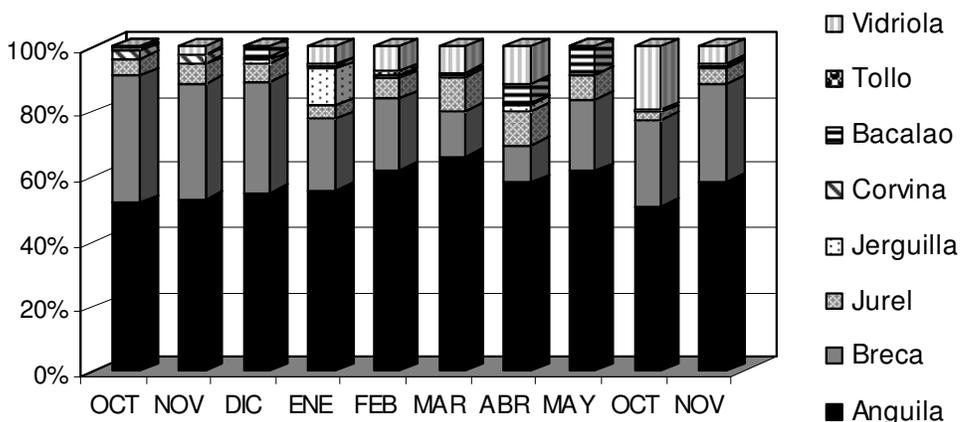


Figura 50: Variación en el porcentaje de biomasa utilizada por especie como carnadas a través de la temporada 2008 y dos meses de la temporada 2009, datos obtenidos a través de las bitácoras.

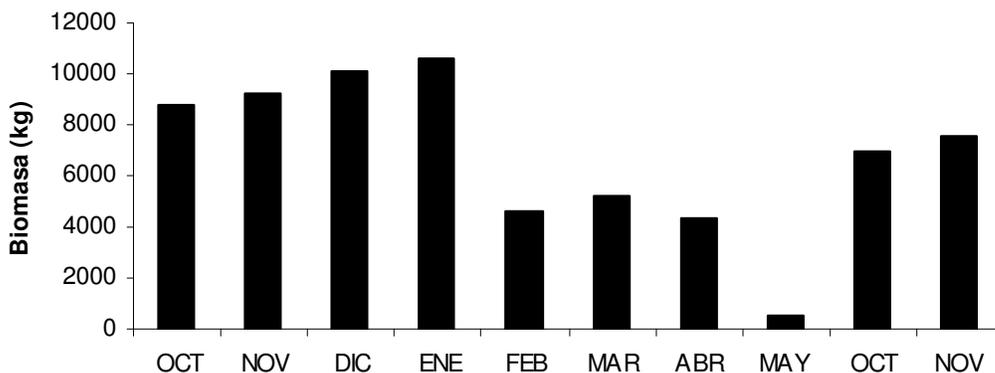


Figura 51: Variación de la biomasa total utilizada a través de la temporada 2008 y dos meses de la temporada 2009, datos obtenidos de las bitácoras.

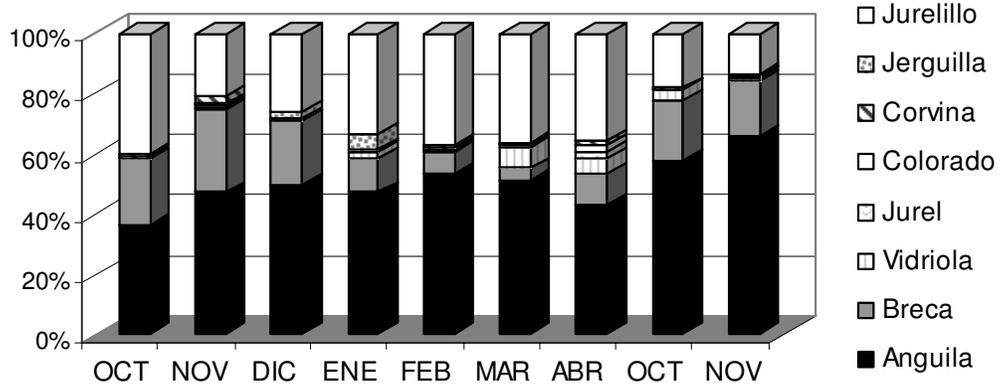


Figura 52: Proporción de las carnadas por mes, obtenido del muestreo biológico.

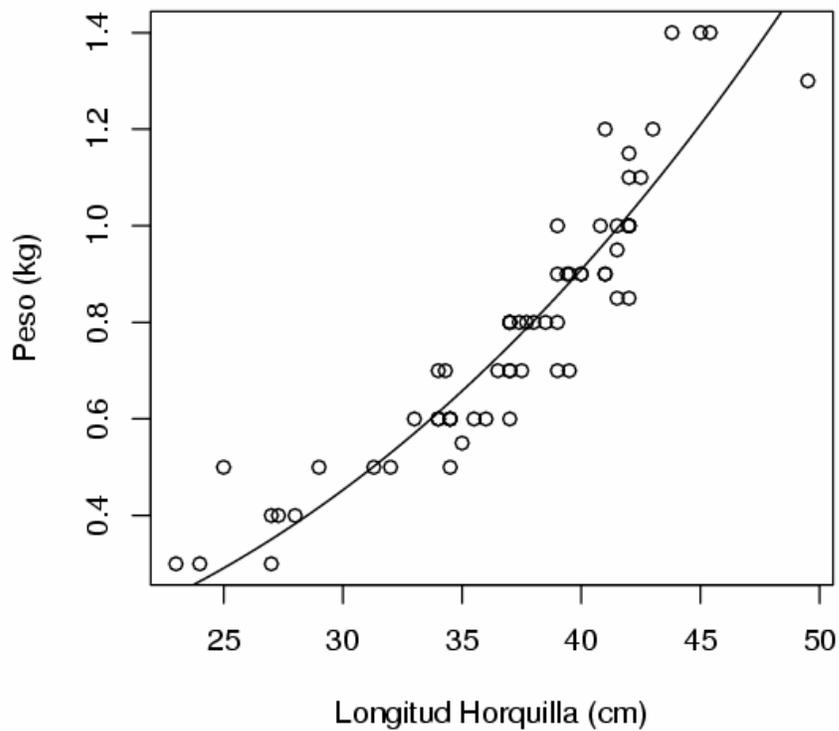


Figura 53: Ajuste del modelo alométrico a los datos de peso-longitud de la Breca en la isla Alejandro Selkirk.

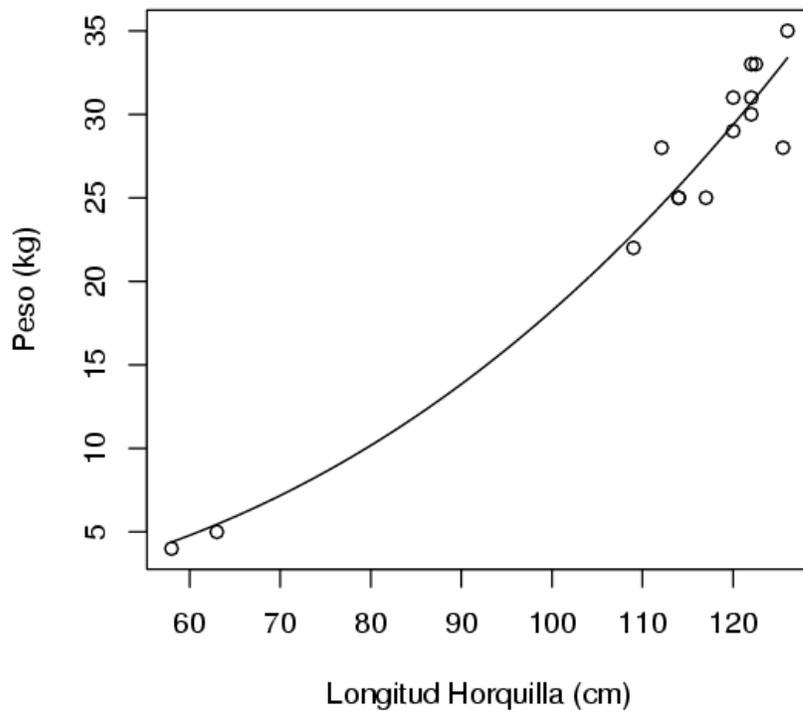


Figura 54: Ajuste del modelo alométrico a los datos de peso-longitud del Atún en la isla Alejandro Selkirk.

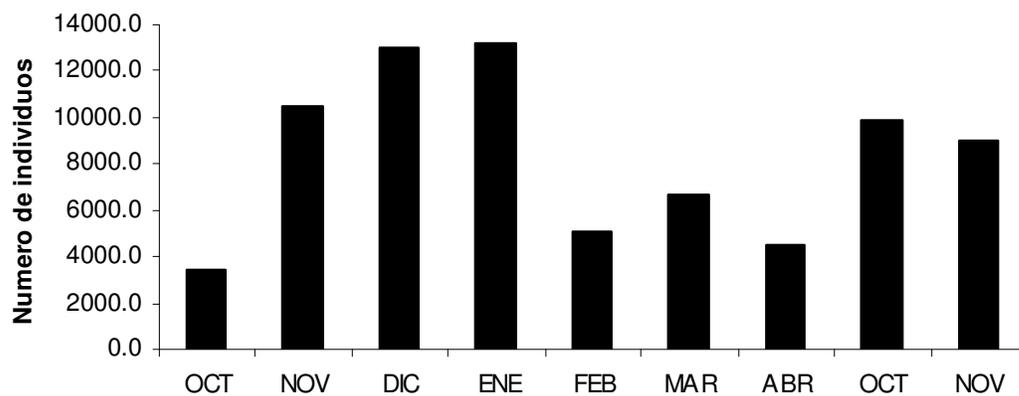


Figura 55: Variación del numero total de individuos de las especies más representadas utilizadas a través de la temporada 2008 y dos meses de la temporada 2009, datos obtenidos de las bitácoras.

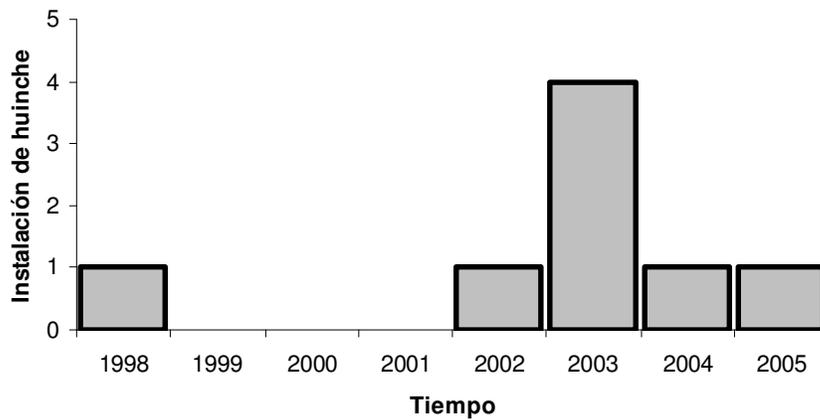


Figura 56: Número de embarcaciones que instalaron huinche en las embarcaciones de la isla Alejandro Selkirk por temporada de pesca.

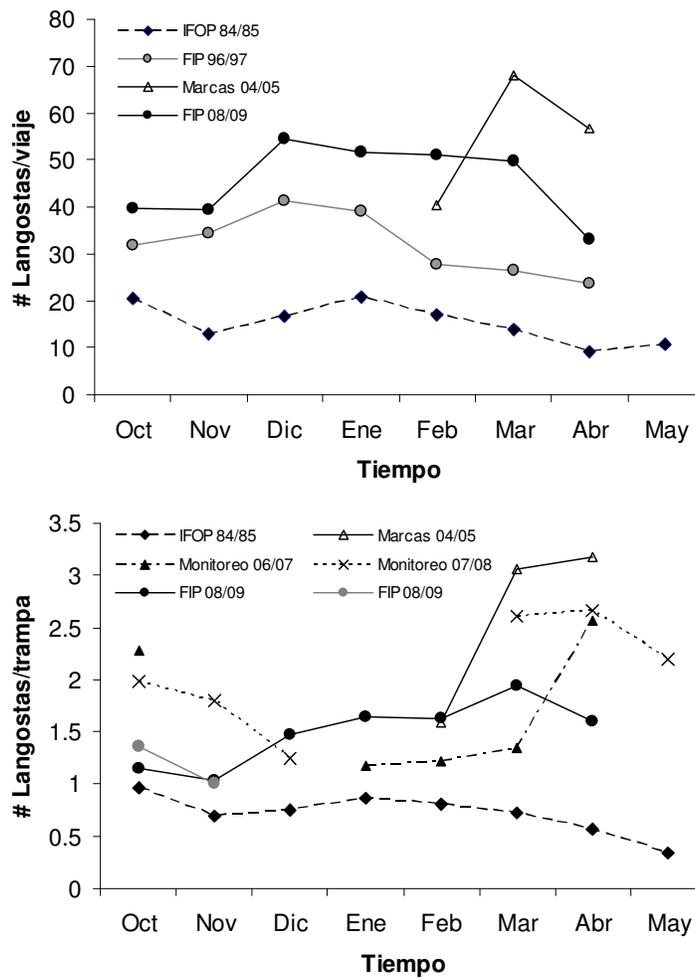


Figura 57: Captura por unidad de esfuerzo expresada como número de langostas por viaje (panel superior) y langostas por trampa (panel inferior).

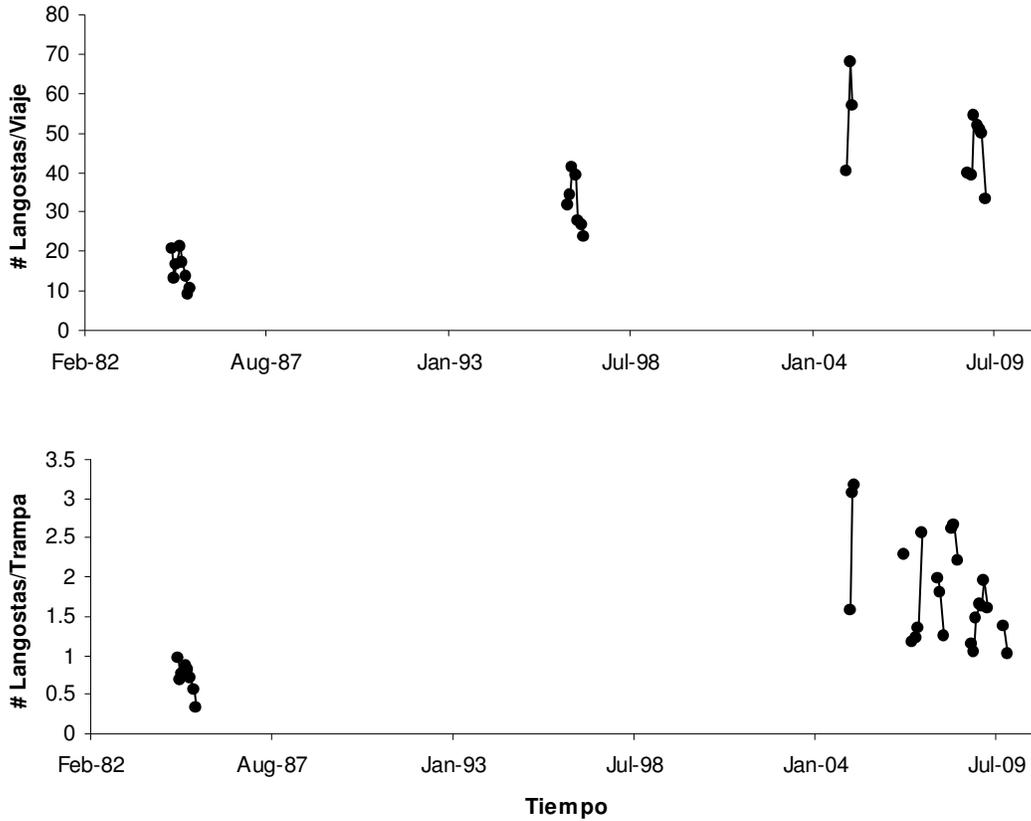


Figura 58: Serie histórica de CPUE para la langosta de Juan Fernández en la isla Alejandro Selkirk. Número de langostas por viaje (panel superior) y por trampa (panel inferior).

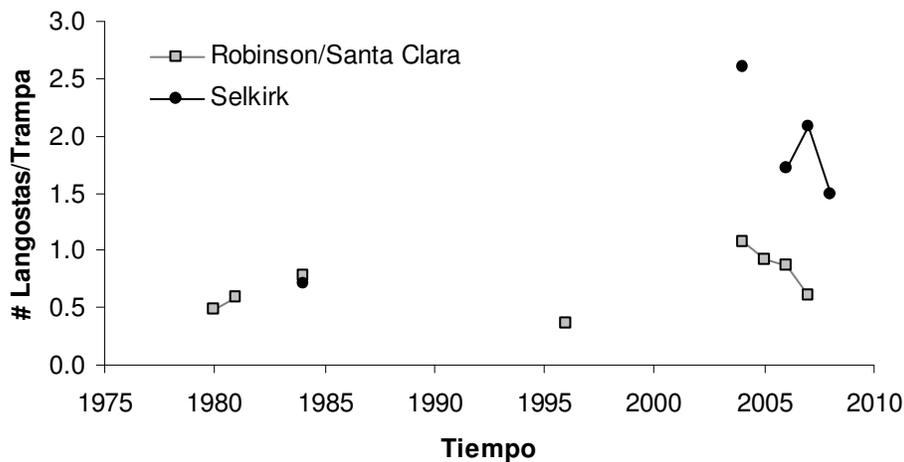


Figura 59: Captura (número) de langostas por trampa para Selkirk y Robinson/Santa Clara. Las observaciones corresponden al promedio de los valores mensuales de CPUE nominal.

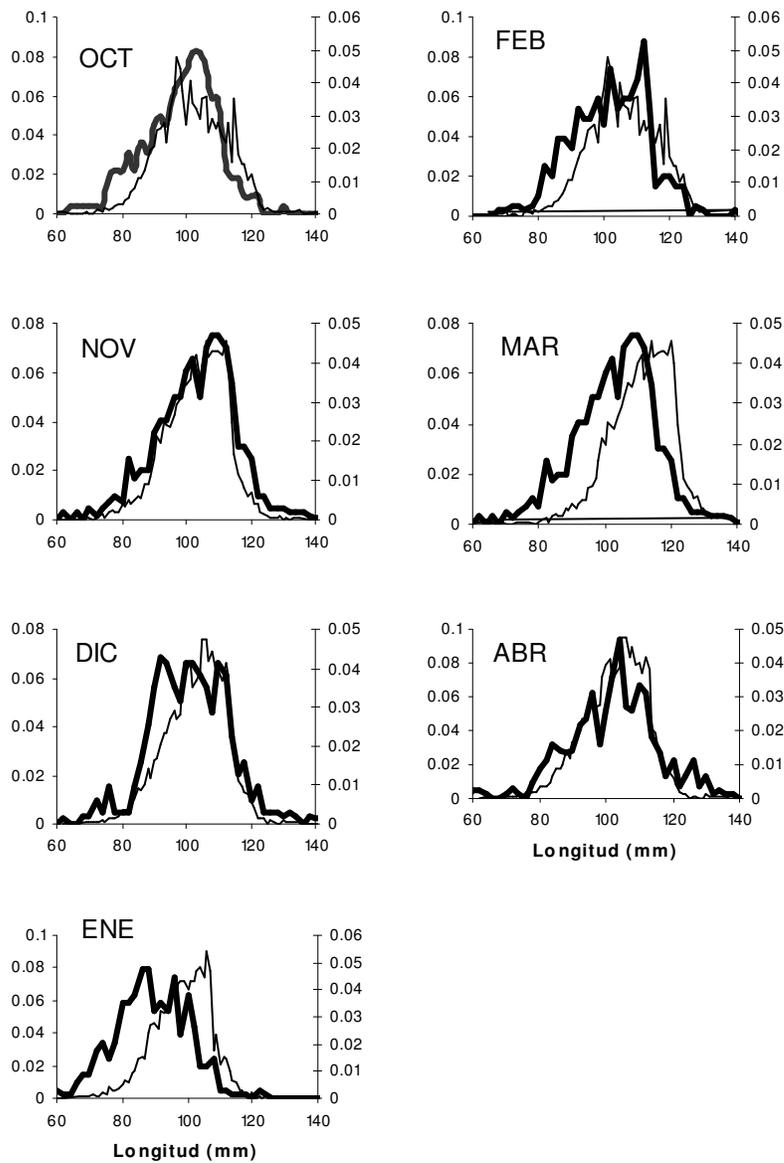


Figura 60: Frecuencia de longitudes de machos en las islas Alejandro Selkirk en las temporadas 1984/85 y 2008/09.

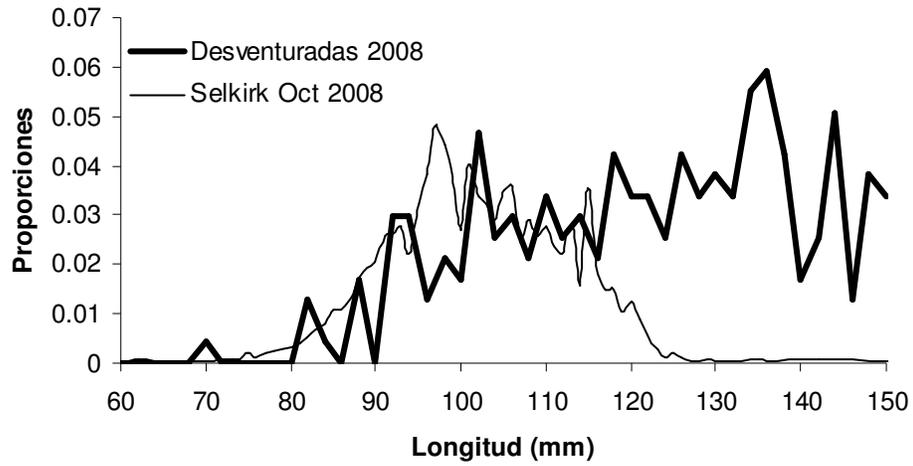


Figura 61: Frecuencia de longitud de machos en las islas Alejandro Selkirk (octubre 2008) y San Félix (agosto 2008).

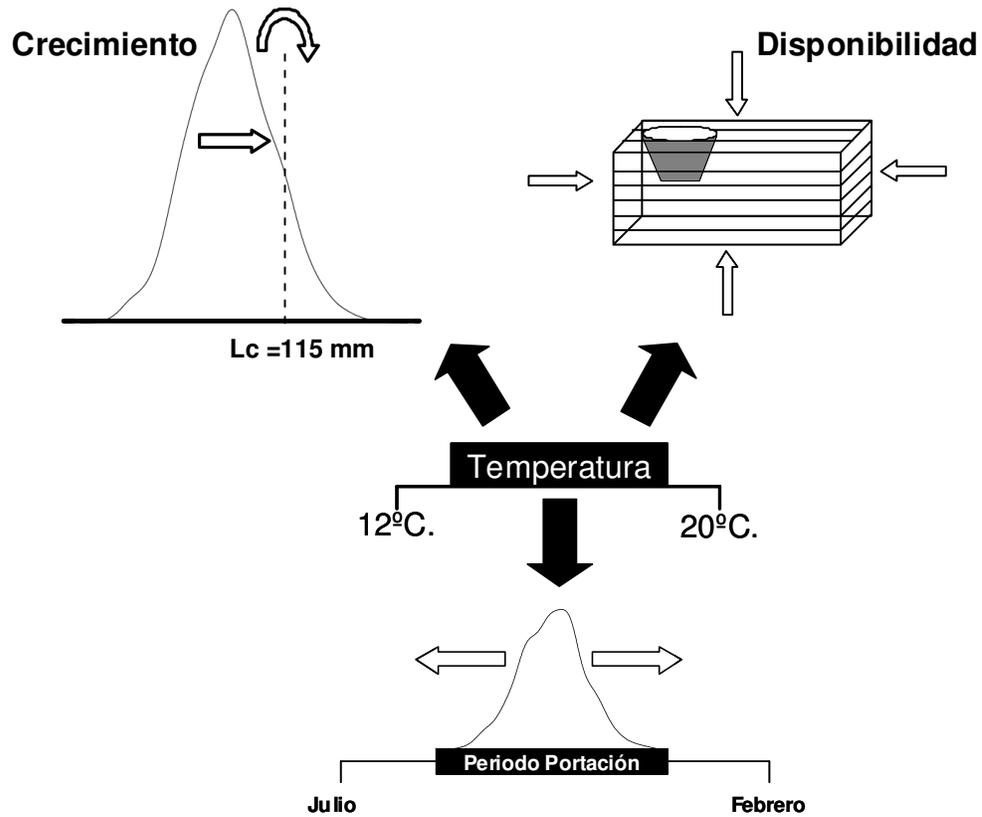


Figura 62: Factores que afectarían la CPUE de langostas comerciales en la isla Alejandro Selkirk.

