

INFORME FINAL

FIPA N° 2017-66

ESTUDIO DEL RECLUTAMIENTO IN SITU DE CRUSTÁCEOS DEMERSALES

EJECUTORES: AREA DE PESQUERIAS DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA MARINA FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL NORTE SEDE COQUIMBO.

> EPOMAR DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA UNIVERSIDAD DE CONCEPCION

Coquimbo, octubre 2021

COMPOSICIÓN Y ORGANIZACIÓN DEL EQUIPO PROFESIONAL Y TÉCNICO

ID	Nombre	TITULO/GRADO	FUNCION EN EL PROYECTO		
UNI	UNIVERSIDA CATÓLICA DEL NORTE				
1	Enzo Acuña	M.Sc. Oceanógrafo	Coordinador general, distribución espacial, análisis y elaboración de informes.		
2	María Cristina Morales	Dra. Acuicultura	Mantención y cultivo de juveniles ambiente controlado.		
3	Beatriz Yannicelli	Dra. Oceanografía	Oceanografía, crecimiento y supervivencia de juveniles.		
4	Alex Cortés	Biólogo Marino	Análisis espacial y cartografía SIG, bases de datos.		
5	María de los Ángeles Gallardo	Dra. Biología y Ecología Aplicada	Diseño y análisis de experimentos crecimiento y supervivencia juveniles. Modelos conceptuales.		
6	Christian Véliz	Biólogo Marino	Jefe de Crucero, muestreo biológico específico y fauna acompañante.		
7	Cecilia Gatica	Biólogo Marino	Coordinadora muestreo biológico-especifico. Base de datos.		
8	Luis Bravo	Dr. Oceanografía	Oceanografía Física y dinámica costera.		
9	Maria Valladares	M.Sc. Gestión integrada de áreas litorales	Oceanografía Física y dinámica costera.		
10	Cynthia M. Asorey	Dra. Biología y Ecología Aplicada	Experimentos eco-fisiológicos en laboratorio.		
11	Valentina Nuñez	Biólogo Marino	Experimentos eco-fisiológicos en laboratorio.		
UNI	VERSIDAD DE CONCEPO	CIÓN			
12	Luis Cubillos	Dr. Oceanografía	Modelos de evaluación. Informes.		
13	Juan Vilches	Biólogo Marino	Muestreo biológico especifico y fauna acompañante (draga).		
14	Eduardo Escalona	Biólogo Marino	Muestreo red Agassiz.		
15	Daniel Pezo	Biólogo Marino	Muestreo Plancton e hidrografía.		
CONSULTOR EXTERNO					
16	Ruben Alarcón	M.Sc. Pesquerías	Dinámica, densidad y biomasa de juveniles en zonas de reclutamiento.		

Este documento debe citarse:

Acuña, E., R. Alarcón, L. Bravo, A. Cortés, L. Cubillos, M.A. Gallardo, M.C. Morales, C. Véliz y B. Yannicelli. 2021. Estudio del reclutamiento in situ de crustáceos demersales. Informe Final. FIPA N° 2017-66, 487 pp.

INFORME FINAL

PROYECTO:	FIPA Nº 2017-66. ESTUDIO DEL RECLUTAMIENTO IN SITU DE CRUSTÁCEOS DEMERSALES
REQUIRENTE:	FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA Y ACUICULTURA
UNIDADES EJECUTORAS:	AREA DE PESQUERIAS, DEPARTAMENTO BIOLOGIA MARINA, UNIVERSIDAD CATOLICA DEL NORTE SEDE COQUIMBO
	EPOMAR. DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA,

EPOMAR. DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA, UNIVERSIDAD DE CONCEPCION

RESUMEN EJECUTIVO

Se realizó una revisión bibliográfica extensa, la que ha incluyó en general los siguientes aspectos: análisis de diversas definiciones del concepto de reclutamiento, hábitats asociados al proceso, zonas o áreas de crianza de organismos marinos con énfasis en especies de crustáceos demersales. En particular, se revisó los antecedentes disponibles sobre la presencia y distribución espacial de juveniles de Langostino colorado *Pleuroncodes monodon*, langostino amarillo *Cervimunida johni* y camarón nailon *Heterocarpus reedi*, crustáceos demersales explotados en la zona central de Chile, entre la Región de Coquimbo y del Biobío.

Con los antecedentes recopilados, se construyó una tabla resumen de antecedentes bibliográficos sobre 9 temáticas: Biología, Reproducción, Dieta, Distribución, Genética, Historia de Vida, Parásitos, Pesquerías y Relaciones tróficas en los 3 crustáceos demersales estudiados. La información disponible es principalmente derivada del estudio de *Pleuroncodes monodon*, en especial, centrado en tópicos de pesquerías y reproducción. Los estudios revisados describen a esta especie como residente de la Zona de Mínimo Oxígeno (ZMO), se describen variaciones temporales y estacionales en su reclutamiento, crecimiento poblacional, rasgos de historia de vida, contenido energético, etc. Como consideración especial de lo anterior, varios autores, desde los años 90', sugieren que se incorpore en los estudios poblacionales y de stock pesquero la variabilidad temporal de las variables oceanográficas en especial del oxígeno y la temperatura de fondo, ambos *drivers* que modulan aspectos metabólicos en especies aeróbicas. Sobre la base de la evidencia sobre el éxito reproductivo y contenido energético de *Pleuroncodes monodon*, su estacionalidad reproductiva estaría influenciada por la variabilidad estacional de la ZMO sobre la plataforma continental en la población bentónica.

En forma complementaria, se realizó una revisión bibliográfica exhaustiva de 71 proyectos realizados con el financiamiento del Fondo de Investigación Pesquera (FIP) actual Fondo de Investigación Pesquera y Acuicultura (FIPA), en el Subprograma de Pesquería de Crustáceos, desde el año 1993 hasta este proyecto y cuyo contenido se puede resumir, en orden decreciente de cantidad de estudios y porcentaje del total, en de Evaluación Directa (47; 66,2%),

Tecnológicos, en particular referidos a artes de pesca (9; 12,7%), Evaluación indirecta (8; 11,3%), Biológicos o de Historia de vida (5; 7%), Metodológico (1; 1,4%) y de Administración o Manejo (1; 1,4%). En el Anexo 1 se entrega además la categorización de todos estos proyectos en términos de la validez y utilidad de la información para este proyecto.

Durante las campañas de otoño e invierno, la IV región de Coquimbo, se caracterizó por presentar vientos favorables a la surgencia (hacia el ecuador) con magnitudes que no superaron los 6 m/s, considerados débiles según su estacionalidad (máximos en primavera y verano, mínimos en otoño e invierno). En la zona costera, la temperatura superficial del mar mostró una estructura más bien homogénea con temperaturas similares (~13°C) para ambas campañas, mientras que, en invierno la zona oceánica se caracterizó por presentar un marcado frente térmico. Por otro lado, la clorofila satelital superficial fue muy baja con excepción de las bahías de Coquimbo y la Herradura, condiciones estacionales características de la región. En la región del Biobío, las imágenes satelitales de temperatura superficial mostraron aguas de menores temperaturas a lo largo de la costa y la presencia de plumas de aguas de bajas temperaturas extendiéndose hacia el océano, en ambos períodos de muestreo. Las imágenes de clorofila a satelitales señalaron diferencias entre los períodos de muestreo, con mayores concentraciones de clorofila en la costa en diciembre (verano), valores que se extendieron hacia la zona oceánica sobre la pluma de aguas frías solo ese mes, ya que en abril (otoño) los valores más altos de clorofila a estuvieron restringidos a solo un par de localidades en el Golfo de Arauco y Bahía Concepción.

Para describir las condiciones hidrográficas de otoño e invierno a lo largo de la transecta frente a la bahía La Herradura se utilizó un perfilador multiparamétrico SEABIRD, modelo 19 plus V2. Los resultados de las campañas de otoño e invierno mostraron una columna de agua débilmente estratificada, con temperaturas superficiales del orden de 13°C, y un gradiente vertical de ~1°C/100 m. La salinidad presentó valores entre 34,3 y 34,7 psu con un mínimo salino ubicado entre 30 y 80 m de profundidad en otoño e invierno, respectivamente. Con respecto a la concentración de oxígeno en la columna de agua, la campaña de otoño se caracterizó por presentar una oxiclina (30 m) más superficial que en invierno (80 m), y concentraciones más bajas en la capa superficial, que no superaron los 4 ml/l, mientras que

bajo la oxiclina las concentraciones disminuyeron rápidamente a valores menores a 1 ml/l. La fluorescencia presentó valores altos (10 mg/m³) en la campaña de invierno, principalmente cerca de la costa y en los primeros 20 m de profundidad. Por otro lado, al considerar los índices termo-salinos se pudo identificar que las masas de aguas presentes en la zona de estudio norte son el Agua Superficial Subantártica (ASSA) y el Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS). Con respecto a la Región del Biobío, se informa sobre las actividades de muestreo y análisis de los datos de hidrografía obtenida en los cruceros llevados a cabo la última semana de diciembre 2018 y la última semana de abril 2019, correspondientes a las estaciones de verano y otoño, respectivamente. El análisis de los datos hidrográficos del crucero de verano muestra que durante ese período se desarrollaron condiciones de surgencia costera, con una termoclina, haloclina y picnoclina que disminuyeron en profundidad desde la zona más oceánica a la zona costera. Paralelamente, se determinó concentraciones de oxígeno disuelto menor a 1 ml O₂/L a lo largo de toda la columna de agua en las estaciones costeras. En abril del 2019, la columna de agua se mostró más oxigenada, con valores sobre 3,5 ml O₂/L hasta los 25 m de profundidad y valores bajo 0,2 ml O₂/L solo bajo los 100 m de profundidad.

En la Región de Coquimbo, en los muestreos realizados en invierno 2018 con rastra Agassiz, los juveniles de las especies objetivo se encontraron en estratos de profundidad diferentes. Se encontró solo un ejemplar de juvenil de *C. johni* a 260 m; se capturaron juveniles de langostino colorado a 180 m en la estación (E2), con una concentración de 0,4 ml O₂ L⁻¹, en la zona de mínimo de oxígeno (ZMO), con una distribución de frecuencia de tallas compuesta por dos modas de longitud cefalotorácica (LC), una de alrededor de 8 mm y la segunda, alrededor de 10 mm. En las estaciones E3 y E4 del mismo crucero, se capturó juveniles de camarón nailon a 206 y 420 m, en la ZMO, a concentraciones de oxígeno disuelto de 0,24 y 0,76 ml O₂ L⁻¹, respectivamente. En esas estaciones, la longitud del cefalotórax (LC) promedio fue de 9,3 ± 0,13 mm y de un rango entre 10 y 28,4 mm, respectivamente. En la Región del Biobío, en primavera 2018, se encontraron ejemplares juveniles de *P. monodon* en las estaciones 2 y 3, a 112 y 115 m de profundidad, respectivamente. En la estación 4 se logró la captura de los tres recursos, pero no se encontró juveniles de *P. monodon, C. johni* ni tampoco de *H. reedi*, pero sí adultos con su fauna acompañante.

Con el objeto de determinar el efecto de factores ambientales claves y denso-dependientes sobre las tasas de crecimiento y supervivencia de los juveniles, se implementó un sistema semi-automatizado de laboratorio bajo condiciones controladas de temperatura y oxígeno dentro de una unidad refrigeradora, instalado en las dependencias de la Universidad Católica del Norte. Se condujeron pre-experimentos para determinar la cantidad máxima de alimento consumido por los juveniles y se calculó la cantidad de alimento/individuo que debería estar disponible durante los experimentos de incubación larga (crecimiento) y de las tasas de alimento. Luego, se realizaron los experimentos relacionados con temperatura, oxígeno y disponibilidad de alimento, los que sólo se condujeron en juveniles de *Pleuroncodes monodon*.

La tasa de crecimiento fue evaluada en condiciones de normoxia a dos temperaturas 11°C (0,075 mm/día) y 15°C (0,019 mm/día) durante 38 días de incubación. La tasa de crecimiento fue significativamente diferente (p<0,05) en función de la temperatura. A pesar que las mudas fueron más frecuentes a 15°C, el aumento en longitud, medido como largo del cefalotórax (mm), fue menor solo luego de 38 días de incubación, ya que anteriormente no se registraron diferencias significativas entre los tratamientos de temperatura. El aumento en biomasa no fue diferente entre tratamientos.

Se analizó el comportamiento de los juveniles en función de la disponibilidad de alimento mediante grabaciones de 1 h post-ingreso de éste, en condiciones de normoxia a 11°C. Se fijaron 4 tratamientos de alimento, la condición máxima de alimento se determinó con los preexperimentos (0,075 g de pellet para 5 individuos de la unidad experimental). Los siguientes tratamientos correspondían a la mitad del tratamiento anterior, salvo el tratamiento 4 que correspondió a 0,018 g de pellet + 1.5000 *Artemia* vivas. En general, los organismos estuvieron más activos cuando estaban en presencia de alimento vivo (tratamiento 4). Los comportamientos observados fueron: conductas antagónicas (peleas por alimento), monopolización del bolo de alimento. En general, los juveniles pueden realizar dos o tres de estas conductas en paralelo. Las conductas antagónicas y el uso del maxilípedos 3 para la alimentación fueron más frecuentes en los tratamientos con menos alimento (3 y 4), el resto de las conductas no difirieron entre tratamientos. Se llevó a cabo la determinación de parámetros de tamaño, biomasa y composición bioquímica de individuos juveniles del langostino colorado *P. monodon* en el Laboratorio de Recursos Hidrobiológicos (LRH) de la Facultad de Ciencias de la UCSC. Los individuos juveniles de langostino colorado tanto machos como hembras presentaron un tamaño (largo de cefalotórax, LC) similar en la zona de crianza frente a las costas de la región del Biobío. Con respecto a los parámetros de biomasa, se registró variaciones en el peso húmedo y seco entre sexos, con valores mayores en hembras que en machos, mientras que el peso de cenizas no mostró diferencias significativas. En los análisis de la composición bioquímica, se determinó variaciones consistentes en todos los constituyentes bioquímicos analizados (proteínas, carbohidratos y lípidos) entre sexos, las cuales son claramente distinguidas por valores promedios mayores (por individuo y en %) en hembras que en machos. Las variaciones en el contenido de ácidos grasos esenciales (EPA, DHA, Oleico y Palmítico) entre sexos de individuos juveniles del langostino colorado, son fundamentales en el desarrollo y madurez de las gónadas en las hembras.

Como parte del reconocimiento de las larvas de las especies objetivo en el plancton, se mantuvo hembras ovíferas de camarón nailon *H. reedi* en laboratorio, lo que permitió describir por primera vez el desarrollo embrionario y larval de la especie, antecedentes fundamentales para poder luego reconocer los distintos estadios larvales en las muestras planctónicas recolectadas durante este proyecto y revisar aquellas obtenidas en investigaciones anteriores. También se incorporaron los desarrollos larvales de los langostinos *P. monodon* y *C. johni*, con el mismo propósito de poder identificarlos adecuadamente en las muestras planctónicas. También es importante destacar la observación, en condiciones de laboratorio, de fototactismo negativo y la permanencia de las larvas de *H. reedi* en el fondo de los estanques, cuyo estado proximal y morfológico era óptimo. Estas observaciones podrían permitir plantear la hipótesis que las larvas de de *H. reedi* estarían ausentes de la zona eufótica y/o fótica en la columna de agua, permaneciendo cerca del fondo, lo que deberá ser puesto a prueba posteriormente.

El análisis del contenido estomacal del lenguado de ojos grandes reveló una alimentación sustentada en *P. monodon*, tanto en frecuencia de ocurrencia como numéricamente, seguido de

el estomatópodo *Pterygosquilla armata*. Los ítems presa más digeridos no posibilitaron identificar de qué langostino se trataba, razón por la cual los langostinos indeterminados pudiesen ser asignados a *P. monodon* y *C. johni*. El langostino amarillo mostró una frecuencia de ejemplares más baja en los contenidos estomacales. El tamaño modal de los juveniles de *P. monodon* de 6 - 7 mm LC, tanto en otoño como en invierno fue más frecuente en los contenidos estomacales del lenguado, lo que sugiere la presencia del grupo de edad 0 en los caladeros de pesca comerciales donde se capturó a este pez.

Con el objeto de analizar la estabilidad de la biomasa de los crustáceos demersales, se evaluó los cambios de biomasa por Unidad de Pesquería (UPNorte y UPSur) utilizando la estructura básica de retroalimentación considerando efectos dependientes de la densidad de primer orden. Las funciones de autocorrelación y de autocorrelación parcial de las series de tiempo revelaron la presencia de una estructura autoregresiva de primer orden. La tasa de cambio Rt = log (Bt/Bt-1) fue explicada significativamente por la biomasa del año anterior en el camarón nailon, langostino amarillo de la UPS y langostino colorado de la UPN. Los cambios de biomasa del langostino amarillo están asociados positivamente entre ambas Unidades de Pesquería, mientras que los cambios de biomasa entre langostino colorado y camarón nailon están positivamente asociados en cada Unidad de Pesquería. Se deberá evaluar los efectos de las variables ambientales y biológicas en el enfoque de modelación utilizada.

Las series de tiempo del reclutamiento de crustáceos demersales, a la fracción explotable, se caracterizan por no ser estacionarias, con cambios estructurales que muestran puntos de quiebre que determinan cambios en el nivel de la productividad. En las series de tiempo más largas, como el caso del camarón nailon en la UPN (1961 - 2019), camarón nailon en la UPS (1945 - 2019), y langostino colorado en UPS (1968 - 2019), se detectó 5, 3 y 3 puntos de quiebres; mientras que en el langostino amarillo se detectó un punto de quiebre en 2011. Las relaciones stock - recluta que incorporan estos cambios en el reclutamiento tuvieron un mejor desempeño estadístico, lo que implica cambios de referencia dinámicos en la productividad de estos recursos. Asimismo, se encontró tres patrones de fluctuación en el reclutamiento de los crustáceos demersales. Destaca el patrón de cambio que caracteriza al camarón nailon en la UPN; esto es, bloques de varios años que expresan ya sea reclutamientos bajos o altos que se

alternan entre períodos de duración irregular transitorios. Un comportamiento similar se observó para el camarón nailon en la UPS, con la excepción que la variabilidad del reclutamiento en este caso es mayor y con bloques de años más cortos. Esta situación caracteriza también al reclutamiento de langostino amarillo y langostino colorado de la UPN y al langostino colorado de la UPS. Por último, hay un patrón de variación residual que muestra una tendencia a la disminución del reclutamiento entre 2000 y 2019, situación que caracteriza al langostino amarillo en la UPS. El segundo patrón de fluctuaciones comunes en el reclutamiento fue sensible a la variabilidad climática decadal, representada por el Indice de la Corriente de Humboldt, lo que implica que el éxito en el reclutamiento de la mayoría de los crustáceos demersales está asociado con condiciones climáticas impuestas por un Anticiclón intenso, que determina condiciones frías y surgencias intensas. Las condiciones persistentes en estas escalas podrían afectar las condiciones del fondo y el asentamiento de zoeas pelágicas y el reclutamiento de crustáceos bentónicos. Además, probablemente la liberación de larvas en condiciones ambientales favorables o desfavorables relacionadas con el oxígeno podría explicar la variabilidad del reclutamiento de los crustáceos demersales, como ha sido sugerido para el caso del langostino colorado

Sobre la base de la información bibliográfica y a los datos procesados en este estudio se construyeron modelos conceptuales de los ciclos de vida de las 3 especies de crustáceos demersales. Además de la información biológica, se incluyeron forzantes ambientales que podrían estar modulando los tiempos reproductivos, como la retirada de la ZMO y la surgencia. Dado que la variabilidad ambiental tiene un desfase entre Coquimbo y Concepción y como consecuencia que los tiempos del ciclo de vida también lo presentan, se construyeron modelos separados por zona de pesca para cada especie. El modelo conceptual de *Pleuroncodes monodon* fue el más completo, en tanto los modelos para *C. johni* y *H. reedi* tienen aún algunos vacíos de información en las etapas larvales que necesitan ser abordados en investigaciones futuras. Sin embargo, se puede concluir que la posición y permanencia de las larvas en el plancton difiere en las 3 especies al igual que las épocas y zonas de reclutamiento. Se modeló la trama trófica del ecosistema marino frente a Chile centro - norte y centro - sur (III a VIII Regiones) utilizando el software Ecopath with Ecosim (EwE). El modelo para el año 1997 resume información biológica y pesquera de los principales grupos tróficos del

sistema, con énfasis en los recursos pesqueros tradicionales, sus presas y predadores (23 grupos funcionales más cuatro flotas). Desde el modelo se destaca que los principales predadores de langostino amarillo, langostino colorado y camarón nailon, esto es, la merluza común y lenguado de ojos grandes, tienen efectos negativos directos sobre la fracción juvenil de las tres especies de crustáceos. La flota de arrastre camaronero/langostinero tiene efectos negativos directo sobre la biomasa de langostinos y camarón, mientras que las otras flotas (cerco de jurel, cerco de pequeños pelágicos y arrastre merlucero) también tienen efectos negativos.

Para evaluar el impacto de forzantes ambientales sobre la dinámica del stock de langostino amarillo, langostino colorado y camarón nailon se simuló, a un plazo de 32 años (1) el aumento y (2) la disminución de 50% de la biomasa de los productores (fitoplancton) como respuesta a un forzante ambiental. También se analizó el impacto de (3) la disminución de la pesca de este recurso y (4) el impacto de una moratoria a la pesquería de este recurso. El incremento de la biomasa de los productores se traduce en incrementos por sobre 100% de la biomasa de las tres especies de crustáceos, mientras que la reducción de 50% de la biomasa de fitoplancton condujo a la casi extinción de las tres especies de crustáceos, siendo el camarón nailon el afectado en menor plazo. En ambos escenarios de simulación, los juveniles de las tres especies mostraron menor variabilidad, las fluctuaciones más fuertes ocurrieron en los adultos de camarón nailon y langostino amarillo.

EXECUTIVE SUMMARY

An extensive bibliographic review was carried out, which in general included the following aspects: analysis of various definitions of the concept of recruitment, habitats associated with the process, zones or breeding areas of marine organisms with emphasis on demersal crustacean species. In particular, the available information on the presence and spatial distribution of juvenile red squat lobster *Pleuroncodes monodon*, yellow squat lobster *Cervimunida johni* and nylon shrimp *Heterocarpus reedi*, demersal crustaceans exploited in the central zone of Chile, between the Coquimbo and Biobío Regions, was reviewed.

With the background information collected, a summary table of bibliographic information on 9 topics was constructed: Biology, Reproduction, Diet, Distribution, Genetics, Life History, Parasites, Fisheries and Trophic Relationships in the 3 demersal crustaceans studied. The available information is mainly derived from the study of *Pleuroncodes monodon*, especially focused on fisheries and reproductive topics. The studies reviewed describe this species as a resident of the Minimum Oxygen Zone (MOZ), temporal and seasonal variations in recruitment, population growth, life history traits, energy content, etc., are described. As a special consideration of the above, several authors, since the 90's, suggest that the temporal variability of oceanographic variables, especially oxygen content and bottom temperature, both drivers that modulate metabolic aspects in aerobic species, should be incorporated in population and fish stock studies. Based on the evidence on the reproductive success and energy content of *P. monodon*, its reproductive seasonality would be influenced by the seasonal variability of the BMZ over the continental shelf in the benthic population.

In addition, an exhaustive bibliographic review was made of 71 projects carried out with financing from the Fisheries Research Fund (FIP), currently the Fisheries and Aquaculture Research Fund (FIPA), in the Crustacean Fisheries Subprogram, from 1993 to this project, whose content can be summarized, in decreasing order of number of studies and percentage of the total, as Direct Stock Assessments (47; 66.2%), Technological (9; 12.7%), Indirect Stock Assessments (8; 11.3%), Biological or Life History (5; 7%), Methodological (1; 1.4%) and Administration or Management (1; 1.4%). Annex 1 also provides the categorization of all these projects in terms of the validity and usefulness of the information for this project.

During the autumn and winter campaigns, the region of Coquimbo was characterized by favorable winds for upwelling (towards the equator) with magnitudes not exceeding 6 m/s, considered weak according to their seasonality (maximum in spring and summer, minimum in autumn and winter). In the coastal zone, the sea surface temperature showed a rather homogeneous structure with similar temperatures (\sim 13°C) for both campaigns, while in winter the oceanic zone was characterized by a marked thermal front. On the other hand, surface satellite chlorophyll-*a* was very low with the exception of Coquimbo and Herradura bays, seasonal conditions characteristic of the region. In the Biobío region, satellite images of surface temperature showed lower water temperatures along the coast and the presence of low-temperature water plumes extending into the ocean in both sampling periods. The satellite chlorophyll-*a* images showed differences between sampling periods, with higher chlorophyll-*a* concentration along the coast in December (summer), values that extended into the oceanic zone above the cold-water plume only that month, while in April (autumn) the highest chlorophyll-*a* values were restricted to only a couple of locations in the Gulf of Arauco and Concepción Bay.

A SEABIRD model 19 plus V2 multiparameter profiler was used to describe the fall and winter hydrographic conditions along the transect off La Herradura Bay. The results of the autumn and winter campaigns showed a weakly stratified water column, with surface temperatures of about 13°C, and a vertical gradient of \sim 1°C/100 m. Salinity presented values ranged between 34.3 and 34.7 with a saline minimum located between 30 and 80 m depth in autumn and winter, respectively. With respect to oxygen concentration in the water column, the autumn campaign was characterized by a shallower oxycline (30 m) than in winter (80 m), and lower concentrations in the surface layer, which did not exceed 4 ml/l, while under the oxycline the concentrations decreased rapidly to values less than 1 ml/l. Fluorescence presented high values (10 mg/m³) in the winter campaign, mainly near the coast and in the first 20 m depth. On the other hand, when considering the thermo-saline indices, it was possible to identify that the water masses present in the northern study area are the Subantarctic Surface Water (ASSA) and the Equatorial Subsurface Water (AESS). With respect to the Biobío Region, the sampling and analysis activities of the hydrography data obtained in the cruises carried out the last week of December 2018 and the last week of April

2019, corresponding to the summer and autumn seasons, respectively, are reported. The analysis of the hydrographic data from the summer cruise shows that coastal upwelling conditions developed during that period, with a thermocline, halocline and pycnocline that decreased in depth from the more oceanic zone to the coastal zone. In parallel, dissolved oxygen concentrations of less than 1 ml O_2/L were determined throughout the entire water column at the coastal stations. In April 2019, the water column was shown to be more oxygenated, with values above 3.5 ml O_2/L up to 25 m depth and values below 0.2 ml O_2/L only below 100 m depth.

In the Coquimbo Region, in the samplings conducted in winter 2018 with Agassiz dredge, juveniles of the target species were found in different depth strata. Only one specimen of juvenile *C. johni* was found at 260 m; juvenile red squat lobster were caught at 180 m at station (E2), with a concentration of 0.4 ml O₂ L-1, in the zone of minimum oxygen (ZMO), with a size frequency distribution composed of two modes of cephalothoracic length (LC), one around 8 mm and the second, around 10 mm. At stations E3 and E4 of the same cruise, juvenile nylon shrimp were captured at 206 and 420 m, in the OMZ, at dissolved oxygen concentrations of 0.24 and 0.76 ml O₂ L-1, respectively. At these stations, the average cephalothorax length (CL) was 9.3 ± 0.13 mm and ranged from 10 to 28.4 mm, respectively. In the Biobío Region, in spring 2018, juvenile specimens of *P. monodon* were found at stations 2 and 3, at 112 and 115 m depth, respectively. At station 4, the capture of the three resources was achieved, but no juveniles of *P. monodon*, *C. johni* or *H. reedi* were found, but adults with their bycatch fauna were found.

In order to determine the effect of key environmental and density-dependent factors on juvenile growth and survival rates, a semi-automated laboratory system was implemented under controlled conditions of temperature and oxygen inside a refrigeration unit, installed in the premises of the Universidad Católica del Norte. Pre-experiments were conducted to determine the maximum amount of food consumed by the juveniles and to calculate the amount of food/individual that should be available during the long incubation (growth) and feeding rate experiments. Then, experiments related to temperature, oxygen and food availability were carried out, which were only conducted on juvenile Pleuroncodes monodon.

Growth rate was evaluated under normoxic conditions at two temperatures 11° C (0.075 mm/day) and 15° C (0.019 mm/day) during 38 days of incubation. The growth rate was significantly different (p<0.05) as a function of temperature. Although molts were more frequent at 15° C, the increase in length, measured as cephalothorax length (mm), was lower only after 38 days of incubation, since no significant differences between temperature treatments were recorded previously. The increase in biomass was not different between treatments.

The behavior of juveniles was analyzed as a function of food availability by means of 1 h post-entry recordings, under normoxic conditions at 11° C. Four food treatments were set, the maximum food condition was determined with the pre-experiments (0.075 g pellet for 5 individuals of the experimental unit). The following treatments corresponded to half of the previous treatment, except for treatment 4 which corresponded to 0.018 g pellet + 1,5000 live *Artemia*. In general, the organisms were more active when in the presence of live food (treatment 4). The behaviors observed were: antagonistic behaviors (fights for food), monopolization of the food bolus, use of chelipeds for feeding and use of maxillipeds 3 to manipulate food. In general, juveniles may perform two or three of these behaviors in parallel. Antagonistic behaviors and the use of chelipeds 3 for feeding were more frequent in the treatments with less food (3 and 4), the rest of the behaviors did not differ between treatments.

The determination of size, biomass and biochemical composition parameters of juvenile individuals of the red squat lobster fishery resource *P. monodon* was carried out at the Laboratory of Hydrobiological Resources (LRH) of the Faculty of Sciences of the UCSC. The juvenile individuals of red squat lobster, both males and females, presented similar size (cephalothorax length, LC) in the nursery area off the coast of the Biobío region. With respect to biomass parameters, there were variations in wet and dry weight between sexes, with higher values in females than in males, while ash weight did not show significant differences. In the analysis of biochemical composition, consistent variations were determined in all the biochemical constituents analyzed (proteins, carbohydrates and lipids) between sexes, which are clearly distinguished by higher average values (per individual and in %) in females than in males. Variations in the content of essential fatty acids (EPA, DHA, Oleic and Palmitic)

between sexes of juvenile red squat lobster are fundamental in the development and maturity of the gonads in females.

As part of the recognition of the larvae of the target species in the plankton, oviparous females of nylon shrimp *H. reedi* were kept in the laboratory, which allowed us to describe for the first time the embryonic and larval development of the species, a fundamental background to later recognize the different larval stages in the planktonic samples collected during this project and to review those obtained in previous research. The larval development of *P. monodon* and *C. johni* squat lobsters was also included, with the same purpose of being able to identify them adequately in the planktonic samples. It is also important to highlight the observation, under laboratory conditions, of negative phototactism and the permanence of *H. reedi* larvae at the bottom of the aquaria, whose proximal and morphological state was optimal. These observations could allow us to hypothesize that *H. reedi* larvae would be absent from the euphotic and/or photic zone in the water column, remaining near the bottom, which should be tested later.

Analysis of the stomach contents of the bigeye flounder revealed a diet supported by P. *monodon*, both in frequency of occurrence and numerically, followed by the stomatopod *Pterygosquilla armata*. The most digested prey items did not make it possible to identify which species was involved, which is why the indeterminate squat lobsters could be assigned to *P. monodon* and *C. johni*. The yellow squat lobster showed a lower frequency of specimens in the stomach contents. The modal size of *P. monodon* juveniles of 6 - 7 mm LC in both autumn and winter was more frequent in the stomach contents of flounder, suggesting the presence of age group 0 in the commercial fishing grounds where this fish was caught.

In order to analyze the biomass stability of demersal crustaceans, biomass changes by Fishery Unit (UPNorth and UPSouth) were evaluated using the basic feedback structure considering first-order density-dependent effects. The autocorrelation and partial autocorrelation functions of the time series revealed the presence of a first-order autoregressive structure. The rate of change Rt = log (Bt/Bt-1) was significantly explained by the previous year's biomass in nylon shrimp, UPS yellow squat lobster and UPN red squat lobster. Biomass changes of yellow

squat lobster are positively associated between both Fishery Units, while biomass changes between red squat lobster and nylon shrimp are positively associated in each Fishery Unit. The effects of environmental and biological variables on the modeling approach used should be evaluated.

The time series of demersal crustacean recruitment to the exploitable fraction are characterized by being non-stationary, with structural changes showing break points that determine changes in the level of productivity. In the longer time series, such as nylon shrimp in UPN (1961 -2019), nylon shrimp in UPS (1945 - 2019), and red squat lobster in UPS (1968 - 2019), 5, 3 and 3 breakpoints were detected; while in yellow squat lobster a breakpoint was detected in 2011. The stock-recruit relationships incorporating these changes in recruitment had a better statistical performance, implying dynamic reference changes in the productivity of these resources. Likewise, three patterns of fluctuation in the recruitment of demersal crustaceans were found. The pattern of change that characterizes the nylon shrimp in the UPN stands out; that is, blocks of several years that express either low or high recruitments that alternate between periods of irregular transitory duration. Similar behavior was observed for nylon shrimp at UPS, except that the recruitment variability in this case is higher and with shorter blocks of years. This situation also characterizes the recruitment of yellow and red squat lobsters from the UPN and red squat lobster from the UPS. Finally, there is a pattern of residual variation that shows a declining trend in recruitment between 2000 and 2019, a situation that characterizes the yellow squat lobster in the UPS. The second pattern of common fluctuations in recruitment was sensitive to decadal climate variability, represented by the Humboldt Current Index, implying that recruitment success of most demersal crustaceans is associated with climatic conditions imposed by an intense anticyclone, which determines cold conditions and intense upwelling. Persistent conditions at these scales could affect bottom conditions and settlement of pelagic zoeas and recruitment of benthic crustaceans. In addition, probably the release of larvae in favorable or unfavorable environmental conditions related to oxygen could explain the variability of recruitment of demersal crustaceans, as has been suggested for the case of the red squat lobster.

Based on the bibliographic information and the data processed in this study, conceptual models of the life cycles of the 3 species of demersal crustaceans were constructed. In addition to biological information, environmental forcings that could be modulating reproductive timing, such as OMZ retreat and upwelling, were included. Given that environmental variability has a lag between Coquimbo and Concepción, and as a consequence, life cycle times also have a lag, separated models were constructed for each species by fishing zone. The conceptual model for *Pleuroncodes monodon* was the most complete, while the models for *C. johni* and *H. reedi* still have some information gaps in the larval stages that need to be addressed in future research. However, it can be concluded that the position and permanence of larvae in the plankton differs in the 3 species as well as the times and zones of recruitment.

The trophic web of the marine ecosystem off central-northern and central-southern Chile (III to VIII Regions) was modeled using Ecopath with Ecosim (EwE) software. The model for 1997 summarizes biological and fishery information of the main trophic groups of the system, with emphasis on traditional fishery resources, their prey and predators (23 functional groups plus four fleets). The model highlights that the main predators of yellow squat lobster, red squat lobster and nylon shrimp, i.e., common hake and bigeye flounder, have direct negative effects on the juvenile fraction of the three crustacean species. The shrimp/ squat lobster trawl fleet has direct negative effects on shrimp and squat lobster biomass, while the other fleets (jack mackerel purse seine, small pelagic purse seine and whiting trawl) also have negative effects.

To evaluate the impact of environmental forcing on the stock dynamics of yellow squat lobster, red squat lobster and nylon shrimp, we simulated, over 32 years, (1) the increase and (2) the decrease of 50% of the biomass of the producers (phytoplankton) in response to an environmental forcing. The impact of (3) the decrease in fishing for this resource and (4) the impact of a moratorium on fishing for this resource were also analyzed. The increase in the biomass of the producers translates into increases of over 100% in the biomass of the three crustacean species, while the 50% reduction in the biomass of phytoplankton led to the near extinction of the three crustacean species, with nylon shrimp being the least affected. In both

simulation scenarios, the juveniles of the three species showed less variability, with the strongest fluctuations occurring in the adults of nylon shrimp and yellow squat lobster.

ÍNDICE GENERAL

	F	'ág.
CO	OMPOSICIÓN Y ORGANIZACIÓN DEL EQUIPO PROFESIONAL Y TÉCNICO	i
RE	ESUMEN EJECUTIVO	v
EX	ECUTIVE SUMMARY	xiii
ÍNI	DICE GENERAL	xxi
ÍNI	DICE DE TABLAS	xxvi
ÍNI	DICE DE FIGURAS	xxx
ÍNI	DICE DE ANEXOS	xliv
1.	OBJETIVO GENERAL	1
2.	OBJETIVOS ESPECIFICOS	1
3.	ANTECEDENTES	2
4.	METODOLOGÍA DE TRABAJO	5
	4.1. OBJETIVO ESPECÍFICO 1	5
	4.1.1. Revisión de información bibliográfica.	5
	4.1.2. Selección de dos zonas o rangos latitudinales, en las Regiones de	
	Coquimbo y Biobío	8
	4.1.5. Muestreo en las zonas o rangos latitudinales seleccionados en las Regiones de Coquimbo y Biobío	9
	4.1.3.1. Muestreos bentónicos	15
	4.1.3.1.1. Rastra Agassiz	15
	4.1.3.1.2. Filmaciones	16
	4.2. OBJETIVO ESPECIFICO 2	17
	4.2.1. Rastra Agassiz	17
	4.2.2. Box-corer o draga	17
	4.2.3. Perfiles oceanograficos	18
	Disuelto, Fluorescencia)	
	4.2.4. Climatología	20
	4.2.4.1. Vientos	20
	4.2.4.2. Temperatura superficial del mar y Clorofila -a	20
	4.2.4.3. Nivel del mar	21
	4.2.5. Muestreo Químico	22
	4.3. OBJETIVO ESPECIFICO 3	23
	4.3.1. Identificación de focos de abundancia	23
	4.3.2. Diseño de muestreo espacial de la zona de estudio	24

4.4.	OBJETIV	/O ESP	ECIFICO 4	27
	4.4.1.	Análisi	s de condición (tamaño, peso)	28
	4.4.2.	Estado	nutricional	29
	4.4.3.	Determ	inación isotópica	30
4.5.	OBJETIV	/O ESP	ECIFICO 5.	32
	4.5.1.	Obtenc	ión de juveniles vivos	32
	4.5.2.	Condic	iones experimentales	33
	4.5.3.	Crecim	iento en función de la temperatura	33
	4.5.4.	Crecim	iento de juveniles a diferentes condiciones de oxígeno	34
	4.5.5.	Evaluar	r el comportamiento con respecto a la disponibilidad de	
		aliment	0:	35
4.6.	OBJETIV	/O ESP	ECIFICO 6	36
	4.6.1.	Relació	on con el reclutamiento.	39
	4.6	5.1.1.	Fuentes de datos	40
	4.6	5.1.2.	Distribución espacial y de las reclutas y juveniles	40
	4.6.2.	Relació	on con variables pesqueras	41
	4.6	5.2.1.	Porcentaje de incidencia de hembras ovíferas a lo largo del	
			año	43
	4.6	5.2.2.	Composición de estadios de huevos a lo largo del año	45
	4.6	5.2.3.	Proporción sexual	47
	4.6	5.2.4.	Distribución espacio-temporal de esfuerzo pesquero	49
	4.6	5.2.5.	Abundancia y Área de distribución de los recursos por	
			Unidad de Pesquería	52
	4.6	5.2.6.	Composición de tallas modales para pesquería norte y sur	55
	4.6	5.2.7.	Presencia de larvas de especies objetivo en el plancton	61
	4.6	5.2.8.	Series temporales de la fauna acompañante de las especies	
			objetivo	63
	4.6	5.2.9.	Compilar series temporales de especies demersales con	
			posible rol predador	65
	4.6	5.2.10.	Dietas de especies predadoras	65
	4.6	5.2.11.	Métodos estadísticos	67
4.7.	OBJETIV	/O ESP	ECIFICO 7	71
	4.7.1.	Revisić	n de modelos y supuestos en evaluaciones	71
	4.7.2.	Revisić	n de modelos operacionales	72
	4.7.3.	Modela	ción ecosistémica	73
	4.7	7.3.1.	Modelo ECOPATH	73
	4.7	7.3.2.	Simulación	76
	4.7.4.	Variabi	lidad del reclutamiento, densidad-dependencia, densidad-	
		indeper	ndencia y procesos estocásticos	81
RESU	ULTADOS	5		86

5.

5.1. OBJETIVO ESPECÍFICO 1	86
5.1.1. Revisión de información bibliográfica	86
5.1.2. CONCLUSIONES	110
5.2. OBJETIVO ESPECIFICO 2	111
5.2.1 Perfiles oceanográficos CTD (Temperatura Salinidad Densidad	
Oxígeno Disuelto. Fluorescencia)	111
5.2.2. Climatología	117
5.2.2.1. Ciclo anual	118
5.2.2.2. Variabilidad interanual	127
5.2.2.4. Muestreo oceanográfico de otoño e invierno	132
5.2.2.4.1. Vientos	132
5.2.2.4.2. Temperatura superficial del mar	134
5.2.2.4.3. Clorofila a	135
5.2.3. CONCLUSIONES	142
5.3. OBJETIVO ESPECIFICO 3	143
5.3.1. Identificación de focos de abundancia	143
5.3.1.1. Muestreo con rastra Agassiz	143
5.3.1.1.1. Crucero FIPA-Cq1 (25/7/2018)	143
5.3.1.1.2. Crucero FIPA-VIII-01 (29/12/18)	143
5.3.1.1.5. Crucero FIPA-Cq3 (20/01/20)	148
5.3.1.2. Distribución de tallas de los juveniles	150
5.3.1.2.1. Crucero FIPA-Cq1 (25/7/2018)	150
5.3.1.2.2. Crucero FIPA-VIII-01	152
5.3.1.2.3. Crucero FIPA-Cq3 (03/09/19)	154
5.3.1.2.4. Crucero FIPA-VIII-02 (27/04/19)	155
5.3.1.2.5. Crucero FIPA-Cq4 (20/01/2020)	156
5.3.1.3. Distribución de frecuencia de tallas en caladeros de pesca	
de la VIII Región	158
5.3.2. CONCLUSIONES	162
5.4. OBJETIVO ESPECIFICO 4	163
5.4.1. Antecedentes	163
5.4.2. Objetivos	164
5.4.3. Metodología	165
5.4.3.1. Recolección de individuos	165
5.4.3.2. Determinación de sexo, tamaño y biomasa corporal	166
5.4.3.3. Análisis de composición bioquímica (proteínas,	
carbohidratos, lípidos, ácidos grasos)	167
5.4.3.4. Análisis estadísticos	168
5.4.4. Resultados	169
5.4.4.1. Tamaño y biomasa corporal	169

	5.4.4.2. Composición bioquímica (proteínas. carbohidratos. lípidos.	
	ácidos grasos)	171
	5.4.5. CONCLUSIONES	176
5.5.	OBJETIVO ESPECIFICO 5	178
	5.5.1. Sistema de mantención de juveniles de langostinos en laboratorio,	178
	5.5.2. Sistema de bombeo peristáltico,	186
	5.5.3. Obtención de juveniles vivos	188
	5.5.4. Condiciones experimentales	189
	5.5.5. Crecimiento en función de la temperatura	190
	5.5.6. Crecimiento de juveniles a diferentes condiciones de oxígeno	195
	5.5.7. Comportamiento de juveniles con respecto a la disponibilidad de	
	alimento: experimento previo de consumo de alimento,	195
	5.5.7.1. Protocolo de cálculo de consumo máximo de alimento en	
	juveniles,	195
	5.5.7.2. Procesamiento del alimento post experimento	196
	5.5.7.3. Eclosión de larvas de <i>Artemia</i>	196
	5.5.7.4. Alícuota de <i>Artemia</i>	197
	5.5.8. Experimento: comportamiento con respecto a la disponibilidad de	
	alimento	197
	5.5.9. CONCLUSIONES	203
5.6.	OBJETIVO ESPECIFICO 6	204
	5.6.1. Relación entre el reclutamiento y variables pesqueras	204
	5.6.2. Relación con reclutamiento	222
	5.6.2.1. Proporción anual de reclutas y juveniles	222
	5.6.2.1.1. Langostino amarillo	222
	5.6.2.1.2. Langostino colorado	223
	5.6.2.1.3. Camarón nailon	226
	5.6.2.2. Distribución espacial de la proporción de reclutas y	
	juveniles	228
	5.6.2.2.1. Langostino amarillo	228
	5.6.2.2.2. Langostino colorado	232
	5.6.2.2.3. Camarón nailon	232
	5.6.2.3. Análisis espacio-temporal de proporción de reclutas y	
	juveniles	237
	5.6.2.3.1. Langostino amarillo	237
	5.6.2.3.2. Langostino amarillo	237
	5.6.2.3.3. Camarón nailon	237
	5.6.2.4. Relación con variables pesqueras	241
	5.6.2.4.1. Presencia de larvas de especies objetivo en el plancton	241

	5.6.2.4.1.1. Observaciones sobre la mantención de hembras con	
	huevos y larvas de Heterocarpus reedi en laboratorio 24	1
	5.6.2.4.1.2. Observaciones sobre la mantención de larvas de	
	Pleuroncodes monodon y Cervimunida johni en	
	laboratorio25	4
	5.6.2.4.2. Muestreos planctónicos	8
	5.6.1.4.2.1. Muestreos planctónicos Región de Coquimbo 25	8
	5.6.1.4.2.2. Muestreos planctónicos Región del Biobío	5
	5.6.2.4.3. Dietas de especies predadoras	1
	5.6.2.4.3.1. Análisis del contenido estomacal de lenguado de ojos	
	grandes	1
	5.6.3. CONCLUSIONES	5
	5.7. OBJETIVO ESPECIFICO 7	9
	5.7.1. Análisis estructural de la biomasa de crustáceos demersales	9
	5.7.2. Cambios de biomasa de crustáceos bentónicos	6
	5.7.3. Modelación ecosistémica	9
	CONCLUSIONES	7
6.	Taller de presentación de resultados 30	9
7.	DISCUSION	3
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	6
9.	Plan detallado de asignación del personal profesional y técnico,	0
		4

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1.	Posición geográfica y profundidad (veril) de las estaciones bio-oceanográficas realizadas durante los cruceros FIPA-Cq1 (24 - 25/7/2018), FIPA-Cq2 (24 - 25/5/2019), FIPA-Cq3 (3/9/2019) y FIPA-Cq4 (20/1/2020), en la Región de Coquimbo.	12
Tabla 2.	Posición geográfica y profundidad (veril) de las estaciones bio-oceanográficas realizadas durante los cruceros FIPA-VIII-1 (28/12/2018), FIPA-VIII-2 (26-27/04/2019) y FIPA VIII-3 (26-27/08/2019)., en la Región del Biobío	13
Tabla 3.	Posición geográfica y profundidad (veril) de las estaciones de muestreo bentónico con rastra realizadas durante los cruceros FIPA-Cq1 (24 - 25/7/2018), FIPA-Cq2 (24 - 25/5/2019), FIPA-Cq3 (3/9/2019) y FIPA-Cq4 (20/1/2020), en la Región de Coquimbo.	15
Tabla 4.	Posición geográfica y profundidad (veril) de las estaciones de muestreo bentónico con rastra realizadas durante los cruceros FIPA-VIII-1 (28/12/2018), FIPA-VIII-2 (26-27/04/2019) y FIPA VIII-3 (26-27/08/2019), en la Región del Biobío.	16
Tabla 5.	Muestras de estómagos de lenguado de ojos grandes (<i>H. macrops</i>) en los caladeros de pesca de la Región del Biobío a la cuadra de Achira entre marzo y octubre de 2018.	27
Tabla 6.	Listado de Proyectos FIPA de crustáceos demersales del Subprograma Crustáceos 1993 – 2017 (www.fipa.cl) e IFOP. Acrónimos: INP=INPESCA, FPCT= Fundación Parque Científico Tecnológico, Afta. CIMAR=Consultora CIMAR, UdelM=U. del Mar.	38
Tabla 7.	Organización de las publicaciones de las especies <i>P. monodon, C. johni</i> y <i>H. reedi</i> consultadas y analizadas en la revisión bibliográfica, por especie(s) objetivo(s), temática, tópicos y área geográfica, categorización y observaciones. Nomenclatura: rojo , aporte menor; amarillo , aporte regular y verde , aporte significativo al objetivo general del proyecto.	102
Tabla 8.	Número de individuo totales e individuos/m ² de cada especie objetivo recolectados mediante rastra, por profundidad durante el Cruceros FIPA-Cq1 (25/7/2018), FIPA-Cq3 (03/9/2019), FIPA Cq4 (20-01-2020) y FIPA-VIII-01 (29/12/18), FIPA-VIII-02 (27/04/19) y FIPA-VIII-03 (27/08/19), en la Región de Coquimbo y Biobío, respectivamente. jPm: juveniles de <i>P. monodon;</i> jCj : juveniles de <i>C. johni;</i> jHr : juveniles de <i>H. reedi.</i>	144
Tabla 9.	Frecuencia de tallas de los ejemplares adultos de los crustáceos demersales capturados en la Estación E4 del Crucero FIPA-VIII-01 (29/12/18), Pm: <i>P. monodon</i> ; Cj: <i>C. johni</i> ; Hr: <i>H. reedi</i>	153

Tabla 10.	Frecuencia de tallas de los ejemplares adultos de los crustáceos demersales capturados en la Estación E4 del Crucero FIPA-VIII-01 (29/12/18). Pm: <i>P. monodon</i> ; Cj: <i>C. johni</i> ; Hr: <i>H. reedi</i>	154
Tabla 11.	Frecuencia de tallas de los ejemplares de crustáceos demersales capturados por la flota a la cuadra de Punta Achira, Itata y Chanco entre marzo y octubre de 2018. Pm: <i>Pleuroncodes monodon;</i> Cj : <i>Cervimunida johni;</i> s/m: sin muestra.	158
Tabla 12.	Posición geográfica y profundidad (veril) de las estaciones hidrográficas realizadas el 28 de diciembre de 2018.	165
Tabla 13.	Perfil de ácidos grasos (AG) de individuos juveniles (machos vs hembras) del langostino colorado, <i>P. monodon</i> , capturados en áreas crianza frente a las costas de la región del Biobío. Valores promedios \pm desviación estándar en mg·g·PS-1, en paréntesis AG son expresado en %.	175
Tabla 14.	Equipos e infraestructura por módulo	181
Tabla 15.	Número total de equipos por módulos instalados	182
Tabla 16.	Resumen de experimento de crecimiento de <i>P. monodon</i> en condiciones de normoxia (N) a dos temperaturas (11°C y 15°C). Se muestran los valores promedio de crecimiento de largo de cefalotórax (LC) y desviación estándar (sd) al inicio del experimento (día 1), luego de 17 días y al final del experimento (38 días). Se reporta la diferencia en tamaño promedio luego de 17 y 38 días. La tasa de crecimiento (LC mm/día) se calculó a 17 (*) y 21 (**)	
	días de incubación	193
Tabla 17.	Resumen del experimento de aumento en biomas de <i>P. monodon</i> en condiciones de normoxia (N) a dos temperaturas (11°C y 15°C). Se muestran los valores promedio de crecimiento en biomasa (g) y desviación estándar (de) al inicio del experimento (día 1) y al final del experimento (38 días). Se reporta la diferencia en tamaño promedio luego de 38 días. La tasa de crecimiento (g/día) se calculó a 38 días de incubación.	194
Tabla 18.	Registro promedio de Comportamiento de monopolización de alimento en 4 tratamientos de disponibilidad de alimento. Tratamiento 1 (Trat1): 0,075 g de alimento, Tratamiento 2 (Trat2): 0,0375 g de alimento, Tratamiento 3 (Trat3): 0,018 g de alimento y Tratamiento 4 (Trat4): 0,018 g de alimento + 1500 <i>Artemia</i> vivas. Comportamiento observado durante una hora de grabación	199
Tabla 19.	Registro promedio de eventos y duración de Comportamiento antagónico en 4 tratamientos de disponibilidad de alimento. Tratamiento 1 (Trat1): 0,075 g de alimento, Tratamiento 2 (Trat2): 0,0375 g de alimento, Tratamiento 3 (Trat3): 0,018 g de alimento y Tratamiento 4 (Trat4): 0,018 g de alimento + 1500 <i>Artemia</i> vivas. Comportamiento observado durante una hora de grabación	202

Tabla 20.	Test de Dickey-Fuller aumentado (Test ADF) para evaluar la estacionaridad de las series de tiempo de anomalías estandarizadas de reclutamiento de crustáceos demersales	215
Tabla 21.	Análisis de factor dinámico aplicado a las series de tiempo de las anomalías estandarizadas del logaritmo del reclutamiento de crustáceos demersales. El mejor modelo se indica en negritas (nomenclatura: m = número de patrones comunes, logLik= log-verosimilitud, K = número de parámetros, AICc = criterio de información de Akaike corregido).	217
Tabla 22.	Proporción (%) de reclutas de langostino amarillo en las capturas muestrales por Unidad de Pesquería (UPN: Unidad de Pesquería Norte, regiones de Antofagasta a Coquimbo; UPS: Unidad de Pesquería Sur, regiones entre Valparaíso y del Biobío) entre 2004 y 2017	222
Tabla 23.	Proporción (%) de juveniles de langostino amarillo en las capturas muestrales por Unidad de Pesquería y total entre 2004 y 2017	223
Tabla 24.	Proporción (%) de reclutas de langostino colorado en las capturas muestrales por Unidad de Pesquería y total entre 2004 y 2017	225
Tabla 25.	Proporción (%) de juveniles de langostino colorado en las capturas muestrales por Unidad de Pesquería y total entre 2004 y 2017	225
Tabla 26.	Proporción (%) de reclutas de camarón nailon en las capturas muestrales por Unidad de Pesquería y total entre 2004 y 2017	227
Tabla 27.	Proporción (%) de juveniles de langostino colorado en las capturas muestrales por Unidad de Pesquería y total entre 2004 y 2017	228
Tabla 28.	Abundancia larval de estadios de desarrollo del langostino amarillo <i>C. johni</i> (ind./1000m ³) por estrato de profundidad de los cruceros de muestreo del 25 de julio de 2018, 24 de mayo y 6 de septiembre, en la zona de Coquimbo	262
Tabla 29.	Abundancia larval de estadios de desarrollo del langostino amarillo P . monodon (ind./1000m ³), por estrato de profundidad de los cruceros de muestreo del 25 de julio de 2018, 24 de mayo y 6 de septiembre, en la zona de Coquimbo.	265
Tabla 30.	Abundancia promedio larval de langostino (ind., 1000m ⁻³) por estadio de desarrollo, estrato y periodo de muestreo (diciembre del 2018, abril y agosto del 2019), solo se consideró el número de estaciones positivas (NEP) y en paréntesis es la desviación estándar (5 estaciones por crucero).	266
Tabla 31.	Espectro trófico del lenguado de ojos grandes capturados en los caladeros de pesca comerciales de la flota langostinera. Se indica la frecuencia de ocurrencia (FO%) y numérica (N%) de los ítem presa.	272
Tabla 32.	Frecuencia de tallas de ejemplares mayores a 10 mm LC en los contenidos estomacales de lenguado de ojos grandes. Pm : <i>P. monodon</i> , Cj : <i>C. johni.</i>	273

Tabla 33.	Frecuencia de tallas de ejemplares menores a 10 mm LC en los contenidos estomacales de lenguado de ojos grandes. Pm: <i>P. monodon</i> , Cj: <i>C. johni</i>	274
Tabla 34.	Análisis estructural de las series de tiempo del reclutamiento de crustáceos bentónicos, donde yt= log(Rt) con el test F de Chow.	279
Tabla 35.	Modelos stock-recluta ajustados a los datos stock-recluta de camarón nailon. En negrita se destaca el mejor modelo entre los candidatos según el criterio de información de Akaike (AIC)	282
Tabla 36.	Modelos stock-recluta ajustados a los datos stock-recluta de langostino amarillo. En negrita se destaca el mejor modelo entre los candidatos según el criterio de información de Akaike (AIC)	283
Tabla 37.	Modelos stock-recluta ajustados a los datos stock-recluta de langostino colorado. En negrita se destaca el mejor modelo entre los candidatos según el criterio de información de Akaike (AIC)	284
Tabla 38.	Modelos denso-dependientes de orden 1, donde $R_t = \log(B_t/B_{t-1})$ es la función R, Relaciones significativas están destacadas en negrita	288
Tabla 39.	Matriz de correlación entre los cambios de biomasa entre especies y Unidades de Pesquería.	289
Tabla 40.	Nombres de los grupos funcionales incluidos en el modelo de la trama trófica del ecosistema marino de Chile centro-norte y centro-sur (III a VIII Región) del año 1997	290
Tabla 41.	Datos de entrada del modelo Ecopath que representa la trama trófica del ecosistema marino de Chile centro-norte y centro-sur (III a VIII Región) del año 1997. En negrita los valores estimados por Ecopath	293
Tabla 42.	Capturas/desembarques anuales (año 1997) de los grupos funcionales incluidos en el modelo de la trama trófica del ecosistema marino de Chile centro-norte y centro-sur (III a VIII Región)	294
Tabla 43.	Matriz de composición relativa de la dieta de los grupos funcionales incluidos en el modelo de la trama trófica del ecosistema marino de Chile centro-norte y centro-sur (III a VIII Región). Barros <i>et al.</i> (2014); Neira <i>et al.</i> (2014)	295
Tabla 44.	Evaluación de los contenidos presentados en el Módulo I del Taller del Proyecto FIPA N° 2017-66	312
Tabla 45.	Información sobre parámetros de historia de vida de crustáceos demersales utilizandos en modelos de evaluación de stock. Entre paréntesis se muestra la estimación del modelo de evaluación.	331

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1.	Mapa de la zona de estudio en la Región de Coquimbo. Los puntos amarillos y triángulos verdes representan la ubicación de las estaciones de muestreo, bentónico y planctónico, respetivamente, realizadas durante los Cruceros FIPA-Cq1 (25/7/2018), FIPA-Cq2 (23/5/2019), FIPA-Cq3 (3/9/2019) y FIPA-Cq4 (20/1/2020).	10
Fig. 2.	Mapa de la zona de estudio en la Región del Biobío. Los puntos amarillos y triángulos verdes representan la ubicación de las estaciones de muestreo bentónico y planctónico realizadas durante los Cruceros FIPA-VIII-1 (28/12/2018), FIPA-VIII-2 (26-27/04/2019) y FIPA VIII-3 (26-27/08/2019)	11
Fig. 3.	Mapa isotópico machos (negro) hembras (rojo) de langostino colorado	31
Fig. 4.	Distribución espacial de la densidad poblacional promedio (ton/mn2) de merluza del sur (<i>Merluccius australis</i>) en el verano de 2003. Tomado del Informe Final del proyecto "Bases metodológicas para el estudio del reclutamiento y ecología en merluza del sur y merluza de cola, zona sur-austral" (ver Neira <i>et al.</i> , 2015).	42
Fig. 5.	Estados de desarrollo embrionario y larvas de langostino colorado, a) Estado 1: huevos inmaduros; b) Estado 2: vitelo granuloso, pe: primordio embrionario; c) Estado 3: embriones con pigmentación negra oblicua en los ojos; d) Estado 4: embriones con ojos ovalados totalmente pigmentados; e) Larva recién eclosionada, mostrando la curvatura propia inicial; f) Larva extendida, minutos después de la eclosión.	46
Fig. 6.	Distribución espacial del rendimiento de pesca (kg/h.a.) de langostino amarillo entre las regiones de Atacama y Biobío 2002 – 2019 (Zilleruelo <i>et al.</i> , 2020).	50
Fig. 7.	Distribución espacial del rendimiento de pesca (kg/h.a.) de langostino colorado entre las regiones de Atacama y Biobío (Zilleruelo <i>et al.</i> , 2020)	51
Fig. 8.	Distribución espacial del rendimiento de pesca (kg/h.a.) de camarón nailon entre la II y VIII Región, 1997 – 2019 (Zilleruelo <i>et al.</i> , 2020)	52
Fig. 9.	Evolución temporal de la biomasa (toneladas) de langostino colorado (<i>P. monodon</i>) entre 1999 y 2013 (Acuña <i>et al.</i> , 2014)	53
Fig. 10.	Evolución temporal de la biomasa (toneladas) de langostino amarillo (<i>C. johni</i>) entre 1999 y 2013, Acuña <i>et al.</i> (2014)	54
Fig. 11.	Trayectoria de las estimaciones de biomasa de camarón nailon mediante área barrida entre las regiones de Antofagasta y del Biobío desde el año 2000 al 2016. Se omitieron los intervalos de confianza para resaltar solo la trayectoria (Alarcón <i>et al.</i> , 2017)	55

Fig. 12.	Distribución histórica de frecuencia de longitud cefalotorácica de langostino amarillo por sexo en la Unidad de Pesquería Norte, Periodo 1997-2019. Zilleruelo <i>et al.</i> (2020)	56
Fig. 13.	Distribución histórica de frecuencia de longitud cefalotorácica de langostino amarillo por sexo en la Unidad de Pesquería Sur. Periodo 1997-2019. Zilleruelo <i>et al.</i> (2020).	57
Fig. 14.	Distribución histórica de frecuencia de longitud cefalotorácica de langostino colorado por sexo en la Unidad de Pesquería Norte. Periodo 1998-2019, Zilleruelo <i>et al.</i> (2020)	58
Fig. 15.	Distribución histórica de frecuencia de longitud cefalotorácica de langostino colorado por sexo en la Unidad de Pesquería Sur. Periodo 1992 - 2019. Zilleruelo <i>et al.</i> (2020)	59
Fig. 16.	Distribución histórica de frecuencia de longitud cefalotorácica de camarón nailon por sexo en las Unidades de Pesquería Norte (UPN) y Sur (UPS). Periodo 1997-2019. Zilleruelo <i>et al.</i> (2020)	60
Fig. 17.	Estadios tempranos del desarrollo larval de langostino amarillo (izquierda) y langostino colorado (derecha)	61
Fig. 18.	Larvas zoeas de <i>P. monodon</i> , paneles superiores A: zoea sin urópodos, B: cefalotórax de zoea con urópodos, C: telson de zoea con urópodos, y <i>Cervimunida johni</i> , paneles inferiores A: zoea sin urópodos, B: cefalotórax de zoea con urópodos, C: telson de zoea con urópodos	62
Fig. 19.	Juveniles de langostino amarillo (izquierda) y de langostino colorado (derecha).	62
Fig. 20.	Representación de los flujos entre la fracción vulnerable (V <i>i</i>) e invulnerable (B <i>i</i> – V <i>i</i>) de la biomasa de una presa dada en EwE. El parámetro a <i>ij</i> es la tasa de búsqueda de la presa <i>i</i> por el predador <i>j</i> , <i>v</i> es la tasa de intercambio entre el estado vulnerable y el invulnerable. El balance instantáneo entre ambos estados de la biomasa de la presa implica que V <i>i</i> = <i>v</i> B <i>i</i> /(2 <i>v</i> + <i>a</i> B <i>j</i>). Modificado de Walters <i>et al.</i> (1997).	79
Fig. 21.	Esquema del modelo que ilustra las interacciones potenciales entre el efecto trófico modulados indirectamente y directamente por factores ambientales. Nt representa la abundancia poblacional, las funciones $f, g y h$ describen los cambios en la población según las interacciones dadas por la dirección de las flechas y definidas por las derivadas parciales.	82
Fig. 22.	Variables hidrográficas de a) temperatura, b) salinidad, c) oxígeno disuelto, d) fluorescencia y e) sigma-t obtenidas en una transecta frente a la bahía La Herradura el 23 de mayo de 2019. El panel f) muestra el diagrama TS	. 113

Fig. 23.	Variables hidrográficas de a) temperatura, b) salinidad, c) oxígeno disuelto, d) fluorescencia y e) sigma-t obtenidas en una transecta frente a la bahía La Herradura el 25 de julio de 2018. El panel f) muestra el diagrama TS	114
Fig. 24.	Secciones de temperatura, salinidad, sigma-t y fluorescencia obtenidos del muestreo nocturno (N) correspondiente al crucero de diciembre del 2018	114
Fig. 25.	Perfiles verticales de concentración de clorofila a (panel izquierdo) y feopigmentos (panel derecho) obtenidos en las estaciones 2 y 3, durante diciembre del 2018.	116
Fig. 26.	Perfiles verticales de la concentración de oxígeno disuelto (ml/L) obtenidos de la estación 2, durante los cruceros de diciembre del 2018 (a) y abril del 2019 (b)	117
Fig. 27.	Ciclo anual del viento obtenido a partir de la salida de un modelo atmosférico acoplado (CFSv2). La magnitud está representada en colores y la dirección en flechas negras. Para la confección del ciclo anual se tomó el periodo entre enero 2003 hasta noviembre 2018.	119
Fig. 28.	Ciclo anual de la velocidad geostrófica y altura del nivel del mar obtenido a partir de información de altimetría satelital. Las flechas negras representan la magnitud y dirección de la corriente geostrófica, y en colores la altura del nivel del mar. Para la confección del ciclo anual se tomó el periodo entre enero de 2003 hasta noviembre de 2018.	120
Fig. 29.	Ciclo anual de la temperatura superficial del mar obtenido del producto MUR - JPL, Para la confección del ciclo anual se tomó el periodo entre enero de 2003 hasta noviembre de 2018.	121
Fig. 30.	Ciclo anual de clorofila-a obtenido desde MODIS. Para la confección del ciclo anual se tomó el periodo entre enero 2003 hasta noviembre 2018	122
Fig. 31.	Medias anuales (paneles de la izquierda) y sus respectivas desviaciones estándar (paneles de la derecha) de: (a) vientos en la superficie del mar (QuikSCAT), en ms ⁻¹ , la velocidad y la dirección del viento se muestran con flechas negras, una flecha de referencia en la esquina inferior derecha de la imagen, la magnitud está codificada por colores; (b) la velocidad del viento zonal está contorneada y codificada por colores; (c) la velocidad del viento meridional está contorneada y codificada por colores; (d) TSM (Pathfinder V5), en °C, codificado por colores y contorneado; (e) Flujo de calor neto de superficie (NOC1,1, enm-2), codificado por colores y contorneado (Sobarzo <i>et al.</i> 2007).	123
Fig. 32.	Campos medios mensuales para algunos meses del año de: (a) vientos en la superficie del mar (QuikSCAT), las unidades están en ms-1, las velocidades del viento se muestran con flechas negras, una flecha de referencia está en la esquina inferior derecha de la imagen; (b) Las unidades SST (Pathfinder V5)	

	están en °C, codificadas por color y contorneadas; (c) flujo de calor neto de superficie (NOC1,1), en m ² , codificado por colores y contorneado; y (d) tasa de lluvia (TRMM), en mm h 1, codificados por colores y contorneados (Sobarzo et al. 2007)	. 125
Fig. 33.	Evolución temporal (paneles a la izquierda) y ciclos anuales medios (paneles a la derecha) de: (a, g) vientos costeros (m s 1); (b, h) escurrimiento del río desde el Biobío (línea azul continua, m ³ s 1) y los ríos Itata (línea roja continua, m ³ s 1) y la tasa de lluvia (TRMM. mm h 1, mm mes 1, fuera de Dichato); (c, i) temperatura de la columna de agua (C); (d, j) salinidad de la columna de agua; (e, k) columna de agua, oxígeno disuelto (ml 1 1); y (f, k) sigma t (kg m 3). En la parte superior de los paneles de la izquierda se muestran las fechas de muestreo.	. 126
Fig. 34.	Variabilidad interanual de la a) componente E - (línea negra) y N - S (línea roja) del viento, b) de la componente E - (línea negra) y N - S (línea roja) de la corriente geostrófica satelital, c) de la temperatura superficial del mar satelital y d) de la clorofila satelital (MODIS). La información de las variables corresponde a una cuadrícula (10x10 km) obtenida frente a bahía La Herradura.	. 128
Fig. 35.	Variabilidad interanual de las anomalías de a) temperatura superficial del mar de la región Niño 3 - 4, b) de la componente E - (línea negra) y N - S (línea roja) del viento, c) de la componente E - (línea negra) y N - S (línea roja) de la corriente geostrófica satelital, d) de la temperatura superficial del mar satelital y e) de la clorofila satelital (MODIS). La información de las variables corresponde a una cuadrícula (10x10 km) obtenida frente a bahía La Herradura.	. 130
Fig. 36.	a) Serie de tiempo de las componentes del viento E-W (línea negra) y N-S (línea roja) obtenida desde estación meteorológica ubicada en Panul, Coquimbo (se usó datos promediados cada 15 días). Análisis deavelet para las componentes de viento horario b) E-W y d) N-S, y espectro global deavelet de las componentes c) E-W y e) N-S (se usó datos horarios).	. 131
Fig. 37.	Serie de tiempo meteorológica obtenida desde una estación ubicada en el sector El Panul por CEAZA. El panel a) muestra las componentes E-W (línea negra) y N-S (línea roja), b) temperatura del aire y c) radiación solar obtenido entre el 20 y el 30 de julio de 2018	. 133
Fig. 38.	Serie de tiempo meteorológica obtenida desde una estación ubicada en el sector El Panul por CEAZA. El panel a) muestra las componentes E-W (línea negra) y N-S (línea roja), b) temperatura del aire y c) radiación solar obtenido entre el 16 y el 29 de mayo de 2019.	. 134

Fig. 39.	Información satelital de a) Viento, b) Temperatura Superficial del Mar para el día 25 de julio de 2018 obtenido desde ASCAT y de MUR, respectivamente. El panel c) muestra una imagen de clorofila de un compuesto de 8 días obtenido desde MODIS Aqua	136
Fig. 40.	Información satelital de a) Viento, b) Temperatura Superficial del Mar para el día 23 de mayo de 2019 obtenido desde ASCAT y de MUR, respectivamente. El panel c) muestra una imagen de clorofila de un compuesto de 8 días obtenido desde MODIS Aqua	136
Fig. 41.	Imágenes satelitales semanales de Temperatura Superficial del Mar (°C) durante el periodo de muestreo de diciembre 2018 y abril 2019	137
Fig. 42.	Imágenes satelitales semanales de la concentración de Clorofila a (mg m ⁻³) durante el periodo de muestreo de diciembre 2018 y abril 2019	138
Fig. 43.	Perfiles de concentración de clorofila a (panel izquierdo) y feopigmentos (panel derecho) obtenidos en las estaciones 2 y 3, durante a) diciembre del 2018, b) abril 2019 y c) agosto del 2019.	139
Fig. 44.	Perfiles de concentración de oxígeno disuelto (ml/L) obtenidos de la estación 2 y 3, durante los cruceros de diciembre del 2018 (izquierda), abril (centro) y agosto (derecha) del 2019.	140
Fig. 45.	Secciones de temperatura, salinidad, sigma-t y fluorescencia obtenidos en el crucero de diciembre del 2018	141
Fig. 46.	Secciones de temperatura, salinidad, sigma-t y fluorescencia obtenidos del crucero de agosto del 2019.	142
Fig. 47.	Lance de captura con la red Agassiz (arriba, Estación E5) y captura total lograda en la Estación E4 (abajo), mostrando además la fauna acompañante. Crucero FIPA-VIII-01.	146
Fig. 48.	Lance de captura con la red Agassiz (arriba, Estación E5) y captura total lograda en la Estación E4 (abajo), mostrando además la fauna acompañante. Crucero FIPA- Cq-3.	147
Fig. 49.	Lance de captura con la red Agassiz (arriba, Estación E5) y captura total lograda en la Estación E4 (abajo), mostrando además la fauna acompañante Crucero FIPA-VIII-02. Para detalles de las fotos ver el texto	148
Fig. 50.	Captura obtenida con la red Agassiz en la Estación E1, más somera, durante el Crucero FIPA-Cq4 (20/01/20) mostrando además fauna acompañante	149
Fig. 51.	Boxplot de tallas de juveniles por especie. Estación y profundidad. HR: <i>H. reedi</i> , estaciones E3 y E4, respectivamente. PM: <i>P. monodon</i> . Número de individuos Tabla 8.	150
Fig. 52.	Distribución de frecuencia de tallas de juveniles de <i>P. monodon</i> capturados a 180 m en la estación E2 del Crucero FIPA-Cq1 (25/7/2018). N= 422	151
Fig. 53.	Distribución de frecuencias de talla de juveniles de <i>H. reedi</i> encontrados a 260 m en la estación E3 del Crucero FIPA-Cq1 (25/7/2018). N= 86 151	
----------	--	
Fig. 54.	Distribución de frecuencias de talla de juveniles de <i>H. reedi</i> encontrados a 420 m en la estación E4 del Crucero FIPA-Cq1 (25/7/2018). N= 32 152	
Fig. 55.	Distribución de frecuencias de tallas de de juveniles de <i>H. reedi</i> encontrados en cuatro estaciones del Crucero FIPA-Cq3 (03/09/19)155	
Fig. 56.	Distribución de frecuencias de tallas de juveniles de <i>P. monodon</i> encontrados en cuatro estaciones del Crucero FIPA-VIII -02 (27/04/19)156	
Fig. 57.	Distribución de frecuencias de tallas de juveniles de <i>P. monodon</i> y <i>H. reedi</i> encontrados en dos estaciones del Crucero FIPA-Cq4 (20/01/20)157	
Fig. 58.	Distribución de frecuencias de tallas de juveniles de <i>P. monodon</i> encontrados en dos estaciones del Crucero FIPA-VIII-03 (27-08-2019)157	
Fig. 59.	Gráfico de cajas de longitudes del cefalotórax de ejemplares de <i>P. monodon</i> en las capturas comerciales frente a Punta Achira, Itata y Chanco, marzo a octubre de 2018	
Fig. 60.	Gráfico de cajas de longitudes del cefalotórax de ejemplares de <i>C. johni</i> en las capturas comerciales frente a Punta Achira, Itata y Chanco, marzo-octubre de 2018. 159	
Fig. 61.	Frecuencia de longitud del cefalotórax (LC) de ejemplares de <i>P. monodon</i> en las capturas comerciales frente a Punta Achira, Itata y Chanco desde marzo a octubre de 2018	
Fig. 62.	Frecuencia de longitud del cefalotórax (LC) de ejemplares de <i>C. johni</i> en las capturas comerciales frente a Punta Achira, Itata y Chanco desde marzo a octubre de 2018	
Fig. 63.	Mapa (tomado del programa Maxsea 12,6,6,) de la zona de estudio en la VIII región. Los círculos azules representan la ubicación de las estaciones de muestreo realizadas durante el Crucero FIPA-CO1 (28/12/2018)	
Fig. 64.	Variaciones en el tamaño (largo del caparazón, en mm) de individuos juveniles (machos vs, hembras) del langostino colorado, <i>P. monodon</i> , capturados en áreas crianza frente a las costas de la región del Biobío	
Fig. 65.	Variaciones en la biomasa corporal (peso húmedo, seco y ceniza; en mg·ind- 1) de individuos juveniles (machos vs, hembras) del langostino colorado, <i>P. monodon</i> , capturados en áreas crianza frente a las costas de la región del Biobío. 170	
Fig. 66.	Variaciones en el contenido de proteínas (en mg·ind-1 y en %) de individuos juveniles (machos vs, hembras) del langostino colorado, <i>P. monodon</i> , capturados en áreas crianza frente a las costas de la región del Biobío	

Fig. 67.	Variaciones en el contenido de carbohidratos (en mg·ind-1 y en %) de individuos juveniles (machos vs, hembras) del langostino colorado, <i>P.</i> <i>monodon</i> , capturados en áreas crianza frente a las costas de la región del Biobío. 172
Fig. 68.	Variaciones en el contenido de lípidos (en mg·ind ⁻¹ y en %) de individuos juveniles (machos vs, hembras) del langostino colorado, <i>P. monodon</i> , capturados en áreas crianza frente a las costas de la región del Biobío
Fig. 69.	Variaciones en el contenido de ácidos grasos saturados (AGS), monoinsaturados (AGMI) y poliinsaturados (AGPI) (en mg·g PS-1) de individuos juveniles (machos vs, hembras) del langostino colorado, P . monodon, capturados en áreas crianza frente a las costas de la región del Biobío. 174
Fig. 70.	Variaciones en el contenido de ácidos grasos s poliinsaturados omega 3 & 6 (AGPI n3, n6) (en mg·g PS ⁻¹) de individuos juveniles (machos vs, hembras) del langostino colorado, <i>P. monodon</i> , capturados en áreas crianza frente a las costas de la región del Biobío
Fig. 71.	Análisis de coordenadas principales (PCoA) comparando el perfil de ácidos grasos de individuos juveniles (machos vs, hembras) del langostino colorado, <i>Pleuroncodes monodon</i> , capturados en áreas crianza frente a las costas de la región del Biobío
Fig. 72.	Plano de distribución vertical de un módulo
Fig. 73.	Plano de distribución de la planta de módulos
Fig. 74.	Bomba modelo SoboO-350 S, equipo para el llenado de acumuladores 181
Fig. 75.	Bomba Marca Dophin P-100, Equipo para la descarga de efluentes 182
Fig. 76.	Cámara de frío marca MYCOM de 8 m ³
Fig. 77.	Módulo instalado dentro de la cámara de frío 183
Fig. 78.	Distribución de módulos en la cámara de frío184
Fig. 79.	Estanque acumulador de 200 litros con bomba Sobo para transportar el agua a estanques acumuladores de 60 litros
Fig. 80.	Bomba de descarga de efluentes en el interior de estanque de 60 litros (derecha), Conexión de descarga con manifold (izquierda)
Fig. 81.	Tubería de descarga de efluentes, Conexión desde hatchery a planta de tratamiento
Fig. 82.	Esquema de bloques, los cuadros encerrados en color celeste son las secciones del proyecto que competen mi responsabilidad de armado y ensamblado. Se consideran 3 unidades independientes de control y panel de bombas
Fig. 83.	Ejemplo de PCB de panel de conectores RJ45 para impresión y transferencia a placa de cobre (x 6 unidades)

Fig. 84.	Especificaciones sobre las dimensiones de bombas peristálticas (x30 unidades)	188
Fig. 85.	Paneles instalados en estante experimental, Cada estante se compone de dos bidones de 60 L con agua calentada a la temperatura experimental. Un sistema con 10 bombas peristálticas, Un estante con las cámaras de incubación con sistema abierto. Cada cámara consta de un spot (sensor de oxígeno Presens), en el último nivel de los estantes 2 bidones de 60 L para recibir el agua descartada. Además, cada estante de alimentación es llenado por un sistema de bombas alimentado desde bidones azules de 200 L. Un sistema automatizado de despiche fue instalado en cada bidón de descarte	189
Fig. 86.	Sistema automático para controlar las bombas peristálticas. Tres paneles de control instalados y operativos ubicados en el exterior de la cámara experimental. Cada unidad de control controla un panel en forma independiente para cada 10 bombas peristálticas.	190
Fig. 87.	Box plot de crecimiento de juveniles de <i>P. monodon</i> en condiciones de normoxia en función de temperatura (11°C y 15°C). Longitud del cefalotórax (mm) inicial (día 1), al día 17 y final (día 38). Las letras sobre los plots denotan el análisis de Tukey a posteriori	192
Fig. 88.	Box plot de crecimiento en biomasa (g) de juveniles de <i>P. monodon</i> en condiciones de normoxia en función de temperatura (11°C y 15°C). Aumento en biomasa (g) inicial (día 1) y final (día 38) del experimento de incubación en condiciones controladas de laboratorio. Las letras sobre los plots denotan el análisis de Tukey <i>a posteriori</i> .	194
Fig. 89.	Capturas de video de grabaciones para Experimento de Comportamiento en función de disponibilidad de alimento. A) vista general de las cámaras de incubación. B) monopolización del alimento. C) Conducta agonística: pelea por alimento.	198
Fig. 90.	Monopolización del bolo de pellet en juveniles de <i>P. monodon</i> . En condiciones de normoxia a 11°C en función de la disponibilidad de alimento Tratamiento 1 (Trat1): 0,075 g de alimento, Tratamiento 2 (Trat2): 0,0375 g de alimento, Tratamiento 3 (Trat3): 0,018 g de alimento y Tratamiento 4 (Trat4): 0,018 g de alimento + 1500 Artemia vivas. A número de eventos de monopolización del bolo de pellet. B tiempo de monopolización de del bolo de pellet en segundos. C tasa de monopolización del bolo de pellet (eventos/min).	199
Fig. 91.	Uso de los quelípedos para la manipulación del alimento en juveniles de <i>P. monodon</i> . La observación se realizó por medio de filmaciones de 1h de duración, en condiciones de normoxia a 11° C en función de la disponibilidad de alimento Tratamiento 1 (Trat1): 0,075 g de alimento, Tratamiento 2	

	(Trat2): 0,0375 g de alimento, Tratamiento 3 (Trat3): 0,018 g de alimento y Tratamiento 4 (Trat4): 0,018 g de alimento + 1500 <i>Artemia</i> vivas	200
Fig. 92.	Eventos y duración filtración de juveniles de <i>P. monodon</i> , filmados por una hora en presencia de alimento. Las conductas fueron filmadas en condiciones de normoxia a 11°C en función de la disponibilidad de alimento Tratamiento 1 (Trat1): 0,075 g de alimento, Tratamiento 2 (Trat2): 0,0375 g de alimento, Tratamiento 3 (Trat3): 0,018 g de alimento y Tratamiento 4 (Trat4): 0,018 g de alimento + 1500 <i>Artemia</i> vivas. A número de eventos de filtración. B duración de los eventos de filtración (seg).	201
Fig. 93.	Eventos y duración de conductas antagónicas de juveniles de <i>P. monodon</i> , filmados por una hora en presencia de alimento. Las conductas fueron filmadas en condiciones de normoxia a 11°C en función de la disponibilidad de alimento Tratamiento 1 (Trat1): 0,075 g de alimento, Tratamiento 2 (Trat2): 0,0375 g de alimento, Tratamiento 3 (Trat3): 0,018 g de alimento y Tratamiento 4 (Trat4): 0,018 g de alimento + 1500 <i>Artemia</i> vivas. A número de eventos antagónicos. B duración de los eventos antagónicos (seg)	202
Fig. 94.	Camarón nailon en la Unidad de Pesquería Norte: Desembarque (A), biomasa desovante (B), mortalidad por pesca (C) y reclutamiento (D). El área sombreada en la mortalidad por pesca y biomasa desovante representa ± 2 errores estándar.	205
Fig. 95.	Camarón nailon en la Unidad de Pesquería Sur: Desembarque (A), biomasa desovante (B), mortalidad por pesca (C) y reclutamiento (D). El área sombreada en la mortalidad por pesca y biomasa desovante representa ± 2 errores estándar.	207
Fig. 96.	Langostino amarillo en la Unidad de Pesquería Norte: Desembarque (A), biomasa desovante (B), mortalidad por pesca (C) y reclutamiento (D). El área sombreada en la mortalidad por pesca y biomasa desovante representa ± 2 errores estándar.	209
Fig. 97.	Langostino amarillo en la Unidad de Pesquería Sur: Desembarque (A), biomasa desovante (B), mortalidad por pesca (C) y reclutamiento (D). El área sombreada en la mortalidad por pesca y biomasa desovante representa ± 2 errores estándar.	210
Fig. 98.	Langostino colorado en la Unidad de Pesquería Norte: Desembarque (A), biomasa desovante (B), mortalidad por pesca (C) y reclutamiento (D). El área sombreada en la mortalidad por pesca y biomasa desovante representa ± 2 errores estándar.	211
Fig. 99.	Langostino colorado en la Unidad de Pesquería Sur: Desembarque (A), biomasa desovante (B), mortalidad por pesca (C) y reclutamiento (D). El área	

	sombreada en la mortalidad por pesca y biomasa desovante representa ± 2 errores estándar.	213
Fig. 100.	Anomalías estandarizadas del reclutamiento (transformado a logaritmo) de camarón nailon, langostino amarillo y langostino colorado en las respectivas Unidades de Pesquería Norte (primera fila, panel A), y de Pesquería Sur (última fila, panel B)	214
Fig. 101.	Comparación de las anomalías estandarizadas del reclutamiento (A) y de la biomasa reproductora (B) de los crustáceos demersales en el periodo 1970-2019. 216	
Fig. 102.	Patrones de fluctuación comunes en el reclutamiento de crustáceos demersales obtenidos mediante el análisis de factor dinámico, periodo 1970 - 2019. 218	
Fig. 103.	Indices climáticos para el Océano Pacífico Suroriental: índice de la Oscilación del Sur (A), el Indice de la Corriente de Humboldt (B), y el índice Interdecadal Pacific Oscillation (IPO) o Tripole Pacific Index (TPI) (C) en el periodo 1970 -2019.	220
Fig. 104.	Sensibilidad de los patrones de fluctuación del reclutamiento de crustáceos demersales a la variabilidad climática del Pacífico Suroriental, expresada como correlación acumulada entre: Tendencia 1 (A), Tendencia (B) y Tendencia 3 (C), en relación con el Indice de la Corriente de Humboldt (HCI), Índice de la Oscilación del Sur (SOI), e Índice Tripolo del Pacífico (TPI) o Índice Interdecadal del Océano Pacífico. Periodo 1970-2019)	221
Fig. 105.	Proporción (%) de juveniles en las capturas de langostino amarillo por Unidad de Pesquería (UPN: Unidad de Pesquería Norte, II-IV Regiones; UPS: Unidad de Pesquería Sur, V-VIII Región), entre 2004 y 2017.	224
Fig. 106.	Proporción (%) de juveniles en las capturas de langostino colorado por Unidad de Pesquería entre 2004 y 2017.	226
Fig. 107.	Proporción (%) de juveniles en las capturas de camarón nailon por Unidad de Pesquería entre 2004 y 2017	229
Fig. 108.	Localización de lances de pesca con presencia de reclutas de langostino amarillo (puntos rojos) en la Unidad de Pesquería norte 2004 y 2017	230
Fig. 109.	Distribución espacial de la proporción media de juveniles de langostino amarillo por Unidad de Pesquería entre 2004 y 2017. Izquierda = UPN; Derecha = UPS.	231
Fig. 110.	Localización de lances de pesca con presencia de reclutas de langostino colorado (puntos rojos) por Unidad de Pesquería entre 2004 y 2017. Izquierda = UPN; Derecha = UPS	233

Fig. 111.	Distribución espacial de la proporción media de juveniles de langostino colorado por Unidad de Pesquería entre 2004 y 2017. Izquierda = UPN; Derecha = UPS.	234
Fig. 112.	Localización de lances de pesca con presencia de reclutas de camarón nailon (puntos rojos) por Unidad de Pesquería entre 2004 y 2017. Izquierda = UPN; Derecha = UPS.	235
Fig. 113.	Distribución espacial de la proporción media de juveniles de camarón nailon por Unidad de Pesquería entre 2004 y 2017. Izquierda = UPN; Derecha = UPS. 236	
Fig. 114.	Análisis espacio-temporal de la proporción de juveniles de langostino amarillo entre 2004 y 2017	238
Fig. 115.	Análisis espacio-temporal de la proporción de juveniles de langostino colorado entre 2004 y 2017.	239
Fig. 116.	Análisis espacio-temporal de la proporción de juveniles de camarón nailon entre 2004 y 2017.	240
Fig. 117.	Hembra con huevos de <i>H, reedi</i> , Se visualiza el movimiento de los pleópodos durante la natación.	243
Fig. 118.	Hembras de <i>H. reedi</i> con huevos. Abajo una hembra que presenta sus apéndices torácicos con segmentos blancos y arriba una hembra con una coloración más homogénea de color rojo	245
Fig. 119.	Segundo estadio de desarrollo embrionario de <i>H. reedi</i>	. 246
Fig. 120.	Embrión de <i>H. reedi</i> , en estadio 3 de desarrollo	. 246
Fig. 121.	Estadio 4 del desarrollo embrionario de H. reedi.	. 247
Fig. 122.	Larvas de H. reedi en estadio 5 de desarrollo embrionario	. 248
Fig. 123.	Embrión de <i>H. reedi</i> , en el cual se observa la constitución del intestino medio- anterior con 4 lóbulos digestivos	249
Fig. 124.	Estadio 5 de desarrollo larvario de <i>H. reedi</i> en diferentes vistas	. 250
Fig. 125.	Secuencia del sexto estadio de desarrollo de H, reedi hasta protozoea	. 251
Fig. 126.	Observación de la masa de huevos de una hembra de <i>H</i> , <i>reedi</i> , en que es posible distinguir los embriones en los últimos estadios de desarrollo, incluso algunos ya en estadio de protozoea (Los puntos negros corresponden a los ojos de los camarones).	252
Fig. 127.	Estadios de zoea de H. reedi. De izquierda a derecha estadio de zoea 1, 3 y 5	. 252
Fig. 128.	Forma y estructura del Telson de H. reedi. De izquierda a derecha estadios de	
	zoea 1 a 4.	. 253
Fig. 129.	Primer estado de desarrollo larval en <i>Cervimunida johni</i> (a) y <i>Pleuroncodes monodon</i> (b)	254

Fig. 130.	Segundo estado de desarrollo larval en <i>Cervimunida johni</i> (a) y <i>Pleuroncodes monodon</i> (b)	255
Fig. 131.	Cuarto estado de desarrollo larval en <i>Cervimunida johni</i> (a) y <i>Pleuroncodes monodon</i> (b)	256
Fig. 132.	Quinto estado de desarrollo larval en <i>Cervimunida johni</i> (a) y <i>Pleuroncodes</i> monodon (b)	257
Fig. 133.	Estado de megalopa en Pleuroncodes monodon.	257
Fig. 134.	Abundancia de los estadios tempranos de desarrollo de <i>C. johni</i> por estación de muestreo y estratos de profundidad durante el crucero de julio de 2018, en la zona de Coquimbo.	259
Fig. 135.	Abundancia de los estadios tempranos de desarrollo de <i>C. johni</i> por estación de muestreo y estratos de profundidad durante mayo de 2019, en la zona de Coquimbo.	260
Fig. 136.	Abundancia de los estadios tempranos de desarrollo de <i>C. johni</i> por estación de muestreo y estratos de profundidad durante septiembre de 2019, en la zona de Coquimbo	261
Fig. 137.	Abundancia de los estadios tempranos de desarrollo de <i>P. monodon</i> por estación de muestreo y estratos de profundidad durante el crucero de julio de 2018, en la zona de Coquimbo.	263
Fig. 138.	Abundancia de los estadios tempranos de desarrollo de <i>P. monodon</i> por estación de muestreo y estratos de profundidad durante el crucero de mayo de 2019, en la zona de Coquimbo.	263
Fig. 139.	Abundancia de los estadios tempranos de desarrollo de <i>P. monodon</i> por estación de muestreo y estratos de profundidad durante el crucero de septiembre de 2019, en la zona de Coquimbo	264
Fig. 140.	Perfiles de abundancia de los estadios temprano de desarrollo de langostino por estación de muestreo (E-1 (a), E-2 (b), E-3 (c), E-4 (d), E-5 (e)), durante el crucero de diciembre del 2018.	267
Fig. 141.	Perfiles de abundancia de los estadios temprano de desarrollo de langostino por estación de muestreo (E-1 (a), E-2 (b), E-3 (c), E-4 (d), E-6 (e)), durante el crucero de agosto del 2019.	268
Fig. 142.	Relación de la abundancia de distintos estadios larvales de langostino (zoeas (I, II, III, IV, V) y megalopa (ind./1000m ³)) y secciones verticales de temperatura (°C), salinidad y fluorescencia (mg m ³), durante el crucero de diciembre del 2018.	269
Fig. 143.	Relación de la abundancia de distintos estadios larvales de langostino (zoeas (I, II, III, IV, V) y megalopa (ind./1000 m ³)) y secciones verticales de	

	temperatura (°C), salinidad y fluorescencia (mg m ³), durante el crucero de agosto del 2019.	. 270
Fig. 144.	Series de tiempo del reclutamiento de crustáceos demersales con identificación de regímenes o puntos de quiebre en la serie de tiempo que demuestran cambios estructurales.	. 280
Fig. 145.	Relaciones stock-recluta entre el reclutamiento de camarón nailon UPN (a), camarón nailon UPS (b), langostino amarillo UPN (c), langostino amarillo UPS (d), langostino colorado UPN (e), y langostino colorado UPS (f). Los puntos muestran los años en que se detectaron puntos de quiebre en la serie de tiempo para cada recurso. La biomasa reproductora fue desfasada en dos años, que es aproximadamente la edad que equivale a la talla media en que los modelos de evaluación de stock consideran como reclutas a la fase explotable	. 281
Fig. 146.	Ajuste de las relaciones stock-recluta de Ricker (línea oscura) y Beverton- Holt (línea gris) a los datos stock-recluta de camarón nailon UPN (a), camarón nailon UPS (b), langostino amarillo UPN (c), langostino amarillo UPS (d), langostino colorado UPN (e), y langostino colorado UPS (f)	. 285
Fig. 147.	Cambios en biomasa de Camarón nailon, Langostino amarillo y Langostino colorado en la Unidad de Pesquería Norte y Sur, en el periodo 1999 – 2017	. 286
Fig. 148.	Función de autocorrelación y autocorrelación parcial de los cambios de biomasa de camarón nailon en la Unidad de Pesquería Norte (izquierda) y Unidad de Pesquería Sur (derecha)	. 287
Fig. 149.	Función de autocorrelación y autocorrelación parcial de los cambios de biomasa de langostino amarillo en la Unidad de Pesquería Norte (izquierda) y Unidad de Pesquería Sur (derecha)	. 287
Fig. 150.	Función de autocorrelación y autocorrelación parcial de los cambios de biomasa de langostino colorado en la Unidad de Pesquería Norte (izquierda) y Unidad de Pesquería Sur (derecha)	. 288
Fig. 151.	Diagrama de flujo de la trama trófica del ecosistema marino de Chile centro- norte y centro-sur (III a VIII Región) del año 1997. El eje de las ordenadas representa el nivel trófico de cada grupo.	. 291
Fig. 152.	Ajustes series de tiempo de biomasa (Nombre B), biomasa acústica (Nombre Brcl) o biomasa de cruceros (Nombre Bsrv), y desembarques (Nombre C) de anchoveta (Engrrin), jurel (Tracmur), merluza común (Merlgay), sardina común (Straben), langostino amarillo (Cervjoh), langostino colorado (Pleumon) y camarón nailon (Heteree) entre 1997 y 2018. Puntos representan observaciones y la línea el ajuste.	. 299
Fig. 153.	Impactos tróficos mezclados de los grupos funcionales y flotas que participan del ecosistema marino de Chile centro-norte y centro-sur (III a VIII Región). Rojo: impactos positivos. Azul: impactos negativos.	. 300
		-

Fig. 154.	Trayectoria de la biomasa relativa de langostino colorado (Pleumon), langostino amarillo (Cervjoh) y camarón nailon (Heteree) como respuesta al aumento de la biomasa de fitoplancton entre 2019 y 2050.	301
Fig. 155.	Razón entre la biomasa final (B_{2050}) y biomasa inicial (B_{2019}) de langostino colorado (Pleumon), langostino amarillo (Cervjoh) y camarón nailon (Heteree) como respuesta al aumento de la biomasa de fitoplancton entre 2019 y 2050. Las barras verticales representan la variación (una desviación estándar) de la biomasa a lo largo de la trayectoria de la simulación	302
Fig. 156.	Trayectoria de la biomasa relativa de langostino colorado (Pleumon), langostino amarillo (Cervjoh) y camarón nailon (Heteree) como respuesta a la disminución de la biomasa de fitoplancton entre 2019 y 2050.	302
Fig. 157.	Razón entre la biomasa final (B_{2050}) y biomasa inicial (B_{2019}) de langostino colorado (Pleumon), langostino amarillo (Cervjoh) y camarón nailon (Heteree) como respuesta al incremento de la biomasa de fitoplancton entre 2019 y 2050. Las barras verticales representan la variación (una desviación estándar) de la biomasa a lo largo de la trayectoria de la simulación	303
Fig. 158.	Trayectoria de la biomasa relativa de merluza común (Merlgay), langostino colorado (Pleumon), langostino amarillo (Cervjoh) y camarón nailon (Heteree) como respuesta a la disminución de la biomasa de merluza común (aumento de mortalidad por pesca) entre 2019 y 2050	304
Fig. 159.	Razón entre la biomasa final (B ₂₀₅₀) y biomasa inicial (B ₂₀₁₉) de merluza común (Merlgay), langostino colorado (Pleumon), langostino amarillo (Cervjoh) y camarón nailon (Heteree) como respuesta a la disminución de la biomasa de merluza común (aumento de mortalidad por pesca) entre 2019 y 2050. Las barras verticales representan la variación (una desviación estándar) de la biomasa a lo largo de la trayectoria de la simulación.	305
Fig. 160.	Trayectoria de la biomasa relativa de merluza común (Merlgay), langostino colorado (Pleumon), langostino amarillo (Cervjoh) y camarón nailon (Heteree) como respuesta a la moratoria de la pesquería de merluza común entre 2019 y 2050.	306
Fig. 161.	Razón entre la biomasa final (B ₂₀₅₀) y biomasa inicial (B ₂₀₁₉) de merluza común (Merlgay), langostino colorado (Pleumon), langostino amarillo (Cervjoh) y camarón nailon (Heteree) como respuesta a la moratoria de la pesquería de merluza común entre 2019 y 2050. Las barras verticales representan la variación (una desviación estándar) de la biomasa a lo largo de la trayectoria de la simulación.	306
Fig. 162.	Ciclo anual del Indice de Surgencia para la región de Coquimbo (línea y puntos rojo) y la región del Biobío obtenido a partir del ciclo anual del	

	esfuerzo del viento de las estaciones meteorológicas de Panul (Región de Coquimbo) y Talcahuano (Región del Biobío).	. 314
Fig. 163.	Abundancia de los estadios tempranos de desarrollo de <i>C. johni</i> y <i>P. monodon</i> por estación de muestreo y estratos de profundidad durante el crucero de julio de 2018, en la zona de Coquimbo	. 322
Fig. 164.	Distribución de frecuencia de tallas de langostino colorado en los cruceros realizados a la cuadra de Achira en la Región del Biobío, en diciembre (FIPA-VIII-1) de 2018, abril (FIPA-VIII-2) y agosto (FIPA-VIII-3) de 2019	. 323
Fig. 165.	Distribución de frecuencia de tallas de langostino colorado en las estaciones E1 a E4 del crucero realizado a la cuadra de Achira en la Región del Biobío, en abril (Crucero FIPA-VIII-2) de 2019	. 324
Fig. 166.	Distribución de frecuencia de tallas de camarón nailon en los cruceros realizados a la cuadra de Achira en la Región del Biobío, abril (FIPA-VIII-2) y agosto (FIPA-VIII-3) de 2019 y en diciembre (FIPA-VIII-1) de 2018	. 325
Fig. 167.	Modelo Conceptual del ciclo de vida en función de la variación ambiental (ZMO, surgencia y Clorofilia- <i>a</i>) en la zona de Coquimbo y Concepción para <i>Pleuroncodes monodon</i> . Fuente: Modificado de Gallardo MA et al. 2017	. 328
Fig. 168.	Modelo Conceptual del ciclo de vida en función de la variación ambiental (ZMO, surgencia y Clorofilia- <i>a</i>) en la zona de Coquimbo y Concepción para <i>Cervimunida johni</i> . Fuente: Modificado de Gallardo MA et al. 2017.	. 329
Fig. 169.	Modelo Conceptual del ciclo de vida en función de la variación ambiental ((ZMO, surgencia y Clorofilia- <i>a</i>) en la zona de Coquimbo y Concepción para <i>Heterocarpus reedi</i> . Fuente: Modificado de Gallardo MA et al. 2017	. 329

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. C	Categorización Proyectos FIPA, SubPrograma Pesquerías de Crustáceos	365
Anexo 2.	Presencia y ausencia de Pleuroncodes monodon entre los 5°S-37°S por grado	
	latitudinal	366
Anexo 3.	Distribución espacial de la proporción de juveniles de langostino amarillo,	
	langostino colorado y camarón nailon por lance de pesca y Unidad de	
	Pesquería entre 2004 y 2017	401

1. OBJETIVO GENERAL

Identificar y caracterizar los procesos de reclutamiento y la dinámica de los estadios juveniles tempranos en las principales áreas de reclutamiento de crustáceos demersales: Langostino colorado: *Pleuroncodes monodon*; langostino amarillo: *Cervimunida johni*; camarón nailon: *Heterocarpus reedi* en la zona norte (III-IV región) y centro sur (V-VIII región) de la Costa de Chile, y sus implicancias para las conservación y explotación sustentable de la población adulta.

2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- **2.1.** Localizar las principales zonas y/o "focos" de reclutamiento de crustáceos demersales en la zona de capturas norte y centro sur de la costa de Chile.
- **2.2.** Caracterizar considerando parámetros físicos, químicos y biológicos de las principales zonas de reclutamiento.
- **2.3.** Determinar la dinámica, densidad y biomasa de individuos juveniles en las principales zonas de reclutamiento.
- 2.4. Evaluar la calidad y condición nutricional de los individuos juveniles.
- **2.5.** Determinar el efecto de factores ambientales claves y densodependientes sobre las tasas de crecimiento y sobrevivencia de los juveniles.
- **2.6.** Evaluar relaciones entre la población reproductora, el medio ambiente, el reclutamiento y las variables pesqueras.
- Estimar la contribución relativa de la biomasa de los juveniles sobre la abundancia de la estabilidad y abundancia de la población adulta.

3. ANTECEDENTES

Las especies de crustáceos demersales que sustentan importantes pesquerías en la costa chilena son el langostino amarillo (*Cervimunida johni*), el langostino colorado (*Pleuroncodes monodon*) y el camarón nailon (*Heterocarpus reedi*), explotados comercialmente desde la década de los 50s.

El langostino colorado (*P. monodon*) fue descrito por Milne Edwards (Edwards, 1837), el langostino amarillo (*C. johni*) por Porter (1903) con ejemplares de Coquimbo y el camarón nailon (*H. reedi*) por Bahamonde (1955) a partir de ejemplares capturados en Valparaíso y San Antonio en alrededor de 320 m de profundidad. De las tres especies, *C. johni* es endémica de la costa de Chile, entre las Regiones de Antofagasta a de Los Ríos, mientras *P. monodon* tiene una especie congénere en la costa Este del Pacífico Norte, *P. planipes*, cuyos límites de distribución no están aun claramente delimitados. Finalmente, *H. reedi* es considerada una morfoespecie, la única conocida para el Océano Pacífico Suroriental, cuya área de distribución se extiende frente a la costa chilena entre Taltal (25°19'S) y Puerto Saavedra (39°00' S), a profundidades entre 155 y 424 m con fondo de arcilla, roca sedimentaria (laja), arena fangosa o fango (Bahamonde & Henríquez, 1970), aunque Acuña & Arancibia (1996) detectaron su presencia en los 23°48' S, al sur de Antofagasta y posteriormente Barbieri et al. (1999) lo encontraron en 21°05'S, extendiendo su distribución hasta más al norte.

Acuña *et al.* (2007) estudiaron el proceso de reclutamiento de las tres especies de crustáceos demersales en las Regiones de Atacama y Coquimbo, entre los meses de mayo - diciembre de 2005 y febrero - julio de 2006. Para tal efecto realizaron las siguientes actividades de muestreo: a) dos campañas de muestreo bentónico con una rastra Agassiz, de sedimentos y de oceanografía del fondo en cada región. El diseño de muestreo correspondió a transectas dispuestas en forma perpendicular a la línea de costa, en las cuales, se establecieron estaciones de muestreo a profundidades de 80, 100, 120 y 150 m; b) dos campañas de muestreo planctónico con red Bongo y oceanográfico de la columna de agua en cada región, con registros de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto. El diseño de muestreo correspondió a transectas dispuestas en forma paralela a la línea de costa, en las cuales, se establecieron sen cada región; c) muestreos en los caladeros con red comercial sin cubre copo entre abril y octubre y con cubre "túnel – copo" en noviembre y diciembre de 2005 y febrero –mayo de 2006 y d) muestreos de estómagos de lenguado de ojo grande *Hippoglossina macrops*.

El número total de lances realizados por estos autores con fines de investigación durante el muestreo ascendió a 215 lances, de los cuales 176 resultaron con captura de las especies objetivos. De estos, 71 lances fueron positivos para el recurso camarón nailon, 56 lances para el recurso langostino amarillo y 49 lances para el recurso langostino colorado.

Yannicelli & Castro (2012) señalan que los adultos bentónicos de *Pleuroncodes monodon* al sur de los 22°S están asociados con aguas de baja temperatura <11°C en aguas con bajo contenido de oxígeno disuelto (< 0,5 mL⁻¹) durante su periodo de eclosión larval. Estos autores plantean que debido a que *P. monodon* vive en una zona mínima de oxígeno y considerando que se asume que la liberación larval se ajusta a las condiciones ambientales más favorables, era necesario evaluar experimentalmente el desempeño larval bajo condiciones de hipoxia y baja temperatura y sus implicancias.

El clima marino frente a las costas de Chile se debe a la interacción de sistemas atmosféricos de gran escala, efectos regionales y locales. Dentro de los sistemas de gran escala se encuentra el anticiclón del Pacífico del Sur (APS), el que se centra en los 27°S - 90°W, produciendo vientos hacia el Ecuador (Strub *et al.*, 1998; Garreaud & Muñoz, 2005; Garreaud & Rutland, 2006). El APS presenta desplazamientos meridionales durante el año, generando un ciclo anual importante en los vientos y el rotor del viento en el Pacífico Suroriental, especialmente en la región centro y sur de Chile, produciendo una variación estacional de una lengua de agua fría superficial debido a la surgencia costera y una advección de agua hacia el Ecuador a lo largo de la costa. Durante el verano el fuerte gradiente térmico que se produce entre las aguas frías superficiales del mar producto de la surgencia costera y el calentamiento superficial de la tierra debido a la radiación solar diurna, producen un flujo de aire hacia la costa durante el día y fuera de la costa durante la noche, conocido con el nombre de brisa marina/tierra.

La región centro y norte de Chile, se caracteriza por presentar aguas superficiales frías y ricas en nutrientes, atribuido a la circulación superficial del sistema de Humboldt, al transporte y el bombeo de Ekman. Estos dos últimos mecanismos son conducidos por vientos a lo largo de la costa (Shaffer *et al.*, 1999; Halpern, 2002, Sobarzo *et al.*, 2007) y por el rotor del viento (Figueroa y Moffat, 2000; Bravo *et al.*, 2016), respectivamente. Por otro lado, en la región de Coquimbo la surgencia costera se caracteriza por ser permanente a través del año, con máximos

durante primavera asociado a vientos intensos que se presentan en estos meses (Shaffer *et al.*, 1999; Rutllant and Montecino, 2002). Adicionalmente, forzantes u otros procesos físicos, como el jet costero atmosférico (Garreaud and Muñoz, 2005), ondas atrapadas a la costa (Shaffer *et al.*, 1999) y El Niño Oscilación del Sur tendrían un impacto sobre la surgencia costera en la zona.

En el caso de la región del Biobío, la circulación y la estructura hidrográfica se caracterizan por estar fuertemente influenciadas por vientos a lo largo de la costa, los cuales son favorables a la surgencia costera durante los meses de primavera y verano (Sobarzo *et al.*, 2010). Por otro lado, la zona presenta una alta variabilidad estacional en la estructura espacial del campo hidrográfico, debido a la relajación de los vientos favorable a la surgencia durante los meses de otoño e invierno, al aporte de agua dulce proveniente de la descarga de los ríos Itata y Biobío en invierno (Saldías *et al.*, 2012), y la variación de la radiación solar durante el año (Sobarzo *et al.*, 2007a). Así como en Coquimbo, ondas atrapadas a la costa, el ENOS, entre otros, influyen sobre la variabilidad de las características de las propiedades físicas y químicas de las aguas advectadas hacia la superfície por la surgencia costera.

JUSTIFICACION

En las Bases Técnicas de este estudio se señala que las poblaciones de estas especies, han presentado importantes fluctuaciones interanuales en abundancia, estructura poblacional y distribución espacial a escala interanual así como una tendencia decreciente en biomasa (y en algunos casos también en área de distribución) durante las últimas décadas y que se ha planteado que la disminución significativa de las poblaciones a ambas escalas temporales estaría vinculada a la intensa actividad y presión pesquera directa sobre estos recursos, así como a procesos oceanográficos - climáticos.

El CIPA considerando lo anterior y que hasta la fecha se conoce muy poca información (i.e. Roa *et al.* 1995; Acuña *et al.* (2007) sobre el proceso de reclutamiento y que existe una incertidumbre grande respecto a su dinámica en el contexto de un enfoque ecosistémico, la información científica sobre este tema es altamente necesaria para desarrollar planes de conservación, manejo y explotación sustentable de estos importantes recursos pesqueros del Pacífico Sur Oriental, ha considerado pertinente licitar el presente estudio.

4. METODOLOGÍA DE TRABAJO

De acuerdo con lo señalado en las Bases Técnicas del llamado a licitación pública del FIPA, este estudio se centra en la evaluación del reclutamiento al bentos y el seguimiento de los individuos asentados a lo largo del año en la zona norte (IV Región) y centro sur (VIII Región) de Chile, considerando su relación con la población que da origen a cada evento de reclutamiento y las variables ambientales.

4.1. OBJETIVO ESPECÍFICO 1

Localizar las principales zonas y/o "focos" de reclutamiento de crustáceos demersales en la zona de capturas norte y centro sur de la costa de Chile.

4.1.1. Revisión de información bibliográfica.

Se realizó una revisión exhaustiva de la bibliografía, nacional y extranjera, científica y técnica, disponible para complementar la información existente en las bases de datos bibliográficas del Área de Pesquerías de la UCN y EPOMAR de la Universidad de Concepción, sobre aspectos específicos tanto biológicos como poblacionales, pesqueros y administrativos de las especies en estudio como aquella dirigidas a otras problemáticas pero que puedan contener información relevante (ej. estudios sobre comunidades bentónicas o alimentación de especies demersales, entre otras). Se accedió además a las bibliotecas del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), de la Universidad de Concepción y otras universidades e información disponible generada en el marco de proyectos del Fondo de Investigación Pesquera y Acuicultura (FIPA).

En este último caso se trata de los proyectos FIP (actual FIPA) que se realizaron desde 1993 hasta 2013 que fueron financiados para el estudio de los crustáceos demersales incorporados en el Subprograma Crustáceos del Fondo de Investigación Pesquera y Acuicultura, los que se han agrupado en las categorías de evaluaciones directas e indirectas, estudios biológicos y estudios tecnológicos principalmente relacionados con los artes de pesca, entre otros.

Complementariamente, se buscó en Bases de Datos de publicaciones científicas disponibles para el Consultor, tales como:

- ASFA (Aquatic Sciencies and Fisheries Abstracts), que contiene información desde 1971, con una actualización mensual de 3700 archivos. A partir del 2004, ASFA cuenta con más de 950.000 registros con una cobertura temática en acuicultura, organismos acuáticos, polución acuática, ambientes de aguas salobres, conservación, calidad medioambiental, pesquerías, biotecnología marina, ambientes marinos, meteorología, oceanografía, política, legislación y manejo. ASFA (http://www.csa.com/).
- Oceanic Abstracts: Posee una cobertura temática en oceanografía biológica, ecología, oceanografía física y química, geoquímica, polución marina, recursos marinos, navegación y comunicaciones, derecho marítimo y biología marina. Contiene información desde 1981 hasta la fecha y tiene una periodicidad de publicación mensual, con aproximadamente 1209 archivos. (http://www.csa.com/factsheets/ oceanic-setc.php).
- Science Direct. Base de Datos de Revistas Electrónicas: Base de datos perteneciente a la Editorial Elsevier. Por medio del acceso a Freedom Collection permite obtener artículos en texto completo en dos formatos de presentación (HTML y PDF) de aproximadamente 1.730 revistas. Algunas de las disciplinas cubiertas por las publicaciones incluyen: Arte y Humanidades, Administración y Negocios, Química, Computación, Ciencias Biológicas, Ingeniería, Geología, Ciencias del Medio Ambiente, Matemática, Medicina, Física y Astronomía, Psicología, Ciencias Sociales. Es un servicio electrónico de información de texto completo, exclusivamente institucional (<u>http://www.sciencedirect.com/</u>).
- Springer link: Es un servicio de la editorial Springer que posee información de una colección de revistas especializadas con más de 600.000 documentos individuales (http://www.springer.com).
- JSTOR: (abreviación de Journal Storage, en inglés "almacenamiento de publicaciones periódicas") es un sistema de archivo en línea de publicaciones académicas. Fundada en 1995, JSTOR es una sociedad estadounidense sin ánimo de lucro con base en la ciudad de Nueva York. El acceso a JSTOR se encuentra autorizado a bibliotecas, universidades y editores de todo el mundo que han firmado un acuerdo con la institución. Éstas, a su vez, facilitan el acceso de sus miembros a JSTOR de manera gratuita a través de Internet.

- EBSCO-HOST Discovery Service (Metabuscador) y EBSCO-HOST Academic Search Premier: Academic Search Premier es la base de datos académica multidisciplinaria más grande del mundo y contiene el texto completo de casi 4.600 publicaciones académicas, de las cuales 3.500 son publicaciones arbitradas. Abarca virtualmente todas las áreas de estudios involucradas en el proyecto. EBSCO-HOST Waters & Oceans Worldwide: Waters & Oceans Worldwide combina bases de datos de todas las facetas de la investigación internacional sobre el agua. Con una excelente cobertura mundial, esta base de datos incluye investigaciones que abarcan desde la ingeniería costera y costa afuera hasta la contaminación y el tratamiento del agua. Con más de 1.854.600 citas y resúmenes que se remontan a la década de 1970, este recurso es esencial para quienes se ocupan de todos los aspectos del agua y de temas relacionados con ésta. EBSCO-HOST Wildlife & Ecology Studies Worldwide: Wildlife & Ecology Studies Worldwide (1935 y antes hasta la actualidad) es el índice más grande del mundo de material sobre mamíferos salvajes, aves, reptiles y anfibios. La cobertura incluye más de 1.600.0000 de registros bibliográficos, muchos de los cuales incluyen resúmenes. Las áreas de temas principales incluyen estudios de especies individuales, tipos de hábitats, caza, economía, comportamiento de la fauna, técnicas de administración, enfermedades, ecoturismo, zoología, taxonomía y mucho más. Cada año, se agregan aproximadamente 18.000 registros. EBSCO-HOST Applied Science & Technology Source: Applied Science & Technology Source cubre un amplio espectro de la investigación y el desarrollo relacionados con la computación y las ciencias aplicadas, combinando bases de datos de alta calidad tanto de EBSCO Publishing como de H.W. Wilson. Este importante recurso ofrece el texto completo de prácticamente 1.200 publicaciones, y citas de millones de artículos. El contenido de Applied Science & Technology Source proviene de numerosas fuentes, como las publicaciones especializadas, profesionales y técnicas más importantes, y ponencias de conferencias.
- Google Scholar: Es un buscador de bibliografía especializada de la investigación académica para un gran número de disciplinas y fuentes como tesis, libros, resúmenes y artículos de editoriales académicas, sociedades profesionales y universidades (http://scholar.google.cl/).

– ResearchGATE: red social en Internet y una herramienta de colaboración dirigida a personas que hacen ciencia de cualquier disciplina, con tecnología web 3.0 para científicos e investigadores. La plataforma ofrece acceso gratuito a las aplicaciones Web más modernas, por

ejemplo, una búsqueda semántica de artículos de revistas científicas en una base de datos con más de 35 millones de registros, foros, grupos de discusión, etc. Tiene más de 150.000 miembros de 21 países diferentes registrados en su plataforma. ResearchGATE se ha diseñado específicamente para cubrir las necesidades de los investigadores, desde el perfil que reúne los datos relativos a las especialidades científicas, proyectos, publicaciones, etc., hasta el algoritmo semántico que realiza búsquedas de resúmenes científicos similares en una base de datos que contiene más de 30 millones de documentos.

Además de las consultas a estas Bases de Datos establecidas, se realizó una búsqueda en las distintas Universidades chilenas en particular la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (PUCV), Universidad de Concepción (UdeC) y Universidad Católica del Norte – Sede Coquimbo (UCN), de las tesis de pre y post-grado sobre los temas asociados al proyecto.

Con la información recolectada se elaboró un catálogo comentado de las publicaciones relacionadas con las especies motivo de este estudio. De la misma manera, se construyó una matriz del conocimiento identificándose y valorándose (cualitativamente) aquellos aspectos que a futuro necesitan ser reforzados.

El procesamiento de la información consistió en organizar un sistema de consulta a través del software de base de datos bibliográficos ENDNOTE, que se incorporó al Sistema de Información de soporte del proyecto. Los datos (referencias) contenidos en el sistema de consulta son el soporte para la búsqueda sistemática de las metodologías, resultados importantes y aportes relevantes al tópico a investigar.

4.1.2. Selección de dos zonas o rangos latitudinales, en las Regiones de Coquimbo y Biobío

Sobre la base de la información recopilada en 4.1.1., se seleccionaron dos zonas o rangos latitudinales, en las Regiones de Coquimbo y Biobío, donde se centran los esfuerzos de muestreo de localización y cuantificación.

Para la Región del Biobío, Gallardo *et al.* (1994) plantearon que el reclutamiento de langostino colorado, representado por juveniles recién asentados al bentos con tamaño < 10 mm ocurrió entre marzo y abril (únicos meses muestreados); después del período estival de surgencia costera. Según Gallardo (1977), el reclutamiento de langostino colorado estaría asociado con el desarrollo de las coberturas de bacterias filamentosas de *Thioploca* spp. que servirían de refugio para el reclutamiento de organismos bentónicos. De acuerdo con Roa *et al.* (1995) y Roa y Tapia (2000), el reclutamiento se irradiaría desde las áreas de crianza localizadas entre Punta Achira (35°S) y el lado norte del Cañón del Biobío (37°S), en aguas someras. En este contexto, un sistema de monitoreo *a priori* entre Punta Achira y Bahía San Vicente (norte del Cañón del Bío Bío), se eligió una zona candidata para obtener indicadores de la intensidad del reclutamiento de langostino colorado en la zona centro - sur.

Sin embargo, los antecedentes están basados en el langostino colorado, y con el objeto de precisar una zona piloto de muestreo no sólo de juveniles de esta especie sino también de langostino amarillo y camarón nailon, se consultó con patrones de pesca de embarcaciones arrastreras de langostinos y de merluza común, sobre zonas probables de captura de juveniles de estos recursos. Sobre la base de dichas consultas, se acordó visitar trimestralmente una transecta a la cuadra de Punta Achira.

En el caso de la Región de Coquimbo, se consideraron los hallazgos de Acuña *et al.* (2007) ya detallados en la revisión de los antecedentes precedente.

4.1.3. Muestreo en las zonas o rangos latitudinales seleccionados en las Regiones de Coquimbo y Biobío

Como resultado de la identificación y selección de las zonas de reclutamiento históricas en las dos Regiones de estudio, se definió en la Región de Coquimbo realizar un muestreo consistente en un transecta perpendicular a la costa frente a la boca de la bahía de la Herradura de Guayacán, para caracterizar la zona, tanto bio-oceanográficamente (muestreos hidrográfico y planctónico) como bentónicamente (Fig. 1).



Fig. 1. Mapa de la zona de estudio en la Región de Coquimbo. Los puntos amarillos y triángulos verdes representan la ubicación de las estaciones de muestreo, bentónico y planctónico, respetivamente, realizadas durante los Cruceros FIPA-Cq1 (25/7/2018), FIPA-Cq2 (23/5/2019), FIPA-Cq3 (3/9/2019) y FIPA-Cq4 (20/1/2020).

En la Región del Biobío, se identificó la zona a la cuadra de Punta Achira para realizar el muestreo de juveniles de langostino colorado, langostino amarillo y camarón nailon y caracterizar bio-oceanográficamente el área de estudio (Fig. 2).

Durante los cruceros diseñados en ambas Regiones, se programó realizar los muestreos correspondientes en 5 estaciones que conforman una transecta perpendicular a la costa, ubicada frente a la boca de la bahía La Herradura, Coquimbo y a la cuadra de Punta Achira, Biobío. Las estaciones se planificaron a partir de la batimetría de la zona con relación al objetivo general del presente proyecto, seleccionándose los veriles de 100, 200, 300, 400 y 500 m.



Fig. 2. Mapa de la zona de estudio en la Región del Biobío. Los puntos amarillos y triángulos verdes representan la ubicación de las estaciones de muestreo bentónico y planctónico realizadas durante los Cruceros FIPA-VIII-1 (28/12/2018), FIPA-VIII-2 (26-27/04/2019) y FIPA VIII-3 (26-27/08/2019).

En la Región de Coquimbo, los muestreos se realizaron en la embarcación Stella Maris de la Universidad de Católica del Norte y en el Biobío en la Lancha de Investigación Kay Kay II de la Universidad de Concepción.

En la Región de Coquimbo, el primer crucero bio-oceanográfico comprometido se llevó a cabo el 24 - 25 de julio de 2018, en adelante referido como **Crucero FIPA-Cq1**, mientras que el segundo muestreo, **Crucero FIPA-Cq2**, se realizó el 24 - 25 de mayo de 2019, el tercer muestreo, **Crucero FIPA-Cq3**, se ejecutó el 6 - 7 de septiembre de 2019 y el cuarto muestreo **Crucero FIPA-Cq4** no se pudo llevar a cabo por problemas climáticos el 20 de enero de 2020. En la Región del Biobío, se desarrollaron tres cruceros: **FIPA-VIII-1** entre el 28 y 29 de diciembre de

2018, **FIPA-VIII-2** entre el 26 y 27 de abril de 2019 y **FIPA-VIII-3** entre el 26 – 27 de agosto de 2019. El cuarto crucero no se pudo desarrollar por razones climáticas y de presupuesto.

En ambas Regiones, los muestreos de mesozooplancton fueron estratificados (Estación 1: 0 - 50, 50 - 25 y 25 - 0 m; Estaciones 2 a 5: 0 - 100, 100 - 50; 50 - 0). Los muestreos fueron realizados utilizando una red Tucker Trawl (0,5 m lado de boca; 300 µm de malla), equipada con flujómetro para estimar el volumen de agua filtrada. En la Tablas 1 y 2 se señalan las posiciones geográficas (latitud y longitud), profundidades y fechas de los muestreos realizados en las Regiones de Coquimbo y del Biobío, respectivamente.

Tabla 1. Posición geográfica y profundidad (veril) de las estaciones bio-oceanográficas realizadas durante los cruceros FIPA-Cq1 (24 - 25/7/2018), FIPA-Cq2 (24 - 25/5/2019), FIPA-Cq3 (3/9/2019) y FIPA-Cq4 (20/1/2020), en la Región de Coquimbo.

Crucero	EST	ZONA	FECHA	Horario	Latitud	Longitud	Prof.
FIPA-Cq1	E-1	IV	24-07-2018	noche	-29,956150	-71,381233	102
	E-2	IV	25-07-2018	noche	-29,923900	-71,421533	276
	E-3	IV	25-07-2018	noche	-29,894150	-71,458750	470
	E-4	IV	25-07-2018	noche	-29,875033	-71,478917	400
	E-5	IV	25-07-2018	noche	-29,855233	-71,495483	500
FIPA-Cq2	E-1	IV	25-05-2019	noche	-29,956428	-71,379908	102
	E-2	IV	25-05-2019	noche	-29,925256	-71,422694	252
	E-3	IV	25-05-2019	noche	-29,899389	-71,460369	447
	E-4	IV	24-05-2019	noche	-29,884233	-71,480331	440
	E-5	IV	24-05-2019	noche	-29,866864	-71,497014	526
FIPA-Cq3	E-1	IV	07-09-2019	noche	-29,938383	-71,420783	98
	E-2	IV	07-09-2019	noche	-29,956836	-71,379681	251
	E-3	IV	07-09-2019	noche	-29,927283	-71,426333	447
	E-4	IV	06-09-2019	noche	-29,869667	-71,468417	440
	E-5	IV	06-09-2019	noche	-29,858900	-71,497183	526

Crucero	EST	ZONA	Latitud (°S)	Longitud (°W)	Prof.
FIPA-VIII-1	E-1	VIII	36°12,2745'	72°54,4127'	90
	E-2	VIII	36°15,8374'	73°14,8648'	107 - 117
	E-3	VIII	36°14,0614'	73°25,1547'	113 – 118
	E-4	VIII	36°11,4399'	73°31,3125'	190
	E-5	VIII	36°11,5389'	73°32,3719'	313 - 335
FIPA-VIII-2	E-1	VIII	36°12,576'	72°54,730'	89
	E-2	VIII	36°14,339'	73°02,057'	109
	E-3	VIII	36°15,365'	73°16,271'	116
	E-4	VIII	36°14,691'	73°24,960'	115
	E-5	VIII	36°10,763	73°31,331'	200
FIPA-VIII-3	E-1	VIII	72° 54,6'	36° 12,0' S	88
	E-2	VIII	73° 1,8'	36° 13,8' S	107
	E-3	VIII	73° 15,0'	36° 15,6' S	116
	E-4	VIII	73° 25,2'	36° 13,8' S	120
	E-5	VIII	73° 32,4'	36° 11,4' S	210

Tabla 2. Posición geográfica y profundidad (veril) de las estaciones bio-oceanográficas realizadas durante los cruceros FIPA-VIII-1 (28/12/2018), FIPA-VIII-2 (26-27/04/2019) y FIPA VIII-3 (26-27/08/2019)., en la Región del Biobío.

Las muestras de zooplancton obtenidas con la red Tucker en la región de Coquimbo, fueron preservadas en alcohol etílico (95%) a bordo y posteriormente el alcohol fue reemplazado. Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Pesquerías de la Universidad Católica del Norte. En la Región del Biobío, las muestras de zooplancton obtenidas fueron fijadas a bordo con formalina (10%) y fueron analizadas en el Laboratorio de Oceanografía Pesquera y Ecología Larval (LOPEL) de la Universidad de Concepción.

El análisis de las muestras incluyó la identificación bajo lupa estereoscópica, separación y cuantificación de las larvas y megalopas de las 3 especies objetivo del estudio. Los estadios tempranos de langostino amarillo y colorado (zoeas y megalopas) fueron extraídos de las muestras de zooplancton, siendo identificados, separados y cuantificados bajo lupa

estereoscópica. Las abundancias de los estadios tempranos de langostino por estrato muestreado se expresaron como ind./1000 m³.

Los criterios para la separación de los estadios tempranos de ambas especies de langostinos fueron las siguientes:

Zoea I: Caparazón con un rostro largo, denticulado en su extremo distal. Abdomen construido por cinco segmentos y el telson. Margen posterior del telson formado por dos ramas furcales denticuladas. Tercer maxilípedo rudimentario. No hay pleópodos ni urópodos.

Zoea II: Rostro con denticulaciones en toda su extensión. Telson con setas plumosas a cada lado. Tercer maxilípedo funcional y con setas.

Zoea III: Abdomen con un sexto segmento, provisto de una espina media dorsal. Presencia de urópodos. La rama interna es poco desarrollada.

Zoea IV: Rama interna de los urópodos bien desarrollada y con numerosas setas.

Zoea V: Presencia de cinco pares de pereiópodos bajo el caparazón, el primero es quelado. Urópodos bien desarrollados. Cuatro pares de pleópodos birramosos desde el segundo a quinto segmento del abdomen.

Adicionalmente, se llevó a cabo la superposición de los datos estratificados de abundancias de los estadios tempranos de langostino sobre las secciones verticales de características hidrográficas.

La abundancia y distribución vertical de los estadios tempranos de langostino fue representada gráficamente (círculos de distinto tamaño según abundancia) a través del programa Surfer 10 (versión 10). Posteriormente, la abundancia se superpuso a las secciones de las variables hidrográficas (temperatura, salinidad y fluorescencia) obtenidas mediante la interpolación de grillado Diva (http://modb.oce.ulg.ac.be/projects/1/diva) en Ocean Data View (ODV, versión 4.6.4).

4.1.3.1. Muestreos bentónicos

4.1.3.1.1. Rastra Agassiz

En cada estación de muestreo, tanto en la Región de Coquimbo como en la Región del Biobío, se realizaron lances para muestreo de juveniles con una rastra Agassiz en las estaciones seleccionadas de cada especie y zona, ya señaladas en las Figs. 1 y 2 a fin de caracterizar los focos de abundancia. En la Tablas 3 y 4, se entregan los datos de las estaciones de muestreo bentónico con rastra realizadas durante los cruceros en las regiones de Coquimbo y Biobío. Los arrastres de fondo fueron de 10 minutos de duración con velocidades entre 1,2 y 1,7 nudos de velocidad, dependiendo de la profundidad. Con el objeto de asegurar que se puedan realizar comparaciones directas y válidas de los resultados obtenidos en las dos zonas de muestreo, se construyó dos rastras Agassiz de iguales características técnicas.

Tabla 3. Posición geográfica y profundidad (veril) de las estaciones de muestreo bentónico con rastra realizadas durante los cruceros FIPA-Cq1 (24 - 25/7/2018), FIPA-Cq2 (24 -25/5/2019), FIPA-Cq3 (3/9/2019) y FIPA-Cq4 (20/1/2020), en la Región de Coquimbo.

Crucero	EST	ZONA	Fecha	Horario	Latitud (°S)	Longitud (°W)	Prof.
FIPA-Cq1	E-1	IV	25-07-2018	día	-29,880283	-71,468317	236
	E-2	IV	25-07-2018	día	-29,927667	-71,426600	262
	E-3	IV	25-07-2018	día	-29,906383	-71,459853	240
	E-4	IV	25-07-2018	día	-29,956817	-71,380300	420
FIPA-Cq2	E-1	IV	03-09-2019	día	-29,884283	-71,390000	186
	E-2	IV	03-09-2019	día	-29,900367	-71,387650	145
	E-3	IV	03-09-2019	día	-29,906383	-71,459850	232
	E-4	IV	03-09-2019	día	-29,917350	-71,426850	283
	E-5	IV	03-09-2019	día	-29,927083	-71,431250	312
FIPA-Cq4	E-1	IV	20-01-2020	día	-29,884283	-71,390000	185
	E-2	IV	20-01-2020	día	-29,900367	-71,387650	145
	E-3	IV	20-01-2020	día	-29,906383	-71,459853	240
	E-4	IV	20-01-2020	día	-29,917350	-71,426850	290
	E-5	IV	20-01-2020	día	-29,927083	-71,431250	300

Tabla 4. Posición geográfica y profundidad (veril) de las estaciones de muestreo bentónico con rastra realizadas durante los cruceros FIPA-VIII-1 (28/12/2018), FIPA-VIII-2 (26-27/04/2019) y FIPA VIII-3 (26-27/08/2019), en la Región del Biobío.

Crucero	EST	ZONA	Fecha	Horario	Latitud (°S)	Longitud (°W)	Prof.
FIPA-VIII-1	E-1	VIII	29/12/2018	día	36°12,2745'	72°54,4127'	90
	E-2	VIII	29/12/2018	día	36°15,8374'	73°14,8648'	107 - 117
	E-3	VIII	29/12/2018	día	36°14,0614'	73°25,1547'	113 - 118
	E-4	VIII	29/12/2018	día	36°11,4399'	73°31,3125'	190
	E-5	VIII	29/12/2018	día	36°11,5389'	73°32,3719'	313 - 335
FIPA-VIII-2	E-1	VIII	27/04/2019	día	36°12,2745'	72°54,4127'	89
	E-2	VIII	27/04/2019	día	36°15,8374'	73°14,8648'	109
	E-3	VIII	27/04/2019	día	36°14,0614'	73°25,1547'	116
	E-4	VIII	27/04/2019	día	36°11,4399'	73°31,3125'	115
	E-5	VIII	27/04/2019	día	36°11,5389'	73°32,3719'	200
FIPA-VIII-3	E1	VIII	27/08/2019	día	36°12,2745'	72°54,4127'	88
	E2	VIII	27/08/2019	día	36°15,8374'	73°14,8648'	107
	E3	VIII	27/08/2019	día	36°14,0614'	73°25,1547'	116
	E4	VIII	27/08/2019	día	36°11,4399'	73°31,3125'	120
	E5	VIII	27/08/2019	día	36°11,5389'	73°32,3719'	210

Se conservó la totalidad de la muestra, se identificó la fauna acompañante y se clasificó los estadios poblacionales de cada una de las especies objetivo. Cuando los juveniles co-ocurrieron con otras fracciones poblacionales, y en particular con hembras con huevos, se determinó también el estado embrionario de las hembras portadoras.

4.1.3.1.2. Filmaciones

En los puntos de muestreo donde se detectaron altas densidades de juveniles, y preferentemente en la zona norte donde existe una superposición de los estadios juveniles con los adultos, se realizó una prospección con cámara submarina (con capacidad de sumergirse a una profundidad máxima de 500 m suficiente para el muestreo considerado). Las imágenes fueron analizadas en función de las interacciones potenciales entre especímenes de las especies objetivo, especialmente aquellas de fracciones diferentes de la población, Se realizó al menos dos lances por foco y zona de pesca, de una duración de entre 5 y 10 minutos de filmación de fondo durante la navegación a baja velocidad.

4.2. OBJETIVO ESPECIFICO 2

Caracterizar considerando parámetros físicos, químicos y biológicos de las principales zonas de reclutamiento.

Se realizó una salida estacional para el seguimiento de los focos de reclutamiento en cada una de las zonas seleccionadas para el objetivo específico 2 (4.2). Estas salidas consideran los períodos: abril - mayo: junio - julio: septiembre, diciembre. En cada foco detectado en cada zona, se realizaron las siguientes actividades:

4.2.1. Rastra Agassiz

Ya descrito anteriormente.

Se conservó una muestra completa y una fracción de los juveniles de las especies objetivo fueron congeladas en nitrógeno líquido para determinaciones bioquímicas e isotópicas y el resto de la fauna acompañante se conserva en formalina. En caso de ocurrir también ejemplares de otras tallas y estados reproductivos de las especies objetivo, también se conservaron para análisis isotópicos y bioquímicos.

4.2.2. Box-corer o draga

Se obtiene una muestra de sedimento con Draga Smith McIntire de 0,1 m² para determinar Materia Orgánica Total (por triplicado) y también para caracterizar los isótopos estables de Carbono (delta13) y Nitrógeno (delta15) de la materia orgánica de sedimento que puedan estar formando parte de la dieta de los juveniles de crustáceos demersales. También se caracterizó el contenido de pigmentos de sedimento. Las muestras para estas determinaciones se mantuvieron inicialmente en frío durante cada uno de los embarques diarios y luego congeladas en laboratorio (-20°C) para su análisis posterior. También se conservó material en formalina para evaluar la macro-infauna.

4.2.3. Perfiles oceanográficos

En cada una de las áreas de reclutamiento de cada zona y por oportunidad de muestreo, se realizó un perfil oceanográfico para caracterización física, química y biológica.

4.2.3.1. CTD (Temperatura, Salinidad, Densidad, Oxígeno Disuelto, Fluorescencia)

Con el fin de caracterizar las condiciones hidrográficas de la columna de agua en Coquimbo, se realizaron mediciones de Temperatura, Salinidad, Oxígeno y Fluorescencia en una transecta perpendicular a la costa. Para obtener las variables antes mencionadas, se utilizó un perfilador CTD-O Seabird 19 plus, el cual permitió obtener información desde la superficie hasta 500 m de profundidad.

A continuación, se describen las principales características del CTD SBE 19 Plus:

- Equipado con sensor de Temperatura y Conductividad, Oxígeno (SBE 43) y Fluorescencia (Web Labs),
- Bomba sumergible (SBE 5P)
- Carcasa de Plástico hasta 600 m,
- Memoria 8MB
- Resolución de muestreo contínua de 4 Hz

El equipo se envió a la fábrica en USA con el fin de calibrar todos sus sensores antes del inicio del proyecto. La información obtenida tiene un pre-procesamiento que se realiza utilizando protocolos y programas proporcionados por el fabricante del equipo. Los datos de oxígeno obtenidos por el equipo son corregidos a partir de mediciones de oxígeno de muestras de agua obtenida desde botella Niskin para diferentes profundidades.

En Concepción, los muestreos de hidrografía y zooplancton fueron llevados a cabo en estaciones bio-oceanográficas ubicadas a lo largo de una transecta en el área frente a la desembocadura del Rio Itata. En cada estación se llevaron a cabo perfiles con CTD (SBE 19 V2 - SBE 25) hasta 200 m de profundidad (Fig. 2). En el crucero de abril 2019, sin embargo, por un desperfecto en el sensor de profundidad del equipo no se cuenta con la información hidrográfica completa del CTD. Con la información hidrográfica de cada estación, se llevaron a cabo secciones verticales con los datos de las distintas variables oceanográficas (temperatura, salinidad, densidad (sigma-t) y fluorescencia). Las secciones se realizaron a través del algoritmo Data Interpolating Variational Análisis (DIVA) del programa Ocean Data View (ODV, versión 4.7.8). Este método de interpolación de una grilla regular considera como parte de los análisis, la línea de costa y características batimétricas de la zona de estudio (Barth et al. 2010; Troupin et al. 2010; Tyberghein et al. 2011).

Además de los perfiles hidrográficos, en estaciones previamente seleccionadas se recolectó agua de mar con botellas tipo Niskin (5 L) a distintas profundidades (0, 15, 25, 50, 100 y 110 m) con el fin de obtener la concentración de Clorofila-a, feopigmentos, concentración de oxígeno disuelto y materia orgánica particulada para análisis posteriores de isótopos estables 13C y 15N. Para los análisis de clorofila a y feopigmentos se filtró 200uL de agua de mar desde cada profundidad a través de filtros Whatman GF/F (0.45um). Para los análisis de materia orgánica particulada (MOP) se filtró 2,5 L de agua de mar de cada profundidad, a través de filtros GF/F (0.7 um), precombustionados, siendo los filtros para clorofila a y para MOP inmediatamente congelados a - 20°C. Las muestras de agua de mar para la determinación de oxígeno disuelto fueron recolectadas desde cada botella Niskin, fijadas a bordo, y mantenidas en obscuridad para análisis posterior en laboratorio. La determinación de oxígeno disuelto se realizó mediante el método de Winkler modificado por Carpenter (1965).

4.2.4. Climatología

4.2.4.1. Vientos

Datos de temperatura, presión atmosférica, magnitud y dirección del viento se obtuvieron a partir de estaciones meteorológicas instaladas a lo largo de la costa de Coquimbo por CEAZA, y en Punta Hualpen (Concepción, UdeC), Además, de forma complementaria se utilizaron datos de vientos obtenidos desde escaterómetro instalado en satélites, información que está disponible gratuitamente en la web. La información se procesó utilizando técnicas de análisis de series de tiempo con el fin de determinar frecuencias predominantes, caracterizar eventos de surgencia y hundimiento y relación con otras variables obtenidas. Para describir el ciclo anual e interanual del viento, se utilizó el producto de viento superficial del modelo acoplado Climate Forescast System v2 (Saha et al., 2014) del National Center for Environmental Prediction (<u>http://cfs.ncep.noaa.gov</u>) que fue validado para la región por Rahn y Garreaud (2013). La información tiene una resolución espacial de 0,313° y está disponible a partir de 1979 con una resolución temporal de 6 horas. Una de las ventajas de utilizar CFSRv2 con respecto a datos de viento satelital es que no presenta una banda ciega costera de 25 km.

4.2.4.2. Temperatura superficial del mar y Clorofila -a

Datos de Temperatura Superficial del Mar (TSM) obtenidos a partir de la combinación de diferentes sensores de satélites se utilizaron para estudiar la variabilidad temporal y espacial de las características térmicas superficiales del mar en las zonas de interés. La información utilizada corresponde a un producto de alta resolución de multi-escala (en su sigla en inglés MUR) que cuenta con una resolución temporal diaria y espacial de 1 km, información disponible desde PODAAC.

En la Región del Biobío, la caracterización de las condiciones oceanográficas del área de muestreo comprendida entre 34°00' y 38°00'S, durante los meses de diciembre del 2018, abril y agosto del 2019, se obtuvo de imágenes satelitales de temperatura superficial del mar y clorofila MODIS Aqua Globales, con una resolución espacial de 4 Km y temporal de 8 días, provenientes

del sitio OceanColor Web (http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/ftp.html). Las imágenes fueron analizadas con el software SeaDas (versión 7.3.2), obteniéndose valores de temperatura (°C) y clorofila (mg m⁻³) para la región de estudio. Los datos utilizados tienen una resolución espacial de 4 km y temporal cada un día (compuestos), que permite identificar patrones asociados a zonas de altas y baja productividad primaria, que se contrastan con variables pesqueras e información oceangráfica.

4.2.4.3. Nivel del mar

Información del nivel del mar en la costa registrada desde mareógrafos instalados en los principales puertos de Chile, se solicitó al Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada, Esta información permite identificar periodos donde un forzamiento remoto está incidiendo sobre las zonas de estudio. Además, se utilizó altimetría satelital y subproductos (velocidad geostrófica y fsle) con el fin de identificar y caracterizar procesos de meso y sub-mesoescala en la IV y VIII región que podrían estar impactando sobre la distribución del recurso pesquero.

Complementariamente, para las zonas de reclutamiento identificadas, se obtuvo la altimetría desde el sitio AVISO (<u>https://www.aviso.altimetry.fr/en/my-aviso.html</u>). Estos datos de altimetría tienen una resolución espacial de 0,25° de latitud.

4.2.4.4. Forzamiento remoto

La variabilidad local puede estar influenciada por la variabilidad climática remota, como la variabilidad interanual El Niño - Oscilación del Sur, que impactan en la región de surgencia a lo largo de las costas de Chile, ya sea en la fase fría como cálida. Para obtener causantes remotas que expliquen parte de la variabilidad local se obtuvieron series de tiempo de índices de la variabilidad climática como: a) El Niño 3+4, b) Índice de la Oscilación del Sur, c) Índice de la Corriente de Humboldt, descrito por Blanco (2004) (Fuente: http://www.bluewater.cl/ HCI/hci.html) y d) el índice de Oscilación Decadal del Pacífico para el periodo 1950 – 2017. Las series climáticas se obtienen de NOAA/ESRL Physical Sciences Division (https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/climateindices/list/).

4.2.5. Muestreo Químico

Se obtuvo muestras de agua a diferentes profundidades estándar: 0, 15, 25, 50, 100 y fondo con botella Niskin de 5 l y se tomaron muestras para las siguientes determinaciones:

- Concentración de oxígeno disuelto: la muestra se tomó con manguera de silicona en botellas y se fijó con los reactivos correspondientes en forma inmediata a la toma de la muestra. La determinación de la concentración de oxígeno por la técnica estándar modificada del método de Winkler (Williams y Jenkinson, 1982) se realizó utilizando una bureta de micro-titulación (titulador automático: Trinino-Dosimat) en el Laboratorio de Química de la UCN en menos de 36 hrs, de ser fijada la muestra.
- 500 ml de agua en botellas Nalgene para la determinación de nutrientes (Nitrato, nitrito, fosfato y silicato) por métodos estándar (Manual de Métodos) en el Laboratorio de Química de la UCN. Se utilizaron estándares certificados de Merk y diluciones para convertir absorbancias (nm) a concentraciones (μM).
- 1 l de agua para determinación de clorofila a y feopigmentos. Las muestras fueron conservadas en oscuridad y frío hasta el desembarque, cuando se procesaron con filtros GFF 0,7 micras. Estas muestras se congelaron en N líquido hasta el análisis posterior de pigmentos en forma espectrofotométrica (espectrofotómetro UV/vis 9200 Rayleigh,) tras extracción con acetona (Strickland y Parsons, 1972) en laboratorio de Química UCN.
- 1 l de agua para determinación de Carbono Orgánico particulado. El agua se conserva al igual que para la determinación de clorofila y se procesa con filtros GFF pre-incinerados a 500°C.

El pH se midió en las muestras de agua recolectadas con botella Niskin, para todas las profundidades y en ocasiones indicadas, en terreno, utilizando un pHchímetro Tree-Star Orion de terreno.

4.3. OBJETIVO ESPECIFICO 3

Determinar la dinámica, densidad y biomasa de individuos juveniles en las principales zonas de reclutamiento,

Se utiliza la nomenclatura de acuerdo con las definiciones entregadas en Sparre y Venema (1997), en el sentido que los langostinos y camarón nailon en la primera parte de su vida, como larvas o juveniles, son poco o nada afectados por la pesquería y en consecuencia ésta corresponde a la fase no explotada de la vida de estos organismos.

Consecuente con lo anterior, se define como Tr la edad más temprana a la que un langostino o camarón nailon puede ser vulnerable a los artes de pesca, el organismo de edad Tr se denomina "recluta". Se entiende por "reclutamiento" el número de reclutas, o sea el número de langostinos o camarón nailon que ha llegado a la edad Tr durante una "estación de reclutamiento". La "intensidad de reclutamiento" es el número de reclutas por unidad de tiempo. El patrón de reclutamiento es la forma en que se expresa este proceso, diferente para especies de aguas templadas donde se observa estacionalidad versus especies de aguas tropicales donde se observa más de un máximo de reclutamiento.

4.3.1. Identificación de focos de abundancia

De acuerdo a lo señalado en las Bases Técnicas del estudio, se seleccionaron dos sectores, uno en cada Región (Coquimbo y Biobío), los que de acuerdo a la información disponible son aquellos donde se dan las mejores condiciones objetivas para el estudio. Cabe señalar que durante los años en que se han realizado evaluaciones directas financiadas por el FIP (ahora FIPA), entre 1993 y 2013 se ha caracterizado una serie de focos para las dos especies de langostinos y zonas de diferentes densidades para el camarón nailon, cuya distribución espacial resulta ser más continua que aquellas de las otras dos especies. En consecuencia, el análisis preliminar para seleccionar los lugares de muestreo se centró en los lugares ya señalados.

4.3.2. Diseño de muestreo espacial de la zona de estudio

De acuerdo con las Bases Técnicas, para dar cumplimiento al objetivo específico se debe recolectar las muestras a partir de arrastres con rastra Agassiz, sin embargo, se considera que dicho arte de muestreo no es más eficiente en términos de responder todos los aspectos que se considera evaluar (composición de tamaños de la especie objetivo, fauna acompañante, etc.).

Ante este tema se propone desarrollar dos aproximaciones complementarias, basadas en los siguientes argumentos:

- una fase del reclutamiento *sensu lato* se desarrolla en una fase planctónica y otra bentónica que ocurriría fuera de los caladeros, pero en sectores cercanos, en profundidades más someras, por lo cual se debe establecer un diseño Ad-hoc para cubrir estas fases adecuadamente, como se describiera anteriormente.
- 2) considerando el hecho evidente que los reclutas se deberán incorporar en algún momento a los caladeros donde se realiza la actividad pesquera, generándose los llamados reclutamiento al arte y a la pesquería, necesariamente debe existir un muestreo que explore esta actividad.

Luego, para dar cumplimiento al objetivo específico se propone realizar los muestreos con una red comercial con cubre "túnel - copo", de manera similar a lo realizado por Acuña *et al.* (2007) en noviembre y diciembre de 2005 y febrero-mayo de 2006. Las ventajas de este enfoque son:

- Se conoce la estructura de la red, y por lo tanto, la apertura de punta de alas con la que se estima el área barrida por la red, y dada la captura, el rendimiento de pesca para cada una de las fracciones poblacionales (reclutas y adultos).
- 2. Se puede capturar un amplio rango de tamaños.

- 3. Se puede alcanzar un tamaño de muestra suficiente para el cálculo de estadígrafos poblacionales (longitud media, longitud modal, varianza y desviación estándar de la media), así como la relación longitud-peso especie específica.
- 4. El arte de pesca es más fácil de manejar para la tripulación, y por lo tanto, se pueden hacer lances de exploración para evaluar la variabilidad espacial de la densidad. Si los lances de pesca siguen los criterios de las evaluaciones directas (lances de 15 minutos de arrastre efectivo), los resultados se podrán comparar con estimaciones locales de abundancia obtenidos en el marco de tales estudios.
- 5. Para el seguimiento temporal de la estructura de tallas, se puede aprovechar la operación mensual de la flota para realizar lances de pesca en el foco identificado, sin mayores modificaciones en el arte de pesca, o la necesidad de embarcar nuevos aparejos (rastra Agassiz).

En el caso de Región del Biobío, las zonas de reclutamiento de juveniles recién asentados están localizadas al interior de las 5 millas náuticas y profundidades menores a 160 m para el caso de langostino colorado (Roa y Tapia 2000), de tal manera que la composición de tamaños de la fracción menor a 10 mm puede quedar bien representada según Gallardo et al. (1994) con un tamaño muestral que fluctúo entre 60 y 262 individuos (con 5 lances con rastra Agassiz, de 10 min). El tamaño promedio fluctúo entre 5,34 y 6,40 mm con desviación estándar de 0,83 y 0,74, Con estos datos se pueden considerar hasta 15 clases de tamaño de 0,5 mm de 3 hasta 10 mm de cefalotórax.

Para complementar con datos de frecuencia de tallas de la captura comercial, se realizó un seguimiento de lances de pesca de 15 - 20 minutos de duración dirigidos a fondos someros al límite de las 5 millas náuticas. Estos lances de pesca fueron solicitados en la zona de Concepción a Camanchaca Pesca Sur, desde marzo a junio de 2018 para establecer la composición por tallas de reclutas en las zonas de pesca. Con propósitos comparativos, se utilizaron datos del monitoreo biológico diario de las capturas de langostino colorado y langostino amarillo, seleccionándose los caladeros localizados a la cuadra de Achira (exterior e interior), Itata, y Chanco. Estos monitoreos provienen de la pesca comercial y los lances de pesca fueron realizados por fuera de las 5 millas náuticas. Las muestras fueron obtenidas a bordo, antes del proceso de selección y

encajonamiento, se dispusieron en tambores de 120 l de capacidad, los cuales se trasladaron al laboratorio de la Universidad de Concepción, desde donde se procedió a identificar el sexo, medir la longitud del cefalotórax (LC) y determinar el peso de los ejemplares. La longitud se registró utilizando un pie de metro digital de 0,01 mm de precisión, y consistió en la distancia entre el arco post-ocular y el extremo posterior del cefalotórax sobre el eje medio dorsal (Arana & Pizarro 1970). Para el peso se utilizó una balanza 0,1 g de precisión. La determinación del estado de madurez de los huevos portados por las hembras se efectuó de acuerdo con la coloración, forma y grado de pigmentación de los ojos de los embriones (Palma y Arana 1997).

Además del muestreo de langostino colorado y langostino amarillo, se obtuvieron muestras de lenguado de ojos grandes (*Hippoglossina macrops*) con el objeto de indagar en la presencia de juveniles en el contenido estomacal (e.g., Villarroel y Acuña, 1999; Villarroel et al., 2001) y la estructura de tallas presente, con el objeto de comparar con la estructura de tallas de la captura comercial. La hipótesis nula se sustenta en lo encontrado por Acuña et al. (2007), quienes demuestran que juveniles de langostino colorado y langostino amarillo reclutan en los caladeros de pesca comerciales sin conformar una zona de crianza desde donde se irradian los juveniles mientras crecen. El muestreo de estómagos de lenguados fue organizado de la manera de contar con 400 por estación del año; a saber: Otoño (marzo-junio), Invierno (julio-agosto) y Primavera (octubre) de 2018 (Tabla 5).

Los ejemplares fueron medidos en su longitud total (0,1cm) y pesados. Se extrajo el estómago y se pesó con una balanza de 0,01 g de precisión y el contenido estomacal consistió en identificar los item presa. Estos fueron contados y pesados, y en el caso de langostinos fueron medidos con un pie de metro digital. Los juveniles de langostinos, ya sea colorado o amarillo, en los contenidos estomacales fueron agrupados en ejemplares menores a 10 mm, o mayores a 10 mm, con el objeto de caracterizar de mejor manera la frecuencia de tallas.

En relación con la secuencia espacio - temporal de estos lances de pesca fueron representados por puntos (punto medio del lance), cuyo nivel de agregación y dispersión se analiza mediante métodos de patrones espaciales de puntos (Diggle, 2005; Gabriel et al. 2013).
Periodo	Frecuencia de Muestras	Estómagos analizados (n)	Estómagos vacíos (n)	
Otoño (marzo-junio)	9 viajes	400	136 (34,0%)	
Invierno (julio-agosto)	3 viajes	400	176 (16,44%)	
Primavera (octubre)	3 viajes	224	92 (41,1%)	
Total	15	1024	404 (39,5%)	

Tabla 5.Muestras de estómagos de lenguado de ojos grandes (*H. macrops*) en los caladeros de
pesca de la Región del Biobío a la cuadra de Achira entre marzo y octubre de 2018.

Por otra parte, y sobre la base de las agregaciones de dichos lances de pesca, se agrupan distribuciones de frecuencia de tallas. La composición modal de dichos datos agrupados se analizó con modelos estadísticos de mezcla de distribuciones como Mixdist para R, lo que permite analizar la progresión modal de la fracción recluta en un ciclo anual. Mixdist para R (http://ms.mcmaster.ca/peter/mix/mix.html), es un paquete que permite descomponer una mezcla distribucional en componentes que pueden ser representados por la media, desviación estándar y proporción del componente en la muestra de frecuencia de tallas. Es un método clásico que ha sido utilizado para estudiar el crecimiento de crustáceos (ver por ejemplo Roa 1993; Cubillos et al. 2001).

4.4. OBJETIVO ESPECIFICO 4

Evaluar la calidad y condición nutricional de los individuos juveniles

Para cumplir este objetivo se realizaron los siguientes análisis en los individuos juveniles recolectados con rastra Agassiz según los Objetivos Específicos 1 y 2, tanto en la detección de los focos, como en los seguimientos de los mismos. Además, se utilizaron también organismos juveniles capturados en las muestras de zooplancton en caso que efectivamente fueran recolectados en esta fracción biológica durante horas de la noche.

4.4.1. Análisis de condición (tamaño, peso)

La evaluación de la condición de juveniles se realizó registrando el tamaño y peso húmedo seco y libre de ceniza de los individuos juveniles recolectados mediante rastra Agassiz y muestras de zooplancton nocturno (objetivos 1 y 2). Se midió el largo del cefalotórax y el peso en laboratorio. En el caso de organismos destinados a análisis bioquímicos, estas medidas se obtuvieron en el momento previo al procesamiento de las muestras. Así mismo, previo el procesamiento de la muestra, se registró el estado de dureza del caparazón del crustáceo (para determinar el estado de la muda en el que se encontraban). Las medidas de peso húmedo total se obtuvieron con individuos completos, previamente medidos y secados con papel absorbente en una balanza de precisión 0,001 g. Las mediciones de peso libre de ceniza (contenido de materia orgánica) se realizaron sobre el hepatopáncreas y el "resto del individuo". Es decir, cada individuo previamente pesado se disectó y se separó el hepatopáncreas del resto del individuo y para cada una de estas fracciones se aplicó el siguiente procedimiento: se secó en estufa a 40°C por 24 hrs, (hepatopáncreas y el resto del individuo independientemente). Posteriormente, se obtuvo el peso libre de ceniza (muflado a 500°C, por 4 hrs.) para cada una de las fracciones, de manera de obtener el contenido total de carbono orgánico y descontar el peso del exoesqueleto. Cada una de estas mediciones se realizó en bandejas de papel de aluminio previamente secadas y pesadas para obtener cada uno de los pesos por resta simple, una vez considerado el peso de la cápsula. El contenido de materia orgánica se obtuvo mediante la substracción del peso seco - peso seco libre de cenizas.

Los datos fueron tratados de dos maneras:

- Se obtuvo curvas de contenido de carbono/longitud para cada uno de los diferentes períodos de muestreo y se compararon las curvas del peso a la talla a lo largo del tiempo mediante Generalized Linear Models (GLMs).
- ii. Se utilizó el índice de condición (contenido de carbono/ longitud) y se determinó su evolución en el tiempo, considerando el largo como covariable, mediante GLM.
- iii. Se utilizó en ambos casos otras covariables ambientales como contenido de oxígeno del fondo y el índice de posición trófica (ver pto. 4.4.3.)

iv. Se calculó el índice hepatosomático: peso hepatopáncreas/peso total (ambos libres de cenizas), y se comparó entre estaciones del año y zonas para cada especie, considerando GLMs y covariables como el largo total del individuo y las variables ambientales).

4.4.2. Estado nutricional

Los juveniles conservados en nitrógeno líquido de cada especie, para cada muestreo y zona, de acuerdo a los muestreos descritos anteriormente se destinaron a la determinación de composición bioquímica: lípidos, proteínas, carbohidratos, ADN/ARN y ácidos grasos, en la masa muscular y en el hepatopáncreas del organismo. Se consideró un número mínimo de 10 individuos (por especie, zona y estación del año) sujeto a la ocurrencia de juveniles realmente en los diferentes eventos de muestreo.

Las determinaciones bioquímicas fueron realizadas en el Laboratorio de Recursos Hidrobiológicos de la Facultad de Ciencias de la Universidad Católica de la Santísima Concepción, Concepción, Chile, que tiene experiencia en trabajo con este tipo de organismos, contratado como servicio para el proyecto. En el caso que se encontraren organismos bentónicos además de organismos juveniles en la columna de agua, se evaluó la presencia de alimento en el tracto digestivo y se midió clorofila en el tracto digestivo de 10 organismos bentónicos y 10 planctónicos para la zona, período y especie en que ocurriera dicha condición.

Muestras de hepatopáncreas y músculo (abdominal) de cada uno de los individuos seleccionados fueron pre-pesadas, y homogeneizadas a través de ultrasonido (sonicador) con agua miliQ. Los análisis se realizaron por triplicados, y se obtuvo los valores absolutos, así como los porcentajes relativos de los diferentes compuestos. El contenido total de lípidos se obtuvo según la metodología utilizada por Bazcur *et al.* (2017), utilizando dichlorometano: metanol (2:1) como solvente. El contenido total de proteína de cada muestra se obtuvo también según la metodología descrita en Bazcur *et al.* (2017), que ya ha probado ser útil en al menos uno de los crustáceos demersales en evaluación, que se basa en la metodología espectrofotométrica utilizada por Bradford (1976). El contenido de ARN/ADN se determinó siguiendo a Anger y Harms (1989).

La comparación entre estaciones del año consideró tanto los valores absolutos de lípidos, proteínas, índice ARN/ADN para cada órgano separadamente, así como las proporciones relativas de lípidos y proteínas. Cada variable se evaluó comparando la composición entre las diferentes estaciones del año para cada especie, utilizando el tamaño (y/o peso) peso corporal total como covariables, así como las variables ambientales. Se propuso utilizar análisis de GLM, aunque no se descartó la utilización de otro modelo, si la distribución de datos así lo requiriera.

4.4.3. Determinación isotópica

Considerando el muestreo de juveniles planteado en el Objetivo Específico 3 (sección 4.3. de la propuesta), se congeló un mínimo de 10 y un máximo de 30 individuos juveniles de cada especie, para cada zona y período del año. Estas muestras congeladas a - 20°C, fueron utilizadas para determinaciones de isótopos estables de nitrógeno δ^{15} N (%)oo) y de carbono δ^{13} C (%)oo), congelados. El equipo de trabajo ha tenido experiencia anteriormente con los mencionados servicios, habiendo resultado positivos. También se enviaron a analizar la composición de los mismos isótopos estables en la Materia Orgánica Particulada de la columna de agua, del sedimento (según el objetivo 2, sección 4.2) y al considerar la evolución temporal de todos ellos se pudo evaluar que fracción de la dieta proviene del ambiente pelágico vs. el ambiente bentónico.

Las muestras fueron recolectadas a partir de músculo de organismos disecados, lavadas con agua Mili–Q y secadas en estufa (40 °C por 48 horas) en viales de vidrio muflados (500°C por 4 hrs.). Las muestras se molieron y se colocaron en cápsulas de estaño pre–pesadas para su envío a determinación al laboratorio.

La información de zooplancton y bentos, en conjunto con la información isotópica contribuye a evaluar el asentamiento definitivo de los juveniles (Yannicelli et al. 2012). Resultados previos indican que es posible separar la dieta de machos y hembras de langostino colorado que se encuentran asociados a diferentes niveles de oxígeno (Fig. 3). Los isótopos estables son una herramienta utilizada para establecer los flujos de energía en las tramas tróficas (Middelburg

2013), permitiendo establecer las fuentes de fijación de carbono y las posiciones tróficas de los organismos. Las razones de isótopos estables son reportadas en la notación δ como la desviación relativa de los estándares internacionales. Se utilizaron las metodologías estadísticas de Smith *et al.* (2013) y Parnell *et al.* (2010), para determinar la contribución de las diferentes fuentes de alimentación. Se realizaron comparaciones en el tiempo utilizando PERMANOVA, Las variaciones de la posición trófica de los juveniles se evaluaron en el tiempo sobre los resultados de la evaluación de ésta, estimada según la ecuación de Vander Zanden & Wamp; Rasmussen (1999), analizados mediante ANOVAS (o correspondiente no paramétrico si así fuera necesario para cumplir con los supuestos) para cada especie.



Fig. 3. Mapa isotópico machos (negro) hembras (rojo) de langostino colorado.

4.5. OBJETIVO ESPECIFICO 5

Determinar el efecto de factores ambientales claves y denso-dependientes sobre las tasas de crecimiento y sobrevivencia de los juveniles.

4.5.1. Obtención de juveniles vivos

Los juveniles se obtuvieron según se describe en el objetivo 2. Los juveniles de Munididae (*Cervimunida johni y Pleuroncodes monodon*) se identificaron según la clave de Macpherson & Baba (2009), mientras el camarón *Heterocarpus reedi* según la descripción de Retamal (2001). Se considera juvenil a aquellos individuos que no sean megalopas y no presenten caracteres sexuales definidos.

Los juveniles de *P. monodon* y *H. reedi* obtenidos durante el primer crucero bio-oceanográfico (julio 2018) fueron transportados al laboratorio Oceanolab (UCN) en coolers con agua de mar mantenida a $<11^{\circ}$ C y aireación. Una vez en las dependencias de la Universidad Católica del Norte en Coquimbo los juveniles se separaron por especie y fueron mantenidos en aclimatación antes de ingresar a los experimentos, de ellos solo sobrevivieron individuos de *P. monodon*, debido a esto los experimentos de comportamiento pudieron solo completarse con esta última especie.

El transporte desde la embarcación de pesca al laboratorio cuenta con el uso de protocolos para el embalaje y transporte de crustáceos vivos, lo que implica proveer los procedimientos necesarios para que los ejemplares lleguen en las mejores condiciones al laboratorio. Allí se aplicaron los procedimientos para la recepción y aclimatación a las condiciones del laboratorio, que establecen la observación y registro de la actividad de los camarones y langostinos en función de su adaptación a las condiciones de mantención en sistema controlado, comportamiento, alimentación y evaluación de procesos de muda.

4.5.2. Condiciones experimentales

Los experimentos se realizaron en los laboratorios de Pesquerías, Cultivo de Crustáceos y Oceanolab, ubicados en el Campus Guayacán de la Universidad Católica del Norte, en Coquimbo.

Los organismos fueron mantenidos en las dependencias de Oceanolab antes de su ingreso a los experimentos, con agua de mar filtrada y tratada con UV, alimentados con pellet comercial. Adicionalmente, se llevó un control de las muertes y de la condición general de los juveniles hasta finalizar los experimentos.

Para la mantención en el laboratorio, se contempló la adecuación de estanques rectangulares de 250 L para la etapa de aclimatación y posteriormente para la mantención durante el tiempo en que se realizaron las actividades propias del proyecto. Se dispuso de refugios, un plan de alimentación, disposición de agua filtrada y mantenida a temperatura ambiente, de estanques separados e individualizados por especie, los que fueron marcados según los protocolos del laboratorio y de material de trabajo independiente por estanque.

El laboratorio cuenta con dos instalaciones una para cultivos masivos y otra para cultivos en ambiente controlado.

4.5.3. Crecimiento en función de la temperatura

Se analizó el efecto de la temperatura sobre la tasa de crecimiento de juveniles (longitud y biomasa) de las especies objetivo.

Se realizó un diseño anidado, donde se dispuso de acuarios de 10 l que contenían 10 individuos de cada especie, separados entre sí para determinar el crecimiento en longitud (longitud del cefalotórax) y masa individualmente. Las unidades experimentales fueron cultivadas por triplicado durante un mes en condiciones de normoxia a 11, 13 y 15°C, temperaturas típicas a las

cuales son encontrados los juveniles en el bentos y en superficie (15°C). La temperatura se mantuvo constante mediante sistema de refrigeración automática.

Se seleccionó individuos de cada especie, de tallas similares y sin pérdida de apéndices. Durante el periodo de incubación se alimentaron los juveniles ad libitum con pellet comercial de acuario y los acuarios fueron limpiados diariamente. Se controló dos veces por día las temperaturas, las mudas y muertes.

Finalizado el periodo de incubación se midió el largo del cefalotórax, peso y sexo. Una muestra de juveniles fue congelada en nitrógeno líquido y conservados a -80°C.

El crecimiento se determinó como la diferencia en longitud (o peso) final - inicial en un periodo de un mes. Se analizó los datos con un análisis de varianza (ANOVA) para determinar si las diferencias en el crecimiento entre temperaturas fueron significativas. Los supuestos de distribución normal y homogeneidad de varianza fueron puestos a prueba usando QQ-plots y Test de Levene (Library Car 2,1-6). Si las diferencias del ANOVA eran significativas se realizó el test a posteriori Tuckey (HSD Tukey, library agricolae, versión 1,2-4). Las figuras fueron construidas con la librería ggplot2 (versión 2.2.1). Todos los tests estadísticos fueron realizados con el software R (R Core Team 2015).

4.5.4. Crecimiento de juveniles a diferentes condiciones de oxígeno

Se determina la tasa de crecimiento de juveniles de las especies objetivo a 11° C y 3 concentraciones de oxígeno. La temperatura se adaptó en base a la condición térmica encontrada en las zonas de reclutamiento de *P. monodon* (Roa *et al.* 1995; Gallardo *et al.*, en revisión); mientras que las concentraciones de oxígeno seleccionadas correspondieron a aquellas en las que teóricamente se encuentran los reclutas en el bentos (0,2 ml L⁻¹) y en superficie (normoxia), además de una concentración más hipóxica (0,05 ml L⁻¹) para representar las bajas de oxígeno agudas que experimentan naturalmente estas especies.

Se dispusieron contenedores de acrílico con tapa hermética de capacidad 10 L, cada unidad experimental contenía entre 5 - 10 juveniles (pool). Por cada condición de oxígeno y especie se contó con 3 réplicas. Los acuarios se alimentaron continuamente (flujo abierto) con agua de mar filtrada, tratada con UV y a la condición de oxígeno según tratamiento. Para mantener los flujos constantes al interior de cada unidad experimental se utilizó un sistema de bombas peristálticas automáticas que mantuvieron los niveles de oxígeno en función de la respiración de los juveniles y tratamiento. Las condiciones de hipoxia se consiguieron mediante burbujeo con una mezcla de nitrógeno y CO_2 (0,5 - 999 ppm. manufacturado por INDURA), la mezcla con CO_2 fue utilizada para mantener el pH constante entre tratamientos.

El oxígeno al interior de cada unidad experimental se revisó dos veces por día. Cada acuario contó con un sensor químico óptico no invasivo (spot de oxígeno) específico para hipoxia (sensor PSt6, rango de medición 0 and 1,8 mg l⁻¹) y otro para normoxia (sensor PSt3, rango de medición 0 and 45 mg l⁻¹). Los sensores fueron medidos usando Fibox 4 trace (PreSens, Germany).

Antes de ingresar al experimento se registró la longitud de cefalotórax y pesó los juveniles. El crecimiento se midió por un periodo de un mes en condiciones de temperatura controlada (cámara de frío a 11°C), cada pool de juveniles se alimentó diariamente con pellets comerciales. Cada día se cambió el alimento, se registró las mudas, las muertes, las fecas y las pérdidas de apéndices (según correspondiera). Finalizado el periodo de incubación, los juveniles fueron medidos, pesados y congelados a -80°C para determinar la condición final para cada tratamiento y especie.

4.5.5. Evaluar el comportamiento con respecto a la disponibilidad de alimento:

El comportamiento alimentario se midió en función a su disposición a 11°C y en condiciones de normoxia. Se puso a prueba 4 tratamientos de alimento: 1. ad libitum. 2. la mitad del consumo máximo (ad libitum), 3. ¹/₄ del consumo máximo y 4. ¹/₄ + nauplios de *Artemia* vivas.

Para determinar los gramos de alimento en cada tratamiento y especie se realizó un preexperimento de consumo, determinando los gramos máximos de consumo de alimento luego de 24 hrs. de ayuno. El alimento utilizado es pellet comercial, cuya mezcla ya ha sido usada con éxito en *P. monodon* en el proyecto FONDECYT 1140832.

El comportamiento se grabó a intervalos de 1 hr con cámaras Go-Pro, en acuarios de vidrio de 8 l con pool de entre 3 - 10 juveniles (dependiendo de la disponibilidad de ejemplares) por triplicado por especie. Los juveniles ingresaron al experimento en ayunas de 24 - 48 hrs (dependiendo de las pruebas preliminares de alimento) y aclimatados a 11°C por el mismo periodo.

Las grabaciones se realizaron el día 11 de agosto 2018, por una hora en condiciones de normoxia y a 11°C. Los 4 tratamientos de alimento contaron con 3 réplicas para cada tratamiento, cada una de ellas con 5 juveniles de *P. monodon*. Cada unidad experimental fue aclimatada por una hora en la cámara de incubación antes del ingreso del alimento. Durante las grabaciones se observaron principalmente las siguientes conductas: Monopolización del alimento (bolo de pellet monopolizado por uno de los individuos), comportamientos antagonistas (peleas), filtración usando apéndices bucales y uso de quelípedos para la manipulación del alimento. Los comportamientos más frecuentes se clasificaron y estandarizaron como tasas de comportamiento por min. Luego, las tasas se compararon estadísticamente entre tratamientos de alimento por especie.

4.6. OBJETIVO ESPECIFICO 6

Evaluar relaciones entre la población reproductora, el medio ambiente, el reclutamiento y las variables pesqueras.

En general, las principales fuentes de la estructuración y posterior análisis de series de tiempo son dos:

- Las evaluaciones directas realizadas como Proyectos FIPA desde 1993 a 2013 resumidas en la Tabla (6) y las licitadas por IFOP desde 2014 a la fecha.

Las evaluaciones indirectas realizadas originalmente con recursos FIPA hasta el año 1997, parte de ellas desde ese año hasta el 2013 como un Objetivo Específico de las evaluaciones directas (*Analizar la situación actual del (de los) recurso(s) en la zona de estudio, considerando los antecedentes de la pesquería y los resultados del proyecto*) y en los Proyectos licitados por IFOP 2014 - 2018 y las evaluaciones indirectas realizadas por IFOP, actualmente en el marco de su Seguimiento de las Pesquerías de Crustáceos demersales.

Con los antecedentes recopilados en estos estudios se construyeron las series de tiempo de diversos aspectos que se detallan a continuación de acuerdo a lo solicitado en las Bases Técnicas de este proyecto para cumplir con este Objetivo Específico. Para tal efecto se solicitó oficialmente tanto en el FIPA como IFOP el acceso a los datos correspondientes, a pesar que este Consultor cuenta con la mayoría de los datos por haber realizado una buena parte de los estudios del FIP, actual FIPA ya individualizados.

A pesar de lo anterior, existen otros estudios, la mayoría de ellos del FIP, en los cuales también se generó información útil para cumplir con este Objetivo Específico que también se consideraron oportunamente.

Finalmente, este Consultor cuenta con unas series de datos propios obtenidos durante un programa de al menos 5 años de Seguimiento de la actividad de la flota de la IV Región entre 1997 y 2001, los que fueron puestos a disposición de este proyecto.

A continuación, se realiza un análisis preliminar de los primeros antecedentes de las series basadas en los proyectos FIP de Pool *et al.* (1996) en una evaluación indirecta de langostino amarillo, Roa *et al.* (1996) en una evaluación indirecta de langostino colorado y Acuña *et al.* (1997) en una evaluación indirecta de camarón nailon, además de algunos trabajos publicados sobre los distintos temas, según corresponda.

Tabla 6.Listado de Proyectos FIPA de crustáceos demersales del Subprograma Crustáceos 1993 – 2017 (www.fipa.cl) e IFOP.
Acrónimos: INP=INPESCA, FPCT= Fundación Parque Científico Tecnológico, Afta. CIMAR=Consultora CIMAR, UdelM=U. del Mar.

Código	Provecto	Consultor	Especies y temáticas	Referencia
g -			Evaluaciones indirectas (8)	
1994-08	Evaluación de la nesquería y del recurso langostino colorado de la zona Centro Sur. 1994.	IFOP	Langostino colorado	Roa et al. (1995)
1994-25	Evaluación del recurso langostico amazillo en la zona centralo de la Zona centro But, 1991.	IFOR	Langostino emerillo	Pool et al. (1996)
1005.06	Evaluación del recurso angostino anta no en la zona echi o norte.	LICN NID LIA-C	Camposino analino	A mão at al. (1990)
1995-00	Ananisis de la pesquería y evaluación induceda del sicolo de cananon nanon (n a vin Regiones)	UCIN-INF-Udec	Camaron nation	Reuna et al. (1997a)
1995-13	Analisis de la pesqueria y evaluación indurecta del socie de langostino colorado de la zona centro-sur	IFOF	Langosuno colorado	Koa et al. (1995)
1990-08	Analisis de la pesqueria y evaluación indirecta del siock de langostino amarino en la m y iv Regiones	UCN - Udec	Langostino amarino	Acuita et al. (1997b)
1996-20	Analisis y evaluacion indirecta de la pesqueria del langostino colorado en la zona centro-sur	IFOP	Langostino colorado	Roa et al. (1996)
1997-22	Evaluación indirecta del stock de langostino colorado de la zona centro-sur	IFOP	Langostino colorado	Canales et al. (1998)
1997-24	Evaluación indirecta del stock de camarón nailon en el litoral de la II a VIII Regiones	IFOP	Camarón nailon	Canales et al. (1999)
			Evaluaciones directas	
1993-05	Evaluación directa del stock de langostino colorado en la zona centro-sur	PUCV	Langostino colorado	Arana et al. (1994)
1993-06	Evaluación directa del stock de langostino amarillo en la zona centro-norte	PUCV	Langostino amarillo	Pavez et al. (1994)
1996-09	Evaluación directa del stock de camarón nailon en la zona centro-norte	PUCV	Camarón nailon	Escuela de Ciencias del Mar, UCV (1996)
1996-23	Evaluación directa del stock de langostino colorado en la zona centro-sur	UdeC	Langostino colorado	Roa et al. (1997)
1997-23	Evaluación directa del stock de langostino amarillo en el litoral de la V a VIII Regiones	UdeC	Langostino amarillo	Roa et al. (1998)
1997-25	Evaluación directa del stock de langostino amarillo en la III y IV Regiones	UCN - UdeC	Langostino amarillo	Acuña et al. (1998)
1998-03	Evaluación directa de camarón nailon entre la II y VIII Regiones	UdeC	Camarón nailon	Roa et al. (1999)
1999-07	Evaluación directa de langostino colorado de la V a VIII Regiones, 1999	IFOP-INP-PUCV	Langostino colorado	Bahamonde et al. (2000)
1999-08	Evaluación directa de camarón nailon entre la II a VIII Regiones	UCN - UdeC	Camarón nailon	Acuña et al. (2000)
1999-09	Evaluación directa de langostino amarillo entre la III y VIII Regiones	PUCV	Langostino amarillo	Escuela de Ciencias del Mar (2000a)
1999-30	Evaluación directa de langastino colorado de la La IV. Regiones, 1999	IFOP	I angostino colorado	Barbieri et al. (2001)
2000-05	Evaluación directa de camarón nailon, langostino amarillo y langostino colorado, año 2000	PUCV-IFOP	Camarón nailon - Langostino amarillo - Langostino colorado	Escuela de Ciencias del Mar (2000b)
2001-05	Evaluación directa de camarón nailon, angente la Ly VIII Regiones año 2001	UCN - UdeC	Camarón nailon	Acuña et al. (2002)
2001-06	Evaluación directa de langestrino colorado y langestino amarillo ante la IL y VIII Pagiones, año 2001	IFOR PLICY	Langastino amarillo. Langastino colorado	Rahamonda at al. (2002)
2001-00	Evaluación directa de langosinio colorado y langosinio antarino entre la fi y vir Regiones, año 2001	PUCY IFOR	Campositino amarinto - Langostino colorado	Among at al. (2002a)
2002-03	Evaluation directa de caniaron nanon entre la fi y vin Regiones, ano 2002	FUCV-IFOF	Camaron nation	Arana et al. (2005a)
2002-06	Evaluación directa de langostino colorado y langostino amarilio entre la 11 y VII Regiones, ano 2002	IFOP-PUCV	Langostino amarilio - Langostino colorado	Banamonde et al. (2003)
2003-03	Evaluacion directa de langostino colorado entre la III y IV Regiones, ano 2003	UCN	Langostino colorado	Acuna et al. (2004)
2003-05	Evaluación directa de camarón nailon entre la II y VIII Regiones, año 2003	PUCV-IFOP	Camarón nailon	Arana et al. (2003b)
2003-31	Evaluación directa de langostino colorado y langostino amarillo entre la II y VIII Regiones, año 2003	IFOP	Langostino amarillo - Langostino colorado	Bahamonde et al. (2004)
2004-10	Evaluación directa de camarón nailon entre la II y VIII Regiones, año 2004	PUCV-IFOP	Camarón nailon	Arana et al. (2004)
2004-11	Evaluación directa de langostino colorado y langostino amarillo entre la II y VIII Regiones, año 2004	UCN - UdeC	Langostino amarillo - Langostino colorado	Acuña et al. (2005b)
2005-08	Evaluación directa de camarón nailon y gamba entre la II y VIII Regiones, año 2005	PUCV-IFOP	Camarón nailon - Gamba	Arana et al. (2005)
2005-09	Evaluación directa de langostino amarillo y langostino colorado entre la II y VIII Regiones, año 2005	UCN - UdeC	Langostino amarillo - Langostino colorado	Acuña et al. (2006a)
2006-04	Evaluación directa langostino amarillo y langostino colorado entre la II y VIII Regiones, año 2006	UCN - UdeC	Langostino amarillo - Langostino colorado	Acuña et al. (2006b)
2006-11	Evaluación directa de camarón nailon II y VIII Regiones, año 2006	UCN - UdeC	Camarón nailon	Acuña et al. (2007a)
2007-19	Evaluación directa de langostino amarillo y langostino colorado entre la II y VIII Regiones, año 2007	UCN - UdeC	Langostino amarillo - Langostino colorado	Acuña et al. (2008b)
2008-16	Evaluación directa de langostino amarillo y langostino colorado entre la II y VIII Regiones, año 2008	UCN - UdeC	Langostino amarillo - Langostino colorado	Acuña et al. (2009a)
2008-17	Evaluación directa de camarón nailon entre la II y VIII Regiones, año 2008	UCN - UdeC	Camarón nailon	Acuña et al. (2009b)
2009-15	Evaluación directa de langostino colorado y langostino amarillo entre la II y VIII Regiones, año 2009	UCN - UdeC	Langostino amarillo - Langostino colorado	Acuña et al. (2010b)
2009-16	Evaluación directa de camarón nailon entre la II y VIII Regiones, año 2009	UCN - UdeC	Camarón nailon	Acuña et al. (2010c)
2011-01	Evaluación directa de langostino amarillo y langostino colorado entre II y VIII Regiones, año 2011	UCN - UdeC	Langostino amarillo - Langostino colorado	Acuña et al. (2012a)
2011-02	Evaluación directa de camarón nailon entre la II y VIII Regiones, año 2011	UCN - UdeC	Camarón nailon	Acuña et al. (2012b)
2012-02	Evaluación directa de langostino amarillo y langostino colorado entre la II y VIII Regiones, año 2012	UCN - UdeC	Langostino amarillo - Langostino colorado	Acuña et al. (2012c)
2012-05	Evaluación directa de camarón naion entre la U y VIII Regiones año 2012	UCN - UdeC	Camarón nailon	Acuña et al. (2013)
2013-01	Evaluación directa de camarón nailon entre la 11 y VIII Regiones 2013	UCN - UdeC	Camarón nailon	Acuña et al. (2015a)
2013 02	Evaluación directa de langestrine amerillo y langestine colorado ante la IL y VIII Pagiones. 2013	UCN UdaC	Langastino amarillo. Langastino solorado	Acuña et al. (2014)
2013-02	Evaluation directa de amgostino antarino y langostino colorado entre la ri y vin Regiones, 2015	UCN Ud-C	Camposinio analinio - Langosinio colorado	Acuna et al. (2014)
2014	Evaluation directa de caniaron nanon entre la fi y vin Regiones, ano 2014	DUCN - Daec	Camaron nation	Acuita et al. (2015b)
2014	Evaluación directa de langostino amarillo y langostino colorado e nire la 11 y VII Regiones, ano 2014	PUCV	Langostino amarilio - Langostino colorado	Queirolo et al. (2015)
2015	Evaluación directa de camarón nation entre la 11 y VIII Regiones, ano 2015	PPCI-UCN-UdeC	Camaron nation	Acuna et al. (2015)
2015	Evaluación directa de langostino amarillo y langostino colorado entre la 11 y VIII Regiones, ano 2015	PUCV	Langostino amarilio - Langostino colorado	Queirolo et al. (2016)
2016	Evaluacion directa de camaron nailon entre la II y VIII Regiones, ano 2016	CIMAR-UCN-UdeC	Camarón nailon	Alarcon et al. (2017)
2016	Evaluacion directa de langostino amarillo y langostino colorado entre la II y VIII Regiones, ano 2016	PUCV	Langostino amarillo - Langostino colorado	Queirolo et al. (2017)
2017	Evaluación directa de camarón nailon entre la II y VIII Regiones, año 2017	UCN - UdeC	Camarón nailon	Acuña et al. (2018)
2017	Evaluación directa de langostino amarillo y langostino colorado entre la II y VIII Regiones, año 2017	PUCV	Langostino amarillo - Langostino colorado	Queirolo et al. (2018)
2018	Evaluación directa de camarón nailon entre la II y VIII Regiones, año 2018	UCN - UdeC	Camarón nailon	Acuña et al. (2018)
2018	Evaluación directa de langostino amarillo y langostino colorado entre la II y VIII Regiones, año 2018	PUCV	Langostino amarillo - Langostino colorado	Ahumada et al. (2019)
2019	Biobío	PUCV	Camarón nailon - Langostino amarillo - Langostino colorado	Ahumada et al. (2020)
			Tecnológicos - Artes de pesca	
1994-15	Pre-factibilidad de pesca artesanal de crustáceos con trampas en la V Región	IFOP	Camarón nailon - Langostino amarillo	Bahamonde et al. (1996)
1999-17	Selectividad de redes de arrastre en la pesquería de camarón nailon	PUCV	Camarón nailon	Escuela de Ciencias del Mar (2000c)
1999-19	Pesca experimental de langostino amarillo con trampas en la V y VI Regiones	UdelM	Langostino amarillo	Rodríguez et al. (2000)
2001-22	Pesca experimental de crustáceos con trampas entre la II y IV Regiones	UCN	Camarón nailon - Langostino amarillo	Acuña et al. (2003)
2001-23	Evaluación de dispositivos de reducción de fauna acompañante en las pesquerías de crustáceos demersales	PUCV	Camarón nailon - Langostino amarillo	Escuela de Ciencias del Mar (2003)
2004-46	Adonción de dispositivos de reducción de fauna acompañante en la pesquería de camarón nailon	PUCV	Camarón nailon	Escuela de Ciencias del Mar (2006)
2006-20	Rediseño de las redes de arrastre de crustáceos	PUCV	Camarón nailon	Melo et al. (2008)
2008-26	Evaluación del desempeño operativo de la nueva red de arrastre en pesquerías de crustáceos demersales	PUCV	Camarón nailon - Langostino amarillo - Langostino colorado	Queirolo et al. (2010)
2015-19	Análisis comparativo de la canturabilidad v selectividad de redes de arrastre en pesquerías de crustáceos demensales	PUCV	Camarón nailon - Langostino amarillo - Langostino colorado	Queirolo et al. (2017)
2010 19			Historia de vida	
2004-45	Determinación de las zonas y énocas de reclutamiento de camarón nailon, langostino amarillo y langostino colorado entre la III y IV Pación	UCN-UdeC	Camarán nailon - Langostino amarillo - Langostino1	Acuña et al. (2007b)
2004-43	Distance v estructure poblecitor o del merorino e decredo III v IV Periones	IFOR	Langostino colorado	Ouiroz at al. (2006)
2005-41	prinamina y contectua poplacional del angostino conorativo argentes argentes ante este este este este este este este e	LICN	Langosimo colorado	Quitoz et al. (2000)
2000-43	Dinámica reproductiva de langosanto contratto y langosanto antarino en la first e de la VD Desián	UCN DUCN	Langostino andrino - Langostino colorado	A spaña at al. (2000a)
2008-47	Dinamica dei comportamiento de langostino amartino y langostino colorado en el area de la 1v Kegion	UCN-PUCV	Langosuno amarilio - Langostino colorado	Acuna et al. (2010a)
2017-66	Estudio dei recutatimento in situ de crustaceos demersales	UCIN-UdeC	Camaron nanon - Langostino amarilio - Langostino colorado	Acuna et al. (2021)
2006.10		LICE.	Microdologico	A
2006-19	Estandarización de procedimientos metodológicos para la evaluación de crustaceos demersales a traves del metodo de area barrida	UCN	Camaron nation - Langostino amarillo - Langostino colorado	Acuna et al. (2008c)
1057			Administración - Manejo	
1999-18	Analisis de estrategias de explotación de langostino amarillo y langostino colorado	IFOP	Langostino amarillo - Langostino colorado	Canales et al. (2000)

4.6.1. Relación con el reclutamiento.

La principal fuente de información en este aspecto en los proyectos financiados por el FIP, corresponde a los resultados obtenidos por Acuña *et al.* (2007) en el proyecto FIP N° 2004 - 45 "Determinación de las zonas y épocas de reclutamiento de camarón nailon, langostino amarillo y langostino colorado en el litoral comprendido entre la III y IV Regiones".

Acuña *et al.* (2007) determinaron que las distribuciones de tallas de los ejemplares de camarón nailon capturados dentro del copo de la red comercial y en el cubre túnel - copo resultaron diferentes, sin embargo, el grado de superposición en algunos meses de muestreo fue mayor que lo observado para los langostinos, lo cual, se debe principalmente a las características morfológicas de las especies. A pesar de lo anterior, una fracción importante de ejemplares menores a 21 mm LC fueron capturados fuera de la red, con valores de 76,3 y 46,9%, en la región de Atacama y Coquimbo, respectivamente.

En el langostino amarillo, las distribuciones de tallas de los ejemplares capturados dentro de la red resultaron muy diferentes a aquellos retenidos en el cubre túnel - copo, con una fracción importante de estos retenidos bajo los 20 mm de LC, con valores de 0,42 y 41% en la región de Atacama y de 5,5 y 42,9%, en la región de Coquimbo, respectivamente.

En el langostino colorado las distribuciones de tallas de los ejemplares capturados tanto dentro como fuera de la red son diferentes, aunque en forma menos clara que en el langostino amarillo, con valores bajo los 20 mm de LC de 3,8 al interior de la red y 40,7%, fuera de ésta, en la región de Atacama y de 10,4 y 46,6% en la región de Coquimbo, respectivamente.

Sin duda debe citarse el trabajo de Gallardo *et al.* (1994) quienes determinaron que, en la bahía de Concepción, los juveniles de *P. monodon* pasan sus primeros años de vida en áreas de crianza localizadas entre las poblaciones de adultos. De acuerdo a estos autores, estas áreas de crianza se encuentran fuertemente asociadas con las comunidades microbianas del fondo, especialmente con la presencia de *Thioploca* spp. que podrían proveer alimento y/o refugio, debido a la predación que experimentan los juveniles, ya que son presa principal de la merluza *Merluccius gayi* y el lenguado de ojo grande *Hippoglossina macrops*. Hasta el momento, el área descrita por Gallardo

et al. (1994) es la única que representa más fielmente el concepto de *nursery area* e incluso algunos investigadores postulan como hipótesis que podría ser la fuente de todas las poblaciones de langostino colorado presentes en Chile.

Cabe destacar la gran similitud oceanográfica que existe entre el área de la bahía de Concepción descrita por Gallardo *et al.* (1994) con el sistema de bahías de Coquimbo, entre Punta Lengua de Vaca (30°20'S) y Punta Damas (29°15'S) descrito por Acuña *et al.* (1989) y Rutlland y Montecinos (2002). Las dos áreas han sido señaladas como importantes áreas de surgencia costera por Fonseca y Farías (1987) y el estar asociados con sistemas de bahías, los hace sectores ideales para el reclutamiento (*Nursery Areas*) de especies bentónicas como los crustáceos en estudio.

4.6.1.1. Fuentes de datos

Se analizó las bases de datos de proyectos de evaluación directa de langostino amarillo, langostino colorado y camarón nailon desde 2004 a 2017, financiados por el Fondo de Investigación Pesquera (FIP, 1993 a 2013), con la excepción del año 2010 en el caso de los langostinos y los años 2007 y 2010 en el caso de camarón nailon, años en los que no se realizaron cruceros y por el Ministerio de Economía, Fomento y Turismo a través del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP, 2014 - 2018).

4.6.1.2. Distribución espacial y de las reclutas y juveniles

De acuerdo con las definiciones entregadas en Sparre & Venema (1997), los langostinos y camarón nailon en la primera parte de su vida, como larvas o juveniles, son poco o nada afectados por la pesquería y en consecuencia ésta corresponde a la fase no explotada de la vida de estos organismos. Consecuentemente con lo anterior, se define como Tr la edad más temprana a la que un langostino o camarón nailon puede ser vulnerable a los artes de pesca, el organismo de edad Tr se denomina "recluta". Se entiende por "reclutamiento" el número de reclutas, o sea el número de langostinos o camarón nailon que ha llegado a la edad Tr durante una "estación de

reclutamiento". La "intensidad de reclutamiento" es el número de reclutas por unidad de tiempo. El patrón de reclutamiento es la forma en que se expresa este proceso, diferente para especies de aguas templadas donde se observa estacionalidad versus especies de aguas tropicales donde se observan más de un máximo de reclutamiento. Para el presente análisis se considerado utilizar la longitud de 20 mm de cefalotórax (LC) como la talla de reclutamiento, tanto en el caso de los langostinos como en el caso de camarón nailon.

Por otro lado, se entiende como juveniles aquellos ejemplares que no han alcanzado su madurez, esto es, todos aquellos cuya edad o talla es menor a la edad (Tm) o talla de madurez (LCm más bien, la talla media de madurez sexual (TMMS, LC_{50%})). En el caso de langostino colorado se consideró como talla media de madurez sexual la propuesta por Palma & Arana (1997) equivalente a 25,6 mm LC; 25,63 mm LC en el caso de langostino amarillo (Espejo *et al.*, 2001) y 24,3 mm LC en el caso de camarón nailon (Canales *et al.*, 1999).

Se calculó la proporción de reclutas y juveniles (independientemente) en las capturas de los lances de pesca ejecutados durante las evaluaciones directas de los tres recursos y se analizó su distribución espacial.

Para la identificación de zonas de reclutamiento y juveniles, se construyó cartas de distribución espacial de la proporción media de reclutas (pRecl) y juveniles (pJuv) en celdas geográficas de l0 km x 15 km (aproximadamente 5 mn x 8 mn), análogamente a lo que se realizó, por ejemplo, con la densidad poblacional de merluza del sur (*Merluccius australis*) en el mar interior de Chiloé en el proyecto "Bases metodológicas para el estudio del reclutamiento y ecología en merluza del sur y merluza de cola, zona sur-austral" (Fig. 4). Las cartas de distribución fueron construidas para datos agregados para el período 2004 - 2017.

4.6.2. Relación con variables pesqueras

Se analizan los distintos aspectos bio-pesqueros de interés para la generación de bases de datos a partir de los documentos ya señalados anteriormente.



Fig. 4. Distribución espacial de la densidad poblacional promedio (ton/mn2) de merluza del sur (*Merluccius australis*) en el verano de 2003. Tomado del Informe Final del proyecto "Bases metodológicas para el estudio del reclutamiento y ecología en merluza del sur y merluza de cola, zona sur-austral" (ver Neira *et al.*, 2015).

4.6.2.1. Porcentaje de incidencia de hembras ovíferas a lo largo del año

Langostino amarillo (Cervimunida johni)

Al respecto, Pool et al. (1996) en el proyecto FIP Nº 94-25, primera evaluación indirecta de langostino amarillo en la zona Centro - Norte financiada por el FIP, analizaron este tema y señalan que "la información para la determinación del ciclo reproductivo anual de la especie provino de los muestreos biológicos de la captura. La determinación de un ciclo poblacional se realiza a través de la construcción de una serie de tiempo intra-anual de intervalo mensual de las estimaciones de diversas variables reproductivas y de otros procesos poblacionales". Estos autores construyeron una serie anual de intervalo mensual de la proporción de hembras en estado reproductivo, que se distinguió por la presencia o ausencia de huevos en el abdomen. Los tamaños de muestra permitieron dividir la serie de proporción de portación de huevos en algunas categorías de talla, para saber si existen diferencias en cuanto a los períodos de maduración de hembras de distinto tamaño y edad. Esta serie permitió conocer los períodos de portación de huevos de las hembras de la especie, aunque debe señalarse que el uso de la palabra maduración de las hembras no corresponde solo a la portación de huevos y debiera determinarse por medios histológicos. Wolff y Aroca (1995) por su parte encontraron que las primeras hembras ovíferas de C. johni aparecen a finales de mayo alcanzando un máximo en agosto (99%) y que la eclosión de los huevos comienza en octubre y termina en noviembre. Estos autores no observaron hembras con huevos entre diciembre y principios de mayo. Finalmente, y en contraposición de lo señalado por Wolff y Aroca (1995), Espinoza-Fuenzalida et al. (2012) detectaron en el laboratorio, en una misma temporada de reproducción entre mayo y septiembre, la presencia de varias camadas sucesivas que se tradujeron también en varias eclosiones larvales en C. johni durante ese periodo.

Pool *et al.* (1996) al observar que el período de cópula no tiene una manifestación obvia a través de los datos que se obtienen del muestreo biológico de las capturas, infieren que este período, si es único durante el ciclo reproductivo poblacional, ocurre antes del período de portación de huevos y después que ese período ha finalizado. Al respecto, Espinoza-Fuenzalida *et al.* (2012) determinaron en el laboratorio que existen cópulas sucesivas que dan origen a camadas sucesivas durante la temporada de reproducción en ambos langostinos, precisando los planteamientos de Pool *et al.* (1996).

Langostino colorado (Pleuroncodes monodon)

Roa *et al.* (1996) en el proyecto FIP N° 95-13, primera evaluación indirecta de langostino colorado en la zona Centro-Sur financiada por el FIP, determinaron que la proporción de hembras ovíferas para las tres zonas estuvo por sobre el 80%, mostrando una tendencia decreciente desde Achira a Pichilemu, pero no realizaron una separación temporal a lo largo del año.

Palma y Arana (1997) estudiaron la reproducción del langostino colorado *Pleuroncodes monodon* y determinaron que ésta ocurre una vez al año, con mayor incidencia de hembras ovíferas entre mayo y octubre y que la talla en que el 50% de las hembras alcanza la madurez sexual fue de 25,6 mm de LC (longitud cefalotorácica). Además, Palma y Arana (1997) hacen referencia a que el diámetro de los huevos del langostino colorado varió entre 0,47 y 0,78 mm y que se aprecia un incremento de tamaño en función del avance del desarrollo embrionario, y a solo un evento que comprendería entre 90 y 120 días y que la eclosión de los huevos se produciría entre junio y octubre. Como ya se señaló este tema fue resuelto por Espinoza-Fuenzalida *et al.* (2012), quienes detectaron, en una misma temporada de reproducción, la presencia de varias camadas que se traducen también en varias eclosiones larvales en *P. monodon* durante ese periodo a diferencia de lo planteado por esos autores.

Camarón nailon (Heterocarpus reedi)

Acuña *et al.* (1997) en el proyecto FIP N° 95-06, primera evaluación indirecta de camarón nailon financiada por el FIP, determinaron que el período de portación masiva de huevos comienza en abril en Coquimbo y mayo en Quintero y Tomé, encontrándose porcentajes crecientes de hembras ovíferas durante los meses agosto y septiembre, dependiendo de la zona geográfica.

4.6.2.2. Composición de estadios de huevos a lo largo del año

Langostino amarillo (Cervimunida johni)

Pool *et al.* (1996) determinaron a partir de las muestras de *C. johni* llevadas al laboratorio, una serie de estados de madurez de los huevos, para lo cual desarrollaron una escala de madurez de los mismos, utilizando los criterios empleados por Palma y Arana (1989) para el langostino colorado, documento que no aparece citado en la bibliografía de su estudio, ya que solo se cita un informe no publicado de esos autores de 1990. En todo caso, es interesante destacar un aspecto en particular que abordaron estos autores a través del análisis de la secuencia temporal de los estados de madurez de los huevos, y fue la identificación de más de un evento poblacional de eclosión larval, lo que fue dilucidado experimentalmente por Espinoza-Fuenzalida *et al.* (2012), quienes detectaron, en una misma temporada de reproducción, la presencia de varias camadas tanto en *C. johni* como en *P. monodon*.

Langostino colorado (Pleuroncodes monodon)

Roa *et al.* (1996) en el proyecto FIP N° 95-13, primera evaluación indirecta de langostino colorado en la zona Centro-Sur financiada por el FIP, no analizaron la composición de estadios de huevos a lo largo del año,

Palma y Arana (1997) determinaron el estado de desarrollo embrionario o madurez de los huevos del langostino colorado, mediante microscopio estereoscópico en hembras ovíferas obtenidas de lances de pesca. La determinación del estado de madurez se efectuó de acuerdo a la coloración de los huevos y a la forma y grado de pigmentación de los ojos de los embriones. Para esto, estos autores establecieron una escala de maduración de cuatro estados de desarrollo, de acuerdo a los criterios utilizados por diversos autores para otros decápodos (Fig. 5).

Estos autores plantearon que la reproducción ocurre una vez al año, con mayor incidencia de hembras ovíferas entre mayo y octubre, que la talla en que el 50% de las hembras alcanza la madurez sexual fue de 25,6 mm de LC, que el diámetro de los huevos varió entre 0,47 y 0,78 mm

apreciándose un incremento de tamaño en función del avance del desarrollo embrionario el que comprendió entre 90 y 120 días y la eclosión de los huevos se produjo entre junio y octubre.



Fig. 5. Estados de desarrollo embrionario y larvas de langostino colorado, a) Estado 1: huevos inmaduros; b) Estado 2: vitelo granuloso, pe: primordio embrionario; c) Estado 3: embriones con pigmentación negra oblicua en los ojos; d) Estado 4: embriones con ojos ovalados totalmente pigmentados; e) Larva recién eclosionada, mostrando la curvatura propia inicial; f) Larva extendida, minutos después de la eclosión.

Camarón nailon (Heterocarpus reedi)

Acuña *et al.* (1997) establecieron una relación entre las características de los huevos y las distintas épocas del desarrollo del ciclo de Extrusión, Portación y Liberación de Huevos.

Época de extrusión: las hembras portadoras presentan sus huevos sin pigmentos oculares ni apéndices.

Época de portación: las hembras presentan sus huevos con pigmentos oculares y apéndices. El comienzo de esta época ocurre cuando se encuentra una mayor proporción de hembras portadoras.

Época de liberación de huevos o eclosión larvaria: las hembras maduras ya no son portadoras de huevos; en algunas es posible encontrar restos de la masa de huevos en los pleópodos, de color café muy oscuro. El comienzo de esta época ocurre cuando se encuentra una mayor proporción de hembras maduras no portadoras.

4.6.2.3. Proporción sexual

A pesar de que este aspecto no fue incorporado en las Bases Técnicas, se considera importante considerar ete antecedente como parte de la caracterización de la reproducción de la especie.

La proporción sexual corresponde a la fracción de hembras o machos en la población. Por ejemplo, la proporción de hembras se calcula para cada lance como:

$$Ph_i = \frac{Nh_i}{\left(Nh_i + Nm_i\right)}$$

donde: Ph_i es la proporción de hembras en el lance de pesca *i*; Nh_i es el número de hembras en la muestra del lance *i*; Nm_i es el número de machos en la muestra del lance i,

Luego, la proporción total de hembras para el área y época de estudio se estima por:

$$\overline{Ph} = \sum_{i=1}^{m} Ph_i \cdot w_i$$

donde: Ph es la proporción total promedio de hembras; Ph_i proviene de la ecuación anterior; m es el número total de lances de pesca *i* es la proporción en peso de la captura obtenida en el lance de pesca *i*, la cual se calcula como:

$$w_i = \frac{C_i}{\sum_{i=1}^m C_i}$$

donde: C_i es la captura en peso del recurso objetivo en el lance de pesca *i*.

Langostino amarillo (Cervimunida johni)

Al respecto, Pool *et al.* (1996) en el proyecto FIP N° 94-25, evaluación indirecta de langostino amarillo en la zona Centro-Norte financiada por el FIP, determinaron que en términos de abundancia el 57,9% corresponde a machos y el 42,1% a la fracción de hembras, aunque esta proporción sexual difiere significativamente al compararla en términos de biomasa, observaron que el 69% de la biomasa total corresponde a machos y el 31% restante a hembras.

Langostino colorado (Pleuroncodes monodon)

Roa *et al.* (1996) en el proyecto FIP N° 95-13, evaluación indirecta de langostino colorado en la zona Centro-Sur financiada por el FIP, observaron que las proporciones sexuales presentes en las capturas, mostraban que en la zona de Achira predominaron ampliamente los machos (72,3%), en tanto que en las zonas de Carranza y Pichilemu se estableció un predominio de hembras con 55,6 y 62,6 %. La proporción de hembras ovíferas para las tres zonas estuvo por sobre el 80%, mostrando una tendencia decreciente desde Achira a Pichilemu.

Palma y Arana (1997) determinaron que la proporción sexual total en *P. monodon* fluctuó con porcentajes mensuales entre 35,6 y 67,9% en los machos, siendo en general predominante este sexo tanto en las muestras mensuales por zona y totales.

Camarón nailon (Heterocarpus reedi)

Acuña *et al.* (1997) observaron que en el camarón nailon, la proporción sexual no es constante y se observa una alternancia en el predominio de uno de los dos sexos, en los puertos de desembarque de Caldera, Coquimbo, Quintero y Tomé. Al considerar la talla, las hembras son más abundantes en las tallas más pequeñas y más grandes, alcanzando prácticamente el 100% desde aproximadamente los 30 mm de longitud cefalotorácica (LC) en adelante.

4.6.2.4. Distribución espacio-temporal de esfuerzo pesquero

El Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), en el marco del programa de Seguimiento de Pesquerías de Crustáceos Demersales, contratado por la Subsecretaría de Pesca, mantiene observadores a bordo de embarcaciones camaroneras/langostineras de la región de Atacama a la región del Biobío, además de un programa de recopilación de bitácoras de pesca de estas embarcaciones.

Luego, para la caracterización de la distribución espacio-temporal del esfuerzo de pesca se hace uso de la información recolectada por IFOP (meta-análisis), la que se solicitó a través de la Subsecretaría de Pesca o se obtuvo directamente del sitio www.ifop.cl/busqueda-de-informes/. Estos antecedentes se complementan con información recolectada en Proyectos de Seguimiento financiados por la industria de las regiones de Coquimbo y Biobío. A modo de ejemplo se entrega la información más actualizada disponible en la plataforma de IFOP, correspondiente a la versión del año 2019 del Informe Final del Programa de Seguimiento de la pesquería de crustáceos demersales (Zilleruelo et al., 2020).

Langostino amarillo (Cervimunida johni)

A partir del año 2009, el esfuerzo de pesca se ha concentrado en la parte sur de la región de Coquimbo (al sur de Pta. Lengua de Vaca) y en la región de Valparaíso. Desde el año 2014 ha aumentado la distribución espacial del rendimiento de pesca, extendiéndose hasta las regiones del Maule y Biobío (Fig. 6).



Fig. 6. Distribución espacial del rendimiento de pesca (kg/h.a.) de langostino amarillo entre las regiones de Atacama y Biobío 2002 – 2019 (Zilleruelo *et al.*, 2020).

Langostino colorado (*Pleuroncodes monodon*)

La distribución espacial del esfuerzo de pesca ha presentado variaciones importantes desde el año 2002, concentrándose frente a la región de Coquimbo entre los años 2002 y 2008, para luego trasladarse a las regiones de Maule y Biobío desde el año 2009 (Fig. 7). Lo anterior, obedecería tanto a cambios de la abundancia del recurso, cómo a restricciones de captura (vedas) aplicadas en la zona centro-sur (regiones de Valparaíso a Biobío). Se debe destacar la ausencia de capturas en la zona entre Lengua de Vaca y Pichidangui, parte sur de la región de Coquimbo, solo

interrumpida entre el 2011 y 2014, como resultado de la expansión poblacional de la especie post una extensa veda. Sin embargo, desde el 2014 en adelante ha ido retrayéndose nuevamente hacia el sur, con poca actividad en las regiones de Valparaíso y del Libertador Bernardo O'Higgins.



Fig. 7. Distribución espacial del rendimiento de pesca (kg/h.a.) de langostino colorado entre las regiones de Atacama y Biobío (Zilleruelo *et al.*, 2020).

Camarón nailon (Heterocarpus reedi)

La distribución del esfuerzo de pesca de camarón nailon también ha mostrado cambios latitudinales, algunos debido a limitaciones de captura (vedas), no obstante, a diferencia de los langostinos, ha conservado parcialmente su extensa distribución latitudinal. Entre el año 2009 y 2019, la extensión de la operación pesquera se ha reducido gradualmente hasta llegar a cero en las regiones de Antofagasta y Atacama (Fig. 8), lo que se debería al cierre del acceso a

perforaciones de las 5 millas y/o un cambio en el rango de distribución de la población, situación que ha sido detectada en las evaluaciones directas realizadas entre las regiones de Antofagasta y Biobío (Alarcón *et al.*, 2017).



Fig. 8. Distribución espacial del rendimiento de pesca (kg/h.a.) de camarón nailon entre la II y VIII Región, 1997 – 2019 (Zilleruelo *et al.*, 2020).

4.6.2.5. Abundancia y Área de distribución de los recursos por Unidad de Pesquería

La abundancia (número de individuos), biomasa (toneladas) y área de distribución de los recursos por unidad de pesquería se obtiene desde las evaluaciones directas por área barrida que se han realizado desde 1995, principalmente entre el sur de la región de Antofagasta al sur de la región del Biobío, y que fueran financiados por el Fondo de Investigación Pesquera hasta el año 2013, y son licitados por el Instituto de Fomento Pesquero desde el año 2014 a la fecha.

Langostino colorado (Pleuroncodes monodon)

Entre 1999 y 2005, la biomasa vulnerable de langostino colorado fluctuó entre 20 y 35 mil toneladas. Luego, en el año 2006 se observó un fuerte incremento de la abundancia/biomasa del recurso, alcanzó cerca de 70 mil toneladas, principalmente debido al crecimiento poblacional ocurrido en la Unidad de Pesquería Sur (regiones de Valparaíso a del Biobío). Entre 2006 y 2012 se observó aumentos y disminuciones de la biomasa, la que fluctuó alrededor de las 75 mil toneladas, llegando a sobrepasar las 90 mil toneladas en el año 2011, siendo este el máximo valor alcanzando para el período 1999 – 2013 (Fig. 9).



Fig. 9. Evolución temporal de la biomasa (toneladas) de langostino colorado (*P. monodon*) entre 1999 y 2013 (Acuña *et al.*, 2014).

Langostino amarillo (Cervimunida johni)

Comparando sólo las estimaciones obtenidas mediante el enfoque geoestadístico, la biomasa de langostino amarillo se incrementó gradualmente desde 1999 hasta 2002, luego de una leve reducción en el año 2003, mostró un fuerte incremento en el año 2004, dos años antes de lo observado en el langostino colorado. Entre 2004 y 2009, la biomasa fluctuó alrededor de 55 mil toneladas; este periodo de estabilidad se atribuye al incremento de la biomasa entre las Regiones de Valparaíso a del Biobío, dado que entre las regiones de Antofagasta y de Coquimbo, la biomasa de langostino amarillo tendió a disminuir. La ausencia de evaluación directa en el año 2010 hace imposible establecer el momento en que la tendencia de la biomasa cambió y se hizo descendente, como ocurre entre el 2011 y 2013 (Acuña *et al.*, 2014; Fig. 10).



Fig. 10. Evolución temporal de la biomasa (toneladas) de langostino amarillo (*C. johni*) entre 1999 y 2013, Acuña *et al.* (2014).

Camarón nailon (Heterocarpus reedi)

La biomasa total del stock de camarón nailon (*Heterocarpus reedi*) en la plataforma y talud continental de las regiones de Antofagasta a del Biobío estimada según el enfoque geoestadístico se encontró alrededor de 20 mil toneladas entre el año 2000 y 2004, para luego aumentar hasta 37 mil toneladas en el año 2006 (Fig. 11). A diferencia del langostino amarillo, la ausencia de evaluaciones en los años 2006 y 2010, no afecta la tendencia de la biomasa en los últimos 11 años.



Fig. 11. Trayectoria de las estimaciones de biomasa de camarón nailon mediante área barrida entre las regiones de Antofagasta y del Biobío desde el año 2000 al 2016. Se omitieron los intervalos de confianza para resaltar solo la trayectoria (Alarcón *et al.*, 2017).

4.6.2.6. Composición de tallas modales para pesquería norte y sur

La composición de tamaños en las capturas, tal como en el caso del esfuerzo de pesca, se construye con la información recolectada por IFOP (meta-análisis) y la disponible en proyectos

de seguimiento financiados por la industria de las regiones de Coquimbo y del Biobío. En el caso de la composición de tamaños de la abundancia/biomasa, esta proviene de las evaluaciones directas ya aludidas anteriormente.

Langostino amarillo (Cervimunida johni)

Desde 1997 hasta 2019, en la Unidad de Pesquería Norte, la estructura de longitudes de langostino amarillo ha presentado estructuras asimétricas polimodales en la mayoría de los años, con rangos mayores en los machos. En estos últimos, desde 2001 hasta 2007, se observó una tendencia creciente de la longitud modal, la que se ha estabilizado en torno a 38 mm de longitud del cefalotórax (LC). En el caso de las hembras, la misma tendencia ocurrió entre 2004 y 2014 (Fig. 12). En el caso de la Unidad de Pesquería Sur, esta tendencia no se observa, encontrándose la moda en torno a 37 mm LC en el caso de los machos y 34 mm LC en las hembras (Fig. 13).



Longitud cefalotorácica (mm)

Fig. 12. Distribución histórica de frecuencia de longitud cefalotorácica de langostino amarillo por sexo en la Unidad de Pesquería Norte, Periodo 1997-2019. Zilleruelo *et al.* (2020).



Longitud cefalotorácica (mm)

Fig. 13. Distribución histórica de frecuencia de longitud cefalotorácica de langostino amarillo por sexo en la Unidad de Pesquería Sur. Periodo 1997-2019. Zilleruelo *et al.* (2020).

Langostino colorado (Pleuroncodes monodon)

En la Unidad de Pesquería Norte, la distribución de frecuencia de longitud histórica, presentó mayoritariamente estructuras asimétricas polimodales, con grandes variaciones en la talla modal entre años. En ambos sexos, entre 2000 y 2010, la composición de tamaños fue aproximadamente unimodal, mientras que entre 2011 y 2019 fue bimodal o polimodal, con un aumento claro entre el 2014 y 2018 (Fig. 14).



Longitud cefalotorácica (mm)

Fig. 14. Distribución histórica de frecuencia de longitud cefalotorácica de langostino colorado por sexo en la Unidad de Pesquería Norte. Periodo 1998-2019, Zilleruelo *et al.* (2020).

A diferencia de lo observado en la Unidad de Pesquería Norte, en la zona centro-sur, la composición de tamaños, en ambos sexos, ha sido aproximadamente unimodal, excepto en el caso de las hembras en el año 2000. Entre 2009 y 2014, también se ha observado una tendencia creciente de la longitud modal en ambos sexos, situación que se ha revertido en los años 2018 y 2019, más notoriamente en los machos, que por lo demás son generalmente de tallas mayores que las hembras (Fig. 15).



Longitud cefalotorácica (mm)

Fig. 15. Distribución histórica de frecuencia de longitud cefalotorácica de langostino colorado por sexo en la Unidad de Pesquería Sur. Periodo 1992 - 2019. Zilleruelo *et al.* (2020).

Camarón nailon (Heterocarpus reedi)

La composición de tamaños en las capturas de camarón nailon entre 1997 y 2019, ya sea en la zona norte (regiones de Antofagasta a Coquimbo, Fig. 16), como en la zona centro-sur (regiones de Valparaíso a del Biobío, Fig. 17) y por sexo, se ha comportado de forma unimodal. Cabe recordar que administrativamente la Unidad de Pesquería de camarón nailon es una sola desde la región de Antofagasta a la del Biobío. La longitud modal fluctuó alrededor de 23,5 mm LC entre 1997 y 2005 en el caso de los machos de la zona norte, para luego aumentar hasta cerca de 25 mm LC y sigue aumentando hasta el 2019, en ambas Unidades. En el caso de las hembras, longitud modal fluctuó alrededor de 25,5 mm LC entre 1997 y 2005, y ha disminuido levemente en los últimos tres años, hasta el 2019 (Fig. 16).



Fig. 16. Distribución histórica de frecuencia de longitud cefalotorácica de camarón nailon por sexo en las Unidades de Pesquería Norte (UPN) y Sur (UPS). Periodo 1997-2019. Zilleruelo *et al.* (2020).

4.6.2.7. Presencia de larvas de especies objetivo en el plancton

Acuña *et al.* (2007) y Mujica *et al.* (2011) realizaron dos muestreos de zooplancton que permitieron corroborar la presencia de zoeas de las dos especies de langostino y del camarón nailon en la III y IV regiones. Las larvas más tempranas, zoeas sin urópodos, fueron encontradas en mayor abundancia en el primer período de muestreo durante octubre de 2005, mientras aquellas con estados de desarrollo más avanzados, zoeas con urópodos lo fueron en el segundo periodo, en diciembre de 2005. También se determinó la presencia de un morfo de megalopa de Munididae, cuya presencia es más importante en el muestreo de diciembre. Este morfo de megalopa tiene características asignables más al langostino colorado que al amarillo, lo que plantea la duda sobre la permanencia de esta última megalopa en el plancton o si lo abandona prematuramente para iniciar su vida bentónica.

Cabe señalar que durante el proyecto FIP N° 2004-45 de reclutamiento de crustáceos demersales (Acuña *et al.* 2006), se obtuvieron los estadios tempranos de las dos especies de langostinos y un par de estadios de camarón nailon, lo que permite asegurar su identificación (Fig. 17 - 19).



Fig. 17. Estadios tempranos del desarrollo larval de langostino amarillo (izquierda) y langostino colorado (derecha).



Fig. 18. Larvas zoeas de *P. monodon*, paneles superiores A: zoea sin urópodos, B: cefalotórax de zoea con urópodos, C: telson de zoea con urópodos, y *Cervimunida johni*, paneles inferiores A: zoea sin urópodos, B: cefalotórax de zoea con urópodos, C: telson de zoea con urópodos.



Fig. 19. Juveniles de langostino amarillo (izquierda) y de langostino colorado (derecha).
4.6.2.8. Series temporales de la fauna acompañante de las especies objetivo

Acuña & Villarroel (2002) informan sobre la presencia de 14 especies de condrictios en la fauna acompañante de las pesquerías de los crustáceos demersales langostino colorado, langostino amarillo y camarón nailon.

Acuña *et al.* (2005) con información recopilada tanto en un monitoreo de la operación de la flota crustacera de Coquimbo y evaluaciones directas e indirectas realizadas con financiamiento del Fondo de Investigación Pesquera (FIP) realizaron un análisis de la fauna acompañante de las pesquerías de crustáceos demersales. En el área y período de estudio estos autores encontraron un total de 149 taxa, sin considerar las especies objetivo, siendo Teleostei el que aportó el mayor número de especies, seguido por Chondrichthyes, Decapoda y Gasteropoda, respectivamente. Los demás taxa contribuyeron con un número menor de especies. Al descomponer el total de taxa según el tipo de pesquería, se observa que el mayor número se encuentra en la pesquería del camarón nailon con 120 especies representadas, disminuyendo a 61 y 41 en las pesquerías del langostino amarillo y langostino colorado, respectivamente.

Acuña *et al.* (2008) describieron la presencia de ocho especies de pejerratas en las pesquerías de los crustáceos demersales entre las latitudes 21°34' a 38°29'S y en profundidades entre 70 y 617 m: *Coelorinchus aconcagua, C. chilensis, C. fasciatus, Coryphaenoides delsolari, Lucigadus nigromaculatus, Nezumia pulchella, Trachyrincus helolepis* y *T. villegai*, En general, estos autores determinaron que la frecuencia de presencia y tamaño de las diferentes especies mostraron un aumento con la profundidad, sugiriendo que debiera haber clases de tamaño mayores a profundidades mayores, que aquellas en que se desarrollan las pesquerías de crustáceos.

Además de las evaluaciones directas e indirectas, existen algunos otros estudios FIP (FIPA) que incluyen antecedentes sobre la fauna acompañante de las tres especies de crustáceos demersales, los que se analizan a continuación.

Escuela de Ciencias del Mar (2003) en el proyecto FIP N° 2001-23 destinado a identificar, desarrollar y evaluar dispositivos de reducción de fauna acompañante en las pesquerías de arrastre de crustáceos demersales, entre la II y VIII Región, estimaron la cantidad de fauna acompañante capturada, temporal y espacialmente, en las pesquerías de camarón nailon, langostino amarillo y langostino colorado.

Melo *et al.* (2006) en el FIP N° 2004-46 que tenía como objetivo general el lograr la adopción, a nivel piloto, de dispositivos de reducción como elementos para la disminución de fauna acompañante en las redes de arrastre que operan en la pesquería de camarón nailon, analizaron las diferencias en la fauna acompañante con y sin el dispositivo de reducción de la misma.

Acuña *et al.* (2008b) al desarrollar el FIP N° 2006-19 para determinar procedimientos metodológicos estándar a considerar en los proyectos de evaluación directa mediante método de área barrida, analizaron exhaustivamente la fauna acompañante desde el punto de vista taxonómico y generaron un set de descriptores de las especies para estandarizar la forma de informar sobre ella en estudios futuros.

Melo *et al.* (2008) rediseñan las redes de arrastre de fondo empleadas para la captura de crustáceos demersales, de manera que sea posible compatibilizar esto con una disminución del contacto con el fondo, la incorporación de dispositivos de escape de fauna acompañante y la protección de la fracción juvenil de los stocks. También describieron, analizaron y propusieron alternativas de diseño y construcción de artes de arrastre de fondo que permitieran mejorar la selectividad a la talla de la especie objetivo, disminuir la fauna acompañante en las capturas y reducir la interacción con el fondo marino.

Queirolo *et al.* (2010) en el proyecto FIP N° 2008-26 que se orientó a realizar la evaluación operativa de la red de arrastre para crustáceos demersales, que fuese diseñada y evaluada a nivel piloto en el marco del proyecto FIP N° 2006-20, en términos de su desempeño funcional, operacional y selectivo, esto último en términos intra e inter específicos, realizando mejoras que permitieran cumplir los objetivos de administración, cuantificaron la captura objetivo, la fauna

acompañante y determinaron el esquema selectivo de las redes utilizadas para cada uno de los recursos objetivo.

4.6.2.9. Compilar series temporales de especies demersales con posible rol predador

Tanto para especies objetivo de evaluaciones directas como *Merlucius gayi*, como de aquellas de la fauna acompañante se compilaron series de tiempo. También fue posible obtener información de especies no sujetas a evaluación desde estadísticas de pesca y bitácoras de pesca. Esta información es amplia y no siempre accesible, pero cualquier intento de comenzar con esta tarea es significativo.

4.6.2.10. Dietas de especies predadoras

Acuña *et al.* (2007) utilizaron el lenguado de ojos grandes *Hippoglossina macrops* como muestreador de la presencia de reclutas de las tres especies de crustáceos, analizando los contenidos estomacales de este pez. En el período de estudio se analizaron 725, 738 y 125 peces en caladeros de langostino amarillo, langostino colorado y camarón nailon, respectivamente. Se detectó la presencia de reclutas en los estómagos de *H. macrops*, encontrándose especímenes de *P. monodon* (4,0 - 10,7 mm LC) y *C. johni* (8,0 - 8,7 mm LC), principalmente en el mes de junio. La presa principal encontrada en la alimentación de *H. macrops* fue el ítem *P. monodon*. Esta información se complementa con lo ya descrito para esta especie por Villarroel & Acuña (1999) y Villarroel *et al.* (2001).

Acuña y Villarroel (2010) estudiaron los hábitos alimentarios de los tiburones *Aculeola nigra* y *Bythaelurus canescens*, dos de las especies más abundantes de este grupo de peces en las pesquerías de crustáceos demersales, y ambos tienen como presa principal a *Heterocarpus reedi*.

En la presente propuesta se considera estudiar en forma complementaria la alimentación de las principales especies de predadores encontradas en las áreas definidas para los muestreos con las metodologías standard para tal efecto, descritas por y discutidas por Berg (1979), Hyslop (1980) y Cortés (1997):

Método de presencia u ocurrencia (frecuencia de presencia u ocurrencia): Se registra el número de estómagos que contienen uno o más individuos de cada categoría de alimento, expresando dicho valor como un porcentaje respecto al número total de estómagos con contenido., Esto provee una descripción cualitativa del espectro trófico y de la distribución entre los estómagos.

Método numérico (N): El número de individuos en cada categoría de alimento es registrado para todos los estómagos y el total es expresado como una proporción, usualmente en porcentaje, del total de individuos en todas las categorías. Esto provee información relativa al comportamiento o estrategia de alimentación del predador.

Método gravimétrico (P): De igual metodología, pero basado en mediciones de peso. Esta medida refleja el valor en biomasa del alimento.

De manera de evitar las sobrestimaciones de las presas pequeñas y de las presas grandes, al utilizar los métodos numérico y gravimétrico, respectivamente, se utilizó como método complementario el índice de importancia relativa (IIR) de Pinkas *et al.* (1971) para la descripción de los hábitos alimentarios, el cual se define como:

$$IIR = (\%N + \%P) \times \%F.O$$

donde %N = porcentaje numérico, %P = porcentaje gravimétrico y %FO = porcentaje de frecuencia de presencia o ocurrencia.

$$\% IIR_i = \frac{IIR_i \times 100}{\sum_{i=1}^n IIR_i}$$

donde %IIR = porcentaje del índice de importancia relativa para una categoría de alimentación específica i (IIR_i) y n = número total de categorías de alimentación.

4.6.2.11. Métodos estadísticos

Se compilaron las series de tiempo de reclutamiento, biomasa desovante y capturas y mortalidad por pesca para camarón nailon, langostino amarillo, y langostino colorado a partir de las evaluaciones de stock más recientes.

Ante la falta de series de tiempo hidrográficas continuas que permitan inferir efectos locales ya sea en el reclutamiento o biomasa de los crustáceos bentónicos, se utilizaron series de tiempo de variables climáticas regionales como indicadoras de cambios interanuales y decadales en el reclutamiento. Para la influencia de la variabilidad climática interanual se utilizó el Indice de la Oscilación del Sur (IOS), que mide cambios en la presión superficial del mar en el Pacífico suroriental, y los índices Niño 3-4 (NINO34) que miden la influencia remota de El Niño-Oscilación del Sur. Estos índices fueron obtenidos de bases de datos públicas (https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/enso/). Para tomar en cuenta la variabilidad climática interdecadal, se utilizó el índice de la corriente de Humboldt (HCI) de Blanco-García (2004). El HCI mide la circulación atmosférica entre Rapa Nui (27°6'16,8''S, 109°21'37,7''S) y Antofagasta (23°38'39''S, 70°24'39''S) y es un índice de la variabilidad climática decadal del Sistema de Corrientes de Humboldt (<u>http://www.bluewater.cl/HCI/hci.html</u>). El IPO es un índice interdecadal que se obtiene a través de la diferencia de temperatura superficial del mar entre el Pacífico occidental y tropical (<u>https://psl.noaa.gov/data/timeseries/IPOTPI</u>/), conocido también como índice tripolo (Henley et al., 2015).

Patrones de fluctuación y análisis estructural

Con el objeto de analizar patrones comunes de fluctuación, a las series de tiempo del reclutamiento se transformaron a logaritmo natural, dado por lo general se asume la distribución log-normal para esta variable. Posteriormente se utilizaron anomalías estandarizadas, las que se calcularon removiendo la media y dividiendo el resultado por la desviación estándar. A las series de tiempo de anomalías de reclutamiento se aplicó el test de estacionaridad de Dickey-Fuller.

Para detectar tendencias comunes en el reclutamiento de los crustáceos, se utilizó análisis de factor dinámico (AFD) para analizar un conjunto de series de tiempos cortas y no estacionarias

(Zuur et al., 2003). El AFD es una técnica de análisis multivariado de series de tiempo, modeladas en términos de una combinación lineal de tendencias comunes, variables explicadoras (covariables), nivel de parámetros, y un componente de ruido. Se asume un número mínimo de tendencias comunes (m) y ruido, i.e.,

$$y_{i,t} = z_{i,1}\alpha_{1,t} + z_{i,2}\alpha_{2,t} + \dots + z_{i,m}\alpha_{m,t} + \varepsilon_{i,t}$$

donde $y_{i,t}$ es el valor de la i-ésima serie de tiempo en el tiempo t, α_{jt} es la j-ésima tendencia común, $z_{i,j}$ es el factor de carga, y $\varepsilon_{i,t}$ es el ruido. Este último se asume multivariado normal con media 0 y estructura de varianza-covarianza **R**. Dado que se contó con 6 series de tiempo, se probaron 5 tendencias comunes y diferentes estructuras para la matriz **R**, las que fueron seleccionadas con el criterio de información de Akaike corregido (AICc).

Una vez identificado el número de tendencias comunes, se realizó un análisis de sensibilidad de estas tendencias a efectos climáticos dados por el Indice de la Oscilación del Sur (SOI), el índice de la corriente de Humboldt (HCI) y el índice interdecadal del Océano Pacífico (TPI). El análisis de sensibilidad consiste en calcular coeficientes de correlación de Pearson acumulados mientras la serie de tiempo se incrementa con cada año adicional. Las series de tiempo se analizaron para el periodo 1970 - 2019, y se siguió el método descrito por Cahuin et al. (2013) y Sagua et al. (2021); esto es, se calculó el coeficiente de correlación de los primeros 10 años (1970 - 1979), y posteriormente se agregó secuencialmente un año más a la correlación hasta terminar con el año más reciente.

Modelamiento Estructural de Ecuaciones (SEM)

Para establecer relaciones entre variables, se utiliza el enfoque de trabajo con Modelamiento Estructural de Ecuaciones o Structural Equation Modeling (SEM) (Grace *et al.* 2010), en particular Pathway Analysis, que permite establecer un diagrama de vinculaciones (path diagrams, Boker *et al.* 2002) entre variables múltiples, tal que permita identificar relaciones significativas entre variables dependientes e independientes. SEM es una familia de procedimientos relacionados, que incluye: a) path analysis y path modeling, b) análisis de la estructura de la covarianza, c) análisis de variables latentes, y es una técnica confirmatoria para

evaluar modelos conceptuales derivados *a priori*. El análisis con SEM se realiza con el paquete "lavaan" de Rosseel (2012) y "sem" de Fox (2006) para el lenguaje R, ampliamente documentado.

Otras técnicas estadísticas

La dinámica reproductiva de crustáceos requiere del análisis espacio-temporal y el efecto de algunas co-variables. Las relaciones stock-recluta pueden incorporar co-variables y en este ámbito se requiere de técnicas de modelamiento que permitan incorporar también factores fijos.

Los factores fijos están representados por la zona o posición geográfica (latitud, longitud), mes, grupos de tamaño, entre otros (p.e. estados de madurez sexual, sexo) y co-variables como la longitud o peso, entre otras, En este contexto, se utilizaron modelos lineales generalizados (GLM. McCullagh y Nelder, 1989) y modelos aditivos generalizados (GAM, Hastie y Tibshirani, 1990) como herramientas de inferencia estadística a lo largo del proyecto.

Entre las potencialidades que presentan los GLM. se puede señalar que son capaces de incorporar una amplia familia de distribuciones de los términos del error (Ej. Gamma, Bernoulli, Binomial, Poisson), al igual que varianzas no constantes que se incrementan con la media poblacional, Básicamente, un MLG corresponde a una extensión de los modelos lineales, cuya variable respuesta puede ser transformada para inducir linearidad mediante una función de enlace. Las variables predictivas ($X_1 \dots X_p$) se relacionan con la variable respuesta (y) a través de una función lineal simple denominada predictor lineal. En consecuencia, estos modelos requieren de dos funciones. La primera corresponde a una función de enlace ("link function"), la cual describe la forma en que la media (μ) varía en relación a los predictores lineales, ubicados al lado derecho de la ecuación, representados por variables categóricas y/o continuas. La segunda, corresponde a una función de varianza, la cual describe la relación entre la media y la varianza.

En el caso de los modelos GAM, la forma general se establece por:

$$g(m) = Y = \alpha + \sum_{j=1}^{p} f_j(X_j) + \varepsilon$$

En esta ecuación $m=E(Y|X_1, ..., X_p)$, y constituye la esperanza que la variable respuesta Y es función de las variables predictoras $X_1, ..., X_p$, a través de un predictor aditivo. La distribución de la variable respuesta, así como también el enlace (link) entre esta distribución y los predictores dados por la función g(,), funcionan en forma análoga a los modelos lineales generalizados. Lo original de un modelo GAM es que provee una forma flexible para definir la función predictor $f_i()$, la cual es análoga a los coeficientes de regresión en los modelos lineales. Los términos $f_i()$ pueden modelarse en forma no-paramétrica o paramétrica, o ambas formas se pueden combinar en un modelo semiparamétrico. La gran ventaja de modelos GAM sobre métodos de regresión tradicionales es su capacidad para modelar no-linealidad utilizando suavizadores de dispersión, constituyéndose en una herramienta poderosa para análisis exploratorios tales que permitan identificar las relaciones funcionales sugeridas por los datos (Hastie y Tibshirani, 1990.

Para aplicar GAM se debe establecer la relación funcional entre la variable respuesta y cada predictor, utilizando GAM no paramétrico. De esta manera, la forma de la función puede ser encontrada empíricamente de acuerdo con la distribución de los datos sin una asunción *a priori*. Luego, una versión más parsimoniosa del modelo puede ser evaluada incluyendo términos paramétricos. En casos marcadamente no lineales, "piecewise polynomials" pueden ser utilizados debido a la mayor flexibilidad para ajustar curvas. El ajuste de los modelos y la parsimonia pueden ser evaluados utilizando test F aproximado y el criterio de Akaike (AIC, Chambers y Hastie, 1992). El estadístico AIC toma en cuenta simultáneamente los grados de libertad y utiliza la bondad de ajuste: modelos con más parsimonia tienen un AIC más bajo. Los residuales de los modelos ajustados se analizaron mediante métodos gráficos.

En los modelos GLM se utilizaron las herramientas contenidas en la librería MASS para R (Venables y Ripley, 2002), mientras que para GAM se utilizó la librería mgcv para R (Wood, 2006). Los programas han sido desarrollados como librerías de funciones en *R* (http://www.cran.r-project.org).

En el caso del software mgcv, se tienen varias ventajas, entre ellas el programa representa una notable mejoría del trabajo con GAM particularmente en relación con: a) selección de modelos automática utilizando GCV o AIC; b) suavizadores multidimensionales utilizando la

aproximación "thin plate" (Wood, 2006); y c) modelo de ajuste eficiente y robusto, que permite también ajustar datos altamente dispersos utilizando la distribución binomial negativa. Además, en el caso de datos espaciales representados por latitud-longitud, mgcv permite modelar la dependencia sobre la posición geográfica como una función bivariada isotrópica de la latitud y la longitud, y no considerar éstas por separado asumiendo que existe un efecto de la latitud y otro efecto de la longitud geográfica como si se tratara de variables independientes.

4.7. OBJETIVO ESPECIFICO 7

Estimar la contribución relativa de la biomasa de los juveniles sobre la abundancia de la estabilidad y abundancia de la población adulta.

4.7.1. Revisión de modelos y supuestos en evaluaciones

De acuerdo con las Bases Administrativas y Técnicas, se debía hacer una revisión de los modelos y supuestos que han sido históricamente utilizados en la evaluación de stock de las especies de interés, tanto en forma directa e indirecta, indicando los eventuales cambios y sus implicancias, con énfasis en las relaciones stock-recluta utilizadas.

Para la revisión de los modelos y supuestos en la evaluación de stock de estas especies, en el caso de la evaluación indirecta, se revisaron los informes de Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales, elaborados por el Instituto de Fomento Pesquero en el marco del Convenio de Asesoría Integral contratado por la Subsecretaría de Pesca. Adicionalmente se revisaron los reportes de la revisión por pares "peer review" que se ha realizado sobre la evaluación de stock del camarón nailon (Ernst & Dichmont, 2014).

En el caso de las evaluaciones directas, el proyecto FIP N° 2006-19 "Estandarización de procedimientos metodológicos para la evaluación de crustáceos demersales a través del método de área barrida" estableció los criterios que se deben aplicar en las evaluaciones directas de la biomasa vulnerable de langostinos y camarón nailon en aguas nacionales. Estos procedimientos

se encuentran vigentes, luego, se revisan las evaluaciones directas recientes y se indagó en las desviaciones que se han aplicado respecto del proyecto FIP N° 2006-19.

4.7.2. Revisión de modelos operacionales

Acorde a las Bases Administrativas y Técnicas, desde la integración de los resultados obtenidos, y dentro de un enfoque ecosistémico, se realizó una revisión de los modelos operacionales usados en el asesoramiento pesquero con énfasis en las relaciones entre el stock reproductor (e.g. población adulta), el medio ambiente, el reclutamiento y el esfuerzo pesquero. Al respecto, cabe señalar que actualmente NO existe un modelo operativo utilizado para el manejo de los recursos de crustáceos demersales en Chile, y ciertamente, la elaboración de éstos en el marco de este proyecto excede largamente los montos indicativos de la licitación.

Por otro lado, se sabe que cuando la pesca es intensa y determina un agotamiento de la biomasa reproductora los recursos marinos explotados pueden aumentar su sensibilidad a la variabilidad ambiental (Perry *et al.* 2010), la que podría modular el reclutamiento y la producción excedentaria. En el caso de camarón nailon, por ejemplo, Acuña *et al.* (2015) encontraron que existe una asociación en la dinámica de la biomasa con los cambios en el Índice de la Corriente de Humboldt, que se expresó en el reclutamiento a través de una respuesta retrasada y significativa a partir de los tres años. Esto implica que las condiciones ambientales asociadas con valores negativos del HCI; esto es, condiciones cálidas del océano, vientos débiles, y debilitamiento de la corriente subsuperficial que fluye al polo serían menos favorables para el reclutamiento del camarón nailon.

Con el propósito de abordar el problema, desde un punto de vista ecosistémico, se propuso utilizar un enfoque de modelación ecosistémica basada en Ecopath con Ecosim (EwE, Christensen & Pauly, 1992; Walters *et al.*, 1997) para evaluar el impacto de forzantes ambientales sobre la dinámica del stock.

4.7.3. Modelación ecosistémica

4.7.3.1. Modelo ECOPATH

Se construyó un modelo de la trama trófica del ecosistema marino frente a Chile centro-norte y centro sur (III a VIII Regiones) utilizando el software Ecopath with Ecosim (EwE). El modelo resume información biológica y pesquera de los principales grupos tróficos del sistema, con énfasis en los recursos pesqueros tradicionales, sus presas y predadores. Se seleccionó el año 1997 dado que se tiene información disponible tanto de desembarques oficiales como de cruceros (estimaciones de biomasa) de varios grupos funcionales.

En su versión actual, EwE parametriza el modelo trófico basado en dos ecuaciones principales. La primera describe los términos de la producción de cada grupo (*i*), mientras que la segunda describe su balance de masa (Christensen & Pauly, 1992).

La primera ecuación describe cómo la producción de cada grupo *i* puede ser separada en sus componentes, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$P_i = Y_i + B_i \cdot M_{2i} + BA_i + P_i(1 - EE_i)$$

donde: Pi es la tasa de producción total del grupo *i*; Yi es su tasa de captura total; M2i es la tasa de depredación total para el grupo *i*, Bi es la biomasa toral del grupo *i*; Ei es la tasa de migración neta (emigración - inmigración), BAi es la acumulación de biomasa del grupo *i*; Pi (1-EEi) =M0i es la tasa de "otra mortalidad", que es aquella mortalidad que es independiente de la predación y capturas.

Esta ecuación incorpora la mayor parte de los componentes de la producción (o mortalidad), siendo la excepción la producción gonadal. Sin embargo, la producción gonadal termina generalmente siendo predada por otros grupos, siendo posible entonces incluirla como mortalidad por predación u "otras mortalidades".

La ecuación previa puede ser expresada de la siguiente manera:

20

$$B_i \cdot \left(\frac{P}{B}\right)_i - \sum_{j=1}^n B_j \cdot \left(\frac{Q}{B}\right)_i \cdot DC_{ji} - B_i \cdot \left(\frac{P}{B}\right)_i \cdot (1 - EE_i) - Y_i - E_i - BA_i = 0$$

donde: (P/B)i es la razón producción biomasa, (Q/B)i es la razón consumo biomasa y C*ji* es la fracción de la presa *i* en la dieta promedio del predador *j*.

La tasa de producción (P_i) se calcula como el producto entre la biomasa del grupo *i* (B_i) y su razón producción biomasa (P/B)_{*i*}. De acuerdo con Allen (1971), en poblaciones en equilibrio, con mortalidad exponencial y crecimiento tipo von Bertalanffy, la razón (P/B)_{*i*} corresponde a la tasa de mortalidad total Z. Normalmente, Z se estima mediante técnicas estándar de evaluación de stock. La "otra mortalidad" ($M0_i$) incluye toda la mortalidad que no se debe a la predación ni captura (i,e, mortalidad debido a enfermedades, longevidad, etc.), y se calcula internamente como:

$$M0_i = P_i \cdot (1 - EE_i)$$

donde: EE_i es la denominada "eficiencia ecotrófica" de *i*, y representa la proporción de la producción del grupo *i* que se utiliza dentro del sistema. El término que describe la mortalidad por predación M2 es el que conecta los grupos (presas y predadores) del sistema, según la siguiente ecuación:

$$M2i = \sum_{j=1}^{n} Qj \cdot DC_{ji}$$

donde: la sumatoria es sobre todos los n predadores que se alimentan de la presa i, Q_j es la tasa de consumo total para el grupo j, y DC_{ji} es la fracción con que la presa i contribuye a la dieta del predador j, Q_j se calcula como el producto entre B_j y Q/B_j ,

Una aplicación importante de la ecuación anterior es que la información concerniente a las tasas de consumo y dieta de un predador dado sobre una presa particular puede ser utilizada para estimar el coeficiente de mortalidad por predación para el grupo presa o, alternativamente, si se

conoce la mortalidad por predación para una presa dada, entonces la ecuación puede ser utilizada para estimar las tasas de consumo para uno o más predadores.

Para la parametrización del modelo, ECOPATH establece un sistema con (al menos en principio) tantas ecuaciones como grupos incluidos en el sistema y resuelve el sistema de ecuaciones para sólo uno de los siguientes parámetros de cada grupo:

- Biomasa;
- razón producción/biomasa;
- razón consumo/biomasa; y,
- eficiencia ecotrófica.

La segunda ecuación básica de EwE entrega el balance de energía dentro de cada caja, a saber:

Consumo = Producción + Respiración + Alimento no asimilado

Con esta ecuación se define el consumo como la suma del crecimiento somático y gonadal, costos metabólicos y productos de desecho.

La información de producción, consumo y fuentes de mortalidad (por pesca) de cada componente del ecosistema muchas veces no se encuentra disponible y se debe hacer uso de información de ecosistemas equivalentes o de grupos funcionales equivalentes. Esta información aporta gran parte de la incertidumbre al modelo que finalmente determina su "calidad", la que se mide a través de su "pedigree" (Funtowicz & Ravetz, 1990). El pedigree además hace que el proceso de construcción del modelo Ecopath sea más transparente (Christensen & Walters, 2004).

El pedigree de Ecopath, que adopta valores entre cero y uno, permite describir el origen de los datos utilizados para crear el modelo, la precisión de éstos y establecer los intervalos de confianza cuando se realizan simulaciones de Monte-Carlo (Pauly *et al.*, 2000; Christensen & Walters, 2004). Para cada grupo del ecosistema, se utiliza una de estas opciones para definir el pedigree del parámetro de entrada. Sobre la base del valor del índice individual, se calcula un "índice pedigree" general, τ , como el promedio del valor de pedigree individual basado en:

$$\tau = \sum_{i=1}^{n} \frac{\tau_{i,p}}{n}$$

donde $\tau_{i,p}$ es el valor del índice de pedigree para el grupo *i* y el parámetro de entrada *p* para cada uno de los *n* grupos en el ecosistema; *p* puede representar biomasa (B), la razón producción/biomasa (P/B), razón consumo/biomasa (Q/B), capturas (Y) o composición de la dieta (DC).

Luego de disponer del modelo estático que caracteriza la trama trófica del ecosistema, incluidas las pesquerías como predadores, se indagó mediante ECOSIM el efecto sobre la biomasa de adultos y juveniles de langostino amarillo, langostino colorado y camarón nailon, del incremento y decremento de la biomasa de los productores, y de los principales predadores de los recursos señalados.

4.7.3.2. Simulación

Aunque ECOPATH ha sido ampliamente utilizado para caracterizar tramas tróficas acuáticas, este enfoque representa sólo la situación del sistema en el período analizado, siendo incapaz de responder preguntas sobre la dinámica de stocks particulares o de la trama trófica en su conjunto ante cambios en factores internos (predación) o externos (pesca, variabilidad ambiental). Walters *et al.* (1997) conscientes de esta limitación, dieron un salto cualitativo y cuantitativo significativo en el análisis de ecosistemas marinos con enfoques ecotróficos multiespecíficos al traducir la ecuación básica de ECOPATH en una ecuación de biomasa dinámica. Esto permite realizar simulaciones y analizar tendencias de la biomasa de cada componente del ecosistema ante distintos escenarios de pesca o ecológicos. De ahí el nombre de este nuevo modelo, ECOSIM. La ventaja de ECOSIM es que se aplica sobre un modelo ECOPATH ya construido, tomando ventaja entonces de toda la parametrización previa. La ecuación básica de ECOSIM describe la dinámica

$$\frac{dB_i}{dt} = f(B) - M_0 B_i - F_i B_i - \sum_{j=1}^n c_{ij}(B_i, B_j)$$

donde f(B) es una función de Bi; Bi es la biomasa del grupo i; Mo es la tasa de mortalidad del grupo i debida a causas diferentes e independientes de la depredación y capturas; Fi es la tasa de mortalidad por pesca del grupo i; y cij(Bi, Bj) es la función que predice el consumo de la presa i por el predador j, Si el grupo i es un productor primario, entonces:

$$f(B_i) = v_i B_i / (1 + B_i h_i)$$

donde vi es la razón P/B máxima que i puede alcanzar cuando Bi es baja; vi/hi es la tasa de producción primaria neta máxima para el grupo i cuando Bi no está limitada por la producción. Si el grupo i es un consumidor, entonces:

$$f(B_i) = g_i \sum_{j=1}^n c_{ij}(B_i, B_j)$$

dónde: gi = Bi (*Pi/Bi*) representa la eficiencia neta de crecimiento de *i*.

El sistema de ecuaciones que se deriva se integra en el tiempo incorporando tasas de mortalidad por pesca (F) variables, entregando predicciones dinámicas de biomasa para todo i, las que son resultado directo de cambios en la captura, predación y disponibilidad de alimento para cada grupo i, y un reflejo indirecto de cambios en la pesca y predación sobre grupos que interactúan con el grupo i.

Tal como ocurre en EwE lo que es consumo para un grupo (predador) es mortalidad para otro (presa). Por lo tanto, la dinámica temporal de cada grupo i está fuertemente ligada al consumo de alimento (mortalidad por predación, M2) de cada predador. La expresión con la que Ecosim predice el consumo (*Cijt*) de la presa i por el predador j al tiempo t es:

$$C_{ij} = \frac{a_{ij}v_{ij}B_{it}B_{jt}}{2v_{ij} + a_{ij}B_{jt}}$$

donde, *aij* corresponde a la tasa efectiva de búsqueda del predador *j* sobre la presa *i*; *vij* es la tasa instantánea máxima de mortalidad que el predador *j* puede causar sobre la presa *i*. En esta ecuación *Cijt* depende de las biomasas de presa (*Bit*), del predador (*Bjt*), de la tasa de búsqueda del predador (*aij*) y de la "vulnerabilidad" de la presa a la predación (*vij*). De estos cuatro

parámetros la vulnerabilidad a la predación es la que determina en mayor medida la dinámica, tanto de la biomasa del predador como de la presa.

Las relaciones predador-presa son más complejas que aquellas descritas mediante ecuaciones simples tipo Lotka-Volterra (Walters *et al.*, 1997). En efecto, los predadores y las presas no se distribuyen homogéneamente en el espacio, sino que su interacción depende del comportamiento de ambos. Por un lado, la presa utiliza tácticas de escape/refugio que disminuyen la probabilidad de ser predada, mientras que el predador puede cambiar los tiempos/energía que destina a la búsqueda de una presa particular. Esto se relaciona con las dos visiones clásicas que tratan de explicar la regulación poblacional en ecosistemas naturales.

Por un lado, se sostiene que la disponibilidad de alimento (control por presas o bottom-up) es el principal medio de regulación poblacional, mientras que el otro propone que es la presión de predación (control por predadores o top-down). Actualmente se acepta que ambos tipos de control operan dinámicamente al interior de las tramas tróficas marinas, lo cual implica que la evaluación de las relaciones predador-presa requiere necesariamente de un análisis del tipo de control operando. ECOSIM utiliza la vulnerabilidad de la presa a la predación como una aproximación a este problema. Esta vulnerabilidad puede estar influenciada por cambios espaciales del predador, de la presa o de ambos, y de ahí la alternancia dinámica entre un tipo de control y otro.

En ECOSIM. la biomasa de cada grupo presa *Bi* tiene un componente vulnerable para cada predador *j* (*Vij*) en cualquier momento del tiempo (Fig. 20). La importancia del parámetro vulnerabilidad (*v*), en las predicciones realizadas por ECOSIM. es que éste regula la velocidad de intercambio entre la fracción invulnerable y la vulnerable de la presa. Si *v* es alto, entonces el reemplazo desde la biomasa invulnerable a la vulnerable será casi instantáneo. En cambio, si *v* es bajo, entonces el reemplazo de la biomasa desde la fracción invulnerable a la vulnerable será lento; en este caso la dinámica del predador estará regulada por el valor de *v* más que por el valor la biomasa del predador. Así, un valor bajo de *v* (i,e,, v=1) implica control por presas. En EwE, *v* se distribuye entre 1 y >>1. Por lo tanto, un valor alto de *v* (i,e, alrededor de 5) implica control por predadores (top-down). El modelo asume por defecto que v=2 en todos los grupos funcionales incluidos en el modelo.



Fig. 20. Representación de los flujos entre la fracción vulnerable (V*i*) e invulnerable (B*i* – V*i*) de la biomasa de una presa dada en EwE. El parámetro a*ij* es la tasa de búsqueda de la presa *i* por el predador *j*, *v* es la tasa de intercambio entre el estado vulnerable y el invulnerable. El balance instantáneo entre ambos estados de la biomasa de la presa implica que V*i*=*v*B*i*/(2*v*+*a*B*j*). Modificado de Walters *et al.* (1997).

Particularmente, el modelo EwE permite al usuario ingresar series de tiempo, tanto de factores que representen perturbaciones o forzamiento como de variables respuesta, a través de hojas de cálculo que definen un período de referencia histórico y los datos disponibles para cada año sobre ese periodo de tiempo (Christensen *et al.*, 2008). Los factores de forzamiento en EwE pueden ser: (i) esfuerzo de pesca por arte y/o estimaciones de tasas de mortalidad por pesca por año y especies o biomasa; (ii) biomasas "forzadas" en el tiempo, para las especies no incluidas en el modelo pero que hayan impactado probablemente a especies incluidas en el modelo; (iii) predictores o índices de cambios históricos de productividad (e.i. tasas relativas de surgencia); y, (iv) predictores o índices de tasas relativas de asentamiento larval (e.i. éxito de reclutamiento temprano).

De acuerdo con Heymans *et al.* (2016), la mejor práctica al ajustar un modelo a datos de series de tiempo es utilizar el método de prueba de hipótesis estadística descrito por Mackinson *et al.* (2009) y refinado por Tomczak *et al.* (2012), Mackinson (2014) y Alexander *et al.* (2015). Este procedimiento, automatizado por Scott *et al.* (2016) e integrado como un complemento en el

software EwE, se basa en la estimación de la suma de cuadrados (SS) y el Criterio de Información de Akaike (AIC) (Akaike, 1974).

El procedimiento automatizado de ajuste ("Stepwise fitting") parametriza y compara las ocho hipótesis alternativas descritas por Alexander *et al.* (2015). Estas hipótesis son: *i*) línea de base (ejecución del modelo sin pesca y sin cambios en las vulnerabilidades, o anomalía en la producción primaria); *ii*) línea de base y cambios en vulnerabilidades; *iii*) línea de base y cambios en anomalías de producción primaria; *iv*) línea de base y cambios en las vulnerabilidades y anomalías de producción primaria; *v*) pesca (excluyendo cualquier adaptación a series de tiempo para vulnerabilidades o búsquedas de anomalías de producción primaria); *vi*) pesca y cambios en las anomalías de la producción primaria; *viii*) pesca, cambios en las vulnerabilidades y anomalías de la producción primaria; *viii*) pesca, cambios en las vulnerabilidades y anomalías de la producción primaria; *viiii*)

El número máximo de parámetros que puede ser estimado (m) se calcula a partir del número total de series de tiempo utilizadas (i.e., biomasa relativa, mortalidad total, captura y peso promedio) (Christensen *et al.*, 2008). Se asume que las series de tiempo son independientes entre sí, pero que cada dato en una serie de tiempo no es independiente de los otros datos en esa serie (Scott *et al.*, 2016). El procedimiento de ajuste calcula el número total de iteraciones para cada hipótesis calculando todas las combinaciones de número de parámetros estimados (K) en función de m y/o el número máximo de "spline points".

La hipótesis que obtiene el AIC más bajo es la hipótesis que obtiene el mejor ajuste del modelo a los datos usando el menor número de parámetros. El AIC se define como:

$AIC = n \log (minSS/n) + 2K$

donde *n* es el número total de observaciones, *minSS* es la mínima suma de cuadrados calculada por el algoritmo.

Además, el procedimiento también calcula el AICc (Burnham & Anderson, 2004), que corresponde al criterio de información de Akaike con una corrección de segundo orden para tamaños de muestra pequeños. El AICc se define como:

$$AICc = AIC + 2K \frac{(K-1)}{(n-K-1)}$$

El procedimiento de ajuste calcula estos valores para cada iteración e identifica la mejor opción para la iteración que tiene el valor de AICc más bajo.

4.7.4. Variabilidad del reclutamiento, densidad-dependencia, densidad-independencia y procesos estocásticos

Uno de los aspectos relevantes en el análisis de la dinámica poblacional subyace en distinguir la importancia relativa de los factores densidad-dependientes e independientes (Royama, 1992; Lima, 2001). Por lo general, se asume que la variabilidad del reclutamiento es determinada por factores densidad-independientes durante los primeros estadios de vida o bien durante la fase pre-recluta. Sin embargo, la importancia de los factores densidad-dependientes en interacción con factores ambientales cada vez se considera más en el análisis integrado de la dinámica poblacional (Lima, 2001).

En particular, varios estudios teóricos y empíricos indican que la interacción densidaddependientes entre diferentes edades podrían generar un espectro en el cual se pueden identificar ciclos de comportamiento dinámico determinista (e.g. Higgins *et al.* 1997a, b). En el bacalao (*Gadus morhua*), fluctuaciones de alta y baja frecuencia en el grupo de edad 0 pueden ser explicados por la interacción entre la estocasticidad ambiental y la densidad-dependencia intra e inter-cohortes (Bjørnstad *et al.*, 1999, Stenseth *et al.*, 1999). Sin embargo, hay pocos estudios que han tratado de modelar o integrar ambos tipos de influencia en la dinámica de crustáceos. Para los fines del presente proyecto, se intenta desarrollar un modelo matemático que incluya procesos densidad - dependientes e independientes como estocásticos para analizar que ambos factores pueden explicar conjuntamente la dinámica poblacional de los crustáceos demersales en Chile.

Para los propósitos de este proyecto, se postuló que la dinámica poblacional de crustáceos ya sea langostino colorado, langostino amarillo o camarón nailon, es el resultado del forzamiento de una estructura retroalimentada (densidad - dependiente), factores climáticos y estocásticos. Para

comprender como tales factores pueden determinar fluctuaciones poblacionales, se considera el siguiente esquema conceptual (Fig. 21):



Fig. 21. Esquema del modelo que ilustra las interacciones potenciales entre el efecto trófico modulados indirectamente y directamente por factores ambientales. Nt representa la abundancia poblacional, las funciones f, g y h describen los cambios en la población según las interacciones dadas por la dirección de las flechas y definidas por las derivadas parciales.

Las interacciones de dichas relaciones pueden ser representadas por un modelo general en términos del proceso reproductivo y supervivencia de los individuos (Berryman y Gutiérrez, 1999), representado como una variante del modelo logístico discreto de Ricker influenciado por alimento, clima y factores estocásticos. La dinámica se puede representar por:

$$N_{t} = N_{t-1} \exp(\alpha + f(N_{t-1}) + g(C_{t}) + h(C_{t-1}) + \varepsilon_{t})$$

donde *N* es la abundancia poblacional, *C* representa factores climáticos y las $f(N_{t-1})$, $g(C_t)$ y $h(C_{t-1})$ representan los efectos de la densidad y forzamiento climático directo e indirecto sobre la dinámica poblacional, mientras que ε_t representa perturbaciones aleatorias estocásticas. Una forma alternativa de expresar el modelo anterior se basa en la tasa de crecimiento poblacional per cápita, que representa el proceso de supervivencia y reproducción que conduce la dinámica poblacional y que se conoce como una función R (Berryman, 1999). Se define $R_t = \ln(N_t) - \ln(N_{t-1})$, y la función se expresa por:

$$R_t = \alpha + f(N_{t-1}) + g(C_t) + h(C_{t-1}) + \varepsilon_t$$

Este modelo representa la estructura básica de retroalimentación e integra el forzamiento climático y estocástico que conduce la dinámica poblacional. Sobre la base de esta formulación, se requiere identificar una familia de formas funcionales para las funciones $f(N_{t-1})$, $g(C_t)$ y $h(C_{t-1})$ utilizando datos de series de tiempo. Para ello, se utilizaron modelos aditivos generalizados (GAM).

Alternativamente, se analizó un modelo de éxito reproductivo densidad - dependiente con interacción climática y estocasticidad. En este caso, el proceso reproductivo se define como la transición desde la época de desove hasta el reclutamiento, definido como la abundancia ó índice de abundancia del grupo de edad 0. Se considera que el proceso reproductivo es altamente variable interanualmente y que las fuentes de esta variabilidad son el resultado de factores densidad - independientes, densidad - dependientes, variables oceanográficas - climáticas y estocasticidad. El proceso reproductivo se modeló según el siguiente modelo general:

$$R_t = \exp(\alpha + f(S_{t-1}) + g(C_{t-1}) + h(C_t) + \varepsilon_t)$$

donde R_t representa la tasa reproductiva per capita (número de individuos producidos por la población adulta o reproductora), α representa la tasa reproductiva en ausencia de factores densidad-dependientes, factores climáticos y estocasticidad; $f(S_{t-1})$ es una función densidadependiente de los adultos reproductores, $g(C_{t-1})$ y $h(C_t)$ representan funciones que toman en cuenta variables oceanográficas-climáticas indirectas y directas, mientras que ε_t se distribuye normal con promedio igual cero y varianza constante (σ^2). La tasa reproductiva se estima a partir de los datos disponibles. Para evaluar los modelos funcionales relacionados con los factores densidad-dependientes y oceanográficos-climáticos, se utiliza el criterio de información de Akaike corregido para muestras pequeñas (AICc) ya señalado anteriormente. El mejor modelo corresponde al que minimice el AICc, según:

$$AICc = -2(logL)+2p+2(p+1)(p+2)/(n-p-2)$$

donde log*L* es la log-verosimilitud, *p* es el número de parámetros y *n* el tamaño de muestra. Una diferencia ≤ 1 en AICc se puede considerar no significativa, aspecto que resulta ser una regla

basada en la experiencia en procedimientos de selección de modelos basados en el criterio de información (Burnham y Anderson, 1998; Lima *et al.*, 2000).

La producción de reclutas, abundancia o índice de abundancia del grupo de edad 0 en el año siguiente, quedan definidos según:

$$N_{0,t+1} = S_t \exp(\alpha + f(S_t) + g(C_t) + h(C_{t+1}) + \varepsilon_t)$$

Este modelo general tiene la forma Ricker si la función densidad dependiente es $f(S_t) = -\beta S_t$. A su vez, con el objeto de analizar posibles interacciones densidad - dependientes intra e inter-cohortes que podrían reducir la supervivencia de diferentes clases de edad (Lima *et al.* 2000), la transición a través de diferentes edades puede ser formalizada según las siguientes expresiones:

$$N_{i,t+1} = N_{i-1,t} \left(\frac{1}{1 + \exp(-(\beta - \gamma N_{0,t} - \mu S_t))} \right)$$

0

$$N_{i,t+1} = N_{i-1,t} \left(\frac{1}{1 + \exp(-(\beta - \gamma \ln(N_{0,t}) - \mu \ln(S_t)))} \right)$$

donde β , γ y μ representan constantes positivas determinando la supervivencia densidad dependiente en tamaños poblacionales bajos, la reducción en la tasa de supervivencia debido al efecto del reclutamiento y de adultos, respectivamente. Estos modelos se evaluan sobre la tasa de supervivencia de cada grupo de edad utilizando modelos lineales generalizados (GLM) con una estructura de error binomial y una función de enlace logit. El objetivo del análisis es evaluar si el número de reclutas o la abundancia de adultos son mejores predictores de las tasas de supervivencia edad-específicas y la fortaleza de las interacciones intra e inter-cohortes (ver Bjørnstad *et al.*, 1999).

El modelo conceptual considera que los efectos ambientales, pueden impactar directamente a una población a través de efectos fisiológicos (metabolismo y proceso reproductivo) o indirectamente a través del ecosistema, incluyendo la oferta trófica, predadores, y competidores. Sobre la base de estas dos formas de impacto, se considera que la variabilidad ambiental podría tener un efecto

retardado en la dinámica poblacional a través del impacto en el proceso reproductivo. En otras palabras, los individuos nacidos en un año en particular pueden ser más o menos abundantes dependiendo de las condiciones ambientales presentes en el año de nacimiento. Las cohortes más abundantes, generadas durante condiciones ambientales favorables, podrían ser determinantes en la tasa de supervivencia intra - cohorte, afectando la dinámica de la población durante toda su esperanza de vida.

5. **RESULTADOS**

5.1. OBJETIVO ESPECÍFICO 1

Localizar las principales zonas y/o "focos" de reclutamiento de crustáceos demersales en la zona de capturas norte y centro sur de la costa de Chile.

5.1.1. Revisión de información bibliográfica

Primero se levantó información básica sobre áreas de crianza y definiciones de reclutamiento. Luego se abordan los principales manuscritos que se refieren a aspectos claves sobre la reproducción y el reclutamiento. Con estos antecedentes, se construyó una tabla resumen de antecedentes bibliográficos sobre 9 temáticas principales: Biología, Reproducción, Dieta, Distribución, Genética, Historia de Vida, Parásitos, Pesquerías y Relaciones tróficas en los 3 crustáceos demersales estudiados. La información disponible corresponde principalmente a estudios relacionados con el langostino colorado Pleuroncodes monodon, en especial centrada en tópicos de pesquerías y reproducción (Tabla 7). Los estudios revisados describen a estas especies como residentes de las Zona de Mínimo Oxigeno (ZMO), se consideraron variaciones temporales y estacionales en su reclutamiento, crecimiento poblacional, rasgos de historia de vida y contenido energético. Es por ello que varios autores, desde los 90', sugieren que se incorpore en los estudios poblacionales y de evaluación de stock pesquero la variabilidad temporal de las variables oceanográficas en especial del oxígeno y la temperatura de fondo, ambos drivers o controladores que modulan aspectos metabólicos en especies aeróbicas. Esto en base a la evidencia sobre el éxito reproductivo y contenido energético de P. monodon, ya que su estacionalidad reproductiva estaría influenciada por la variabilidad estacional de la ZMO sobre la plataforma continental en la población bentónica.

5.1.1.1. Áreas de crianza de crustáceos demersales explotados en Chile

De acuerdo con **Beck** *et al.* (2001), sólo los hábitats que aportan el mayor número de individuos a la población adulta por unidad de superficie se pueden considerar zonas de crianzas. El énfasis

está en el tamaño del hábitat, más que en el aporte. Por ejemplo, en un caso simple donde los juveniles usan 2 hábitats, uno de los cuales cubre el 90% de un sistema particular y contribuye con el 85% de los juveniles que ingresan a la población adulta, y el otro que comprende el 10% del sistema y contribuye con el 15% población adulta. En este caso, el segundo hábitat se clasificaría como hábitat de crianza ya que contribuye 1,5 por unidad de área. El primero no se considera hábitat de crianza porque no aporta con el mayor número de individuos (contribución por unidad de área = 0,94). Sin embargo, el primer hábitat contribuye con más de 5 veces más individuos a la población adulta. De esta manera, los hábitats que aportan menos individuos por unidad de área, pero que contribuyen con un mayor número de individuos a la población adulta, no se consideran zonas de crianza. En este contexto, Dahlgren et al. (2006) discuten que los hábitats de mayor superficie que no calzan con la definición de hábitat de crianza de Beck et al. (2001), pero que contribuyen significativamente a la población adulta, deben considerarse de igual importancia, o incluso mayor, para apoyar poblaciones viables (necesarias para la sostenibilidad de la especie) que los hábitats más pequeños para cumplir con los criterios de crianza. Dahlgren et al. (2006) proponen el término Hábitat Juvenil Efectivo (EJH) para describir hábitats de juveniles que, en términos de su contribución general, son los más importantes para mantener a las poblaciones adultas. De acuerdo a estos autores, un EJH se define como un hábitat para una especie particular que aporta una mayor proporción de individuos a la población adulta, que el nivel medio aportado por todos los hábitats utilizados por los juveniles, independientemente de la cobertura del área.

No obstante, el énfasis está en la contribución de hábitats sin un marco conceptual para describir los hábitats que más contribuyen a la población adulta o para evaluar la importancia relativa de los hábitats en función de su contribución general a la población adulta. De esta manera, **Sheaves** *et al.* (2006), debaten los criterios antes mencionados. Plantean que los autores midieron el valor de las áreas de crianza en términos de números y que este enfoque se relaciona con el valor de un área de crianza de una perspectiva puramente pesquera y de corto plazo, sin reconocer el sentido evolutivo, ecológico y sostenible de las pesquerías; esto es, sólo la contribución a la producción de las generaciones futuras la que determina el valor real de un área de crianza. A través de su efecto sobre el tamaño y el crecimiento, la calidad del hábitat juvenil puede tener una gran influencia en el rendimiento reproductivo de un individuo. En relación a la escala espacial, ambos ejemplos se centran en las agregaciones de todas las unidades estructurales de tipos particulares dentro de un área circunscrita. Sin embargo, la importancia, el alcance y el significado de área de crianza varían entre escalas. Además, mientras que algunas especies usan hábitats particulares dentro de un área como "crianza", para otros, el valor del área de crianza se deriva de toda el área. En esencia, la provisión de esta área debe ser considerada a diferentes escalas para diferentes especies. Los hábitats que hacen pequeñas contribuciones a la sostenibilidad de un stock o población en particular aún pueden tener un alto significado desde el punto de vista de la conservación para esa especie a escala local (por ejemplo, puede ser importante para una pesquería localizada pero irrelevante para la especie en general). Una organización encargada de la gestión de una pesquería multi-específica a gran escala obviamente tendrá diferentes puntos de vista sobre el valor de un hábitat particular que, por ejemplo, una autoridad de captación regional o consejo local con el objetivo de proteger una pesquería recreativa local o gestionar el desarrollo costero. Sin embargo, el sistema de clasificación rígido de Dahlgren et al. (2006) no se adapta a los diferentes objetivos de gestión y no proporciona a los administradores información sobre la importancia relativa de una gama de hábitats a escalas particulares.

Además, no proporciona ninguna información sobre qué características particulares de un hábitat o ecosistema lo hacen valioso como área de crianza. En lugar de proporcionar una herramienta útil para describir y comprender sistemas complejos, un enfoque que simplemente clasifica un hábitat como importante o no importante ignora la complejidad inherente y los mismos procesos que contribuyen al valor y funcionamiento de estos sistemas. El enfoque de aplicar una clasificación rígida y demasiado simplista de "libros de recetas" de sistemas complejos y dinámicos puede llevar a una falla para reconocer y comprender adecuadamente los vínculos y procesos críticos que respaldan las zonas de crianzas marinas.

Posteriormente, **Nagelkerken** *et al.* (2015) revisaron las definiciones más actuales del hábitat de crianza y propusieron un enfoque novedoso para asignar áreas de crianza para la fauna móvil que incorpore enlaces críticos de hábitat ecológico. Se introduce el término "crianzas marinas", que conceptualiza a las zonas de crianza como un paisaje marino espacialmente explícito y que consta de múltiples mosaicos de parches de hábitat que están funcionalmente conectados. Los "hot-

spots" de abundancia animal/productividad identifican el área central de un mosaico de hábitat, que está limitada espacialmente por los rangos de sus ocupantes. Deberían identificarse e incorporarse vías de migración que conecten estos hot-spots a escalas espaciales y temporales más amplias, a través de cambios de hábitat ontogénicos o migraciones costeras - mar afuera. El enfoque propuesto constituye un avance realista en la identificación y gestión de las zonas costeras críticas.

Además, Caddy (2014) estableció que la migración es la única respuesta posible cuando el crecimiento adicional de la clase de edad de reclutamiento hace que los individuos en algún hábitat sean vulnerables a la predación. Una característica común de hábitats estructuralmente complejos con alta vulnerabilidad en tamaño es la ocurrencia de cuellos de botella de la población.

5.1.1.2. Definición de reclutamiento

Gulland (1983) sugirió que el proceso de reclutamiento puede involucrar un evento como la migración hacia o desde áreas de crianza o un cambio de hábitat. Sin embargo, puede implicar sólo crecer hasta una longitud suficiente que pueda ser de interés para los pescadores. En este contexto, se define reclutamiento al proceso por el cual los individuos juveniles de una población se incorporan por primera vez a la fracción explotable de la misma población. En relación con los crustáceos demersales chilenos, **Acuña et al. (2007)** señalan que los reclutas se incorporan en algún momento a los caladeros donde se realiza la actividad pesquera, donde ocurre el reclutamiento al arte de pesca y contribuyen a la pesquería.

Acuña *et al.* (2007) definen como edad de reclutamiento (Tr) a la edad más temprana a la que un langostino o camarón nailon puede ser vulnerable a los artes de pesca, el organismo a la edad Tr se denomina "recluta". Se entiende por "reclutamiento" al proceso por el cual el número de reclutas, o sea el número de langostinos o camarón nailon que ha llegado a la edad Tr durante una "estación de reclutamiento". La "intensidad de reclutamiento" es el número de reclutas por unidad de tiempo o área. El "patrón de reclutamiento" es la forma en que se expresa dicho

proceso, diferente para especies templadas donde se observa estacionalidad vs. especies de aguas tropicales donde no se observa estacionalidad. Acuña *et al.* (2007) plantean que los ejemplares considerados como "reclutas" a los caladeros de pesca, son todos aquellos que logran escapar de la red comercial y que son retenidos en un cubre "túnel copo".

En el trabajo se tiene que en el interior de los caladeros habituales de pesca existe una incorporación de ejemplares reclutas prolongada de las principales especies objetivo, aunque éstos no estén disponibles a la pesquería, por no ser vulnerados aún por el arte de pesca comercial.

Acuña *et al.* (2009) indican que el reclutamiento en número de individuos a la longitud de reclutamiento de langostino colorado (Lr = 23,5 mm en machos y Lr = 22,1 mm en hembras), en las regiones de Antofagasta a Coquimbo.

5.1.1.3. Zonas de presencia de juveniles

Acuña et al. (2008b) - Langostino colorado y langostino amarillo

- Muestreos en los caladeros habituales de pesca de la regiones de Atacama y Coquimbo, por flota arrastrera de la región de Coquimbo.
- Periodo de estudio 2007 2008, 44 lances positivos de LC y 45 LA. IV con 328 lances de pesca, 96 LC y 196 LA.
- Los ejemplares capturados en la región de Coquimbo mostraron tallas mayores que los capturados en la de Atacama, en ambos casos los machos presentaron tallas mayores que las hembras.
- Entre enero y junio, una fracción importante de individuos tenía tallas menores a las observadas hacia el final del periodo.
- En el periodo de muda ambas especies presentaron exoesqueleto blando en las capturas durante el mes de diciembre 2007, LC 23% en la región de Atacama y 100% en la región

de Coquimbo, para LA sólo en la última con un 71% de la captura, mientras que en Atacama no se realizó actividad extractiva durante el mes de diciembre.

- Hembras ovíferas capturadas en Atacama, mayor para LC en agosto-septiembre y LA en agosto-octubre. En la región de Coquimbo la proporción de hembras ovíferas aumentó paulatinamente a partir de marzo y hasta noviembre, con máximo en mayo - noviembre para LC. En LA con la misma tendencia siendo el máximo entre julio - octubre.
- La talla de primera madurez sexual de las dos especies, en Atacama sólo se determinó para LA y correspondió a 22 mm LC. En Coquimbo, la talla promedio de primera madurez correspondió a 20,3 mm LC en LC y 24,9 mm LC en LA.

Acuña et al. (2009) - Langostino colorado y langostino amarillo

- Muestreo realizado entre la región de Antofagasta y del Biobío, dirigido a los caladeros y las zonas intercaladeros.
- Se llevó a cabo el 89,9% de los lances propuestos, siendo los más exitosos los que se realizaron en los caladeros.
- En la región del Biobíos se registró un 5,9% de los lances positivos para LA con capturas equivalentes al 0,5% de la captura total del área de estudio. En el caso de LC, en esa región se registró la mayor proporción de lances positivos para esta especie (68,2%) con capturas equivalentes al 57,3% del total obtenido en toda el área de estudio.
- El rango de tallas global de LA para sexos combinados correspondió a 12,2 58,8 mm L, encontrándose en la región de Coquimbo los más grandes. Para LC correspondió a 13,2 45,8 mm LC, siendo aquellos de la región de O'Higgins los más grandes.
- Para LA, los machos predominan sin excepción en todas las Regiones y focos de abundancia, siendo mayor en la región de O'Higgins. Las hembras ovíferas, 86,18% presentaba huevos en etapa 3 de desarrollo con un promedio de talla de 32,8 mm LC. En relación con la distribución batimétrica, el mayor porcentaje de hembras ovíferas se obtuvo en los lances efectuados entre 150 y 200 m. seguido del estrato 200-250 m y escasamente encontradas en estratos más someros y muy profundos.
- Para LC, la proporción sexual fue 1:1 en la región de Antofagasta y en las demás regiones con predominio de machos con máximo en la región del Biobío. Las hembras ovíferas se

encontraron con huevos en estados intermedios de desarrollo, ciclo reproductivo en plena evolución con una talla promedio 29,25 mm LC. Bimodalidad en todos los estados de desarrollo con moda en 26 mm LC y 30 mm LC en los estados 4 y 5. La distribución batimétrica de las hembras fue en mayor porcentaje entre 100 y 300 m, particularmente entre 100 - 150 m.

- Se reveló la presencia de 25 focos de abundancia para LA y 27 para LC.
- Centro de gravedad de la densidad poblacional de LA en el año 2007 para la Unidad de Pesquería Norte se localizó en los 30°19'34''S, mientras que en la Unidad de Pesquería Sur fue en los 33°28'15''S. Para LC la densidad poblacional en la macrozona norte indica que se observó un desplazamiento hacia el sur entre 1999 y 2007, encontrándose en los 28°38'S, mientras que en la macrozona sur se mantuvo alrededor de los 36°24'S.

Acuña et al. (2010) - Langostino colorado y langostino amarillo

- Muestreo entre julio y noviembre del año 2009 con 566 lances de pesca, entre los 25°35,7'S y los 36°57,1'S.
- 31 focos de abundancia de LA y 27 focos de abundancia de LC.
- Centro de gravedad de la densidad poblacional de LA para la Unidad de Pesquería Norte se localizó en 29°47'35"S, mientras que en la Unidad de Pesquería Sur el centro de gravedad de la densidad se encontró en 34°05'44"S.
- En LC en la macrozona norte indica que se observó un desplazamiento hacia el sur del centro de gravedad entre 1999 y 2009 (28°35'25''S), mientras que en la macrozona sur se mantuvo en los 36°24'S.
- Fauna acompañante compuesta por 38 taxa, 97% de la CPUE total de la fauna acompañante estuvo compuesta por sólo 6 especies, destacando camarón nailon, merluza común, pejerratas y lenguado de ojos grandes.

Palma y Arana (1997) – Langostino colorado

 15 cruceros entre agosto 1988 y octubre 1989 frente a la costa de Concepción, ente 50-300 m de profundidad.

- Focos de pesca entre los 36° y 37° S, Zona 1: Punta Achira (36°00'S 36°35'S);
- Zona 2: Norte del cañón del río Biobío (36°35'S 36°50'S); y Zona 3: Sur del cañón del río Biobío (36°51'S 37°00'S).
- 147,871 ejemplares con 56,4% machos y 44,6% hembras, entre 7,1 y 52,8 mm LC,
- Reproducción una vez al año con mayores hembras ovíferas entre mayo y octubre, Con talla de L50% de las hembras fue de 25,6 mm LC.
- Desarrollo embrionario entre 90 y 120 días y la eclosión de los huevos se produjo entre junio y octubre.
- El potencial reproductivo fluctuó entre 1,808 y 33,966 huevos en ejemplares comprendidos entre 22 y 43,9 mm LC.

Espinoza-Fuenzalida et al. (2012) – Langostino colorado y langostino amarillo

- En ambas especies, las hembras se aparearon durante el período de intermuda.
- El intervalo desde la liberación larvaria hasta la posterior camada duró menos de 72 horas en la mayoría de los langostinos amarillos, siendo más largo en langostino colorado donde las hembras tardaron entre 72 144 horas antes de producir una nueva camada.

Mujica et al. (2011) - Langostino colorado, langostino amarillo y camarón nailon

- Cruceros efectuados entre Caldera y Coquimbo, en octubre y diciembre de 2005.
- La mayor cantidad de larvas zoeas tempranas de las tres especies se encontraron en octubre en la zona de Coquimbo, estados más avanzados en diciembre.
- En Caldera, en ambos meses de muestreo, predominaron los estados avanzados de desarrollo de camarón nailon y langostino colorado; mientras que las zoeas tempranas de langostino amarillo fueron más abundantes.
- La frecuencia de ocurrencia de larvas de camarón nailon fue mayor en Caldera en octubre, mientras que para los langostinos fue mayor también en octubre en ambas zonas.
- Sobre la base de la distribución y abundancia de las larvas de las tres especies, se postula que el desove ocurre antes en la zona de Caldera que en la de Coquimbo, en zonas próximas a la costa.

Palma (1994) – Langostino colorado

- Cruceros efectuados entre abril y diciembre de 1991 frente a la costa de Concepción, desde el fondo a la superficie con un máximo de 200 m de profundidad.
- Larvas de langostinos con mayor abundancia en noviembre.
- Las mayores densidades de larvas se detectaron en aguas sobre la plataforma continental, principalmente en el área norte del estudio (poco más al norte de Tomé).
- Biomasa del zooplancton máxima en abril y mínima en junio.
- A medida que avanza la metamorfosis de zoeas y postlarvas, se desplazan desde la costa hacia el talud.
- Las zoeas se encuentran preferentemente entre los 0 25 m y las postlarvas se concentran entre los 25 50 m.
- A pesar de los intervalos intercrías más largos, el *copulatory mate guarding* fue sustancialmente más corto en langostino colorado que en el amarillo.

Roa et al. (1995) – Langostino colorado

- Existen dos poblaciones adultas: Achira la más grande (35°10'S a 36°15S) y el Biobío más pequeña (36°35'S a 36°50'S).
- Una gran área de crianza conectada con ambas poblaciones adultas.
- Hábitat dominado por extensas comunidades microbianas sulfuradas que funcionan a muy bajas concentraciones de oxígeno.
- Existen rutas migratorias hacia el norte y sur desde la zona de crianza hasta las poblaciones adultas, migración según la edad.
- La población juvenil estaba compuesta por edad de clase 2 años: 0 años individuos recién asentados y menores de 1 año; por lo tanto, los juveniles parecían pasar su primer año de vida en el área de crianza.
- La hipótesis dice que la población adulta del Biobío no es autosuficiente, si no que depende de un exceso de producción de juveniles de la población de Achira.

Roa y Tapia (1998) – Langostino colorado

- Una gran población de langostino habita en la estrecha plataforma continental de Chile, proveniente desde una sola área de crianza.
- Dos prolongaciones de distribución de adultos se extienden de norte a sur, abarcando aproximadamente 3 grados de latitud, siendo la rama norte más grande que la rama sur.
- Los langostinos de la rama sur son más pequeños en promedio que la rama norte.
- Los langostinos del sur crecen más rápido y tienen tamaños asintóticos más pequeños que los del norte, alcanzando la madurez sexual a edades más tempranas.
- Los langostinos del sur viven menos (5 clases de edad) que las de la rama norte (8 o 9 clases de edad), procesos fisiológicos más rápidos al sur.
- Ramas conectadas por un área de crianza en común y separadas por una distancia relativamente corta.

Thiel et al. (2012) - Langostino amarillo y langostino colorado

- En laboratorio los autores revelaron que la mayoría de las hembras (>70%) produjeron 3 o más camadas de crías durante la temporada reproductiva anual.
- La incubación de las crías o la portación duró alrededor de 40 días, lo que permitiría 3 camadas subsiguientes durante el periodo reproductivo principal (junio septiembre).
- Se detectó un grado de sincronía reproductiva alto entre las hembras reproductivas.
- Se sugiere que la producción de crías sucesivas podría ser una adaptación a las condiciones oceanográficas variables durante el periodo reproductivo, asegurando que al menos una cohorte de larvas se encuentre en condiciones favorables para el desarrollo y la colonización.

Yanicelli et al. (2012) – Langostino colorado

• Distribución espacial *in situ* y modelada de las larvas de langostino colorado sobre la plataforma continental del sur de Chile central (35 - 37° S).

- La población adulta en la temporada muestreada se encontraba básicamente restringida a las dos agregaciones persistentes de adultos cercanas al área descrita previamente como de crianza ubicada en la terraza de la plataforma continental que está limitada por dos cañones submarinos, y la distribución espacial de estadíos de zoea I, se relacionaba espacialmente a las mismas.
- Zoea I se encontró bajo los 50 m. en profundidades caracterizadas por aguas hipóxicas que fluyen hacia el sur donde eclosionan, mientras que las zoeas mayores, a partir del estadio II dominaron las capas hacia el norte por encima de los 50 m. Los estadíos más tardíos presentarían además comportamiento de migración vertical diario, adquirido durante la ontogenia. La co-ocurrencia de todos los estadíos larvales sobre la plataforma del Itata, y una segregación de estadíos de zoea mayores hacia el N del área de muestreo, considerando la estructura adulta del momento, indica que existen procesos oceanográficos que favorecen la retención sobre las áreas persistentes de la especie, así como exportación con y sin retorno principalmente a lo largo de la costa y no costa afuera.
- Megalopas y juveniles durante marzo, solo se encontraron en el plancton en el área de crianza. Ambos estadíos presentaron fuertes migraciones verticales, pero, mientras las megalopas ocupaban aguas profundas durante el día, los juveniles capturados en superficie durante la noche desaparecían de las muestras de plancton durante el día. Las tallas de estos coinciden con las tallas de juveniles capturados desde el fondo con rastra en la misma zona, sugiriendo que el hábito bentónico es adquirido por los juveniles tras un período de activa migración entre los ambientes pelágicos y bentónicos. Los estratos superficiales se caracterizaron por alto oxígeno e hipoxia los profundos.
- La distribución de frecuencia de estadíos larvales evaluados durante el mes de noviembre mostró dos máximos: uno de zoea I, que en base a estimaciones de duración del estadio en laboratorio debería haber ocurrido durante las últimas dos semanas, mientras que el máximo de zoeas IV (con un mínimo de zoeas III) sería el producto de un evento de eclosión previo, ocurrido de dos a tres meses atrás. La presencia de megalopas pero no de juveniles es detectada durante el mes de noviembre, primavera tardía. Estos resultados son consistentes con la ocurrencia durante todo el año de todos los estadíos larvales presentados por Palma y Arana (1997), aunque no con su conclusión acerca de un período

de eclosión larval importante único. Considerando los períodos largos del año en que la portación de huevos tiene un porcentaje de incidencia sobre el 80%, la distribución de frecuencia de estadíos embrionarios a lo largo del año, la duración del estadio embrionario estimado en laboratorio así como la producción de múltiples camadas en los mismos experimentos, los datos recién descritos son congruentes con la ocurrencia de múltiples camadas capaces de producir grupos de larvas viables a lo largo del año, durante el período de invierno-primavera tardía.

- En los experimentos de modelación biofísica, las larvas, transportadas por campos de corrientes de un modelo hidrodinámico y desarrollo temperatura dependiente, fueron liberadas desde el invierno austral tardío hasta la primavera desde sitios al norte y al sur de la zona de crianza históricamente ocupados por la especie. Si bien el mayor porcentaje de larvas que alcanzaron exitosamente el area nursery provenían de los sitios permanentes cercanos a la misma, los focos menos estables al norte, también contribuyen un porcentaje de larvas eclosionadas a la misma área, especialmente cuando la eclosión ocurre al final del período de afloramiento y comienzo de verano. Tratándose de estimaciones de probabilidad de supervivencia de larvas de diferentes orígenes hasta la zona de crianza (nursery), la distribución espacial del esfuerzo reproductivo de la especie, juega un papel fundamental en el aporte de cada fuente a la cohorte reclutada. Según Roa y Tapia (1998), la estructura espacial de las tallas de la especie indica la migración de las cohortes mayores hacia el norte, y por tanto, las larvas con mayor probabilidad de supervivencia estarían siendo generados por cohortes nuevas y hembras de pequeño tamaño, mientras que los individuos de mayor talla al norte, capaces de portar grandes masas ovígeras, estarían siendo extraídos previo al período cuando las larvas alcanzarían su mayor probabilidad de supervivencia considerando factores advectivos y tiempos de desarrollo.
- Se apoya la relevancia de la circulación costera (afectada por la topografía) sobre la persistencia de poblaciones de langostino colorado en el sur de Chile, y la modulación de la variabilidad temporal.
- Se establece que la zona donde se concentraron megalopas y especialmente juveniles coincidía con el área de crianza previamente propuesta ubicada entre el río Itata y la bahía de Concepción.

5.1.1.4. Distribución geográfica y uso de hábitat del langostino colorado *Pleuroncodes monodon*.

Se realizó una búsqueda bibliográfica centrada en la especie langostino colorado *Pleuroncodes monodon* por presentar en aguas chilenas distintos modos de vida, tanto pelágico como bentónicos.

El langostino colorado *P. monodon* es una especie clave dentro de la trama trófica (bentónica y pelágicas) del ecosistema del Pacífico Oriental (Hernáez & Wehrtmann, 2011). De las 3 especies objetivo de este estudio *P. monodon* es el único que varía latitudinalmente en el uso de hábitat del adulto (pelágico y bentónico), esto en función de las variables ambientales (oxígeno/temperatura).

A lo largo de todo su rango de distribución P. monodon puede adoptar 3 usos de hábitat distintos: adultos bentónicos/pelágicos en el hemisferio norte (Hernáez & Wehrtmann 2011; 2013), adultos pelágicos (Gutiérrez et al. 2008; Franco-Meléndez 2012) y adultos completamente bentónicos (Roa & Tapia 1998; Quiroga et al. 2009; Menares and Sepúlveda 2005; Ahumada et al. 2013). En las costas del Pacífico Sur se han reportado por lo menos dos hábitos de vida para P. monodon: en Perú (5 - 18°S) los adultos pelágicos forman densas aglomeraciones, siempre sobre la oxiclina en aguas entre 18°C y 21°C (Gutiérrez et al. 2008; Bertrand et al. 2008), mientras entre las regiones de Antofagasta y el Biobío de Chile (25° y 37°S, respectivamente) los adultos son bentónicos (Bahamonde et al., 1986) asociados frecuentemente a aguas hipóxicas frías (Gallardo et al., 1994) a los ~20°S se encontraría el cambio de uso de hábitat (Gallardo 2017). Se ha detectado que los hábitos pelágicos y bentónicos difieren en parámetros de la historia de vida como: talla máxima, longevidad y talla primera madurez sexual, siendo los adultos pelágicos de menor tamaño y madurarían a tallas más pequeñas que la población bentónica (Palma & Arana 1997; IMARPE 2009; 2015). A pesar de las diferencias, ambos hábitos corresponden a la misma especie y las diferencias de cambio de hábitat e historia de vida, corresponderían a plasticidad fenotípica (Haye et al. 2010).

Al parecer ambos hábitos de vida ocuparían zonas con diferentes niveles de oxígeno y temperatura (Gallardo 2017): mientras los adultos bentónicos son asociados frecuentemente a
aguas hipóxicas frías (Gallardo *et al.* 1994), los langostinos pelágicos habitarían aguas normóxicas (sobre la oxiclina) y cálidas (aguas subtropicales) (Gutiérrez *et al.* 2008). La posición batimétrica de la oxiclina y la temperatura asociada a ésta varían latitudinal (Gallardo 2017) y estacionalmente (Gallardo *et al.* 2017). Sin embargo, se deben considerar a futuro los cambios en las condiciones oceanográficas producto del cambio climático (enfriamiento superficial/extensión de la ZMO) que podrían tener un efecto sobre la distribución del hábito bentónico (explotable).

El estado de desarrollo clave para determinar el uso de hábitat del adulto es el juvenil, se ha determinado que el efecto sinérgico de la temperatura/oxígeno se refleja sobre las tasas metabólicas de los juveniles. En condiciones de hipoxia y temperaturas >15°C los juveniles no pueden realizar metabolismo postprandial (elevación del metabolismo, medido como consumo de oxígeno, producto del proceso de ingestión y asimilación del alimento), esto se traduce en que bajo estas condiciones ambientales no pueden disponer de energía necesaria para otras actividades como nadar o crecer, lo que explicaría porque en estas condiciones de oxígeno y temperatura, los langostinos colorados se encuentran sobre la oxiclina a latitudes bajas (Gallardo 2017).

Se construyó una Base de Datos para la presencia/ausencia de hábitos bentónicos y pelágicos de *P. monodon* en la plataforma continental de América del Sur occidental (Anexo 2), revisando la literatura disponible entre 5°S y 37°S entre los años 1965 y 2014. Se utilizaron 55 artículos e informes publicados e inéditos. La literatura considerada para construir la Base de Datos incluyó: (i) documentos publicados que informan la ocurrencia de *P. monodon* a partir de muestreo bentónico o pelágico, (ii) tesis no publicadas sobre el organismo, (iii) evaluaciones directas e indirectas de pesquerías de poblaciones de *P. monodon* como especie objetivo principal (informes y Bases de Datos de Chile y Perú), (iv) informes de pesquerías para la evaluación de stock de anchoveta (pelágica) y merluza (demersal) (Chile - Perú), donde se consideró la presencia/ausencia de *P. monodon* como captura incidental o se consideraron presencia/ausencia de *P. monodon* en los estómagos de peces, y (v) estudios de exploración en la plataforma peruana destinados a detectar poblaciones de crustáceos bentónicos para su explotación. Además se incluyó la siguiente información: Latitud de muestras analizadas, prospección pelágica/bentónica, equipo de muestreo (o arte de pesca), año de prospección, profundidad, temperatura (superficie,

fondo), concentración de oxígeno (superficie, fondo), y longitud máxima/mínima del caparazón, indicador de abundancia (densidad, abundancia total o captura) (Anexo 2). También se incluyeron observaciones sobre las particularidades observadas por los autores sobre la proporción de sexos, el estado reproductivo, las condiciones ambientales, entre otros. Las pesquerías de *P. monodon*, anchoveta y merluza de Chile son extensas espacialmente, con buenas densidades de muestreo y cobertura temporal, por lo que las muestras de fondo o pelágicas no se consideraron individualmente, pero se generó una sola entrada en la Base de Datos a intervalos de 1º de latitud que resume la información obtenida de cada campaña. Se consideró el rango de prospección latitudinal declarado cuando la latitud para aquellas muestras individuales no estaba disponible.

Recientemente Núñez (2018) realizó el seguimiento temporal del desarrollo gonádico de P. monodon en la zona de la gran bahía de Coquimbo, a través de métodos histológicos y vinculó el estado de desarrollo y el tamaño de los ovocitos en vitelogénesis secundaria con el estado de desarrollo de los huevos portados por las mismas hembras. La talla de los ovocitos aumenta a medida que la hembra evaluada porta huevos con estado embrionario mayor, y esto es válido para organismos recolectados durante todo el período reproductivo. La relación positiva entre desarrollo embrionario y gonadal también fue observada en condiciones controladas de laboratorio, pero no en el tratamiento de hipoxia (Gallardo et al., 2019). En condiciones de hipoxia a 11 y 15°C las hembras disminuyeron el desarrollo de los ovocitos secundarios, siendo más pequeños (tamaño de ovocito secundario) y menos frecuentes que en condiciones de Normoxia. Estos resultados refuerzan la hipótesis que el periodo de portación de huevos en langostino colorado estaría relacionado con la retirada de la ZMO de la plataforma. Otro antecedente que refuerza esta hipótesis es lo reportado por Nuñez (2018) quien constató la extensión del periodo reproductivo (portación de huevos) hasta el verano del año 2016 (enero), lo cual podría estar relacionado con concentraciones de oxígeno mayores que el de enero del año 2015. La oxigenación y temperatura a las cuales estén sometidas las hembras durante la portación/desarrollo gonádico sería un importante modulador para su capacidad de generar camadas sucesivas, las hembras ovígeras además de mantener a la camada que portan (cuidado parental y los costos asociados) son capaces de reasignar energía para la siguiente camada (vitelogénesis), pero esta reasignación se vería disminuida o limitada en condiciones de

hipoxia (Gallardo et al., 2019). La viabilidad larval también es afectada por las condiciones ambientales de la portación, así como la supervivencia de zoeas I en condiciones hipóxicas extremas. En el caso de esta especie, el éxito de una camada estaría condicionado fuertemente por las condiciones experimentadas por la hembra durante el desarrollo gonádico y/o embrionario, ya que la energía de la que dispondrán las larvas resultantes dependerá de las condiciones previas. Una larva que eclosiona desde una hembra mantenida en condiciones de hipoxia constantes durante todo el desarrollo embrionario, carece de reservas energéticas visibles. Se ha observado en condiciones de laboratorio que las larvas no fueron capaces de salir completamente del huevo y si lo hicieron no pudieron nadar, finalmente todas las larvas de los tratamientos de hipoxia murieron a las pocas horas (Nuñez, 2018; Gallardo et al. 2019). Si bien el asentamiento de juveniles parece acotarse al período de transición verano - otoño, los individuos tendrían origen en diferentes camadas, lo que se refleja en la variabilidad de tallas de juveniles asentándose, más allá de la variabilidad individual. Finalmente, los resultados de Acuña et al. (2007) que reportan variabilidad interanual en la presencia/ausencia de reclutamiento al área de pesca en diferentes períodos del año, podrían reflejar el éxito inicial diferencial de las diferentes camadas, a nivel interanual.

En la Tabla 7, se entrega un listado parcial de la literatura revisada en el proceso de búsqueda y revisión bibliográfica, debidamente categorizada mediante una calificación basada en tres conceptos, modificando el Método del Semáforo de Halliday *et al.* (2001) sensu Arancibia et al. (2020), reemplazando el concepto de aporte menor en vez de aporte incompleto para el color rojo.

Tabla 7.Organización de las publicaciones de las especies P. monodon, C. johni y H. reedi consultadas y analizadas en la revisión
bibliográfica, por especie(s) objetivo(s), temática, tópicos y área geográfica, categorización y observaciones.
Nomenclatura: rojo, aporte menor; amarillo, aporte regular y verde, aporte significativo al objetivo general del proyecto.

Especie objetivo	Referencia	Temática	Tópico/ubicación	Categoría	Observaciones
P. monodon & C. johni	(Ahumada et al. 2013)	Biología	Caracterización de agregaciones adultos de langostinos mediante filmación, Coquimbo Chile (2009 - 2010)		Filmaciones realizadas entre 105 - 250 m de profundidad sobre el fondo. El método permite realizar muestreos no destructivos y estimar parámetros de densidad (ind/m ²). Además, se logró detectar presencia de parejas de <i>C. johni</i> .
Comunidad zooplanctónica	(Ayón et al. 2008)	Biología	Revisión de estudios zooplanctónicos de las costas de Perú (3 - 18°S).		Se destaca la presencia de <i>P. monodon</i> pelágico, incluyendo larvas y adultos como uno de los principales macro crustáceos pelágicos del Perú, junto a los eufáusidos. Destaca su rol ecológico y su importancia en la trama trófica a diferentes niveles.
P. monodon & E. ringens	(Ballón et al. 2011)	Distribución	Distribución pelágica de <i>P. monodon</i> en Perú		Registros hidroacústicos de <i>P. monodon</i> y anchoveta sobre la oxiclina.
P. monodon	(Bascur et al. 2018)	Reproducción	Variación temporal de ácidos grasos en hembras ovígeras y embriones de <i>P.</i> <i>monodon.</i> Organismos capturados en Concepción		Hembras y embriones de invierno tienen composición mayor de ácidos grasos y lípidos que los de verano. Se relaciona con la variación estacional de las condiciones oceanográficas.
P. monodon	(Bascur et al. 2017)	Reproducción	Cambios estacionales en la bioquímica de hembras y embriones de <i>P. monodon</i> en Concepción		El contenido proximal es mayor en hepatopáncreas de hembras de invierno que en las de verano. Lo cual es consistente con el "modelo energético reproductivo".
Merluccius gayi	(Cubillos et al. 2003)	Dieta - Pesquería	Describe la composición de presas de <i>M. gayi</i> en el centro sur de Chile $(34^{\circ} - 40^{\circ}S)$, entre los años 1992 - 1998		El 13,02% de la dieta corresponde a <i>P. monodon</i> , siendo la tercera presa más frecuente de la merluza.
Hippoglossina macrops	(Villarroel y Acuña, 1999)	Dieta - Pesquería	Describe la composición de presas de <i>H. macrops</i> en el norte de Chile (23°48'S - 32°18'S), entre 114 - 530 m de profundidad.		La comparación entre las frecuencias de talla de las presas encontradas en los estómagos con aquellas obtenidas mediante capturas con una red de arrastre indica que <i>H. macrops</i> preda principalmente sobre tallas pequeñas, de prerreclutas que aún no se incorporan a la pesquería.

Especie objetivo	Referencia	Temática	Tópico/ubicación	Categoría	Observaciones
P. monodon	(Espinoza et al. 2016)	Historia de vida - Biología	Efecto de la inanición en el estado nutricional de zoea I de <i>P. monodon</i>		Determinar la supervivencia de Zoea I con diferentes tiempos de inanición post- eclosión. La supervivencia es mínima luego de 7 días de inanición post-eclosión.
Comunitario	(Espinoza et al. 2017)	Relaciones tróficas	Estructura trófica en el Sistema de Corriente de Humboldt Norte (Perú)		Usando isótopos estables se comprueba que <i>P. monodon</i> ocupa un nicho ecológico y posición trófica similar que <i>Engraulis</i> <i>ringens</i> , en el pelagos de Perú.
P. monodon & C. johni	(Espinoza-Fuenzalida et al. 2012)	Reproducción	Determinar la existencia de muda pre- reproductiva y periodos inter - crías. Individuos provenientes de Coquimbo.		<i>C. johni</i> y <i>P. monodon</i> no asocian su apareamiento a una muda previa y pueden realizar múltiples portaciones de huevos, demorando entre periodos 72 - 144 h.
P. monodon & C. johni	(Flores et al. 2017)	Reproducción	Estimación de fecundidad usando método de imagen automatizado y el método autodiamétrico para la estimación de la fecundidad en <i>C. johni</i> y <i>P. monodon</i> .		La metodología tuvo un error de 12% y aumento la eficiencia (tiempo) en un 73% para <i>P. monodon.</i>
P. monodon	(Franco-Meléndez 2012)	Reproducción	Análisis del comportamiento reproductivo y variación de la proporción sexual de <i>P. monodon.</i> Datos provenientes desde lances pelágicos en las costas del Perú		En este estudio se analiza la estructura de tallas de la población pelágica de <i>P. monodon</i> en las costas de Perú
P. monodon	(Gallardo et al. 2017)	Historia de vida	Se reconstruye el ciclo de vida de la especie y el efecto de las variables ambientales sobre la estacionalidad reproductiva de la especie en Coquimbo Chile.		Los organismos residentes (<i>P. monodon, C. johni</i> y <i>H. reedi</i>) de la Zona de Mínimo oxigeno (ZMO) sincronizan su periodo de potación de huevos en invierno cuando la ZMO se retira de la plataforma y se elevan las concentraciones de oxígeno.
P. monodon	(Gallardo et al. 2019)	Reproducción	Comportamiento de incubación y rendimiento fisiológico de los langostinos en condiciones mínimas de oxígeno y temperatura		<i>P. monodon</i> es residente de la ZMO entre la zona centro norte y sur, sin embargo, las hembras no pueden desarrollar larvas viables en condiciones de hipoxia permanente, este resultado se agudiza si la temperatura es elevada en condiciones de laboratorio. Estos resultados explican el patrón encontrado en Gallardo et al. (2017) y Palma et al. (1997) donde encuentran que las hembras se registran en condiciones de

Especie objetivo	Referencia	Temática	Tópico/ubicación	Categoría	Observaciones
					invierno cuando la ZMO se retira de la plataforma y el fondo se oxigena por sobre 1 mL/L de oxígeno.
P. monodon	(Gallardo et al. 1994)	Historia de Vida	Reclutamiento de <i>P. monodon</i> en la zona Centro sur de Chile		En Concepcion existen zonas de reclutamiento de <i>P. monodon</i> asociados a la bacteria <i>Thioploca</i> spp y condiciones de bajo oxigeno. El pick de reclutamiento fue a finales de verano
P. monodon & C. johni	(González and Acuña 2004)	Parásitos	Determinar la intensidad y prevalencia de infestación de un isópodo parásito en langostinos provenientes de pesquerías de Caldera y Coquimbo (2000-2001)		Para <i>P. monodon</i> la prevalencia de la infestación fue de un 18% en Coquimbo y de un 0,6% en Caldera.
P. monodon y E. ringers	(Gutiérrez et al. 2008)	Distribución	Estudio de nicho ecológico de <i>P. monodon</i> y <i>Engraulis ringens</i> mediante evaluación hidroacústica en las costas del Perú (1998-2006)		Los resultados indican que ambas especies comparten nicho ecológico (pelágico), se distribuyen sobre la oxiclina, pero <i>P.</i> <i>monodon</i> prefiere aguas más frías que la anchoveta.
P. monodon	(Guzmán et al. 2020)	Reproducción	Cambios estacionales e interanuales en la bioquímica de hembras y embriones de <i>Pleuroncodes monodon</i> en Concepción		Se encuentras variaciones estacionales e interanuales en el contenido proximal y energético de huevos
P. monodon	(Guzmán et al. 2016)	Reproducción	Variación estacional de parámetros reproductivos en <i>P. monodon</i> en Concepción		Se registraron parámetros reproductivos de las hembras (longitud del caparazón, fecundidad, output reproductivo (RO), peso de las cenizas, contenido orgánica) así como los parámetros de los huevos (longitud, volumen, peso seco, contenido orgánico). Los huevos de verano son más pequeños y menos energéticas que los de invierno.
P. monodon	(Haye et al. 2010)	Genética- Distribución	Análisis genético de las poblaciones pelágicas y bentónicas de <i>Pleuroncodes</i> .		Este estudio determina que el langostino pelágico y el bentónico son una única especie, que son una gran meta-población panmíctica. Sugieren las diferencias en tamaño, hábitat (nicho ocupado), tiempos en la historia de vida son producto de plasticidad fenotípica.

Especie objetivo	Referencia	Temática	Tópico/ubicación	Categoría	Observaciones
P. monodon	(Kiko et al. 2015)	Distribución- Biología	Estudio sobre la tolencia de <i>P. monodon</i> a condiciones de hipoxia en las costas de Perú		Experimentos ecofisológicos demuestran que <i>P. monodon</i> pelágico puede soportar condiciones de 0,1 ml/L a 13°C. El artículo soporta levemente una posible migración diaria de la población pelágica al bento, lo cual se contradice con los trabajos de Gutiérrez et al. (2008) y Ballón et al. (2009) quienes mediante observaciones hidroacústicas monitorean la población pelágica (toneladas métricas) y esta queda restringida sobre la oxiclina. Mientras que Kiko et al. se basan en la observación de pocos ind./m ²
P. monodon, C. johni & H. reedi	(Kilada and Acuña 2015)	Historia de Vida Crecimiento	Determinación directa de la edad en crustáceos demersales en base al conteo de bandas de crecimiento en estructuras que no desaparecen con las mudas: "huesillos" (ossicles) mesocardíacos de los langostinos y el pedúnculo antenal en el caso del camarón nylon. Organismos procedentes desde 29° - 36°S		La técnica fue validada. Las hembras de las 3 especies crecen más lentamente que los machos. La estimación edad - talla fue realizada para la población bentónica de Coquimbo y Concepción
P. monodon & C. johni	(Lezcano et al. 2015)	Biología - Reproducción	Variación del tamaño y morfologia de los quelípedos en los langostinos comerciales del centro y centro sur de Chile. Los quelípodos son usados durante el apareamiento.		Los resultados apoyan la hipótesis que la forma y tamaño de los quelípodos han sido y son sujetos de selección.
P. monodon, C. johni & H. reedi	(Mujica et al. 2011)	Historia de Vida	Distribución y abundancia de larvas de <i>P. monodon, C. johni & H. reedi,</i> en Caldera y Coquimbo		Los resultados demuestran que los desoves ocurren primero a bajas latitudes en las 3 especies. Sin embargo hay que tener en cuenta que las muestras planctónicas fueron tomadas en octubre y en diciembre, es decir en el segundo pick de abundancia larval que en estas especies ocurre en invierno según Palma et al. (1997) y Gallardo et al. (2017).
P. monodon & C. johni	(Pardo et al. 1998)	Parásitos	Descripción de un isópodo parásito en <i>P. monodon & C. johni</i>		

Especie objetivo	Referencia	Temática	Tópico/ubicación	Categoría	Observaciones
P. monodon, C. johni & H. reedi	(Queirolo et al. 2011a)	Pesquería	Alternativas para reducir el bycatch en pesquerías de crustáceos demersales en el Centro de Chile		Se usaron diferentes tejidos de malla y diámetros para reducir el bycatch
P. monodon, C. johni & H. reedi	(Queirolo et al. 2011b)	Pesquería	Composición de especies y capturas incidentales de una nueva red de arrastre de crustáceos en el centro-sur Chile (2007-2009).		Se recolectaron 72 taxa además de las 3 especies objetivo, entre ellas <i>Merluccius</i> <i>gayi</i> que fue la principal especie bycatch. Los resultados de este estudio fueron la base para la implementación de nuevos artes de pesca para reducción del bycatch.
P. monodon & L. albus (modelos)	(Roa-Ureta 2016)	Pesquería	Dinámica de poblaciones usando nuevas derivadas para calcular la mortalidad, tomando en consideración una población dinámica, con individuos de crecimiento variable y reclutamiento variable estacionalmente		Para poner a prueba la validez de la propuesta se analiza las poblaciones de <i>P. monodon</i> y de un Erizo.
P. monodon	(Roa and Bahamonde 1993)	Pesquerías	Crecimiento y expansión poblacional de <i>P. monodon</i> desde de 3 años de prohibición de la pesca en Concepción.		El estudio usa parámetros poblacionales. Se observa una expansión hacia el norte de la especie. Sin embargo, no se incluye la variabilidad ambiental, solo atribuyen la expansión a la veda.
P. monodon	(Roa and Tapia 2000)	Pesquerías	Cartografía geoestadística de la estructura de edad, análisis de cohortes del langostino colorado		Es la primera evidencia científica de que a la población del Centro sur de Chile es soportada desde sitios "nursery" donde llegan los reclutas y están separados de la población y que luego migran a integrarse a la población adulta.
P. monodon	(Roa and Tapia 1998)	Pesquerías	Diferencias espaciales en el crecimiento y madurez sexual entre "branches" de adultos, que son soportados por l grupo nursery		Se encontraron diferencias significativas en crecimiento y madurez sexual entre las poblaciones del norte y sur de la bahía de Concepción. Sin embargo, el estudio no considera las diferencias oceanográficas entre ambos sitios que también podrían explicar las diferencias encontradas y que afectan los rasgos fisiológicos de esta especie (Gallardo et al. 2109).
H. reedi	(Roa and Ernst 1996)	Pesquerías	Estructura de edades, crecimiento anual y variación edad - talla en camarón nailon, en el centro-sur de Chile		Los parámetros fueron obtenidos desde 10 años de observaciones directas desde la pesca comercial.

Especie objetivo	Referencia	Temática	Tópico/ubicación	Categoría	Observaciones
P. monodon	(Roa 1993)		Crecimiento anual y maduración en langostino colorado en el Centro de Chile		Entre 1991 - 1992 se reconocen entre 6 a 7 clases de edades.
P. monodon	(Seguel et al. 2019)	Historia de vida	Variación temporal de la composición proximal de larvas cultivas en laboratorio de <i>P. monodon</i> , hembras provenientes de Concepción Chile.		Larvas provenientes de huevos de invierno (más grandes y con mayor contenido lipídico) son más grandes que aquellas desarrolladas desde huevos de verano. Las reservas de las larvas recién eclosionadas de esta especie son diferentes temporalmente, lo que incide en el tiempo de supervivencia.
Fauna Macrobentónica	(Sellanes et al. 2007)	Distribución	Cambio de fauna macrobentónica entre año Niño y normal en la plataforma del centro sur de Chile (1997 - 1998 y 2002 - 2003)		Durante los años Niño se redujo la abundancia y biomasa de especies residentes de la ZMO, afectando también a <i>P. monodon</i>
P. monodon	(Silva 2009)	Pesquería	Estimación del tamaño de muestreo para estimación de tallas válido. Datos provenientes de capturas de langostino colorado de la zona centro-norte de Chile		Para estimar el desempeño de diferentes tamaños muestreales se realizó un re- muestreo computacional, incluyendo número de muestreos y número de individuos analizados. El error disminuye con el aumento del número de muestreos.
P. monodon & C. johni	(Thiel et al. 2012)	Reproducción	Determinación experimental de número de eventos de portación de huevos (camadas) anuales en langostinos, Coquimbo		Se determinó en el laboratorio que la mayoría de las hembras (>70%) de ambas especies produjeron 3 o más camadas durante la temporada reproductiva anual. Se controlaron los tiempos de incubación de 158 hembras de <i>C. johni</i> , que produjeron 318 camadas con éxito en el laboratorio, la mayoría incubadas durante 37 - 40 días, con un rango general de 28 - 52 días. En <i>P. monodon</i> se siguió a 64 hembras, que produjeron 86 camadas con éxito, con desarrollo embrionario entre 31 - 49 días, con un máximo en torno a los 40 días, lo que permitiría 3 de dichos eventos posteriores, durante el periodo reproductivo principal (junio - septiembre). La dinámica de liberación de camadas de

Especie objetivo	Referencia	Temática	Tópico/ubicación	Categoría	Observaciones
					las hembras ovígeras que se recogieron en el campo, a intervalos aproximadamente mensuales, apoyó la estimación de 3 - 4 camadas anuales para las hembras adultas. Estos últimos datos también indicaron un alto grado de sincronía entre las hembras reproductoras. Esto sugiere que la producción de camadas sucesivas podría ser una adaptación a las condiciones oceanográficas variables durante el periodo reproductivo, asegurando que al menos una cohorte larval encuentre condiciones favorables para su desarrollo y asentamiento. Se debe considerar que este estudio se realizó en ambiente controlado de normoxia y 13°C, condiciones que no son permanentes en la plataforma continental de Chile.
P. monodon	(Yannicelli and Castro 2013)	Biología	Restricciones ecofisiológicas en larvas de <i>P. monodon</i> de la población bentónica del centro sur de Chile		Se determina el éxito de la muda desde Zoea I a Zoea II en condiciones de hipoxia y normoxia. La larva zoea I de la especie es altamente tolerante a la hipoxia en comparación con otros crustáceos. Sin embargo, es oxiconformador y en condiciones de hipoxia la mortalidad aumenta en comparación a condiciones de normoxia.
P. monodon	(Yannicelli et al. 2012)	Distribución	Estudio de distribución de larvas de <i>P. monodon</i> en la costa del Centro-Sur de Chile usando evidencia de campo y modelación		Se evaluó la retención local y el transporte de larvas de esta especie comercialmente explotada. Los diferentes estadios larvas realizan migraciones verticales diarias, pero la extensión de estas migraciones aumenta con la ontogenia. Las larvas Zoea I son liberadas principalmente en los meses de invierno cuando las condiciones de alimento y la retención no son las óptimas, existiendo otra variable que modele los tiempos reproductivos de esta especie. Esto

Especie objetivo	Referencia	Temática	Tópico/ubicación	Categoría	Observaciones
					último fue evaluado por Gallardo et al.
					(2017 y 2019).
P. monodon	(Yannicelli et al.	Biología	Respuesta metabólica larvas de P.		Experimentos en ambiente controlados de
	2013)		monodon a condiciones de hipoxia		largo y corto plazo en condiciones de
					hipoxia y 11°C. La capacidad de
					oxirregular se alcanza con el estado de
					megalopa, lo cual coincide con la
					expansión de la migración vertical de este
					estado hasta zonas hipóxicas. La capacidad
					aeróbica de esta especie en condiciones de
					hipoxia aumenta con la ontogenia. Es por
					ello que se sugiere considerar la variación
					de la contracción de oxígeno en los
					procesos de reclutamiento

5.1.2. CONCLUSIONES

- La revisión bibliográfica permitió contar con diversas definiciones del concepto de reclutamiento, hábitats asociados al proceso, zonas o áreas de crianza de organismos marinos con énfasis en los crustáceos demersales, tanto nacionales como internacionales.
- Las principales temáticas encontradas en la bibliografía correspondieron a su: Biología, Reproducción, Dieta, Distribución, Genética, Historia de Vida, Parásitos, Pesquerías y Relaciones tróficas.
- La especie *Pleuroncodes monodon* es la que cuenta con mayor cantidad de antecedentes en la literatura, aunque con sesgo hacia los tópicos de pesquerías y reproducción.
- Un tema relevante registrado corresponde a la relación de las tres especies con la Zona de Mínimo Oxígeno (ZMO).
- Existen sugerencias múltiples de incorporar en los estudios poblacionales y de stock pesquero la variabilidad temporal de las variables oceanográficas en especial del oxígeno y la temperatura de fondo, por su importancia en los aspectos metabólicos de estas especies aeróbicas.
- Existe una abundante fuente de información en 71 proyectos realizados con el financiamiento del Fondo de Investigación Pesquera y Acuicultura (FIPA), en particular en estudios de evaluación directa, en los cuales se encuentran datos que permiten construir series de tiempo de parámetros de historia de vida (reproducción, proporción sexual, estructura de tallas), fauna acompañante (composición, alimentación), estimaciones de biomasa y abundancia (estructurado a la talla, proporción de juveniles, fracción desovante).

5.2. OBJETIVO ESPECIFICO 2

Caracterizar considerando parámetros físicos, químicos y biológicos de las principales zonas de reclutamiento.

Tal como se señaló anteriormente en la metodología, el 25 de julio de 2018 se realizó el primer crucero de muestreo en la región de Coquimbo, durante el cual se desarrollaron todas las actividades relacionadas con este Objetivo Específico.

Los muestreos se realizaron en 5 estaciones (Tabla 1) que conforman una transecta perpendicular a la costa, ubicada frente a la boca de la bahía La Herradura, Coquimbo. Las estaciones se planificaron a partir de la batimetría de la zona en relación al objetivo general del presente proyecto, seleccionándose los veriles de 100, 200, 300, 400 y 500 m (Tabla 1).

5.2.1. Perfiles oceanográficos CTD (Temperatura, Salinidad, Densidad, Oxígeno Disuelto, Fluorescencia)

Para describir las condiciones hidrográficas de otoño e invierno y la estructura de la columna de agua, se utilizan las mediciones realizadas a lo largo de la transecta frente a la bahía La Herradura obtenidas de perfiles continuos superficie - fondo utilizando un perfilador multiparamétrico SEABIRD, modelo 19 plus V2, considerando un muestreo de carácter estacional. Los resultados se presentan en esta oportunidad ordenados por estación en vez de año para visualizar evolución en esa dimensión.

Otoño 2019

Durante otoño, la estructura vertical de la columna de agua se caracterizó por presentar una estratificación muy débil, la temperatura máxima en superficie fue de 13°C y disminuyó paulatinamente en profundidad a una tasa de ~1°C/100 m (Fig. 21a). Cerca de la costa, la columna de agua tiende a ser homogénea, la temperatura sólo cambia 0,5°C de superficie a fondo, mientras que, en la región del talud continental la variación entre superficie y fondo es de 2°C. La salinidad se caracterizó por presentar valores entre 34,3 y 34,7 psu, con un mínimo salino

ubicado en los primeros 30 m. mientras que, el máximo salino se encuentra en la zona intermedia de la columna de agua (Fig. 22b). La distribución de oxígeno disuelto (Fig. 22c) muestra una marcada oxiclina a 30 m de profundidad, con valores superficiales que alcanzaron los 4 ml/l, mientras que, a profundidades mayores a 30 m la columna de agua se caracterizó por presentar valores menores a 1 ml/l, principalmente entre las estaciones E-1 y E-4. Para el caso de la fluorescencia (Fig. 22d), sólo se presentaron valores altos en superficie (~5 mg/m³) entre las estaciones E-1 y E-2. A partir de la información de temperatura y salinidad de la columna de agua, se construyó un diagrama TS el cual permite identificar la presencia de masas de aguas en la zona de estudio (Figura 22f). Los resultados indican que para el periodo de otoño las masas de aguas presentes fueron principalmente Agua Superficial Subantártica (ASSA) y Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS).

Invierno 2018

La distribución espacial de la temperatura en profundidad es muy similar a lo observado durante otoño, con temperaturas máximas en superficie en superficie (13°C) y disminuyendo a medida que aumenta la profundidad a una tasa de ~1°C/100 m (Fig. 23a). Cerca de la costa (3 km) la columna de agua tiende a ser homogénea, la temperatura sólo cambia 1°C de superficie a fondo, mientras que, en la región del talud continental la variación entre superficie y fondo es de 3 a 5°C. La salinidad se caracterizó por presentar valores entre 34,3 y 34,7 psu, con un mínimo salino ubicado en los primeros 80 m, mientras que, el máximo salino se encuentra en la columna de agua intermedia (Fig. 23b). La distribución de oxígeno disuelto (Fig. 23c) muestra una capa superficial de 50 m de profundidad bien ventilada posiblemente producto de la mezcla inducida por el viento y el intercambio con la atmósfera, con valores de oxígeno que alcanzan ~6 ml/l. La capa con concentraciones de oxígeno menores a 1 ml/l se presenta a partir de los 100 m de profundidad, extendiéndose hasta el fondo.

Para el caso de la fluorescencia (Fig. 23d), sólo se presentaron valores superficiales altos entre las estaciones E-1 y E-2. Con respecto a la distribución horizontal de las variables, en general, estas no muestran un gradiente horizontal entre E-1 y E-5, posiblemente debido a la ausencia de viento favorable a la surgencia durante los días anteriores al crucero oceanográfico. A partir del diagrama TS (Fig. 23f) se pudo establecer que para el periodo de invierno las masas de aguas





Fig. 22. Variables hidrográficas de a) temperatura, b) salinidad, c) oxígeno disuelto, d) fluorescencia y e) sigma-t obtenidas en una transecta frente a la bahía La Herradura el 23 de mayo de 2019. El panel f) muestra el diagrama TS.



Fig. 23. Variables hidrográficas de a) temperatura, b) salinidad, c) oxígeno disuelto, d) fluorescencia y e) sigma-t obtenidas en una transecta frente a la bahía La Herradura el 25 de julio de 2018. El panel f) muestra el diagrama TS.



Fig. 24. Secciones de temperatura, salinidad, sigma-t y fluorescencia obtenidos del muestreo nocturno (N) correspondiente al crucero de diciembre del 2018.

Región del Biobío

Secciones verticales de variables hidrográficas

La sección vertical con datos hidrográficos obtenidos durante la noche en diciembre de 2018 muestra temperaturas más cálidas (12 a 15°C) en la capa superficial (0 – 40 m) a lo largo de toda la transecta y valores menores (< 11°C) a profundidades mayores a 50 m (Fig. 24). En superficie, dos zonas con mayor temperatura pueden ser identificadas: en la zona intermedia de la sección (30-40 km) y en la zona más externa (80 km). A lo largo de la transecta, existe una leve inclinación de la isoterma de 12°C hacia aguas más someras desde la zona más oceánica a la zona más costera.

Los valores de salinidad (y densidad) fueron menores en el estrato más superficial y mayores en profundidades mayores a 60 m (S> 34,6; Sigma-t > 26,3) (Fig. 24). En la zona costera se apreció valores menores de salinidad y densidad en superficie evidenciando el aporte de aguas provenientes de los ríos cercanos. En el sector más oceánico, sin embargo, también se observó valores bajos de salinidad y densidad en superficie. Coincidente con los cambios de temperatura desde la zona oceánica hacia la costa, también se presentó una inclinación de las isohalinas (e.g. 34,4) e isopicnas (e.g. 26,1) hacia aguas más someras en la zona costera insinuando la presencia de un evento de surgencia.

La sección vertical de fluorescencia muestra también valores altos en el estrato más somero (<50 m profundidad) con dos núcleos, uno en la costa y otro entre 40 y 50 km de ella (Fig. 24). Mientras la ubicación del núcleo más oceánico habría ocurrido entre las dos zonas de mayor temperatura y salinidad y densidad menores, la ubicación del núcleo costero de alta fluorescencia habría coincidido con la zona de menor salinidad en la costa.

Distribución vertical de clorofila a y feopigmentos (botellas Niskin)

La distribución de clorofila a en las estaciones 2 y 3 durante diciembre 2018, presentó valores que fluctuaron entre 0,1 a 5,2 μ g/L. Se observó que las concentraciones más altas (> 2,1 μ g/L) se

localizaron en los primeros 15 a 25 m de la columna de agua, mientras que bajo esa profundidad los valores fueron menores a 0,7 μ g/L (Fig. 25). Comparativamente entre estaciones, en la estación 2 (centro de la transecta), los valores de clorofila habrían sido menores a los de la estación 3, ubicada en la zona del máximo de fluorescencia señalado en la sección anterior, estación donde las concentraciones mayores se extendieron hasta mayor profundidad que en la estación 2.

La distribución de feopigmentos osciló entre 0,2 a 5,7 μ g/L, siendo las concentraciones mayores en el estrato superficial (0 – 25 m). La estación 3 presentó concentraciones de feopigmentos mayores en superficie y también bajo los 25 m de profundidad, en comparación con la estación 2. En el estrato más profundos (50 - 110 m) la proporción de feopigmentos aumentó considerablemente (0,5 a 1,3 μ g/L) en comparación a los valores de clorofila (0,1 a 0,7 μ g/L) en ambas estaciones (Fig. 25).



Fig. 25. Perfiles verticales de concentración de clorofila a (panel izquierdo) y feopigmentos (panel derecho) obtenidos en las estaciones 2 y 3, durante diciembre del 2018.

Distribución vertical de oxígeno disuelto (botellas Niskin)

En el crucero de diciembre de 2018, los valores de oxígeno disuelto fueron muy bajos en toda la columna de agua, no superando 1 ml O_2/L en la capa superficial (primeros 25 m), evidenciando el proceso de surgencia costera señalado en la sección de hidrografía. Desde 50 m de profundidad hacia las profundidades mayores se observaron valores menores a 0,2 ml O_2/L (Fig. 25).

En el crucero de abril de 2019, en cambio, se registraron valores de oxígeno disuelto altos (3,5 ml O_2/L) en los primeros 15 m de profundidad. Bajo 50 m de profundidad, la concentración de oxígeno disminuyó (< 1 ml/L) observándose valores cercanos a 0,2 ml O_2/L a una profundidad cercana a 100 m (Fig. 26).



Fig. 26. Perfiles verticales de la concentración de oxígeno disuelto (ml/L) obtenidos de la estación 2, durante los cruceros de diciembre del 2018 (a) y abril del 2019 (b).

5.2.2. Climatología

En la costa de la zona centro-norte de Chile comprendida entre los 29°S y 30,5° se encuentra el Sistema de Bahías de Coquimbo (SBC) que se caracteriza por presentar particularidades geomorfológicas de pequeña a mediana escala (desde cientos de metros a decenas de kilómetros)

que producen heterogeneidad espacial e influencian las condiciones oceanográficas del área (Thiel et al., 2007).

La línea de costa de la zona está compuesta por bahías medianas y ensenadas pequeñas, ambas estructuras limitadas por penínsulas y puntas. Así mismo, en algunos lugares cercanos a la costa la topografía es más compleja y se presentan bajos, islotes e islas menores. Uno de los rasgos más prominentes o destacados cerca del área de interés, es Punta Lengua de Vaca (30°20'S). Al sur de este rasgo topográfico es reconocido como uno de los principales focos de surgencia costera más activos de la zona centro - norte (Fonseca & Farías, 1987; Acuña *et al.*, 1989; Figueroa & Moffat, 2000). Estas características hacen que la región se considere como un sistema con una dinámica altamente compleja.

5.2.2.1. Ciclo anual

A continuación, se presentan los resultados del ciclo anual del viento, velocidad geostrófica, TSM y clorofila satelital en la región comprendida entre los 29°S y 30,5°S. En general, la región de interés se caracteriza por presentar vientos favorables a la surgencia (hacia el norte) durante todo el año (Fig. 27), con magnitudes mayores durante los meses de septiembre a diciembre, mientras que, entre mayo y julio las magnitudes son menores. Esta característica se debe a que durante esta época del año el paso de presiones bajas con vientos hacia el sur (Rhan y Garreaud, 2013) producen una disminución del viento promedio. Desde el océano hacia la costa se observa un decaimiento del viento el que fue reportado por Bravo *et al.* (2016) a partir de una simulación numérica atmosférica, y que produce un rotor del viento ciclónico (giro con las manecillas del reloj).

El ciclo anual de la altura del nivel del mar y de la velocidad de la corriente geostrófica obtenida desde altimetría satelital muestra una alta variabilidad durante el año (Fig. 28). Próximo a la costa del Sistema de Bahías de Coquimbo (SBC) las velocidades geostróficas durante los meses de enero a abril tienden hacia el norte, mientras que desde mayo hacia adelante la dirección de la corriente geostrófica muestra un patrón de circulación hacia la costa, el que podría generar una

circulación ciclónica en el SBC. Sin embargo, debido a la falta de información en la costa, esta circulación ciclónica sólo es una hipótesis que aún está pendiente por comprobar, lo que escapa a los objetivos del presente proyecto.



Fig. 27. Ciclo anual del viento obtenido a partir de la salida de un modelo atmosférico acoplado (CFSv2). La magnitud está representada en colores y la dirección en flechas negras. Para la confección del ciclo anual se tomó el periodo entre enero 2003 hasta noviembre 2018.

En general, cerca de la costa las magnitudes de la corriente geostrófica máximas (6 cm/s) se presentan durante febrero - marzo y junio - julio, que coinciden con una altura del nivel del mar de 47 cm, rango intermedio que presentó la altimetría durante los doce meses (Fig. 29). Con respecto a la altura del nivel del mar, se observa un gradiente zonal donde la altura aumenta a medida que aumenta la distancia desde la costa, con valores mínimos entre septiembre y noviembre, periodos que se caracterizan por presentar viento favorable a la surgencia costera, y



un rotor del viento ciclónico con valores máximos (Aguirre *et al.*, 2012; Rahn y Garreaud, 2013; Bravo *et al.*, 2016) que podrían provocar este gradiente zonal del nivel del mar.

Fig. 28. Ciclo anual de la velocidad geostrófica y altura del nivel del mar obtenido a partir de información de altimetría satelital. Las flechas negras representan la magnitud y dirección de la corriente geostrófica, y en colores la altura del nivel del mar. Para la confección del ciclo anual se tomó el periodo entre enero de 2003 hasta noviembre de 2018.

La distribución espacial y temporal de la temperatura superficial del mar (TSM) satelital en la zona centro - norte de Chile muestra un importante gradiente zonal (Fig. 30), con temperaturas mínimas en la zona costera aumentando a medida que aumenta la distancia desde la costa. Valores máximos (17 - 17,5°C) se presentan durante la época de verano (enero a marzo), mientras que las temperaturas mínimas (13 – 13,5 °C) se observaron en invierno (julio a septiembre). A partir de agosto hasta noviembre se observa una lengua de agua de menor temperatura en el sector sur y centro del SBC, lengua fría que podría ser advección de agua

proveniente desde Punta Lengua de Vaca asociada a la surgencia costera que se produce al sur, y/o un efecto del bombeo de Ekman producto del rotor del viento ciclónico y/o por un efecto de la circulación secundaria (Bravo *et al.* 2016).



Fig. 29. Ciclo anual de la temperatura superficial del mar obtenido del producto MUR - JPL, Para la confección del ciclo anual se tomó el periodo entre enero de 2003 hasta noviembre de 2018.

Las condiciones de ciclo anual del viento y del rotor del viento en el SBC producen en la región un régimen de surgencia costera dominante durante todo el año con máximos en primavera. El aporte de aguas frías, ricas en nutrientes y pobres en oxígeno proveniente de la sub - superficie por la acción del transporte de surgencia, sumado a la variabilidad anual de la incidencia de la radiación solar en la región, permite mantener en el SBC una productividad primaria con una estacionalidad marcada. La figura 27 muestra el ciclo anual de la clorofila - a obtenida desde medición satelital (MODIS), destacando una variabilidad zonal con valores máximos al interior del SBC. Los valores máximos de clorofila se presentan en septiembre y octubre, abarcando todo el SBC, y extendiéndose hacia el norte de Punta Choros (29° 10'S), mientras que, zonalmente se observan valores altos hasta ~100 km de la costa. Por otro lado, valores mínimos de clorofila se presentan durante mayo, junio y julio, que están muy acotados al borde costero.



Fig. 30. Ciclo anual de clorofila-a obtenido desde MODIS. Para la confección del ciclo anual se tomó el periodo entre enero 2003 hasta noviembre 2018.

En la Región del Biobío, Sobarzo *et al.* (2007) estudio las medias anuales de la velocidad del viento, el cual aumenta de sur a norte y cambia su dirección desde suroeste al sur de Punta Lavapié (37°10'S) a sur - suroeste al norte de este punto y fluye paralelo a la costa (Fig. 31a -c), favoreciendo la surgencia costera. El viento meridional fue desde el sur y excedió los 3 ms-¹ al norte de Punta Lavapié. Los valores bajos en el viento meridional anual al sur de Punta Lavapié se deben a vientos del norte, disminuyendo y aumentando la desviación estándar. El viento zonal fue ligeramente más fuerte en el sector sur (>2ms-¹) que en el norte (<2ms-¹). El régimen de vientos se explica por el Anticiclón del Pacífico Sur, centrado entre los 28 - 31°S.



Fig. 31. Medias anuales (paneles de la izquierda) y sus respectivas desviaciones estándar (paneles de la derecha) de: (a) vientos en la superficie del mar (QuikSCAT), en ms⁻¹, la velocidad y la dirección del viento se muestran con flechas negras, una flecha de referencia en la esquina inferior derecha de la imagen, la magnitud está codificada por colores; (b) la velocidad del viento zonal está contorneada y codificada por colores; (c) la velocidad del viento meridional está contorneada y codificada por colores; (d) TSM (Pathfinder V5), en °C, codificado por colores y contorneado; (e) Flujo de calor neto de superficie (NOC1,1, enm-2), codificado por colores y contorneado (Sobarzo *et al.* 2007). En el ciclo anual, los vientos sur fueron más intensos desde septiembre a abril, los que fluyen paralelos a la costa (Fig. 32a). Durante el invierno, de mayo a agosto, el componente meridional del viento se debilita y la dirección de los vientos costeros se invierne en junio, al sur de Punta Lavapié.

La temperatura superficial del mar fluctúa mensualmente en torno a los 12°C, desde julio a septiembre. El mes de junio se puede considerar como de transición de cálido a frío y octubre de frío a cálido. De noviembre a mayo, el agua superficial es relativamente más fría en la zona costera. Sin embargo, esta característica no está asociada a eventos de surgencia.

El flujo de calor neto es dominado por la radiación solar con un máximo en enero (casi 200 m⁻²). El océano pierde calor desde mayo a julio, lo que puede generar posibles inversiones térmicas. Abril y agosto parecen ser meses de transición, desde flujos de calor positivos a negativos y viceversa.

Las precipitaciones se presentaron con mayor intensidad de mayo a agosto, con una tasa máxima en junio (>0,4 mm h⁻¹), lo que equivale a un promedio mensual cercano a 240 mm de lluvia por mes. El periodo noviembre - marzo fue, en promedio, seco cuando la evaporación excede la precipitación.

La estructura vertical superficial de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, y densidad, junto con el ciclo estacional del viento, tasa de precipitación y la descarga de agua dulce de los ríos Itata y Biobío (Fig. 33). La isoterma de 11°C sube a una profundidad cercana a 20 m a fines de septiembre, y posteriormente la capa superficial (primeros 15 m) se calienta en promedio a más de 13°C, debido al incremento en el flujo de calor neto de octubre a marzo, La temperatura de la columna de agua responde principalmente al viento y la radiación solar, mientras que la salinidad responde al viento, precipitación y descarga de ríos, La isohalina de 34,5 ups sigue aproximadamente el patrón de aumento de la isoterma de 11°C (surgencia costera). La salinidad superficial responde al patrón estacional desde mayo cuando comienza la estación lluviosa y descarga de ríos aumentada, y termina a fines de agosto.



Fig. 32. Campos medios mensuales para algunos meses del año de: (a) vientos en la superficie del mar (QuikSCAT), las unidades están en ms-1, las velocidades del viento se muestran con flechas negras, una flecha de referencia está en la esquina inferior derecha de la imagen; (b) Las unidades SST (Pathfinder V5) están en °C, codificadas por color y contorneadas; (c) flujo de calor neto de superficie (NOC1,1), en m², codificado por colores y contorneado; y (d) tasa de lluvia (TRMM), en mm h 1, codificados por colores y contorneados (Sobarzo et al. 2007).



Fig. 33. Evolución temporal (paneles a la izquierda) y ciclos anuales medios (paneles a la derecha) de: (a, g) vientos costeros (m s 1); (b, h) escurrimiento del río desde el Biobío (línea azul continua, m³ s 1) y los ríos Itata (línea roja continua, m³ s 1) y la tasa de lluvia (TRMM. mm h 1, mm mes 1, fuera de Dichato); (c, i) temperatura de la columna de agua (C); (d, j) salinidad de la columna de agua; (e, k) columna de agua, oxígeno disuelto (ml 1 1); y (f, k) sigma t (kg m 3). En la parte superior de los paneles de la izquierda se muestran las fechas de muestreo.

El oxígeno disuelto responde no sólo al proceso biológico, sino también al viento a través del intercambio de gases con la atmósfera en la superficie y surgencia y convergencia bajo la capa de mezcla. El oxígeno disuelto estuvo cerca de la saturación en superficie, mientras que aguas con contenido de oxígeno menor a 2 ml L⁻¹ estuvieron presentes en las aguas más profundas durante casi todo el año.

5.2.2.2. Variabilidad interanual

Con el fin de caracterizar la variabilidad interanual del viento, TSM y clorofila satelital, frente a la bahía La Herradura se tomó una cuadrícula de 10x10 km centrada en 29,93°S y 71,39°W (sector donde se realizó la transecta hidrográfica de invierno), mientras que, para el caso de la corriente geostrófica se tomó la información más cercana al punto de interés (~25 km de la costa). Los resultados muestran una marcada estacionalidad en las componentes del viento (Fig. 34a) y temperatura superficial del mar (Fig. 34b), con máximos valores en primavera (octubre - noviembre) y en verano (enero - febrero), respectivamente, mientras que, los valores mínimos del viento y de la TSM se presentan en junio - julio. La corriente geostrófica (Fig. 34c) y la clorofila satelital (28d) presentaron alta variabilidad en el tiempo con oscilaciones intra - estacionales (90 - 180 días). La corriente geostrófica se caracterizó por mostrar una dirección predominante hacia el NE y SW, alcanzando velocidades de 15 cm/s. Para el caso de la clorofila satelital, valores altos se presentaron durante los meses de primavera alcanzando 40 mg/m³, y concentraciones mínimas en invierno.

La información obtenida de las variables antes mencionadas se trabajó como promedios mensuales a los cuales se les restó el ciclo anual quedando como anomalías. De acuerdo con las anomalías del índice El Niño Oceánico de la región ecuatorial 3 - 4 (Fig. 35a), entre el 2003 y 2018 se han presentado cinco anomalías positivas importantes de la temperatura, que han superado los 0,5 °C con duración de más de 3 meses (condiciones Niño), destacando el 2016 – 2017. Además, se han presentado seis anomalías negativas destacando el 2008 - 2009 y 2010 – 2012. Es importante mencionar que la transecta hidrográfica realizada en invierno de 2018 ocurrió durante un periodo de anomalía negativa de la temperatura (La Niña).



Fig. 34. Variabilidad interanual de la a) componente E - (línea negra) y N - S (línea roja) del viento, b) de la componente E - (línea negra) y N - S (línea roja) de la corriente geostrófica satelital, c) de la temperatura superficial del mar satelital y d) de la clorofila satelital (MODIS). La información de las variables corresponde a una cuadrícula (10x10 km) obtenida frente a bahía La Herradura.

Para el caso local frente a la bahía de La Herradura, las anomalías del viento, de la corriente geostrófica, de la TSM y de la clorofila (Fig. 35) presentan variabilidad alta en el tiempo, predominando las variaciones intraestacional e interanual. En general, durante periodos de anomalías positivas de la clorofila (Fig. 35e) como por ejemplo 2008 y 2010 se presentan durante eventos de anomalías de TSM negativas (Fig. 35d) asociadas a periodos de la Niña. Sin embargo, la anomalía positiva máxima de la clorofila que se observa a finales del 2013, periodo que se puede considerar más bien como neutro más que una Niña muy débil (Fig. 35a). Al considerar sólo el 2018, se puede mencionar que las anomalías de TSM fueron negativas, asociadas al periodo de La Niña, con anomalías del viento positivas pero débiles, y con anomalías de clorofila-a negativas.

5.2.2.3. Análisis interanual de los vientos

Con el fin de determinar las frecuencias predominantes del viento de la zona de estudio, se utilizó la serie de tiempo de viento de la estación meteorológica ubicada en El Panul, Coquimbo. La información de viento obtenida parte en enero de 2007 hasta junio de 2019, presenta algunos vacíos a través del tiempo que debido a la longitud no se pueden rellenar con herramientas de análisis de series de tiempo. Sin embargo, se trabajó en el dominio de la frecuencia y el tiempo conavelet para las componentes N - S y E - W del viento (datos horarios). Es importante mencionar que sólo se presentan frecuencias que van entre 15 a 365 días (Fig. 36), debido a que frecuencias más altas como la diurna o escala sinóptica (3 a 10 días) son importantes en la región y han sido descritas por Garreaud *et al.* (2011), Rahn and Garreaud (2013) y Rahn *et al.* (2011).



Fig. 35. Variabilidad interanual de las anomalías de a) temperatura superficial del mar de la región Niño 3 - 4, b) de la componente E - (línea negra) y N - S (línea roja) del viento, c) de la componente E - (línea negra) y N - S (línea roja) de la corriente geostrófica satelital, d) de la temperatura superficial del mar satelital y e) de la clorofila satelital (MODIS). La información de las variables corresponde a una cuadrícula (10x10 km) obtenida frente a bahía La Herradura.

La serie de tiempo de viento promediado cada 15 días (Fig. 36a) muestra variabilidad alta en el tiempo con una marcada señal anual, principalmente en la componente zonal del viento (E-W). Esta señal anual se destaca también en la figura 36b) y d) del análisis deavelet, en el cual la energía anual (periodo de 365) de la componente E - W es mayor que la componente N - S (Fig. 36 c) y e). Sin embargo, para esta última componente existen otras bandas de frecuencias importantes, como son la de 180 días y de 30 a 90 días, destacando periodos de tiempo del 2015 al 2018.



Fig. 36. a) Serie de tiempo de las componentes del viento E-W (línea negra) y N-S (línea roja) obtenida desde estación meteorológica ubicada en Panul, Coquimbo (se usó datos promediados cada 15 días). Análisis deavelet para las componentes de viento horario b) E-W y d) N-S, y espectro global deavelet de las componentes c) E-W y e) N-S (se usó datos horarios).

5.2.2.4. Muestreo oceanográfico de otoño e invierno

A partir de una estación meteorológica instalada por CEAZA en el sector de Panul, Coquimbo (29,999°S, 71,399°O), se obtuvieron registros de la magnitud y dirección del viento, temperatura del aire y radiación solar. Además, de forma complementaria se utilizó datos de viento satelital obtenidos desde un escaterómetro ASCAT, información que está disponible gratuitamente en laeb desde <u>http://cersat.ifremer.fr/</u>.

5.2.2.4.1. Vientos

En días anteriores y durante el 25 de julio de 2018, las componentes del viento E - W y N - S (Fig. 37a) mostraron magnitudes menores a 6 m/s, destacando un ciclo diurno marcado en ambas componentes con un máximo durante la tarde (18:00 hrs.). Del mismo modo, la temperatura del aire y la radiación solar mostraron una marcada variabilidad diurna con valores máximos de 18°C y 600 att/m², respectivamente (Fig. 37b y 37c). Sin embargo, durante el 24 y 25 de julio de julio, la variabilidad diurna de la temperatura del aire no fue tan marcada como en días anteriores. Para la campaña de otoño que se realizó el 23 de mayo de 2019, el viento se caracterizó por ser altamente variable con una predominancia hacia el SW (viento favorable al hundimiento) y magnitudes que alcanzaron 7 m/s (durante la tarde). La temperatura del aire y la radiación solar mostró un comportamiento similar al observado en julio de 2018, es decir, una marcada señal diurna con máximos valores al medio día que alcanzaron los 16°C y 550 att/m².

A continuación, se realiza una caracterización de la actividad de meso-escala en la región centronorte de Chile, centrada en la zona de la bahía La Herradura. Para ello, se utilizaron productos satelitales de velocidad del viento, temperatura superficial de mar para el día 25 de julio, y clorofila satelital (compuesto de 8 días) (Fig. 38). La variabilidad espacial del viento muestra valores entre 6 y 8 m/s, con una dirección predominante hacia el NNW, con valores máximos que se presentan en la zona centro sur del SBC (Fig. 38a).



Fig. 37. Serie de tiempo meteorológica obtenida desde una estación ubicada en el sector El Panul por CEAZA. El panel a) muestra las componentes E-W (línea negra) y N-S (línea roja), b) temperatura del aire y c) radiación solar obtenido entre el 20 y el 30 de julio de 2018.



Fig. 38. Serie de tiempo meteorológica obtenida desde una estación ubicada en el sector El Panul por CEAZA. El panel a) muestra las componentes E-W (línea negra) y N-S (línea roja), b) temperatura del aire y c) radiación solar obtenido entre el 16 y el 29 de mayo de 2019.

5.2.2.4.2. Temperatura superficial del mar

Datos de Temperatura superficial del Mar (TSM) obtenidos a partir de la combinación de diferentes sensores de satélites son usados para estudiar la variabilidad espacial de las características térmicas superficiales del mar en las zonas de interés. La información a utilizar corresponde a un producto de alta resolución de multi-escala (siendo MUR su sigla en inglés) que
cuenta con una resolución temporal diaria y espacial de 1 km, información disponible desde PODAAC <u>https://mur.jpl.nasa.gov/</u>.

La temperatura superficial del mar (Fig. 39b) del 25 julio de 2018 se caracterizó por mostrar variabilidad alta en la región, con un gradiente zonal que indica un aumento de la temperatura a medida que aumenta la distancia desde la costa. Temperaturas mínimas (12°C) se observaron al sur de Punta Lengua de Vaca (30°20'S), mientras que, frente a la bahía de Coquimbo y La Herradura las temperaturas variaron entre 13 y 13,5°C. Durante la campaña realizada el 23 de mayo de 2019, la TSM presentó un marcado frente térmico ubicado en la zona oceánica con temperaturas entre 13,5 y 16,5°C, mientras que, en la zona costera las temperaturas variaron entre 13 y 13,5°C.

5.2.2.4.3. Clorofila a

Desde imágenes del espectro radiómetro de resolución moderada (MODIS), se utilizó el producto de concentración de "clorofila a" disponible en https://coastwatch.pfeg.noaa.gov/. Los datos utilizados tienen una resolución espacial de 4 km y resolución temporal cada un día (compuestos), que permite identificar patrones asociados a zonas de productividad primaría alta y baja. Sin embargo, debido a la cobertura de nubes alta en la región se utilizó el compuesto de 8 días.

La clorofila satelital (Fig. 39c y 40c) como proxy de la productividad primaria obtenida el 25 de julio de 2018 y el 23 de mayo de 2019, mostró valores bajos (< 1 mg/m³) en gran parte de la región, exceptuando en la zona de las bahías de Coquimbo y La Herradura, con los valores de clorofila del orden de 10 mg/m³.



Fig. 39. Información satelital de a) Viento, b) Temperatura Superficial del Mar para el día 25 de julio de 2018 obtenido desde ASCAT y de MUR, respectivamente. El panel c) muestra una imagen de clorofila de un compuesto de 8 días obtenido desde MODIS Aqua.



Fig. 40. Información satelital de a) Viento, b) Temperatura Superficial del Mar para el día 23 de mayo de 2019 obtenido desde ASCAT y de MUR, respectivamente. El panel c) muestra una imagen de clorofila de un compuesto de 8 días obtenido desde MODIS Aqua.

En la región del Biobío, el análisis de las imágenes semanales de TSM de la zona completa, muestra que los valores de temperatura de diciembre de 2018 y abril de 2019 (especialmente evidente en la zona oceánica) fueron más altos que en agosto de 2019. Entre el 27 y 31 de diciembre de 2018 y entre el 23 y 30 de abril del 2019, en la zona costera se presentaron temperaturas con valores entre 12 y 14°C al norte de 36°S (> 15°C en la zona oceánica) y valores de 11° - 13°C al sur de esta latitud. En cambio, durante el 21 al 28 de agosto de 2019, en el sector costero entre 36° a 37°S, se presentaron aguas más frías con temperaturas desde 9 a 12°C. Al norte de 36°S, los valores registrados oscilaron entre 11° y 13°C (Fig. 41).



Fig. 41. Imágenes satelitales semanales de Temperatura Superficial del Mar (°C) durante el periodo de muestreo de diciembre 2018 y abril 2019.

En la Figura 42, se presentan los valores semanales de clorofila- a superficial, En diciembre de 2018 se presentaron los valores mayores de clorofila de las tres fechas, seguido por abril de 2019. Entre los 36° y 37°S, altas concentraciones (> 3,5 mg Cl a m⁻³) ocurrieron cerca de la costa y valores más bajos (< 1,0 mg m⁻³) hacia la zona oceánica. En cambio, durante agosto (21 - 28) de 2019, se observó baja concentración de clorofila a (< 1,0 mg m⁻³) en la banda costera y alta concentración en la zona oceánica, valores que se extendieron más allá del quiebre de la plataforma continental, lo cual probablemente es consecuencia de gran actividad de mesoescala.



Fig. 42. Imágenes satelitales semanales de la concentración de Clorofila a (mg m⁻³) durante el periodo de muestreo de diciembre 2018 y abril 2019.

Distribución vertical de la concentración de clorofila a y feopigmentos (botella Niskin)

En diciembre 2018 la clorofila-a en las estaciones 2 y 3 presentó concentraciones que fluctuaron entre 0,1 a 5,2 μ g/L, siendo más alta en la estación E3. Las concentraciones más altas (> 2,1 μ g/L) se localizaron en los primeros 15 a 25 m de la columna de agua, mientras que bajo 50 m los valores fueron menores a 0,7 μ g/L (Fig. 43). La distribución de feopigmentos osciló entre 0,2 a 5,7 μ g/L. Los resultados indican para las estaciones 2 y 3 que la proporción entre la concentración de feopigmentos y clorofila a fue similar en la capa superficial (0 a 25 m) pero en los niveles más profundos (50 a 110 m) la concentración de feopigmentos aumentó sobre los valores de clorofila (Fig. 43).

En abril del 2019, los valores más altos de clorofila a se ubicaron nuevamente entre superficie y 25 m pero las magnitudes fueron menores que en diciembre del 2018. Al igual que en diciembre, las concentraciones de feopigmentos fueron equivalentes a las de clorofila a en el estrato somero pero fueron mayores a clorofila a en el estrato más profundo. En agosto, finalmente, tanto los valores de clorofila a como feopigmentos fueron menores (ca, 1 μ g/L) a los de los meses anteriores, no presentándose un máximo marcado en el estrato somero, y con concentraciones de feopigmentos mayores a los de clorofila a desde lo 10 m hacia el fondo.



Fig. 43. Perfiles de concentración de clorofila a (panel izquierdo) y feopigmentos (panel derecho) obtenidos en las estaciones 2 y 3, durante a) diciembre del 2018, b) abril 2019 y c) agosto del 2019.

Distribución vertical de la concentración de oxígeno disuelto (botella Niskin)

En el crucero de diciembre de 2018, valores de oxígeno disuelto bajo 1 ml O_2/L ocurrieron en toda la columna de agua, evidenciando una surgencia intensa con bajas concentraciones de oxígeno disuelto, típicas de Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales que ascienden en la costa. Bajo 50 m de profundidad se observaron valores menores a 0,2 ml O_2/L (Fig. 44). En el crucero de abril, hubo una marcada oxiclina a los 12 m con concentraciones menores a 1 mL O_2/L bajo los 25 m de profundidad. En agosto la oxiclina llegó a mayor profundidad, ubicándose concentraciones cercanas a 1 ml O_2/L por debajo de los 50 m de profundidad.



Fig. 44. Perfiles de concentración de oxígeno disuelto (ml/L) obtenidos de la estación 2 y 3, durante los cruceros de diciembre del 2018 (izquierda), abril (centro) y agosto (derecha) del 2019.

Secciones verticales de temperatura, salinidad, sigma-t y fluorescencia

A partir de la información procesada de los datos hidrográficos de los cruceros de diciembre (2018) y agosto (2019), se construyeron secciones de temperatura, salinidad, sigma-t y fluorescencia frente a la desembocadura del río Itata hasta a la isóbata 200 m (distancia aproximada de 70 km desde la costa). En abril de 2019, los datos obtenidos por el CTD fueron erráticos, los cuales no se pudieron utilizar.

Durante el crucero de diciembre 2018, la temperatura de la capa superficial en toda la transecta fue mayor (entre 12 a 14°C) y la salinidad fue menor (33,5 - 34,3 psu) que en los estratos más profundos (< 11°C; >34,5psu) (Fig. 41). Desde el quiebre de la plataforma continental (60 km fuera de la costa) hasta la costa hubo un ascenso en las isotermas, isohalinas e isopicnas sugiriendo el desarrollo de un evento de surgencia costera. En la zona más costera, sin embargo, hubo una delgada lámina de agua con menor salinidad en superficie. Los valores de fluorescencia mayores tendieron a coincidir con los valores mayores de temperatura y valores menores de sigma-t entre los 40 y 60 km de la costa, entre superficie y 25 – 30 m de profundidad (Fig. 45).



Fig. 45. Secciones de temperatura, salinidad, sigma-t y fluorescencia obtenidos en el crucero de diciembre del 2018.

En agosto de 2019, se observó valores menores de temperatura (11° a 12°C) y salinidad (33 a 34) en superficie, comparado con diciembre de 2018, evidenciando condiciones más invernales (Fig. 46). Valores de salinidad menores a 34 psu ocurrieron en un estrato más amplio (0 - 20m) y extenso (toda la plataforma continental) comparado con aquel de diciembre, mes en que valores bajos ocurrieron solo en superficie en la costa, señalando el ingreso mayor de agua dulce desde ríos y escorrentía en el periodo invernal. Se observaron valores muy bajos de fluorescencia en agosto en toda la columna de agua y a lo largo de toda la plataforma continental (Fig. 46).



Fig. 46. Secciones de temperatura, salinidad, sigma-t y fluorescencia obtenidos del crucero de agosto del 2019.

5.2.3. CONCLUSIONES

- Las condiciones oceanográficas de las áreas de estudio indican que en la región del Biobío existe una estacionalidad marcada en la surgencia costera, con valores del índice de surgencia máximos durante los meses de verano, y condiciones de hundimiento en invierno. Mientras que, en la región de Coquimbo, la surgencia costera es permanente durante todo el año, con valores del índice de surgencia máximos en los meses de primavera.
- Las áreas de estudio muestran un ascenso de las isotermas e isohalinas hacia la costa, y bajos niveles de oxígeno (< 1ml/l) cercanos a la superficie durante las campañas de otoño en Coquimbo y verano en Concepción, que coincidieron con eventos post surgencia. A diferencia de la campaña de invierno (para ambas zonas) donde la capa superficial de la columna de agua se caracterizó por tener concentraciones de oxígenos mayores a 4 ml/l. Mientras que, cerca del fondo las condiciones de concentración de oxígeno para ambas zonas fueron subóxicas, con temperaturas de fondo de 10°C y 12°C para las estaciones más profundas y someras, respectiva.

5.3. OBJETIVO ESPECIFICO 3

Determinar la dinámica, densidad y biomasa de individuos juveniles en las principales zonas de reclutamiento

- 5.3.1. Identificación de focos de abundancia
- 5.3.1.1. Muestreo con rastra Agassiz
- **5.3.1.1.1.** Crucero FIPA-Cq1 (25/7/2018)

Durante el Crucero FIPA-Cq1 (25/7/2018), los juveniles de las especies objetivo fueron encontrados en estratos de profundidad diferentes. Se encontró solo un ejemplar de juvenil de *C. johni* a 260 m, mientras *H. reedi* se encontró preferentemente bajo los 260 m y *P. monodon* a los 180 m (Tabla 8).

5.3.1.1.2. Crucero FIPA-VIII-01 (29/12/18)

En la Región del Biobío, Crucero FIPA-VIII-01 (29/12/18), se encontraron ejemplares juveniles de *P. monodon* en las estaciones 2 y 3, a 112 y 115 m de profundidad, respectivamente. En la estación 3, la red de la rastra se rompió y pudo afectar el éxito de captura, En dicha estación, sólo se recuperaron 40 ejemplares de langostino colorado juveniL. En la estación 4 se logró la captura de los tres recursos, pero no se encontraron juveniles de *P. monodon*, *C. johni* ni tampoco de *H. reedi*, pero sí adultos con su fauna acompañante (Tabla 8, Fig. 47).

Debido a las condiciones climáticas del año 2019, se debió postergar el Crucero FIPA-Cq2 (iniciado el 23 de mayo) en la parte correspondiente al muestreo de juveniles con la rastra Agassiz.

Tabla 8. Número de individuo totales e individuos/m² de cada especie objetivo recolectados mediante rastra, por profundidad durante el Cruceros FIPA-Cq1 (25/7/2018), FIPA-Cq3 (03/9/2019), FIPA Cq4 (20-01-2020) y FIPA-VIII-01 (29/12/18), FIPA-VIII-02 (27/04/19) y FIPA-VIII-03 (27/08/19), en la Región de Coquimbo y Biobío, respectivamente. jPm: juveniles de *P. monodon;* jCj: juveniles de *C. johni;* jHr: juveniles de *H. reedi.*

											N° ind.			ind./m ²		
Crucero	Fecha	Estación	Latitud Bajada	Longitud bajada	Prof. (m)	Tiempo arrastre (min)	Boca rastra (m)	Vel. nudos	Vel. (m/min)	Area Barrida (m²)	jPm	jCj	jHr	jPm	jCj	JHr
FIPA-Cq1	25/07/18	E-1	29,880283	71,468317	236	15	1	2	61,73	926,0	0	0	32	0,00	0,00	0,00
FIPA-Cq1	25/07/18	E-2	29,927667	71,426600	262	10	1	2	61,73	617,3	1	1	86	0,70	0,00	0,00
FIPA-Cq1	25/07/18	E-3	29,906383	71,459853	240	10	1	2	61,73	617,3	422	0	1	0,00	0,00	0,10
FIPA-Cq1	25/07/18	E-4	29,956817	71,380300	420	15	1	2	61,73	926,0	0	0	0	0,00	0,00	0,03
FIPA-Cq3	03/09/19	E-1	29,884283	71,390000	186	20	1	2	61,73	1234,6	0	0	704	0,00	0,00	0,57
FIPA-Cq3	03/09/19	E-2	29,900367	71,387650	145	40	1	2	61,73	1234,6	0	0	0	0,00	0,00	0,00
FIPA-Cq3	03/09/19	E-3	29,906383	71,459850	232	20	1	2	61,73	1234,6	2	0	790	0,00	0,00	0,64
FIPA-Cq3	03/09/19	E-4	29,917350	71,426850	283	20	1	2	61,73	2469,2	0	20	586	0,00	0,01	0,24
FIPA-Cq3	03/09/19	E-5	29,927083	71,431250	312	20	1	2	61,73	1234,6	0	0	1,145	0,00	0,00	0,93
FIPA-Cq4	20/01/20	5	29,927083	71,431250	300	20	1	2	61,73	1234,6	0	0	0	0,13	0,00	0,00
FIPA-Cq4	20/01/20	4	29,917350	71,426850	290	40	1	2	61,73	1851,9	0	0	0	0,00	0,00	0,00
FIPA-Cq4	20/01/20	3	29,906383	71,459853	240	20	1	2	61,73	1851,9	0	0	203	0,00	0,00	0,11
FIPA-Cq4	20/01/20	2	29,900367	71,387650	145	20	1	2	61,73	1851,9	0	0	0	0,00	0,00	0,00
FIPA-Cq4	20/01/20	1	29,884283	71,390000	185	20	1	2	61,73	1851,9	245	0	0	0,00	0,00	0,00

Tabla 8	. Contin	uación.
---------	----------	---------

Crucero	Fecha	Estación	Prof, (m)	Latitud Bajada	Longitud bajada	Tiempo arrastre (min)	Boca rastra (m)	Vel, nudos	Vel, (m/min)	Area Barrida (m ²)	jPm (aPm)	jCj (aCj)	jHr (aHr)	jPm (aPm)	jCj (aCj)	jHr (aHr)
FIPA-VIII-01	29/12/18	5	324	36°11,5	73°32,4	20	1	1,2	37,04	740,8	0	0	0			
FIPA-VIII-01	29/12/18	4	190	36°11,4	73°31,3	20	1	1,6	49,39	987,8	0 (80)	0 (152)	0 (20)			
FIPA-VIII-01	29/12/18	3	115	36°14,1	73°25,2	20	1	1,7	52,47	1049,4	40	0	0			
FIPA-VIII-01	29/12/18	2	112	36°15,8	73°14,9	20	1	1,7	52,47	1049,4	15	0	0			
FIPA-VIII-01	29/12/18	1	98	36°12,3	72°54,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FIPA-VIII-02	27/04/19	5	200	36°10,7	73°31,3	20	1	1,7	52,4	1048,3	30	0	0			
FIPA-VIII-02	27/04/19	4	115	36°14,7	73°24,9	20	1	1,9	58,6	1171,7	25	0	0			
FIPA-VIII-02	27/04/19	3	116	36°15,3	73°16,3	20	1	1,9	58,6	1698,9	80	0	0			
FIPA-VIII-02	27/04/19	2	109	36°14,3	73°02,0	20	1	1,7	52,4	1310,4	10	3	0			
FIPA-VIII-02	28/04/19	1	98	36°12,5	72°54,7	20	1	1,7	52,4	1048,3	0	0,3	0,5			
FIPA-VIII-03	28/08/19	1	88	36°12,5	72°54,7	20	1	1,7	52,4	1048,3	0	0	0			
FIPA-VIII-03	27/08/19	2	107	36°14,3	73°02,0	20	1	1,7	52,4	1048,3	12	0	0			
FIPA-VIII-03	27/08/19	3	116	36°15,3	73°16,3	20	1	1,6	49,3	986,7	7	0	0			
FIPA-VIII-03	27/08/19	4	120	36°14,7	73°24,9	20	1	1,7	52,4	1048,3	10	0,2	0			
FIPA-VIII-03	28/08/19	5	210	36°10,7	73°31,3	20	1	1,7	52,4	1048,3	0	0	12			



Fig. 47. Lance de captura con la red Agassiz (arriba, Estación E5) y captura total lograda en la Estación E4 (abajo), mostrando además la fauna acompañante. Crucero FIPA-VIII-01.

5.3.1.1.3. Crucero FIPA-Cq3 (03/09/19)

Durante el muestreo con rastra del Crucero FIPA Cq3 realizado el 03/09/19, se capturó camarón nailon en todas las estaciones 1 a 5. En la Figura (48) se muestran detalles de las capturas e integrantes de la fauna acompañante como la jaiba paco *Platymera gaudichaudii*, pejerratas y se muestran los escasos langostinos colorados (5) capturados.

5.3.1.1.4. Crucero FIPA-VIII-02 (27/04/19)

Las actividades de pesca fueron exitosas en el segundo crucero (Fig. 49), lográndose la captura de camarón y langostino amarillo en la Estación 5 (Fig. 49A). Es importante destacar que en la primera salida a muestrear en la estación N° 3 la bolsa de la rastra salió rota, producto de la dureza del fondo marino en ese sector.



Fig. 48. Lance de captura con la red Agassiz (arriba, Estación E5) y captura total lograda en la Estación E4 (abajo), mostrando además la fauna acompañante. Crucero FIPA- Cq-3.

Para evitar la rotura de la red, se modificó la bolsa de la rastra protegiendo el vientre con una doble tela y se le instaló un sistema de cinturones para distribuir de manera más uniforme la captura en la bolsa. También y como otra manera de evitar que la bolsa tocara el fondo rocoso es que se le colocó un sistema de parapente, de manera que con el flujo del agua que este produce hiciera que la bolsa se mantuviera levantada del fondo.

En las estaciones 3 y 4 el fondo es de piedra laja muy duro y las modificaciones permitieron capturas exitosas en dichos fondos, con captura de langostino colorado (Fig. 49B). En las estaciones 4 y 5 se obtuvo una gran cantidad de ejemplares de langostinos juveniles (Fig. 49C, 49D), incluso juveniles aún no pigmentados (Fig. 49E).



Fig. 49. Lance de captura con la red Agassiz (arriba, Estación E5) y captura total lograda en la Estación E4 (abajo), mostrando además la fauna acompañante Crucero FIPA-VIII-02. Para detalles de las fotos ver el texto.

5.3.1.1.5. Crucero FIPA-Cq3 (20/01/20)

Las estaciones con lances positivos fueron las estaciones E1 y E3. En la primera de ellas se hallaron langostinos colorados (*P. monodon*) y en la segunda solo se capturó camarón nailon (*H. reedi*). En la Figura 50, se muestra parte del sustrato que se encontró durante este muestreo, similar al que se encontró en el muestreo realizado en la región del Biobío (Fig. 49 B).



Fig. 50. Captura obtenida con la red Agassiz en la Estación E1, más somera, durante el Crucero FIPA-Cq4 (20/01/20) mostrando además fauna acompañante.

5.3.1.1.6. Crucero FIPA-VIII-02 (27/08/19)

Las estaciones con lances positivos en este crucero correspondieron a las estaciones E2, E3 y E4, y solo se apturó langostinos colorados (*P. monodon*). Se destaca la ausencia de ejemplares en la Estación E1, la cual en el muestreo previo de abril había sido una de las más abundantes en langostinos de tallas pequeñas.

5.3.1.2. Distribución de tallas de los juveniles

5.3.1.2.1. Crucero FIPA-Cq1 (25/7/2018)

Pleuroncodes monodon

Durante el Crucero FIPA-Cq1 (25/7/2018), solo se capturaron juveniles de langostino colorado a 180 m en la estación (E2) y con 0,4 ml $O_2 L^{-1}$, es decir en la zona de mínimo de oxígeno.

En la Fig. 49 se entrega la información en formato Boxplot de las tallas de juveniles de *P*. *monodon* (PM) y *H. reedi* (HR) capturados en las estaciones E2, E3 y E4, respectivamente.



Fig. 51. Boxplot de tallas de juveniles por especie. Estación y profundidad. HR: *H. reedi*, estaciones E3 y E4, respectivamente. PM: *P. monodon*. Número de individuos Tabla 8.

En la distribución de frecuencia de tallas de los juveniles de *P. monodon*, capturados en la estación E2, se pueden observar dos modas de longitud cefalotorácica (LC), una alrededor de 8 mm y la segunda alrededor de 10 mm (Fig. 50).



Fig. 52. Distribución de frecuencia de tallas de juveniles de *P. monodon* capturados a 180 m en la estación E2 del Crucero FIPA-Cq1 (25/7/2018). N= 422.

Heterocarpus reedi

Durante el Crucero FIPA-Cq1 (25/7/2018), se capturaron juveniles de camarón nailon a 206 y 420 m en las estaciones E3 y E4, respectivamente. Esta especie se encontró en la ZMO, a concentraciones de oxígeno disuelto de 0,24 y 0,76 ml O₂ L⁻¹. En la estación E3 la longitud del cefalotórax (LC) promedio fue de 9,3 \pm 0,13 mm (Fig. 51).



Fig. 53. Distribución de frecuencias de talla de juveniles de *H. reedi* encontrados a 260 m en la estación E3 del Crucero FIPA-Cq1 (25/7/2018). N= 86.

En la estación E4 del Crucero FIPA-Cq1 (25/7/2018) se capturaron juveniles de *H. reedi* de un rango entre 10 y 28,4 mm (Fig. 52).



Fig. 54. Distribución de frecuencias de talla de juveniles de *H. reedi* encontrados a 420 m en la estación E4 del Crucero FIPA-Cq1 (25/7/2018). N= 32.

5.3.1.2.2. Crucero FIPA-VIII-01

Las muestras de juveniles de *P. monodon* que fueron obtenidos en el crucero FIPA-VIII-01 se priorizaron para el análisis de contenido isotópico, razón por la cual fueron preservados a - 80°C y entregados para dichos análisis.

Las muestras de adultos de *P. monodon*, *C. johni* y *H. reedi* obtenidas en la estación E4 del Crucero FIPA-VIII-01 evidencian ejemplares característicos de la fracción explotada de estos crustáceos demersales: langostino colorado, con talla modal en 35 mm LC, (Tabla 9).

Tabla 9. Frecuencia de tallas de los ejemplares adultos de los crustáceos demersales capturados en la Estación E4 del Crucero FIPA-VIII-01 (29/12/18), Pm: *P. monodon*; Cj: *C. johni*; Hr: *H. reedi.*

LC (mm)	Pm	Cj	Hr		
25	0	0	0		
26	0	0	0		
27	0	1	0		
28	0	8	0		
29	0	15	2		
30	0	18	4		
31	0	19	2		
32	5	13	2		
33	9	14	2		
34	16	14	3		
35	16	9	3		
36	18	11	1		
37	8	6	1		
38	5	11	0		
39	1	3	0		
40	2	2	0		
41	0	4	0		
42	0	1	0		
43	0	2	0		
44	0	0	0		
45	0	1	0		
Total	80	152	20		
Machos	48	77	10		
Hembras	32	75	10		

En la Tabla 10, se entrega un listado de las especies integrantes de la fauna acompañante de las muestras del Crucero FIPA-VIII-01 y el número de ejemplares capturados. Se observa predominio de los pejerratas entre los peces y los langostinos entre los crustáceos.

Tabla 10.Frecuencia de tallas de los ejemplares adultos de los crustáceos demersales capturados en la Estación E4 del Crucero FIPA-VIII-01 (29/12/18). Pm: *P. monodon*; Cj: *C. johni*; Hr: *H. reedi*.

Mollusca:		Est				
	1	2	3	4	5	TOTAL
Ptychosyrinx chilensis	4		3	3	13	23
Aeneator loisae	2		3			5
Benthoctopus sp.			1	1		2
Arthropoda:						
	1	2	3	4	5	TOTAL
Pterygosquilla armata	1				5	6
Oncopagurus haigae	2			3	2	7
Platymera gaudichaudii	3			3	2	8
Alpheidae			1		2	3
Pleuroncodes monodon			2			2
Cervimunida johni				20		20
Pisces:						
	1	2	3	4	5	TOTAL
Coleorinchus aconcagua			7	2		9
Coelorinchus chilensis			1	2		3
Nezumia pulchella	1			1		2
Trachyrincus villegai			1			1
Pachycara suspectum			3	2		5

5.3.1.2.3. Crucero FIPA-Cq3 (03/09/19)

Durante el Crucero Cq-3 se capturó con la rastra Agassiz solo ejemplares de camarón nailon en 4 (E1, E3, E4 y E5) de las 5 estaciones realizadas (3,325 ejemplares). En la Figura (55) se entregan las distribuciones de frecuencia de tallas de estos ejemplares, considerando que la estación E1 es la más somera, los juveniles de esta especie se encontraron en las estaciones más profundas, mientras que en las más someras predominaron los mayores.

En la estación E1 de este crucero se capturaron 704 organismos, los cuales correspondieron a 249 machos y 455 hembras, cuyas tallas fluctuaron entre 19,31 mm y 31,45 mm de cefalotórax (LC) (Fig. 55). En la estación E3, se capturaron 790 organismos, los cuales correspondieron a

275 machos y 515 hembras de tallas entre 17,52 mm y 32,46 mm LC (Fig. 53). En la estación E4 se capturaron 586 organismos, los cuales se agruparon en 220 machos y 366 hembras de tallas entre 13,91 mm y 32,57 mm LC (Fig. 55). En la estación E5 se capturaron 1.145 ejemplares, los cuales correspondieron a 110 machos y 1035 hembras de tallas entre 12,76 mm y 34,52 mm LC (Fig. 55).



Fig. 55. Distribución de frecuencias de tallas de de juveniles de *H. reedi* encontrados en cuatro estaciones del Crucero **FIPA-Cq3** (03/09/19).

5.3.1.2.4. Crucero FIPA-VIII-02 (27/04/19)

Durante este crucero se capturó langostinos colorados en las estaciones E1, E2, E3 y E4. Las dos estaciones más costeras (E1 y E2), presentaron rangos de talla entre 4 – 10 mm LC y 5 -11 mm LC, respectivamente (Fig. 56). Por su parte, las dos estaciones más oceánicas (E3 y E4), presentaron rangos de talla entre 20 – 33 mm LC y 7 - 33 mm LC, respectivamente (Fig. 56). La estación E4, mostró una distribución polimodal, con al menos tres grupos de tallas.



Fig. 56. Distribución de frecuencias de tallas de juveniles de *P. monodon* encontrados en cuatro estaciones del Crucero **FIPA-VIII -02** (27/04/19).

5.3.1.2.5. Crucero FIPA-Cq4 (20/01/2020)

Las estaciones con lances positivos fueron las estaciones E1 y E3. En la primera de ellas se hallaron Langostinos colorados (*P. monodon*) y en la segunda solo se capturó camarones nailon (*H. reedi*).

En la Estación E1, la más costera, solo se capturó un total de 245 langostinos colorados, los que fueron separados por sexo y medidos (mm) con un rango de tallas fluctuaron entre 3,65 mm y 12,24 mm LC (Fig. 54).

En la estación E3, se capturaron 203 camarones, los cuales correspondieron a 123 machos y 80 hembras y cuyas tallas fluctuaron entre 11,48 mm y 29,98 mm LC (Fig. 57).



Fig. 57. Distribución de frecuencias de tallas de juveniles de *P. monodon* y *H. reedi* encontrados en dos estaciones del Crucero **FIPA-Cq4** (20/01/20).

5.3.1.1.1.4. Crucero FIPA-VIII-03 (27-08-2019)

Durante este crucero se capturó langostinos colorados en las estaciones E2, E3 y E4. En la estación más costera (E1) no se capturó ningún ejemplar. Las tres restantes estaciones (E2, E3 y E4) presentaron rangos de talla entre 22 – 34 mm LC, 18 – 32 mm LC y 18 - 32 mm LC, respectivamente (Fig. 58). En todos los casos los machos presentaron tallas mayores que las hembras.



Fig. 58. Distribución de frecuencias de tallas de juveniles de *P. monodon* encontrados en dos estaciones del Crucero **FIPA-VIII-03** (27-08-2019).

5.3.1.3. Distribución de frecuencia de tallas en caladeros de pesca de la VIII Región

El monitoreo de las capturas comerciales realizada en caladeros cercanos al área de crianza a la cuadra de Punta Achira, Itata y Chanco (cerca de Cobquecura), demuestra en las capturas de *P. monodon* una proporción sexual favorable a las hembras y significativamente diferente de 1:1 (χ^2 =87,052; g.l.=6; p<0,05). La proporción de hembras fluctúo entre 63 y 73,4% (Tabla 11). En cambio, en el caso de *C. johni*, la proporción sexual fue favorable a los machos y significativamente diferente de 1:1 (χ^2 =62,225; g.l.=4; p<0,05). Destaca además, la menor incidencia de ejemplares en las capturas de la flota en los caladeros seleccionados, ya que un gran volumen de la cuota de *C. johni* se logra en caladeros de la Región de Valparaíso donde se localiza la mayor abundancia.

Tabla 11. Frecuencia de tallas de los ejemplares de crustáceos demersales capturados por la flota a la cuadra de Punta Achira, Itata y Chanco entre marzo y octubre de 2018.
Pm: Pleuroncodes monodon; Cj: Cervimunida johni; s/m: sin muestra.

Sp.	Sexo	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Octubre
Pm	Hembra	2,766	1,418	481	1,182	1,055	972	264
	Macho	1,380	832	269	439	395	353	146
	Total	4,146	2,250	750	1,621	1,450	1,325	410
Cj	Hembra	334	86	s/m	s/m	468	526	506
	Macho	416	164	s/m	s/m	982	774	594
	Total	750	250	s/m	s/m	1,450	1,300	1,100

El análisis temporal de los datos de talla (longitud del cefalotórax, mm) muestra que los ejemplares más pequeños de *P. monodon*, tanto machos como hembras, fueron registrados en mayo (Fig. 59). Si bien la amplitud de tallas fue variable entre meses, la distribución de frecuencias de machos y hembras de *P. monodon* fue muy similar, a excepción de mayo y agosto donde se distinguen algunas diferencias no significativas.

La distribución mensual de los datos de longitud de *C. johni* muestra dimorfismo sexual en el tamaño, con los machos de mayor talla que las hembras (Fig. 60). Asimismo, se observa que en marzo se observaron registros de tallas más pequeñas en las capturas.

La estructura de tallas refleja los cambios previamente descritos con los diagramas de cajas, observándose las tallas más pequeñas de *P. monodon* fueron registradas en mayo; esto es menor a 30 mm LC, y en los caladeros localizados a la cuadra de Punta Achira (Fig. 61). La mayor variación en la estructura de tallas se observó entre marzo y mayo, ya que posteriormente la estructura de tallas se observa relativamente estable con una talla modal que por lo general fluctúo entre 33 - 34 mm en las hembras y entre 34 - 36 mm en machos en todas las zonas, a excepción de mayo a la cuadra de Achira.



Fig. 59. Gráfico de cajas de longitudes del cefalotórax de ejemplares de *P. monodon* en las capturas comerciales frente a Punta Achira, Itata y Chanco, marzo a octubre de 2018.



Fig. 60. Gráfico de cajas de longitudes del cefalotórax de ejemplares de *C. johni* en las capturas comerciales frente a Punta Achira, Itata y Chanco, marzo-octubre de 2018.



Fig. 61. Frecuencia de longitud del cefalotórax (LC) de ejemplares de *P. monodon* en las capturas comerciales frente a Punta Achira, Itata y Chanco desde marzo a octubre de 2018.

La composición de tallas de *C. johni* fue más heterogénea entre meses y zonas, pero con un patrón característico que muestra una mayor frecuencia de ejemplares hembra en torno a una longitud modal entre 30 - 32 mm LC y con ejemplares machos que alcanzan tallas mayores y multimodalidad (Fig. 62).



Fig. 62. Frecuencia de longitud del cefalotórax (LC) de ejemplares de *C. johni* en las capturas comerciales frente a Punta Achira, Itata y Chanco desde marzo a octubre de 2018.

5.3.2. CONCLUSIONES

- En la Región del Biobío, en los muestreos con rastra en abril de 2019 se detectó una estructura de tallas polimodal, con ejemplares juveniles menores a 14 mm LC, con moda en 9 a 10 mm LC, una moda emergente en los 18 mm LC y otra secundaria en ejemplares de 25 mm LC. En agosto (2019) se detectó un rango entre 8 y 34 mm LC, polimodal, con una talla modal en 27 mm LC y la prevalencia de ejemplares adultos en diciembre (2018), con talla modal en 35 mm LC.
- Se visualiza claramente entre abril y agosto la aparición de un grupo de tallas menores que no ha completado la quitinización del caparazón y por lo tanto se ven translúcidos (Fig. 49E), éstos se mezclan con ejemplares de tallas mayores observándose una estructura de tallas mixta (Fig. 49D), culminando en un grupo de tallas mayores único que se incorporan a la pesquería o zona de pesca desde la zona o área de reclutamiento. En esta última etapa, los primeros ya presentan la coloración característica de los ejemplares adultos de la especie (Fig. 49C).

5.4. OBJETIVO ESPECIFICO 4

Evaluar la calidad y condición nutricional de los individuos juveniles,

5.4.1. Antecedentes

Dentro de la composición y/o constituyentes bioquímicos de los crustáceos decápodos, los lípidos y de forma especial los ácidos grasos, son reconocidos como la principal fuente de energía (Saborowski, 2015). Estas moléculas complejas de cadenas de carbono largas son altamente requeridas por especies de decápodos que habitan en ambientes marinos de climas templados y de latitudes altas (Greave & Wehrtmann, 2003), los cuales son hábitats caracterizados por una estacionalidad fuerte y pronunciada de parámetros ambientales claves como son la temperatura, disponibilidad de alimento y oxígeno (Yamahira & Conover, 2002).

Al igual que los lípidos, las proteínas también juegan un rol importante en especies de decápodos, ya que estas son parte de la estructuración celular en el tejido y formación de aminoácidos de los organismos (Lemos & Phan, 2001), y también son una fuente secundaria de energía de los animales (Kattner *et al.* 2003). Por otra parte los carbohidratos son componente fundamental en la producción de quitina (García-Guerrero *et al.* 2003), y se acumulan principalmente en el hepatopáncreas y en el tejido muscular (Buckup *et al.* 2008).

Todos estos constituyentes bioquímicos, en su conjunto, permiten conocer la condición nutricional y/o estado de fisiológico de especies de crustáceos de relevancia comercial que sustentan importantes actividades pesqueras (Fischer & Thatje, 2016; Guzmán *et al.* 2020), principalmente en las primeras etapas bentónicas de su ciclo vida (i.e. reclutas y/o juveniles) (Anger 2001). Además, son una herramienta fundamental para entender cómo variaciones en estos constituyentes bioquímicos, pueden explicar fluctuaciones en las tasas de reclutamiento y supervivencia de los individuos juveniles (Pörtner & Peck, 2010; Giménez 2010), y como consecuencia afectan posteriormente las densidades de los individuos adultos de la población, los cuales son capturados y explotados comercialmente por actividades pesqueras (Tropea *et al.* 2015; FAO 2016).

La especie modelo de estudio, el langostino colorado (*P. monodon*), es un crustáceo demersal que sustenta una importante actividad pesquera industrial en el Ecosistema Marino de la Corriente de Humboldt-EMCH (SUBPESCA 2018). En particular, en la costa de Chile del EMCH existen dos unidades de pesquería y/o de explotación pesquera, la primera Unidad ubicada en la zona norte del país (18° - 32° S) desde la región de Arica y Parinacota a la de Coquimbo, y la segunda localizada en la zona centro-sur (33° - 37° S) desde la región de Valparaíso a la del Biobío (SUBPESCA 2018). En la zona centro sur, específicamente frente a las costas de la región del Biobío, Roa *et al.* (1995) distinguen y confirman la presencia de poblaciones de individuos juveniles separadas de las poblaciones adultas, y proponen, a esta área como una zona de importancia alta para la pesquería ("zona de crianza"), dado que estaría influenciando fuertemente el reclutamiento de los juveniles al stock pesquero de individuos adultos (Roa & Tapia, 1998; SUBPESCA 2018). A pesar de la importancia pesquera de esta especie, existe escasa información sobre el estado de la condición nutricional y/o de salud (medido como la composición bioquímica) de las poblaciones de individuos juveniles que habitan en esta área de reclutamiento y/o crianza frente a las costas de la región del Biobío.

5.4.2. Objetivos

- Evaluar parámetros de tamaño (largo cefalotórax) y biomasa corporal (peso húmedo, peso seco, peso de cenizas) de individuos juveniles (machos y hembras) del langostino colorado capturados en áreas reclutamiento y/o crianza frente a las costas de la región del Biobío.

- Determinar la composición bioquímica (proteínas, carbohidratos, lípidos y ácidos grasos), medido como un proxy de la condición nutricional, de individuos juveniles (machos y hembras) del langostino colorado provenientes de áreas reclutamiento y/o crianza frente a las costas de la región del Biobío.

5.4.3. Metodología

5.4.3.1. Recolección de individuos

Como resultado de la identificación y selección de las zonas de reclutamiento históricas, se definió en la costa de la región del Biobío realizar un muestreo consistente en una transecta perpendicular a la costa a la cuadra de Achira, que incluye 5 estaciones de muestreo para caracterizar la zona.

Durante dicho crucero, los muestreos correspondientes se realizaron en 5 estaciones que conforman una transecta perpendicular a la costa, ubicada frente a la cuadra de Achira, región del Biobío. Las estaciones se planificaron a partir de la batimetría de la zona en relación al objetivo general del presente proyecto, seleccionándose los veriles de 100, 200, 300, 400 y 500 m (Tabla 12).

Estación	Latitud (S)	Longitud (W)	Profundidad (metros)
E-1	36°12,2745'	072°54,4127'	98
E-2	36°15,8374'	073°14,8648'	107 - 117
E-3	36°14,0614'	073°25,1547'	113 - 118
E-4	36°11,4399'	073°31,3125'	190
E-5	36°11,5389'	073°32,3719'	313 - 335

Tabla 12.Posición geográfica y profundidad (veril) de las estaciones hidrográficas realizadas
el 28 de diciembre de 2018.

En la figura 63 se muestra la zona de estudio y la ubicación geográfica de las cinco estaciones que constituyen la transecta, en la cual se realizaron las capturas de los individuos juveniles del langostino colorado,

Los individuos capturados (N= 33 total) en las estaciones de estudio fueron transportados en cajas herméticas con hielo a- 40° C al Laboratorio de Recursos Hidrobiológicos (LRH) de la Facultad de Ciencias de la UCSC, En el LRH, del total de individuos recolectados, se seleccionaron (N= 15 hembras, N= 15 machos) para determinaciones de identificación de sexo (hembra, macho), mediciones de tamaño (largo de cefalotórax), biomasa (peso húmedo, peso seco y cenizas) y composición bioquímica (proteínas, carbohidratos, lípidos y ácidos grasos),



Fig. 63. Mapa (tomado del programa Maxsea 12,6,6,) de la zona de estudio en la VIII región. Los círculos azules representan la ubicación de las estaciones de muestreo realizadas durante el Crucero FIPA-CO1 (28/12/2018).

5.4.3.2. Determinación de sexo, tamaño y biomasa corporal

Los individuos fueron "sexados" en base a la identificación de la forma de su abdomen y/o telson siguiendo la metodología taxonómica propuesta por Retamal (2000).

El tamaño de los individuos fue medido como el largo del cefalotórax (LC), desde la base de la espina rostral hasta el margen posterior del cefalotórax, usando un vernier caliper con 0,0001 mm de precisión.

A su vez, para las determinaciones de la biomasa corporal (peso húmedo, seco y de cenizas), como un primer paso para cuantificar el peso húmedo, los individuos fueron pesados en una balanza de precisión (\pm 0,01 mg; Precisa, 120A), y subsecuentemente como un segundo paso para obtener el peso seco, las muestras se secaron al vacío durante 48 h en un liofilizador (Operon FDU-7012), y se pesaron en una balanza de precisión (\pm 0,01 mg; Precisa, 120A). Finalmente, y como un tercer paso, las mismas muestras fueron incineradas durante 4 h a 500° C en un horno mufla (WiseTherm. FHP-03) y se pesaron en una balanza de precisión (\pm 0,01; Precisa, 120A) para obtener el peso de las cenizas.

5.4.3.3. Análisis de composición bioquímica (proteínas, carbohidratos, lípidos, ácidos grasos).

El contenido de proteína total se determinó mediante el método colorimétrico de Bradford (1976). En tubos Eppendorf de 1,5 mL, se homogeneizo el tejido liofilizados en 100 μ L de agua ultrapura (Mili-Q), luego se mezclaron con 1 mL del reactivo Bradford (Coomassie Blue, BM-1470, Bradford Protein Kit,inkler). Las muestras se sometieron a vórtice durante 15 s en un vórtice (Select Vortexer, modelo SBS100-2) y se transfirieron 200 μ L de la mezcla a una microplaca de 96 pocillos. Luego se incubaron durante 2 minutos a temperatura ambiente, antes de medir la absorbancia en un espectrofotómetro a una longitud de onda de 595 nm (Biotek, modelo ELx808). La concentración de cada muestra se obtuvo usando una curva de calibración para proteínas totales. Esta curva se obtuvo diluyendo diferentes concentraciones de albúmina de suero bovino (BM-0150, Winkler) con una solución de dilución (BM-0880, Winkler).

Para el contenido de carbohidratos, cada muestra se diluyó cinco veces con agua destilada en tubos Eppendorf de 1,5 mL y se analizó con el kit colorimétrico IVD (Spinreact). Se extrajeron cinco microlitros del reactivo del kit, se colocaron en una microplaca (Biotek Elx808) y se usaron para leer la absorbancia por espectroscopía a una longitud de onda de 490 nm. El contenido final de carbohidratos se calculó según Tietz (1995).

El contenido de lípidos se cuantificó siguiendo un método gravimétrico descrito por Folch *et al.* (1957). Las muestras de tejido se colocaron en viales de 15 mL que contenían 5 mL de diclorometano-metanol (2:1) y se instalaron en un baño ultrasónico con agua ultrapura (Mili-Q) a 6 °C durante 15 minutos. Cada muestra se mezcló con 4 mL de cloruro de potasio (0,88%), se homogeneizó en un vórtice durante 15 s (Select Vortexer, modelo SBS100-2) y se centrifugó (Boeco, modelo S-8) a 6 °C y 1500 rpm durante 5 min. El precipitado de cada muestra se transfirió a un vial previamente pesado, y se secó con gas nitrógeno ultra puro, en un concentrador de muestra, para evaporar el disolvente residual (Glass Col, modelo 109A YH-1). Finalmente, las muestras secas se pesaron en una balanza de precisión (Precisa, 120A)

y la concentración de lípidos se obtuvo restando el peso del vial vacío del peso del vial que contiene la muestra seca.

A su vez, los ésteres metílicos de ácidos grasos (FAMEs) se analizaron a partir de la muestra de lípidos utilizando métodos estándar (Urzúa & Anger, 2011). La esterificación de los lípidos en los tubos de reacción se realizó con ácido sulfúrico (1% en metanol) durante 1 h a 70 °C en un agitador térmico (MRC, mod, DBS-001).

A cada muestra, se añadieron 3 mL de n-hexano y esta mezcla se centrifugó durante 15 s, luego el sobrenadante se transfirió a viales de color ámbar de 20 mL (este proceso se repitió tres veces). Se usó un concentrador de muestra y gas nitrógeno (Glass-Col, mod, 109A YH-1) para evaporar el n-hexano de la muestra. La muestra seca se transfirió a un vial de color ámbar de 1,5 mL usando n-hexano (1 mL). La medición de FAMEs se realizó usando un cromatógrafo de gases (Agilent, modelo 7890A) a temperatura establecida, equipado con una columna DB-225 (J&W Scientific: 30 m de longitud, 0,25 mm de diámetro interno, 0,25 mm de película). Mediante el uso del software de cromatografía (Agilent ChemStation, EE, UU,), se identificaron FAMEs individuales en comparación con los ácidos grasos estándar conocidos de origen marino (Supelco 37 FAME mix 47885-U), y se cuantificaron mediante el factor de respuesta al estándar interno (23:0 FA agregado antes de la transmetilación).

5.4.3.4. Análisis estadísticos

Los análisis estadísticos se realizaron mediantes métodos estándares (Sokal & Rohlf, 1995; Zuur *et al.* 2007) y fueron llevados a cabo en los programas estadísticos STATISTICA 7 y PRIMER 6 & PERMANOVA+. El intervalo de confianza utilizado para todos los análisis fue de 0,05, y previo a los análisis estadísticos se realizaron las pruebas de homogeneidad (prueba de Levene) y normalidad (prueba de Shapiro-wilk). Se realizaron análisis de la varianza (ANOVA) de una vía para medir estadísticamente las diferencias en tamaño (largo de cefalotorax), biomasa (peso húmedo, peso seco y cenizas) y composición bioquímica (proteínas, carbohidratos, lípidos y ácidos grasos) entre "sexos" (i.e. hembra y macho) de individuos juveniles. Además, se llevó un a cabo un análisis de coordenadas principales (PCoA) y su correspondiente análisis de la varianza permutacional multivariado (PERMANOVA) para evaluar las diferencias en el perfil de ácidos grasos entre machos y hembras de individuos juveniles del langostino colorado.

5.4.4. Resultados

5.4.4.1. Tamaño y biomasa corporal

El tamaño (medido como largo de cefalotórax) de individuos juveniles de langostino colorado no presentaron diferencias significativas entre sexo, con valores promedios muy similares registrados entre juveniles machos y juveniles hembras ($13,7 \pm 3,6$ mm vs. $15,1 \pm 4,5$ mm; machos y hembras respectivamente) (F= 0,763; P= 0,763) (Fig. 64).

En relación a los datos obtenidos de parámetros de biomasa corporal, el peso húmedo de las hembras presentó valores promedios significativos levemente mayores que los valores promedio registrados en machos (1100 \pm 80 mg vs, 1260 \pm 130 mg; machos y hembras respectivamente) (F= 10,37; P < 0,01) (Fig. 65). Tendencia similar a la observada en los resultados obtenidos para el peso húmedo, el peso seco que también mostró valores mayores promedios en hembras que en machos (622 \pm 50 mg vs, 722 \pm 67 mg; machos y hembras respectivamente) (F= 79,82; P < 0,001) (Fig. 65).

El peso de cenizas no presentó diferencias significativas entre sexos, con valores promedio similares para machos y hembras (56 \pm 8 mg vs, 58 \pm 9 mg; machos y hembras respectivamente) (F= 0,274; P= 0,518) (Fig. 65).



Fig. 64. Variaciones en el tamaño (largo del caparazón, en mm) de individuos juveniles (machos vs, hembras) del langostino colorado, *P. monodon*, capturados en áreas crianza frente a las costas de la región del Biobío.



Fig. 65. Variaciones en la biomasa corporal (peso húmedo, seco y ceniza; en mg·ind-1) de individuos juveniles (machos vs, hembras) del langostino colorado, *P. monodon,* capturados en áreas crianza frente a las costas de la región del Biobío.
5.4.4.2. Composición bioquímica (proteínas. carbohidratos. lípidos. ácidos grasos).

Acorde a la composición bioquímica, el contenido de proteínas de individuos juveniles del langostino colorado, expresado tanto en valores absolutos como en porcentaje, presentaron diferencias significativas entre sexos, con valores promedios mayores registrados en hembras que en machos ($37,6 \pm 9 \text{ mg} \cdot \text{ind-1} \text{ vs}$, $63,4 \pm 12 \text{ mg} \cdot \text{ind-1}$; machos y hembras respectivamente; F= 98,17, P < 0,001) ($5,9 \pm 0,5 \%$ vs 7,9 $\pm 0,5 \%$; machos y hembras respectivamente; F= 79,31, P< 0,001) (Fig. 66).



Fig. 66. Variaciones en el contenido de proteínas (en mg·ind-1 y en %) de individuos juveniles (machos vs, hembras) del langostino colorado, *P. monodon*, capturados en áreas crianza frente a las costas de la región del Biobío.

Una respuesta similar a la observada en el contenido de proteínas, también fue registrada en el contenido de carbohidratos tanto en valores por individuo como en porcentaje, con valores promedios significativamente mayores en hembras que en machos $(2,5 \pm 0,5 \text{ mg} \cdot \text{ind-1} \text{ vs. } 8,7 \pm 4 \text{ mg} \cdot \text{ind-1}$; machos y hembras respectivamente; F= 98,27, P < 0,001) $(0,5 \pm 0,09 \% \text{ vs. } 1 \pm 0,4 \%$; machos y hembras respectivamente; F= 82,26, P < 0,001) (Fig. 67).



Fig. 67. Variaciones en el contenido de carbohidratos (en mg·ind-1 y en %) de individuos juveniles (machos vs, hembras) del langostino colorado, *P. monodon*, capturados en áreas crianza frente a las costas de la región del Biobío.

A su vez el contenido de lípidos, consistentemente también mostró el mismo patrón observado en el contenido de proteínas y carbohidratos, con valores promedios mayores registrados en hembras que en machos ($60 \pm 13 \text{ mg·ind-1}$ vs. $110 \pm 32 \text{ mg·ind-1}$; machos y hembras respectivamente; F= 132,7 P < 0,0001) ($10 \pm 0,7 \%$ vs. $12 \pm 0,9 \%$; machos y hembras respectivamente; F= 30,59, P < 0,001) (Fig. 68).

En relación al perfil de ácidos grasos (AG) de individuos juveniles del langostino colorado, un total de N= 32 distintos tipos de AG fueron identificados, de los cuales N= 15 fueron ácidos grasos saturados (AGS), N= 8 ácidos grasos mono-insaturados (AGMI), N= 5 ácidos grasos poli-insaturados n-6 (AGPI n-6) y N= 4 ácidos grasos poli-insaturados n-3 (AGPI n-3) (Tabla 13), Dentro del perfil de AG los AG Palmítico (C16:0), Palmitoleico (C16:1*n*-9), DHA (C22:6*n*-3) y EPA (C20:5*n*-3) fueron los AG predominantes tanto en hembras como en machos (Tabla 13).



Fig. 68. Variaciones en el contenido de lípidos (en mg·ind⁻¹ y en %) de individuos juveniles (machos vs, hembras) del langostino colorado, *P. monodon*, capturados en áreas crianza frente a las costas de la región del Biobío.

Los valores de AGS, AGMI, AGPI (en mg·g·PS-1) mostraron diferencias significativas entre sexos (Fig. 69), con valores promedios mayores registrados en individuos hembras que en machos (AGS: 0.94 ± 0.02 vs, 1.1 ± 0.03 ; AGMI: 0.6 ± 0.02 vs, 0.85 ± 0.02 ; AGPI: 0.95 ± 0.03 vs, 1.5 ± 0.07 ; machos y hembras respectivamente) (Tabla 11) (F= 82,69, P < 0.001), A su vez dentro de los ácidos grasos esenciales y/o poliinsaturados, los AGPI n-3 también presentaron diferencias estadísticamente significativas entre sexos (Fig. 70), con valores mayores registrados en hembras que en machos (0.7 ± 0.04 vs, 1.3 ± 0.1) (Tabla 13) (F= 46,21, P < 0.001), Mientras que los valores de AGPI n-6 no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre sexos (Fig. 70).

En relación al análisis de coordenadas principales (PCoA) para evaluar las diferencias en el perfil de ácidos grasos entre sexos de individuos juveniles del langostino colorado, este indica que los AG EPA (C20:5n-3), Oleico (C18:1n-9), DHA (C22:6n-3) y Palmítico (C16:0) explican un total de 64 % (ejes: PCO2 24,1 %, POC1 39,9%) de las variaciones significativas registradas en el perfil de ácidos grasos entre individuos machos y hembras (Fig. 71) (PERMANOVA, Pseudo-F = 402,8; P < 0,001).



Fig. 69. Variaciones en el contenido de ácidos grasos saturados (AGS), monoinsaturados (AGMI) y poliinsaturados (AGPI) (en mg·g PS-1) de individuos juveniles (machos vs, hembras) del langostino colorado, *P. monodon*, capturados en áreas crianza frente a las costas de la región del Biobío.



Fig. 70. Variaciones en el contenido de ácidos grasos s poliinsaturados omega 3 & 6 (AGPI n3, n6) (en mg·g PS⁻¹) de individuos juveniles (machos vs, hembras) del langostino colorado, *P. monodon*, capturados en áreas crianza frente a las costas de la región del Biobío.

Tabla 13. Perfil de ácidos grasos (AG) de individuos juveniles (machos vs hembras) del langostino colorado, *P. monodon*, capturados en áreas crianza frente a las costas de la región del Biobío. Valores promedios ± desviación estándar en mg·g·PS-1, en paréntesis AG son expresado en %.

	mg g PS					
AG	Macho	Hembra				
C6:0	0.01 ± 0 (0.4)	0.04 ± 0 (1.17)				
C8:0	0.02 ± 0.01 (0.8)	0.06 ± 0.01 (1.75)				
C10:0	0.05 ± 0.01 (2.01)	0.05 ± 0 (1.46)				
C11:0	0.02 ± 0.01 (0.8)	0.08 ± 0.02 (2.33)				
C12:0	0.03 ± 0.01 (1.21)	0.04 ± 0 (1.17)				
C13:0	0.03 ± 0.003 (1.21)	nd				
C14:0	0.05 ± 0.01 (2.01)	0.07 ± 0.02 (2.04)				
C15:0	0.03 ± 0.01 (1.21)	0.05 ± 0.01 (1.46)				
C16:0	0.39 ± 0.07 (15.66)	0.28 ± 0.14 (8.16)				
C17:0	0.03 ± 0.004 (1.21)	0.06 ± 0.01 (1.75)				
C18:0	0.13 ± 0.02 (5.22)	0.14 ± 0.03 (4.08)				
C20:0	0.03 ± 0 (1.21)	nd				
C22:0	nd	0.04 ± 0 (1.17)				
C23:0	0.12 ± 0 (4.82)	0.13 ±0.02 (3.79)				
C24:0	nd	0.04 ± 0.001 (1.17)				
AGS	0.94 ± 0.02 (37.77)	1.08 ± 0.03 (31.5)				
C14:1n-5	0.04 ± 0.02 (1.61)	0.04 ± 0.01 (1.17)				
C15:1	0.04 ± 0.01 (1.61)	0.05 ± 0.01 (1.46)				
C16:1n-7	0.07 ± 0.02 (2.81)	0.12 ± 0.03 (3.5)				
C17:1	0.05 ± 0.02 (2.01)	0.07 ± 0.01 (2.04)				
C18:1n-9	0.25 ± 0.06 (10.04)	0.38 ± 0.07 (11.08)				
C20:1n-9	0.08 ± 0.02 (3.21)	0.08 ± 0.01 (2.33)				
C22:1n-9	0.04 ± 0.01 (1.61)	0.05 ± 0.01 (1.46)				
C24:1n-9	0.03 ± 0.01 (1.21)	0.06 ± 0.02 (1.75)				
AGMI	0.6 ± 0.02 (24.11)	0.85 ± 0.02 (24.79)				
C18:2n-6t	0.03 ± 0.01 (1.21)	0.04 ± 0.01 (1.17)				
C18:2n-6c	0.04 ± 0.01 (1.61)	0.06 ± 0.02 (1.75)				
C18:3n-6	0.08 ± 0.02 (3.21)	0.08 ± 0.02 (2.33)				
C20:2n-6	0.03 ± 0 (1.21)	0.04 ± 0.01 (1.17)				
C20:3n-6	0.07 ± 0.03 (2.81)	0.07 ± 0 (2.04)				
AGPI n-6	0.25 ± 0.01 (10.05)	0.29 ± 0.01 (8.46)				
C18:3n-3	0.15 ± 0.12 (6.02)	0.05 ± 0.02 (1.46)				
C20:3n-3	0.14 ± 0.04 (5.62)	0.29 ± 0.06 (8.45)				
C20:5n-3	0.17 ± 0.05 (6.83)	0.26 ± 0.06 (7.58)				
C22:6n-3	0.24 ± 0.1 (9.64)	0.61 ± 0.29 (17.78)				
AGPI n-3	0.7 ± 0.04 (28.11)	1.21 ± 0.1 (35.27)				
Total AGPI	0.95 ± 0.03 (38.16)	1.5 ± 0.07 (43.73)				
Total AG	2.49 ± 0.01 (100)	3.43 ± 0.02 (100)				



Fig. 71. Análisis de coordenadas principales (PCoA) comparando el perfil de ácidos grasos de individuos juveniles (machos vs, hembras) del langostino colorado, *Pleuroncodes monodon*, capturados en áreas crianza frente a las costas de la región del Biobío.

5.4.5. CONCLUSIONES

Individuos juveniles del langostino colorado tanto machos como hembras presentan un tamaño (largo de cefalotórax) similar en la zona de crianza frente a las costas de la región del Biobío. Esto indica que los juveniles de langostino colorado de ambos sexos presentarían una edad y/o pertenecerían a una misma cohorte generacional, y muy probablemente son parte de una misma población (SUBPESCA 2018), la cual vive separada espacial y temporalmente de sus individuos parentales y/o con-específicos de adultos (Roa *et al.* 1995; Roa & Tapia 1998).

- Se registraron variaciones en el peso húmedo y seco entre sexos, con valores mayores en hembras que en machos, mientras que el peso de cenizas no mostró diferencias significativas. Esto podría estar directamente relacionado a que las hembras juveniles del langostino colorado, dentro de su ontogenia, inician de forma más temprana su primera madurez sexual en comparación con los individuos juveniles machos (Bascur *et al.* 2017; SUBPESCA 2018), y para cumplir con las demandas energéticas que implica este proceso fisiológico fundamental, estas deberían tener una mayor biomasa disponible para la reproducción, en especial para procesos de puesta e incubación de sus huevos (Thiel *et al.* 2012).
- Se observaron variaciones consistentes en todos los constituyentes bioquímicos analizados (proteínas, carbohidratos y lípidos) entre sexos, las cuales son claramente distinguidas por valores promedios mayores (por individuo y en %) en hembras que en machos. Estas variaciones en la composición bioquímica indicarían una mayor cantidad disponible de estos constituyentes para ser utilizados como combustible bioenergético destinado para la demanda de procesos fisiológicos fundamentales (Bascur et al 2017, 2018; Guzmán *et al.* 2020). En el caso particular de las hembras juveniles, les permitiría lograr la primera madurez sexual y el comienzo de una reproducción exitosa, como también de forma paralela destinar energía para procesos de crecimiento y muda (Lovrich & Thiel, 2011). A su vez, variaciones en el contenido de ácidos contenido de AG esenciales (EPA, DHA, Oleico y Palmítico) entre sexos de individuos juveniles del langostino colorado. Estos AG son fundamentales en el desarrollo y madurez de las gónadas en la hembra juvenil como también juegan un rol clave para el desarrollo exitoso posterior de sus crías (embriones y larvas) durante la ontogenia temprana (Bascur *et al.* 2018; Seguel *et al.* 2019).

5.5. OBJETIVO ESPECIFICO 5

Determinar el efecto de factores ambientales claves y denso-dependientes sobre las tasas de crecimiento y sobrevivencia de los juveniles,

Se habilitaron los Laboratorios de Pesquerías y Oceanolab, ambos ubicados en el Campus Guayacán de la Universidad Católica del Norte en Coquimbo para la adecuación en estanques rectangulares de 250 L para la etapa de aclimatación y posteriormente para la mantención durante el tiempo en que se realicen las actividades propias del proyecto.

5.5.1. Sistema de mantención de juveniles de langostinos en laboratorio,

El sistema fue instalado en el interior de una cámara de 8 m³, donde se instalaron 4 estanterías, correspondiente cada una de ellas a un módulo (Fig. 72). El sistema consta de 4 módulos independientes (Fig. 73), cada uno de ellos conformado por los siguientes componentes:

<u>Infraestructura del módulo</u>: El módulo consta de una armazón de fierro reforzado con vulcometal y atornillado. Cada uno consta de 3 niveles para la distribución de estanques de efluentes, acumuladores y mantención de especies (Tabla 14, Fig. 74 - 75). Las especificaciones técnicas y número total de equipos por módulos instalados se indican en la Tabla 15 y Figs. 76 - 81.

En cada módulo, los estanques pueden ser removidos para efectuar mantención ya que están provistos de válvulas americanas para su fácil extracción y cada bomba puede ser desinstalada para su mantención o eventual falla.

El sistema consta de una red de descarga que se conecta con el exterior de la cámara, que se puede desconectar después de cada trabajo diario. Cada estanque tiene válvulas de 20 mm como rebalse para evitar pérdidas de agua, Estos rebalses están conectados al manifold de descarga de efluentes.



Fig. 72. Plano de distribución vertical de un módulo.



Fig. 73. Plano de distribución de la planta de módulos.

Equipo	Especificación	Modelo	Nº/módulo	Función		
Bomba	40W-3000 L/h	SoboO-350 S	2	Distribución de agua a acumuladores 60 L		
Bomba	5 200 L/h	Dophin P-1000	2	Extracción de agua a efluentes		
Tablero	confección	Celsius SA	1	Control, de mando de modulo, individual		
Acumulador	200 L	Plástico	1	Preparación agua 3º C y O mg/l de Oxigeno		
Acumulador	60 L	Plástico	2	Preparación agua 3º C y O mg/l de Oxigeno		
Acumulador	60 L	Plástico	2	Acumulación de efluentes desde el estanque de mantenimiento		

Tabla 14. Equipos e infraestructura por módulo.



Fig. 74. Bomba modelo SoboO-350 S, equipo para el llenado de acumuladores.



Fig. 75. Bomba Marca Dophin P-100, Equipo para la descarga de efluentes.

Tabla 15.	Número total de equipos por módulos instalados.
-----------	---

Equipo	Especificación	Modelo	Nº/módulo	Función
Bomba	40W-3000 L/h,	SoboO-350 S	8	Distribución de agua a acumuladores 60 L
Bomba	5 200 L/h	Dophin P-1000	8	Extracción de agua a efluentes
Tablero	confección	Celsius SA	3	Control, de mando de modulo, individual
Acumulador	200 L	Plástico	2	Preparación agua 3º C y O mg/l de Oxigeno
Acumulador	60 L	Plástico	6	Preparación agua 3º C y O mg/l de Oxigeno
Acumulador	60 L	Plástico	6	Acumulación de efluentes desde el estanque de mantenimiento

Detalle fotográfico de instalaciones,



Fig. 76. Cámara de frío marca MYCOM de 8 m³.



Fig. 77. Módulo instalado dentro de la cámara de frío.



Fig. 78. Distribución de módulos en la cámara de frío.



Fig. 79. Estanque acumulador de 200 litros con bomba Sobo para transportar el agua a estanques acumuladores de 60 litros.



Fig. 80. Bomba de descarga de efluentes en el interior de estanque de 60 litros (derecha), Conexión de descarga con manifold (izquierda).



Fig. 81. Tubería de descarga de efluentes, Conexión desde hatchery a planta de tratamiento.

<u>Funcionamiento del módulo</u>: Cada módulo consta de dos bombas marca SoboO-350 S, que succionan el agua *tratada* desde el estanque de 200 litros hacia los estanques acumuladores de 60 litros ubicados en la parte superior del módulo. Posteriormente esta agua se transporta a través de dos bombas peristálticas a los estanques de 20 litros que mantendrán las juveniles de langostino; luego en el transcurso de 12 hrs., el agua es conducida como efluente a dos estanques acumuladores de 60 litros ubicados en la parte inferior de sistema. Estos estanques tienen unida dos bombas marca Dolphin P-1000 que estarán conectada a un manifold que tienen como función eliminar agua fuera de las cámaras de frio. Este se comunica con la planta de tratamiento del hatchery del Centro de Producción de Abalones.

Cada módulo consta de una caja de mando metálica de 30 cm con 4 interruptores (dos bombas de llenado de acumuladores y dos bombas de descarga de efluentes), para facilitar el manejo individual de cada uno de los estanques, luz de energizado y enchufes en 220v para la extracción de cada una de las bombas en el caso de falla o mantención.

5.5.2. Sistema de bombeo peristáltico,

El sistema propuesto corresponde a las siguientes partes representadas en la Fig. 82. Con este diseño se busca conseguir una configuración precisa de los flujos de agua destinados al desarrollo de los experimentos propuestos en la estructura del proyecto.

La disposición de algunos materiales y la elaboración del diseño para la instalación de conectores y circuitos se observa en la Fig. 83, así como las especificaciones técnicas para la elaboración del sistema final (Fig. 84).



Fig. 82. Esquema de bloques, los cuadros encerrados en color celeste son las secciones del proyecto que competen mi responsabilidad de armado y ensamblado. Se consideran 3 unidades independientes de control y panel de bombas.



Fig. 83. Ejemplo de PCB de panel de conectores RJ45 para impresión y transferencia a placa de cobre (x 6 unidades).



Fig. 84. Especificaciones sobre las dimensiones de bombas peristálticas (x30 unidades).

5.5.3. Obtención de juveniles vivos

Se obtuvieron un total de 463 juveniles de *P. monodon*, de ellos 422 vivos. Durante la primera semana de aclimatación la mortalidad fue de alrededor de un 20%. Se utilizaron estos individuos en los experimentos de los siguientes objetivos del punto 4.5. Se obtuvieron un total de 118 individuos de *H. reedi*, de ellos 47 vivos. Durante la primera semana de aclimatación la mortalidad fue de alrededor de un 90%. Dado la alta mortalidad de los juveniles de esta especie, los experimentos pendientes del objetivo 4.5 no pudieron ser realizados.

Los organismos fueron mantenidos en las dependencias del laboratorio de ecofisiología de crustáceos antes de su ingreso a los experimentos, con agua de mar filtrada y tratada con UV, alimentados con pellet comercial.

5.5.4. Condiciones experimentales

Los experimentos fueron conducidos en el Laboratorio de Ecofisiología de crustáceos, emplazado en las dependencias de la UCN. Todos los experimentos fueron realizados en condiciones de temperatura contralada, en una cámara fría. Para el experimento de incubación larga (de un mes) se utilizó el siguiente sistema de bombeo para mantener el flujo constante de agua y mantener las condiciones de oxígeno en normoxia (>5 ml O₂ L⁻¹). Se dispusieron 3 estantes (Fig. 85), cada uno con un sistema de alimentación de agua y panel de bombas peristálticas por separado controlados cada uno y de forma independiente por un sistema automatizado (Fig. 86).



Fig. 85. Paneles instalados en estante experimental, Cada estante se compone de dos bidones de 60 L con agua calentada a la temperatura experimental. Un sistema con 10 bombas peristálticas, Un estante con las cámaras de incubación con sistema abierto. Cada cámara consta de un spot (sensor de oxígeno Presens), en el último nivel de los estantes 2 bidones de 60 L para recibir el agua descartada. Además, cada estante de alimentación es llenado por un sistema de bombas alimentado desde bidones azules de 200 L. Un sistema automatizado de despiche fue instalado en cada bidón de descarte.



Fig. 86. Sistema automático para controlar las bombas peristálticas. Tres paneles de control instalados y operativos ubicados en el exterior de la cámara experimental. Cada unidad de control controla un panel en forma independiente para cada 10 bombas peristálticas.

5.5.5. Crecimiento en función de la temperatura

Se analizó el efecto de la temperatura sobre la tasa de crecimiento de juveniles (longitud y biomasa) de las 3 especies objetivo.

Por disponibilidad de juveniles vivos, solo se realizó este experimento en *P. monodon*, ya que los individuos de *H. reedi* murieron a los pocos días durante el periodo de aclimatación. Se eligió juveniles de *P. monodon* de tallas similares y sin pérdida de apéndices. Se realizó un diseño anidado, donde se dispuso de 8 acuarios de 0,5 L con 3

individuos cada uno. Los organismos fueron sometidos a 2 condiciones de temperatura 11°C (4 réplicas) y 15°C (4 réplicas). Los juveniles de *P. monodon* fueron ingresados el día 17 de septiembre 2018 y procesados el 25 de octubre 2018, completando 38 días de incubación en condiciones de normoxia. La temperatura se mantuvo constante en la cámara fría, y la condición de 15°C se logró con termostatos de acuario y contenedores de plumavit para mantener las temperaturas al interior de las cámaras de incubación. Las cámaras de incubación fueron alimentadas con agua de mar filtrada y a la temperatura correspondiente a cada tratamiento de temperatura. El sistema de circulación abierto fue descrito en el objetivo anterior.

Durante el periodo de incubación los juveniles fueron alimentados *ad libitum* con pellet comercial de acuario, los acuarios fueron limpiados diariamente. Se revisó dos veces por día las temperaturas, la concentración de oxígeno (spot de oxígeno integrado en cada cámara incubadora), las mudas y animales muertos. Al final del experimento los organismos fueron medidos y pesados para determinar el crecimiento.

El crecimiento fue diferencial entre tratamientos, los organismos cultivados a 15°C tuvieron mayor dispersión en los valores de LC, ya que las réplicas que finalizaron con 1 individuo por cámara de incubación son los que registran los LC mayores. Lo que no se observó en el tratamiento de 11°C donde no se observaron diferencias en el aumento de LC entre individuos dentro de cada réplica o entre réplicas de este tratamiento (Fig. 87; Tabla 16). Los organismos cultivados a 11°C fueron significativamente (DF=1, p<0,001) más grandes al final del experimento (38 días) (Tabla 16).

Debido a que los juveniles se comían las mudas fue difícil cuantificar el número de mudas por tratamiento, sin embargo el tratamiento de 15°C se observaron la mayor cantidad de mudas durante los chequeos diarios. Además, la dificultad en cuantificar el número exacto de mudas limita el cálculo preciso de tasa de crecimiento, es por ello que representaremos la tasa de crecimiento como aumento en LC (mm)/día. La tasa de crecimiento durante los primero 17 días no tuvo diferencias significativas entre tratamientos de temperatura, pero luego de 38 días el tratamiento de Normoxia a 11°C fue significativamente mayor (ANOVA, DF= 5, p<0,001).

Posiblemente porque los organismos a 15°C podrían estar en proceso de maduración sexual, ya que se observaron caracteres sexuales secundarios (presencia de pleópodos distintivos entre sexos), la generación de nuevas estructuras significaría una redistribución de la energía. Se observó canibalismo durante el experimento, los juveniles atacaron a los recién mudados y comieron completamente la región rostral, esto fue más común en el tratamiento de 15°C.



Fig. 87. Box plot de crecimiento de juveniles de *P. monodon* en condiciones de normoxia en función de temperatura (11°C y 15°C). Longitud del cefalotórax (mm) inicial (día 1), al día 17 y final (día 38). Las letras sobre los plots denotan el análisis de Tukey a posteriori.

Tabla 16. Resumen de experimento de crecimiento de *P. monodon* en condiciones de normoxia (N) a dos temperaturas (11°C y 15°C). Se muestran los valores promedio de crecimiento de largo de cefalotórax (LC) y desviación estándar (sd) al inicio del experimento (día 1), luego de 17 días y al final del experimento (38 días). Se reporta la diferencia en tamaño promedio luego de 17 y 38 días. La tasa de crecimiento (LC mm/día) se calculó a 17 (*) y 21 (**) días de incubación.

Tratamiento	Día Incubación	N° ind.	LC Promedio (mm)	sd	Aumento tamaño (cm)	Tasa crecimiento mm/día
N11	1	9	10,74	0,748	-	
N11	17	6	12,21	0,457	0,039	0,087*
N11	38	6	13,50	0,349	0,034	0,076**
N15	1	9	10,90	0,955	-	
N15	17	8	11,84	0,675	0,025	0,045*
N15	38	6	12,25	0,562	0,01	0,019**

Los juveniles de *Pleuroncodes monodon* no registraron diferencias significativas (DF=1, P=0,0553) en biomasa entre tratamientos, pero luego de 38 días de incubación ambos tratamientos aumentaron significativamente su biomasa (DF= 1, P<0,0001). A pesar que las diferencias no fueron significativas entre tratamientos la condición de 15°C tuvo una mayor dispersión de los datos (Fig. 88) lo que se relaciona con la denso-dependencia, a menor n° de individuos por unidad experimental resultó en organismo más grandes al final del experimento. Esto no se observó en la condición de 11°C, donde tanto el aumento en longitud y biomasa fue similar entre réplicas con diferente número de individuos al final del día 38 (Fig. 88).

No se observaron diferencias significativas (p>0,05) en la tasa de crecimiento en biomasa en juveniles de *P. monodon*, luego de 38 días de incubación entre tratamientos de temperatura (Tabla 17).



- Fig. 88. Box plot de crecimiento en biomasa (g) de juveniles de *P. monodon* en condiciones de normoxia en función de temperatura (11°C y 15°C). Aumento en biomasa (g) inicial (día 1) y final (día 38) del experimento de incubación en condiciones controladas de laboratorio. Las letras sobre los plots denotan el análisis de Tukey *a posteriori*.
- Tabla 17. Resumen del experimento de aumento en biomas de *P. monodon* en condiciones de normoxia (N) a dos temperaturas (11°C y 15°C). Se muestran los valores promedio de crecimiento en biomasa (g) y desviación estándar (de) al inicio del experimento (día 1) y al final del experimento (38 días). Se reporta la diferencia en tamaño promedio luego de 38 días. La tasa de crecimiento (g/día) se calculó a 38 días de incubación.

Tratamiento	Día Incubación	N° ind,	Peso Promedio (mm)	de	Aumento en biomasa (g)	Tasa crecimiento en peso g/día
N11	1	9	0,50	0,09	-	
N11	38	6	0,99	0,06	0,492	0,013
N15	1	9	0,49	0,14		
N15	38	6	0,94	0,21	0,448	0,012

5.5.6. Crecimiento de juveniles a diferentes condiciones de oxígeno

El sistema experimental de inbucación larga en condiciones de hipoxia fue instalado y probado. Lo que incluyó los sistemas de flujo de agua y las cámaras de incubación con los sensores de oxígeno (spot PST6 (específico para hipoxia) y spot PST3 (específico para normoxia) instalados.

Debido al robo del equipo para medir hipoxia, FIBOX 4 trace (Ver informe de robo y denuncia ante PDI adjunto), a finales del año 2018. El equipo no pudo ser reemplazado, lo que impidió realizar este experimento. A finales del 2019 por medio de una colaboración con CEAZA, se coordinó realizar este experimento en marzo 2020. Pero las restricciones para el ingreso a la UCN (que persisten hasta agosto 2021) producto de la pandemia hiceron esta acción imposible de ejecutar.

5.5.7. Comportamiento de juveniles con respecto a la disponibilidad de alimento: experimento previo de consumo de alimento,

5.5.7.1. Protocolo de cálculo de consumo máximo de alimento en juveniles,

Previamente al inicio del experimento de cálculo de consumo máximo de alimento en juveniles, éstos se mantuvieron en ayuno por lo menos 24 horas antes. Se seleccionaron ejemplares de proporciones similares que conserven todos sus apéndices y que no hayan mudado al momento de la selección para su ingreso al experimento.

- Para el cálculo de la cantidad de alimento en juveniles se dispuso de 3 réplicas, cada una con 6 ejemplares en cada acuario de 0,5 L dentro de la cámara fría programada previamente a 11°C. Se utiliza como medida de referencia los 0,2 g de pellet comercial utilizados previamente en ejemplares adultos de *P. monodon*. Para preparar las unidades de alimento primero se humedece con agua dulce purificada una porción de pellet, se forma una pasta y se divide en porciones de 0,2 g. Este pellet fue probado con éxito anteriormente en proyecto FONDECYT 1140832.

La distribución del alimento dentro de las réplicas se realiza de la siguiente forma:

- Tratamiento 1 (Trat1): 0,075 g de alimento para 5 ind. (0,015 g por ind.).
- Tratamiento 2 (Trat2): 0,0375 g de alimento para 5 ind. (0,0075 g por ind.).
- Tratamiento 3 (Trat3): 0,018 g de alimento para 5 ind. (0,0036 g por ind.).
- Tratamiento 4 (Trat4): 0,018 g de alimento + 1500 Artemia vivas para 5 ind.

Luego que se dispuso el alimento y los ejemplares en las réplicas, se mantuvieron por lo menos 12 horas sometidos a cada tratamiento.

5.5.7.2. Procesamiento del alimento post experimento

Primero se retiraron todos los ejemplares del acuario, posteriormente se filtró la totalidad del agua del acuario con un filtro de 250 micras de apertura para recuperar el alimento. Con ayuda de una piseta con agua de mar microfiltrada se retira el alimento del filtro y se dispone en un tubo Falcon, con ayuda de una pipeta se retira la mayor cantidad de excedente de agua posible. Este procedimiento debe repetirse con cada réplica (3).

Luego de tener los alimentos en sus respectivos tubos Falcon, se disponen en una centrifugadora para retirar el exceso de agua, posterior a ello se ingresan en una estufa a 60°C por 24 h para evaporar el agua. Una vez que el alimento está seco se pesa.

5.5.7.3. Eclosión de larvas de Artemia

Primero deben hidratarse los cistos con agua dulce potable y con aireación constante por 1 h, posterior a ello deben sacarse del agua con un tamiz de 150 micras de abertura de malla. Para la descapsulación de los cistos deben lavarse con una solución de cloro y agua dulce (1:1) por cada 200 g de cistos, este procedimiento debe durar estrictamente 6 minutos y 30 segundos.

Pasado este tiempo los cistos deben enjuagarse con abundante agua hasta que no desprendan más olor a la solución de cloro y agua.

Finalmente, los cistos descapsulados se disponen en agua de mar microfiltrada y se cultivan según las indicaciones tradicionales (27°C, iluminación y aireación constante por 24 h.).

5.5.7.4. Alícuota de Artemia

Para establecer la alícuota de *Artemia* necesarias para realizar el objetivo 4.5.5. del proyecto, se calcula con cuantas pipeteadas se extraen 1500 *Artemia* del pool previamente eclosionado. Se disponen 1500 *Artemia* por cada individuo del tratamiento. La cantidad de *Artemia* se determinó en base a los resultados obtenidos por Gallardo (2017).

5.5.8. Experimento: comportamiento con respecto a la disponibilidad de alimento

La monopolización de alimento se realiza principalmente con el uso de los quelípedos y el maxilípedo 3 (Fig. 89). Ambos apéndices se utilizaron tanto en la manipulación del bolo como en el posicionamiento del mismo frente a los demás apéndices bucales encargados de su desintegración para la ingestión del alimento. No se observaron diferencias significativas entre tratamientos (P> 0,05) tanto para los eventos, duración y tasa de monopolización del bolo de pellet. Sin embargo, los eventos fueron mayores en el tratamiento 4 (0,018 g de alimento + 1500 *Artemia* vivas), pero solo fue observado en 2 de las 3 réplicas. El tiempo de monopolización del tratamiento 3 (menor alimento disponible, 0,018 g de alimento) donde el tiempo de monopolización fue en promedio mayor que en el resto. La tasa de monopolización se observó en el tratamiento 1 (mayor cantidad de alimento) (Tabla 18, Fig. 90).



Fig. 89. Capturas de video de grabaciones para Experimento de Comportamiento en función de disponibilidad de alimento. A) vista general de las cámaras de incubación. B) monopolización del alimento. C) Conducta agonística: pelea por alimento.

Tabla 18. Registro promedio de Comportamiento de monopolización de alimento en 4 tratamientos de disponibilidad de alimento. Tratamiento 1 (Trat1): 0,075 g de alimento, Tratamiento 2 (Trat2): 0,0375 g de alimento, Tratamiento 3 (Trat3): 0,018 g de alimento y Tratamiento 4 (Trat4): 0,018 g de alimento + 1500 Artemia vivas. Comportamiento observado durante una hora de grabación.

Tratamiento	N° réplicas con eventos de Monopolización	Eventos promedio de monopolización	sd	Duración promedio de eventos de monopolización (seg)	sd	Tasa promedio de eventos de monopolización (eventos/min)	ds
Trat1	3	1,9	1,5	278,7	252,8	0,9	0,8
Trat2	3	1,7	1,7	150,0	169,2	2,1	2,1
Trat3	2	1,9	3,1	393,3	354,8	1,2	0,7
Trat4	2	3,7	4,5	297,3	325,4	3,8	5,45



Fig. 90. Monopolización del bolo de pellet en juveniles de *P. monodon*. En condiciones de normoxia a 11°C en función de la disponibilidad de alimento Tratamiento 1 (Trat1): 0,075 g de alimento, Tratamiento 2 (Trat2): 0,0375 g de alimento, Tratamiento 3 (Trat3): 0,018 g de alimento y Tratamiento 4 (Trat4): 0,018 g de alimento + 1500 Artemia vivas. A número de eventos de monopolización del bolo de pellet. B tiempo de monopolización de del bolo de pellet en segundos. C tasa de monopolización del bolo de pellet (eventos/min).

El uso del quelípedo para manipular el alimento no fue significativamente diferente entre tratamientos (p=0,0507), el quelípedo fue usado para desarmar el bollo de pellet y llevar trozos directamente a los apéndices bucales. Además, en el caso del tratamiento 4 que contenía

Artemia vivas se puedo observar que los juveniles las cazaban usando los quelípedos, siendo el tratamiento que registró mayores eventos de uso de quelípedo asociado a la alimentación (Fig. 91).



Fig. 91. Uso de los quelípedos para la manipulación del alimento en juveniles de *P. monodon.* La observación se realizó por medio de filmaciones de 1h de duración, en condiciones de normoxia a 11°C en función de la disponibilidad de alimento Tratamiento 1 (Trat1): 0,075 g de alimento, Tratamiento 2 (Trat2): 0,0375 g de alimento, Tratamiento 3 (Trat3): 0,018 g de alimento y Tratamiento 4 (Trat4): 0,018 g de alimento + 1500 *Artemia* vivas.

Filtración: Durante los eventos antagónicos y la manipulación del alimento por parte de los juveniles se desprendían partículas de pellet en la unidad experimental. Es por ello que los juveniles disponían de alimento en suspensión, además de las *Artemias* vivas en el caso del tratamiento 4 (Fig. 92). En general, durante las grabaciones se observó que los langostinos colorados juveniles están constantemente filtrando, utilizando tanto el escafognatito y los maxilípedos. Debido a su tamaño y la posición de los individuos fue imposible determinar la tasa de filtración, solo se pudo contabilizar los momentos (cada momento se contabilizó como evento) y el tiempo en los cuales mantuvieron en movimiento los apéndices bucales. Los eventos de filtración no presentaron diferencias significativas entre tratamientos, pero en promedio fueron mayores para los tratamientos 1 y 4. En el tratamiento 2, se registraron menos eventos pero de mayor duración, en comparación con los tratamientos 3 y 4. La

duración de estos eventos de filtración fue significativamente mayor en el tratamiento 1 y 2 (p<0,001) donde la mayoría de los organismos filtraron durante 30 min aproximadamente (Fig. 92).



Fig. 92. Eventos y duración filtración de juveniles de *P. monodon*, filmados por una hora en presencia de alimento. Las conductas fueron filmadas en condiciones de normoxia a 11°C en función de la disponibilidad de alimento Tratamiento 1 (Trat1): 0,075 g de alimento, Tratamiento 2 (Trat2): 0,0375 g de alimento, Tratamiento 3 (Trat3): 0,018 g de alimento y Tratamiento 4 (Trat4): 0,018 g de alimento + 1500 *Artemia* vivas. A número de eventos de filtración. B duración de los eventos de filtración (seg).

Comportamientos antagonistas: En general todos los eventos de antagonismos (peleas) se desarrollaron por la disputa del bolo de pellet entre 2 o más individuos. Los eventos antagónicos y su duración no fueron significativamente diferentes entre tratamientos de disponibilidad de alimento. Sin embargo, el tratamiento 3 (menor disponibilidad de alimento) tuvo en promedio 4,1 eventos antagónicos, mientras que el resto de los tratamientos se observaron <2 eventos antagónicos en promedio (Tabla 19). Los eventos antagónicos en general duraron entre un par de segundos hasta <1 min, con excepción de un evento de pelea por el bolo de pellet de duro más de 8 min en el tratamiento 3 (menor disponibilidad de

alimento) y otro de 2,6 en el tratamiento 4 (Fig. 93). La mayoría de los eventos finalizaba con la huida de alguno de los individuos quien terminaba monopolizando el bolo de pellet.

Tabla 19. Registro promedio de eventos y duración de Comportamiento antagónico en 4 tratamientos de disponibilidad de alimento. Tratamiento 1 (Trat1): 0,075 g de alimento, Tratamiento 2 (Trat2): 0,0375 g de alimento, Tratamiento 3 (Trat3): 0,018 g de alimento y Tratamiento 4 (Trat4): 0,018 g de alimento + 1500 Artemia vivas. Comportamiento observado durante una hora de grabación.



Fig. 93. Eventos y duración de conductas antagónicas de juveniles de *P. monodon*, filmados por una hora en presencia de alimento. Las conductas fueron filmadas en condiciones de normoxia a 11°C en función de la disponibilidad de alimento Tratamiento 1 (Trat1): 0,075 g de alimento, Tratamiento 2 (Trat2): 0,0375 g de alimento, Tratamiento 3 (Trat3): 0,018 g de alimento y Tratamiento 4 (Trat4): 0,018 g de alimento + 1500 *Artemia* vivas. A número de eventos antagónicos. B duración de los eventos antagónicos (seg).

5.5.9. CONCLUSIONES

- La temperatura tiene un efecto positivo sobre el crecimiento de *P. monodon* en cautiverio. Luego de 38 días de incubación los juveniles mantenidos a 11°C alcanzaron tallas significativamente mayores a los incubados a 15°C. Los juveniles mantenidos a 15°C aunque mudaron con mayor frecuencia, esto no se tradujo en mayor crecimiento.
- El comportamiento descrito en general para langostino colorado, que incluye filtrar material particulado, manipular su alimento usando quelípedos y apéndices bucales simultáneamente, cazar presas vivas usando sus quelípedos, también se observa en condiciones de laboratorio sin restricción de alimento.
- Juveniles de *P. monodon* exhibieron comportamientos agonísticos asociados a la alimentación, y se produjeron independientemente de la cantidad o tipo de alimento ofrecido. Los eventos agonísticos fueron de corta duración y fueron más frecuente a mayor densidad. Este tipo de comportamiento agonístico ha sido escasamente descrito para langostinos, siendo relacionado a la alimentación, territorio, competencia sexual y por el refugio.

5.6. OBJETIVO ESPECIFICO 6

Evaluar relaciones entre la población reproductora, el medio ambiente, el reclutamiento y las variables pesqueras.

5.6.1. Relación entre el reclutamiento y variables pesqueras

Las series de tiempo de desembarque, mortalidad por pesca, biomasa desovante y reclutamiento muestran los cambios que han sido estimados según la evaluación de stock más reciente.

Camarón nailon – Unidad de Pesquería Norte

La Unidad de Pesquería del camarón nailon corresponde a la zona entre la región de Antofgasta y del Biobío. Sin embargo, en los Seguimientos que realiza el Instituto de Fomento Pesquero se han establecido una sub Unidad de Pesquería Norte entre la región de Antofagasta y de Coquimbo y una Unidad de Pesquería Sur entre la región de Valparaíso y la del Biobío.

La Unidad de Pesquería Norte (UPN), muestra un sostenido aumento de las capturas después de 1982, hasta lograr un máximo cercano a 5,5 mil toneladas en 1999, para posteriormente iniciar una tendencia a disminuir y posterior estabilidad en el periodo 2011 - 2019 (Fig. 94A). La biomasa reproductora de las hembras mostró oscilaciones en torno de 5 mil toneladas entre 1960 y 1980, con un máximo a comienzos de los años 1970. Posteriormente la biomasa reproductora disminuyó hasta comienzos de los años 1990 y se estabilizó en torno de 2,5 mil toneladas. Después de 2002, hubo una recuperación y desde 2004, la biomasa reproductora se ubicó en torno de 5 mil toneladas hasta 2019 (Fig. 94B). La mortalidad por pesca se correlaciona con los cambios en las capturas, destacando la tendencia a disminuir en el periodo más reciente comprendido entre 2009 y 2019 (Fig. 94C).

Los cambios en el reclutamiento muestran un periodo con reclutamientos bajos desde 1960 a 1980, interrumpidos por un periodo corto de cuatro años con reclutamiento altos a fines de los

años 60 y que determinaron el aumento de la biomasa reproductora. A partir de 1980, el reclutamiento aumenta y particularmente desde 1989 a 1997, para posteriormente disminuir y estabilizarse a contar de 2005 hasta 2019 (Fig. 94D).



Fig. 94. Camarón nailon en la Unidad de Pesquería Norte: Desembarque (A), biomasa desovante (B), mortalidad por pesca (C) y reclutamiento (D). El área sombreada en la mortalidad por pesca y biomasa desovante representa ± 2 errores estándar.

Camarón nailon – Unidad de Pesquería Sur

El camarón nailon en la Unidad de Pesquería Sur (UPS) mostró un crecimiento exponencial de los desembarques desde 1958 a 1966, para posteriormente exhibir fluctuaciones interanuales hasta 1979. Posteriormente, el desembarque disminuye abruptamente en 1980, recuperándose en 1983, pero vuelve a disminuir a un nivel bajo en 1984. Después de este año, el desembarque comienza un periodo de recuperación con desembarques crecientes hasta 1995 y

1996, para volver a disminuir en 2000. Después del 2002, el desembarque vuelve a recuperarse para estabilizarse en torno de 3,5 mil toneladas hasta 2019 (Fig. 95A).

La biomasa reproductora de las hembras mostró valores cercanos a las 10 mil toneladas en el periodo 1940 - 1965, para posteriormente disminuir sostenidamente hasta 1980 y estabilizarse en niveles bajos hasta el año 2000. Después de este año, se registra una recuperación hasta 2012 y después una leve disminución hasta 2019 (Fig. 95B). La mortalidad por pesca se incrementó exponencialmente desde 1960 hasta 1970 y se mantuvo alta y con fluctuaciones hasta el año 2000, año a partir del cual disminuye significativamente y se estabiliza en el 2012, para posteriormente mostrar una leve tendencia creciente hasta 2019 (Fig. 95C).

Los cambios en el reclutamiento presentan cambios similares al desembarque, lo que podría indicar la dependencia de la pesquería de los cambios en el reclutamiento. Se desataca que el reclutamiento del periodo 1940 - 1960 son estimaciones que siguen la relación stock-recluta, y no deben ser considerados al momento de evaluar cambios en esta variable (Fig. 95D).


Fig. 95. Camarón nailon en la Unidad de Pesquería Sur: Desembarque (A), biomasa desovante (B), mortalidad por pesca (C) y reclutamiento (D). El área sombreada en la mortalidad por pesca y biomasa desovante representa ± 2 errores estándar.

Langostino amarillo – Unidad de Pesquería Norte

El periodo de evaluación del langostino amarillo en la Unidad de Pesquería Norte cubre desde 1998 al 2018. Los desembarques muestran fluctuaciones en torno de mil toneladas, con valores altos por sobre las dos mil toneladas en 2000 y 2002, y el más bajo en 2015 (Fig. 96A). La biomasa reproductora de las hembras mostró una tendencia creciente desde cerca de 2500 toneladas hasta superar levemente las 10 mil toneladas en 2009, para posteriormente mostrar una tendencia decreciente hasta el 2019, con 2,6 mil toneladas (Fig. 96B).

La mortalidad por pesca aumentó en el año 2000, alcanzando el valor más alto en 2002; posteriormente, la mortalidad por pesca disminuye y se estabiliza en valores bajos hasta el año 2015. Después de 2015, se observa una leve tendencia al aumento (Fig. 96C). El reclutamiento

muestra un periodo estable entre 1998 y 2013, con fluctuaciones interanuales importantes. Destaca el periodo con reclutamientos altos que ocurrieron entre 2004 y 2007, y que posibilitaron el aumento de la biomasa reproductora subsecuentemente. Después de 2013, los reclutamientos son bajos y estables hasta el 2018 (Fig. 96D).

Langostino amarillo – Unidad de Pesquería Sur

El periodo de evaluación del langostino amarillo en la Unidad de Pesquería Sur cubre desde 1979 al 2019. Los desembarques muestran fluctuaciones en torno de tres mil toneladas, con valores altos por sobre las seis mil toneladas en 1981, 1997 y 1998, y el más bajo en 2001 (Fig. 97A). El desembarque de langostino amarillo aumentó por sobre tres mil toneladas desde 2007 a 2011.

A comienzos de 1979, la biomasa reproductora era cercana a cinco mil toneladas y comenzó a incrementarse hasta superar levemente las 20 mil toneladas en 2005 (Fig. 92B). El aumento en biomasa se realizó con fluctuaciones, observándose disminuciones relativas a lo largo de la tendencia creciente (Fig. 97B).



Fig. 96. Langostino amarillo en la Unidad de Pesquería Norte: Desembarque (A), biomasa desovante (B), mortalidad por pesca (C) y reclutamiento (D). El área sombreada en la mortalidad por pesca y biomasa desovante representa ± 2 errores estándar.

La mortalidad por pesca fue alta en 1981-82, pero posteriormente disminuyó notablemente hasta el 2001. Después de 2002, la mortalidad por pesca comenzó a incrementarse hasta el 2019, pero en valores bajos (Fig. 97C). El reclutamiento, por su parte, muestra reclutamientos esporádicos altos a lo largo de la serie; casos de 1985 - 86, 1990 y 2000. Después de reclutamientos altos a comienzos de los años 2000 (Fig. 97D), se observa una tendencia a la disminución que está influyendo en la tendencia decreciente que se observa en la biomasa reproductora (Fig. 97B).



Fig. 97. Langostino amarillo en la Unidad de Pesquería Sur: Desembarque (A), biomasa desovante (B), mortalidad por pesca (C) y reclutamiento (D). El área sombreada en la mortalidad por pesca y biomasa desovante representa ± 2 errores estándar.

Langostino colorado - Unidad de Pesquería Norte

La pesquería de langostino colorado comenzó en 1998, año a partir del cual se evalúa con modelos de evaluación de stock. Aunque la serie de tiempo es la más corta, se observa que las capturas aumentaron rápidamente por sobre dos mil toneladas en el año 2000 y 2002, para posteriormente ubicarse en torno de mil ochocientas toneladas hasta 2013 (Fig. 98A). La biomasa reproductora se mantuvo en cerca de cinco mil toneladas entre 1998 y 2005, para después aumentar hasta diez mil toneladas en 2009, y a partir de entonces comenzar una tendencia a la disminución hasta el 2018 (Fig. 98B).

La mortalidad por pesca fue alta entre 2000 y 2002, para después disminuir y estabilizarse en niveles bajos hasta el 2015 (Fig. 98C). Después del 2015, se registra una tendencia al aumento hasta 2018, pero en niveles bajos. El reclutamiento es variable, con niveles altos entre 2005 y 2007 posibilitando el aumento en biomasa. Posteriormente disminuye notablemente en 2009, se recupera a niveles medios entre 2010 y 2013, y mantiene en niveles más bajos desde 2014 al 2018 (Fig. 98D).



Fig. 98. Langostino colorado en la Unidad de Pesquería Norte: Desembarque (A), biomasa desovante (B), mortalidad por pesca (C) y reclutamiento (D). El área sombreada en la mortalidad por pesca y biomasa desovante representa ± 2 errores estándar.

Langostino colorado – Unidad de Pesquería Sur

En la unidad de pesquería sur, el langostino colorado se evalúa desde 1968 al 2018. Los registros de desembarques de langostino colorado fluctuaron entre 20 mil y 40 mil toneladas entre 1969 y 1979; con un máximo de 62,7 mil toneladas en 1976 (Fig. 99A). En 1980, el desembarque fue muy bajo y la pesquería entra en veda en 1981 y 1982. La apertura de la pesquería no logra niveles de desembarques registrados en la década pasada, y se decreta un nuevo periodo de veda entre 1989 y 1991. La pesquería se abre en 1992, y el desembarque comenzó un aumento sostenido hasta el 2000. No obstante, la biomasa registrada en cruceros de área barrida demostró un deterioro de la biomasa y se decreta una nueva veda que se extendió por ocho años. La pesquería vuelve a operar a partir de 2009, con desembarques en torno de cinco mil toneladas (Fig. 99A).

La biomasa reproductora fue alta los tres primeros años de la serie, y comenzó a disminuir hasta alcanzar el valor más bajo el año 1979 (Fig. 99B). Posteriormente, se registró una recuperación hasta mitad de los años noventa, pero declinó nuevamente hasta alcanzar niveles muy bajos en el 2000. La recuperación de la biomasa reproductora ocurre en 2008 y se mantiene hasta 2010, año a partir del cual nuevamente se observa una tendencia decreciente hasta 2018, en torno de quince mil toneladas (Fig. 99B). La mortalidad por pesca muestra valores extraordinariamente altos, justo antes del colapso de la biomasa reproductora y antes de los periodos de veda previamente descritos. Desde 2009 al 2018, la mortalidad por pesca muestra muestra una tendencia al aumento, pero en niveles bajos (Fig. 99C).

El reclutamiento de langostino colorado muestra periodos en los que fueron altos, registrándose reclutamientos altos y muy bajos esporádicos dentro de estos periodos. Se observa que los reclutamientos del periodo 2011 - 2018, los reclutamientos han sido bajos (Fig. 99D).



Fig. 99. Langostino colorado en la Unidad de Pesquería Sur: Desembarque (A), biomasa desovante (B), mortalidad por pesca (C) y reclutamiento (D). El área sombreada en la mortalidad por pesca y biomasa desovante representa ± 2 errores estándar.

Patrones de fluctuación del reclutamiento de los crustáceos

El patrón de fluctuación del reclutamiento de los crustáceos demersales, expresado mediante anomalías estándar, se muestra en la Figura 100 para el periodo 1970 - 2019. El reclutamiento del camarón nailon en la Unidad de Pesquería norte exhibe bloques de años en que el reclutamiento es bajo (periodo 1970 - 1979), o es alto (periodo 1989 - 1997), mientras que el resto de los crustáceos muestra patrones de fluctuación irregulares con reclutamientos extremadamente bajos y esporádicos, como en el caso del camarón nailon en la Unidad de Pesquería Sur (años 1981, 1995 - 96), y langostino colorado en 1998 - 99 (Fig. 100).

Asimismo, destaca un periodo de reclutamientos bajos entre 2011 y 2019 tanto para langostino amarillo como langostino colorado (Fig. 100).



Fig. 100. Anomalías estandarizadas del reclutamiento (transformado a logaritmo) de camarón nailon, langostino amarillo y langostino colorado en las respectivas Unidades de Pesquería Norte (primera fila, panel A), y de Pesquería Sur (última fila, panel B).

Según la prueba de Dickey-Fuller Aumentado, ninguna de las series de tiempo de reclutamiento de los crustáceos demersales es estacionaria (Tabla 20).

Tabla 20. Test de Dickey-Fuller aumentado (Test ADF) para evaluar la estacionaridad de las series de tiempo de anomalías estandarizadas de reclutamiento de crustáceos demersales.

Pesquería	Periodo	Test ADF	Р
Camarón UPN	1961-2019	-2,335	0,439
Camarón UPS	1945-2019	-2,351	0,433
L. amarillo UPN	1985-2019	-1,830	0,639
L. amarillo UPS	1979-2019	-2,099	0,535
L. colorado UPN	1998-2018	-2,214	0,491
L. colorado UPS	1968-2018	-3,053	0,153

Las anomalías del reclutamiento y de la biomasa reproductora muestran que algunos crustáceos demersales presentan algunos patrones similares de fluctuación, destacando el periodo después del año 2000 (Fig. 101). En efecto, el análisis de factor dinámico demostró que hay tres tendencias comunes en el patrón de fluctuación del reclutamiento de los crustáceos demersales (Tabla 21).



Fig. 101. Comparación de las anomalías estandarizadas del reclutamiento (A) y de la biomasa reproductora (B) de los crustáceos demersales en el periodo 1970-2019.

Tabla 21. Análisis de factor dinámico aplicado a las series de tiempo de las anomalías estandarizadas del logaritmo del reclutamiento de crustáceos demersales. El mejor modelo se indica en negritas (nomenclatura: m = número de patrones comunes, logLik= log-verosimilitud, K = número de parámetros, AICc = criterio de información de Akaike corregido).

	Matriz de varianza-				
Modelo	covarianza (R)	m	logLik	Κ	AICc
1	diagonal and equal	1	-321.8	7	658.1
2	diagonal and equal	2	-304.8	12	634.9
3	diagonal and equal	3	-294.5	16	623.4
4	diagonal and equal	4	-294.5	19	630.4
5	diagonal and equal	5	-294.7	21	635.5
6	diagonal and unequal	1	-318.0	12	661.4
7	diagonal and unequal	2	-293.0	17	622.8
8	diagonal and unequal	3	-286.9	21	620.0
9	diagonal and unequal	4	-286.9	24	627.2
10	diagonal and unequal	5	-290.4	26	639.2
11	unconstrained	1	-299.5	27	659.9
12	unconstrained	2	-281.6	32	637.1
13	unconstrained	3	-271.4	36	627.6
14	unconstrained	4	-271.3	39	635.8
15	unconstrained	5	-271.2	41	641.2

Los patrones comunes de fluctuación de los crustáceos demersales en el periodo 1970 - 2019, se muestra en la Figura 102. La primera tendencia común está dominada por el reclutamiento de camarón nailon de la Unidad de Pesquería Norte (factor de carga = 0,447), la segunda tendencia común es una combinación de las fluctuaciones del reclutamiento de camarón nailon de la Unidad de Pesquería Sur (factor de carga = 0,381), langostino amarillo UPN (factor de carga = 0,47), langostino colorado UPN (factor de carga = 0,36) y langostino colorado UPS (factor de carga = 0,449). El tercer patrón común es más bien residual, y explica la tendencia a declinar en el reclutamiento de los crustáceos demersales a partir del año 2000, y que se explica por el reclutamiento del langostino amarillo de la Unidad de Pesquería Sur (factor de carga = 0,284).



Fig. 102. Patrones de fluctuación comunes en el reclutamiento de crustáceos demersales obtenidos mediante el análisis de factor dinámico, periodo 1970 - 2019.

Sensibilidad a la variabilidad climática

Los índices climáticos que podrían explicar las tendencias comunes deducidas para los crustáceos demersales, se muestran en la Figura 103. Se observa que el Indice de la Oscilación del Sur (IOS) revela años cálidos asociados a eventos El Niño, casos de 1972 - 73, 1976 - 77, 1982 - 83, 1987, 1991 - 92; 1994, 1997 - 98, 2002, 2004, 2009 y 2015; y La Niña en 1970 - 71, 1973 - 75, 1985, 1988 - 89, 1995 - 96, 1998 - 2000, 2007 - 08 y 2010 - 11 (Fig. 103A). El Indice de la Corriente de Humboldt muestra bloques de años en que la circulación atmosférica se mantuvo debilitada y determinando años cálidos (periodo 1979 - 1996), así como intensificada y asociada con años fríos con dos periodos, uno entre 1970 - 78 y otro entre 1997

- 2015 (Fig. 103B). El índice Interdecadal del Océano Pacífico tiene una señal intermedia entre el IOS y el ICH, aunque más similar al IOS (Fig. 103C).

El análisis de sensibilidad se realizó considerando la correlación acumulada entre las tendencias comunes del reclutamiento y los índices climáticos. Se observa que el primer patrón de fluctuación comenzó a ser sensible sólo al Indice de Corriente de Humboldt a partir de 1987 hasta 2000, periodo durante el cual la correlación acumulada fue significativa (Fig. 104A). Posteriormente, la correlación disminuye muy cerca de la frontera del coeficiente de correlación crítica hasta 2019, situación que también ocurre con el SOI e IPO (Fig. 104A). Este patrón de fluctuación refleja los cambios en el reclutamiento de camarón nailon en la Unidad de Pesquería Norte principalmente.

El segundo patrón de fluctuación, que representa al camarón nailon UPS, langostino amarillo UPN, langostino colorado UPN y langostino colorado UPS fue sensible al índice de la corriente de Humboldt hasta el 2011, año a partir del cual dicha sensibilidad se pierde hasta el 2019 (Fig. 104B). Se observa que también fue sensible a los cambios en el Indice Interdecadal del Pacífico (TPI) hasta el 2000, año a partir del cual la sensibilidad se pierde hasta 2019 (Fig. 99B). El tercer patrón de fluctuación del reclutamiento, que representa al langostino amarillo UPS, comenzó a ser sensible sólo al Indice de Corriente de Humboldt a partir de 1987 hasta 1997, periodo durante el cual la correlación acumulada fue significativa (Fig. 104B).

Se destaca la sensibilidad positiva al Indice de la Corriente de Humboldt del segundo patrón de fluctuación del reclutamiento, lo que implica que valores positivos de este índice favorecen al reclutamiento; esto es, periodos fríos. Las tendencias opuestas con el índice de la Oscilación del Sur y el Indice Interdecadal del Pacífico, sólo se debe al cambio de signo utilizado para representar años cálidos y fríos (Fig. 103).



Fig. 103. Indices climáticos para el Océano Pacífico Suroriental: índice de la Oscilación del Sur (A), el Indice de la Corriente de Humboldt (B), y el índice Interdecadal Pacific Oscillation (IPO) o Tripole Pacific Index (TPI) (C) en el periodo 1970 -2019.



Fig. 104. Sensibilidad de los patrones de fluctuación del reclutamiento de crustáceos demersales a la variabilidad climática del Pacífico Suroriental, expresada como correlación acumulada entre: Tendencia 1 (A), Tendencia (B) y Tendencia 3 (C), en relación con el Indice de la Corriente de Humboldt (HCI), Índice de la Oscilación del Sur (SOI), e Índice Tripolo del Pacífico (TPI) o Índice Interdecadal del Océano Pacífico. Periodo 1970-2019).

5.6.2. Relación con reclutamiento

5.6.2.1. Proporción anual de reclutas y juveniles

5.6.2.1.1. Langostino amarillo

La proporción de reclutas en las capturas de langostino amarillo es baja, en torno a 0,4% promedio entre 2004 y 2017. Los reclutas fueron encontrados casi exclusivamente en la unidad de pesquería norte (UPN, II-IV Regiones) (Tabla 22).

Tabla 22. Proporción (%) de reclutas de langostino amarillo en las capturas muestrales por Unidad de Pesquería (UPN: Unidad de Pesquería Norte, regiones de Antofagasta a Coquimbo; UPS: Unidad de Pesquería Sur, regiones entre Valparaíso y del Biobío) entre 2004 y 2017.

Año	UPN	UPS
2004	0,732	0,010
2005	0,026	0,0
2006	0,128	0,0
2007	0,082	0,0
2008	0,035	0,0
2009	0,042	0,0
2010		
2011	0,0	0,0
2012	0,206	0,0
2013	0,0	0,0
2014	0,0	0,0
2015	1,213	0,0
2016	2,717	0,0
2017	0,0	0,0
Prom.	0,399	< 0,001

En el caso de los juveniles, la proporción (%) media anual fluctuó entre 27,5% en el año 2004 y 4,7% en el año 2014 (Tabla 23), existiendo diferencias significativas (p < 0,05) entre Unidades de Pesquería. La proporción anual de juveniles mostró una tendencia decreciente desde 2004 a 2014 y un leve incremento entre 2015 y 2017. La tendencia global decreciente de la proporción anual de juveniles se debe al comportamiento que ésta muestra en la Unidad

de Pesquería Norte dado que, en la pesquería Sur, la proporción de juveniles se mantiene en torno a 6,6% (Tabla 23, Fig. 105).

Año	UPN	UPS	Total
2004	44,55	10,39	27,47
2005	24,19	6,44	15,31
2006	27,11	8,26	17,69
2007	27,47	3,93	15,70
2008	23,51	6,21	14,86
2009	19,22	6,57	12,90
2010			
2011	7,51	3,27	5,39
2012	13,17	7,71	10,44
2013	4,26	5,52	4,89
2014	7,74	1,69	4,72
2015	4,84	12,78	8,81
2016	12,93	6,26	9,60
2017	7,70	6,18	6,94
Prom.	17,25	6,56	11,90

Tabla 23.Proporción (%) de juveniles de langostino amarillo en las capturas muestrales por
Unidad de Pesquería y total entre 2004 y 2017.

5.6.2.1.2. Langostino colorado

En el caso de langostino colorado, para el periodo 2004 - 2017, la proporción media de reclutas en las capturas se encontró en torno a 0,005 = 0,5%, no encontrándose diferencias significativas entre las Unidades de Pesquería Norte y Sur. La mayor proporción de reclutas ocurrió en el año 2015 en la UPN (2,7%) y en el año 2006 en la UPS (76,2%) (Tabla 24).



Fig. 105. Proporción (%) de juveniles en las capturas de langostino amarillo por Unidad de Pesquería (UPN: Unidad de Pesquería Norte, II-IV Regiones; UPS: Unidad de Pesquería Sur, V-VIII Región), entre 2004 y 2017.

En el caso de los juveniles, la proporción (%) media anual fluctuó entre 4,5% en el año 2013 y 56,8% en el año 2004 (Tabla 24), existiendo diferencias significativas (p < 0,05) entre Unidades de Pesquería (UPN = 19,1%; UPS = 27,1%). La proporción anual de juveniles mostró una tendencia decreciente desde 2004 a 2012, tanto en la UPN como en la UPS, siendo notoriamente marcada en esta última. De igual manera, en ambas Unidades de Pesquería ocurre un incremento de la proporción de juveniles entre 2013 y 2017 (Tabla 25, Fig. 106).

A ~	TIDN	UDC	T ()
Ano	UPN	UPS	lotal
2004	0,975	3,178	2,077
2005	0,231	1,321	0,776
2006	0,870	0,866	0,868
2007	0,001	0,439	0,220
2008	0,172	0,000	0,086
2009	0,638	0,000	0,319
2010			
2011	0,072	0,0	0,036
2012	0,0	0,0	0,0
2013	0,0	0,0	0,0
2014	0,662	0,278	0,470
2015	2,683	0,060	1,372
2016	0,493	0,200	0,347
2017	0,356	0,000	0,178
Prom.	0,550	0,488	0,519

Tabla 24. Proporción (%) de reclutas de langostino colorado en las capturas muestrales por Unidad de Pesquería y total entre 2004 y 2017.

Tabla 25. Proporción (%) de juveniles de langostino colorado en las capturas muestrales por Unidad de Pesquería y total entre 2004 y 2017.

Año	UPN	UPS	Total
2004	39,30	74,19	56,75
2005	25,86	67,80	46,83
2006	38,90	49,33	44,12
2007	22,10	28,72	25,41
2008	15,23	25,20	20,22
2009	14,59	9,76	12,18
2010			
2011	17,45	12,26	14,86
2012	7,66	4,13	5,90
2013	5,79	3,18	4,49
2014	10,87	7,32	9,10
2015	11,47	28,15	19,81
2016	25,79	22,47	24,13
2017	13,80	19,63	16,72
Prom.	19,14	27,09	23,11



Fig. 106. Proporción (%) de juveniles en las capturas de langostino colorado por Unidad de Pesquería entre 2004 y 2017.

5.6.2.1.3. Camarón nailon

Para el período 2004-2017, con la excepción del año 2007 y 2010, en el caso de camarón nailon, la proporción media de reclutas en las capturas se encontró en torno a 0,35%, con

diferencias significativas (p <- 0,05) entre la Unidad de Pesquería Norte y Sur. La mayor proporción de reclutas ocurrió en el año 2004 en la UPS (1,9%,) (78,5%) (Tabla 26).

Año	UPN	UPS	Total
2004	1,644	1,831	1,738
2005	1,637	0,785	1,211
2006	0,673	0,004	0,339
2007			
2008	0,760	0,0	0,380
2009	0,048	0,127	0,087
2010			
2011	0,005	0,623	0,314
2012	0,0	0,041	0,021
2013	0,0	0,008	0,004
2014	0,0	0,141	0,071
2015	0,0	0,026	0,013
2016	0,0	0,0	0,0
2017	0,0	0,0	0,0
Prom.	0,397	0,299	0,348

Tabla 26.Proporción (%) de reclutas de camarón nailon en las capturas muestrales por
Unidad de Pesquería y total entre 2004 y 2017.

En el caso de los juveniles, la proporción (%) media anual fluctuó entre 74,1% en el año 2005 y 66,5% en el año 2004, existiendo diferencias significativas (p < 0,05) entre Unidades de Pesquería (UPN = 63,1%; UPS = 47,7%). A diferencia de los langostinos, la proporción anual de juveniles de camarón nailon se mostró casi constante en la UPN, en torno a 60%, mientras que, en la UPS, se observó una tendencia decreciente desde 2005 a 2014, recuperándose a cerca de 58% en los años 2016 y 2017 (Tabla 27, Fig. 107).

Año	UPN	UPS	Total
2004	39,30	74,19	56,75
2005	25,86	67,80	46,83
2006	38,90	49,33	44,12
2007			
2008	65,10	43,22	54,16
2009	62,70	38,65	50,68
2010			
2011	58,42	36,44	47,43
2012	62,36	46,45	54,41
2013	69,85	42,62	56,24
2014	50,42	25,16	37,79
2015	54,61	29,91	42,26
2016	64,31	56,49	60,40
2017	61,12	55,74	58,43
Prom.	63,09	47,68	55,39

Tabla 27.Proporción (%) de juveniles de langostino colorado en las capturas muestrales por
Unidad de Pesquería y total entre 2004 y 2017.

5.6.2.2. Distribución espacial de la proporción de reclutas y juveniles

5.6.2.2.1. Langostino amarillo

La proporción de reclutas en las capturas de langostino amarillo entre 2004 y 2017 ocurrió solo en la UPN, y en particular en la Bahía de Coquimbo (Fig. 107). En el caso de los juveniles, la distribución espacial de la proporción media por celda reafirma lo que ya se observa con los reclutas, en el sentido que las mayores proporciones de juveniles se encuentran en la Unidad de Pesquería Norte (Fig. 108). En el Anexo 3 (Figs. 1 - 13) se muestra la distribución espacial de la proporción de juveniles por lance de pesca en los cruceros de evaluación directa de langostinos.



Fig. 107. Proporción (%) de juveniles en las capturas de camarón nailon por Unidad de Pesquería entre 2004 y 2017.



Fig. 108. Localización de lances de pesca con presencia de reclutas de langostino amarillo (puntos rojos) en la Unidad de Pesquería norte 2004 y 2017.



Fig. 109. Distribución espacial de la proporción media de juveniles de langostino amarillo por Unidad de Pesquería entre 2004 y 2017. Izquierda = UPN; Derecha = UPS.

5.6.2.2.2. Langostino colorado

El caso de langostino colorado, los reclutas se observaron principalmente en la Bahía de Coquimbo en la región del mismo nombre y al norte de punta Tumbes en la región del Biobío, así como en la boca norte del Golfo de Arauco. También se observó presencia de reclutas en la región de Atacama, en torno a Caldera y escasamente frente a San Antonio (región de Valparaíso) y Constitución (región del Maule) (Fig. 110).

En el caso de los juveniles de langostino colorado, la distribución espacial de la proporción media por celda reafirma lo que ya se observa con los reclutas, en el sentido que las mayores proporciones de juveniles se encuentran en la Unidad de Pesquería Norte en la Bahía de Coquimbo con un gradiente decreciente hacia el norte hasta Caldera. También destaca el área al norte de Punta Tumbes (Fig. 111). En el Anexo 2 (Figs. 14 a 26) se muestra la distribución espacial de la proporción de juveniles por lance de pesca en los cruceros de evaluación directa de langostinos.

5.6.2.2.3. Camarón nailon

Los reclutas de camarón nailon, a diferencia de los langostinos amarillo y colorado se encuentran ampliamente distribuidos en el área histórica de evaluación de tales recursos (regiones de Antofagasta a del Biobío), siguiendo la propia distribución de la especie (Fig. 112).

En el caso de los juveniles, la distribución espacial de la proporción media por celda revela que en la Unidad de Pesquería Norte (regiones de Atacama y Coquimbo, al norte de Lengua de Vaca), siguiendo la propia distribución del camarón, es donde ocurren las mayores proporciones de juveniles (> 60%). En la UPS, entre Valparaíso y Constitución la proporción media de juveniles se encuentra en torno 35%. Finalmente, entre el Cañón del Itata (sur de Constitución) y el Golfo de Arauco, la proporción de juveniles ocurre en torno a 55% (Fig. 113). En el Anexo 3 (Figs. 27 - 39) se muestra la distribución espacial de la proporción de juveniles por lance de pesca en los cruceros de evaluación directa de camarón nailon.



Fig. 110. Localización de lances de pesca con presencia de reclutas de langostino colorado (puntos rojos) por Unidad de Pesquería entre 2004 y 2017. Izquierda = UPN; Derecha = UPS.



Fig. 111. Distribución espacial de la proporción media de juveniles de langostino colorado por Unidad de Pesquería entre 2004 y 2017. Izquierda = UPN; Derecha = UPS.



Fig. 112. Localización de lances de pesca con presencia de reclutas de camarón nailon (puntos rojos) por Unidad de Pesquería entre 2004 y 2017. Izquierda = UPN; Derecha = UPS.



Fig. 113. Distribución espacial de la proporción media de juveniles de camarón nailon por Unidad de Pesquería entre 2004 y 2017. Izquierda = UPN; Derecha = UPS.

5.6.2.3. Análisis espacio-temporal de proporción de reclutas y juveniles

5.6.2.3.1. Langostino amarillo

El análisis espacio temporal de la mayor proporción media de juveniles de langostino amarillo ocurre casi exclusivamente en la Unidad de Pesquería Norte, y entre los años 2004 y 2007. Entre 2008 y 2017 se observa una disminución de la proporción de juveniles, y en los pocos casos en que son abundantes, estos se encuentran en torno a 28°S. En la Unidad de Pesquería Sur, la proporción de juveniles es generalmente baja y no muestra un patrón espacial definido (Fig. 114).

5.6.2.3.2. Langostino amarillo

El análisis espacio temporal de la proporción media de juveniles de langostino colorado entre 2004 y 2017 muestra que éstos fueron más abundantes en la Unidad de Pesquería Norte entre 2004 y 2006, 2001 y 2016 – 17. En la Unidad de Pesquería Sur, la mayor proporción de juveniles ocurrió entre 2004 y 2008, y más recientemente entre 2015 y 2017 (Fig. 115).

5.6.2.3.3. Camarón nailon

En el caso de la proporción de juveniles de camarón nailon, entre 2004 y 2006, la distribución espacial de los mayores valores (> 40%) ocurre en toda el área de distribución del recurso 25° - 37° S. Entre 2008 y 2015 ocurre una disminución de la proporción de juveniles al sur de 31°S (en torno a 30%) y se incrementa luego en 2016 y 2017 (Fig. 116).



Fig. 114. Análisis espacio-temporal de la proporción de juveniles de langostino amarillo entre 2004 y 2017.



Fig. 115. Análisis espacio-temporal de la proporción de juveniles de langostino colorado entre 2004 y 2017.



Fig. 116. Análisis espacio-temporal de la proporción de juveniles de camarón nailon entre 2004 y 2017.

5.6.2.4. Relación con variables pesqueras

5.6.2.4.1. Presencia de larvas de especies objetivo en el plancton

Como parte del reconocimiento de las larvas de las especies objetivo en el plancton, se han incluidos los principales hallazgos respecto de la mantención de hembras con huevos, el desarrollo embrionario y obtención de larvas de *Heterocarpus reedi*, *Pleuroncodes monodon* y *Cervimunida johni*, ya que son fundamentales para poder luego reconocerlas en las muestras planctónicas.

5.6.2.4.1.1. Observaciones sobre la mantención de hembras con huevos y larvas de *Heterocarpus reedi* en laboratorio

5.6.2.4.1.1.1. Mantención de hembras con huevos

Las hembras ovíferas de camarón nailon fueron obtenidas durante el Crucero FIPA-Cq1 (25/7/2018) con la rastra Agassiz, en la Estación E4, a 400 m de profundidad (Código: FIPA CQ-01, E4).

Los ejemplares rescatados vivos, fueron mantenidos en el laboratorio de Cultivo de Crustáceos de la UCN. Se separó un número de 6 hembras, que estaban con su masa ovígera homogénea y con los huevos sin evidencia de daños externos. Cada hembra se dispuso en un estanque de 20 L, se utilizó 4 estanques de color negro y dos de color blanco, debido a que no se conoce aún los requerimientos de la especie en cuanto su mantención en laboratorio, con agua de mar filtrada a 50 µm a una temperatura ambiente (13 - 14°C) y aeración muy baja (menos de lo normal utilizado en cultivos), considerando la exposición excesiva a oxígeno ambiental. Se consideró una alimentación formulada, consistente en un flan preparado con carne de jibia, camarón, leche y huevos, que se proporcionó a cada hembra en una ración diaria. Se realizó un recambio parcial de agua cada día y un recambio

del 100% a la semana. Las hembras fueron pesadas y medidas (LC), y se observó en detalle su comportamiento en las primeras 24 horas y luego diariamente, por un tiempo de 35 días.

Los procedimientos estandarizados para el manejo de los ejemplares en laboratorio se ajustaron a los protocolos definidos para la mantención de reproductores de camarón Protocolo N° 2: Sistematización y Control de la Reproducción en Cautiverio del Camarón de Río del Norte *Cryphiops caementarius*, P2-SCR/Diciembre de 2015.

5.6.2.4.1.1.2. Observación del desarrollo embrionario

Se llevó registro del desarrollo de los huevos para clasificarlos según el grado de avance del desarrollo de los embriones y la condición respecto de señales de observación de las estructuras internas y la viabilidad del embrión. Para ello, se utilizó la categorización que se tiene en el laboratorio para el desarrollo embrionario de otros crustáceos, como camarón de río y jaibas. Los huevos en cada estadio de desarrollo del embrión fueron fotografiados y observados diariamente para establecer las características de su desarrollo.

5.6.2.4.1.1.3. Obtención de larvas y desarrollo larvario

Fue posible obtener larvas de hembras individualizadas. Las larvas fueron recolectadas utilizando un sifón y mantenidas en un recipiente de 2 L para su cultivo. Se utilizó agua filtrada a 50 μ m a temperatura ambiente, microalgas *Nannochloris* spp. en el sistema de cultivo y una dieta de *Artemia franciscana* para los primeros estadios de desarrollo y también se probó con alimento formulado, consistente en Flan tamizado para un tamaño de partícula de 100 μ m.

Las larvas fueron observadas diariamente para caracterizar su desarrollo, registrar procesos de muda, comportamiento, consumo de alimento e indicadores de condición como reservas vitelinas, constitución del intestino anterior, medio y posterior, apertura del ano, llenado intestinal, condición de la musculatura y desarrollo de estructuras corporales externas. El
trabajo de laboratorio para la mantención de las larvas se estableció según el procedimiento del protocolo de trabajo N° 4, Cultivo Larvario y Producción de Juveniles de Camarón de Río del Norte *Cryphiops caementarius* P4- CLJ/ diciembre de 2015.

5.6.2.4.1.1.4. Hembras con huevos

El comportamiento inicial de las hembras fue de una natación lenta y en un principio un poco errática al ambientarse a los estanques de cultivo. El comportamiento en general fue bastante pasivo, sin movimientos bruscos, siendo los ejemplares de fácil manipulación. Se observó ojos muy brillantes cuando se exponen a una luz tenue, sobre todo con el contraste producido en los estanques de color negro.

A las 24 horas de mantención en laboratorio, las hembras se observaban en buen estado, no hubo mortalidad, pérdida de apéndices, ni de huevos. En general, en los estanques de mantención, permanecen quietas en el fondo y en algunas ocasiones nadan suavemente y mueven sus pleópodos, ventilando la masa de huevos de manera suave y armónica (Fig. 117).



Fig. 117. Hembra con huevos de *H, reedi*, Se visualiza el movimiento de los pleópodos durante la natación.

Del grupo general de hembras observadas en la muestra, había ejemplares más claros con tonalidades de color blanco, con los pereiópodos que presentan parte de sus segmentos de color blanco y rojo. Otras hembras presentan un color rojo más homogéneo. El promedio de peso de las 6 hembras fue de $14,42 \pm 4,3$ g. Las hembras tuvieron un consumo de alimento muy bajo, menos del 10% de la ración que se les entregaba diariamente. En general nunca se observó un comportamiento muy activo, permaneciendo la mayor parte del tiempo muy quietas en el fondo del estanque y solo se observaron movimientos más activos cuando se realizaba el cambio de agua.

5.6.2.4.1.1.5. Observación de los huevos y del desarrollo embrionario

Los huevos se observaron en muy buenas condiciones. Permanecieron bien adheridos a los pleópodos. En general todas las hembras observadas, portaban una cantidad abundante de huevos que se mantiene como una masa homogénea, sin huevos dañados y no hubo desprendimiento de éstos al manipular a la hembra. Los huevos presentaban un color café verdoso a café rojizo. No se observó diferencias entre ambos tipos de hembras observadas (Las que tienen sus apéndices con segmentos de color blanco y aquellas que son más rojizas) (Fig. 118).

Los huevos con embriones en estados más tempranos de desarrollo se observan más oscuros y aquellos en que el embrión está más desarrollado se ven más claros e incluso se observa a simple vista, los ojos de los embriones.

De las 6 hembras que se mantuvieron en el laboratorio, se separó dos que presentaban un color más rojizo y otras 4 con sus pereiópodos de color blanco y rojo. La mayoría de las hembras observadas portaba huevos en estadios medianamente avanzados y avanzados, es decir, desde un estadio 3 en adelante. Tienen forma ovoide y los embriones se observan activos, con el corazón claramente definido y latiendo pausadamente.



Fig. 118. Hembras de *H. reedi* con huevos. Abajo una hembra que presenta sus apéndices torácicos con segmentos blancos y arriba una hembra con una coloración más homogénea de color rojo.

Según las etapas estándares de desarrollo embrionario, en que generalmente se definen 4 estadios, el desarrollo embrionario de este camarón no se ajusta bien, ya que al parecer tiene más de 4 estadios claramente diferenciables.

a) Estadio 2 de desarrollo embrionario,

Los huevos son ovalados, con un vitelo que abarca aproximadamente el 80% del huevo, se encuentra distribuido homogéneamente y con una zona más oscura en el centro, que se proyecta en sentido del eje longitudinal del huevo (Fig. 119). En esta etapa, no se observan movimientos del embrión. No obstante, se define la condición saludable de los huevos debido a que su color era brillante y translúcido en la zona lateral, sin vitelo. Todos los huevos se observaron en una misma condición de desarrollo y bien adheridos a los pleópodos de la madre.



Fig. 119. Segundo estadio de desarrollo embrionario de *H. reedi*.

b) Estadio 3 de desarrollo embrionario,

En este estadio se observa con claridad el primordio embrionario, el cual se mueve con leves espasmos. Se distingue los esbozos de algunos apéndices cefalotoráxicos que al proyectarse, definen claramente el eje longitudinal y consiguiente ubicación ventral y dorsal del cuerpo de la larva. La pigmentación ocular corresponde a dos estructuras en forma de línea curva dispuestas a ambos costados del embrión, permitiendo definir la zona anterior y posterior de la larva dentro del huevo (Fig. 120).



Fig. 120. Embrión de *H. reedi*, en estadio 3 de desarrollo.

c) Estadio 4 de desarrollo embrionario

Los huevos en este estadio de desarrollo permiten observar los apéndices del cefalotórax, correspondiente a los maxilípedos, antenas, anténulas y primeros pares de pereiópodos. La pigmentación ocular posee forma de semiesfera y se distinguen las facetas oculares. Aparece una pigmentación de color rojo en los apéndices cefalotoráxicos y se observa claramente el latido cardíaco, en una estructura con forma de cavidad cerrada, ubicada en la zona dorsal de la larva, en un espacio comprendido entre el cefalotórax y el abdomen. El intestino medio anterior se observa lobulado, con 4 secciones incipientemente formadas y que constituyen la zona de color café del embrión que corresponde al cefalotórax (Fig. 121).



Fig. 121. Estadio 4 del desarrollo embrionario de *H. reedi*.

d) Estadio 5 de desarrollo embrionario

En este estadio los pereiópodos se extienden más allá de la base de las antenas, quedando por encima de la ubicación de los ojos; que ahora tienen forma ovalada. Se observan claramente la segmentación y articulación de los pereiópodos y la pigmentación roja asociada a los apéndices cefalotoráxicos (Fig. 122). La transparencia de la membrana del huevo y de la larva, permite observar el intestino anterior, donde se distinguen claramente los cuatro lóbulos intestinales. Las reservas vitelinas de la larva se agrupan en glóbulos de color blanco y amarillo e incluso se puede distinguir que se desplazan hacia la zona del intestino medio y posterior (Fig. 123).



Fig. 122. Larvas de *H. reedi* en estadio 5 de desarrollo embrionario.



Fig. 123. Embrión de *H. reedi*, en el cual se observa la constitución del intestino medioanterior con 4 lóbulos digestivos.

Una mejor secuencia del desarrollo de los embriones en el estadio 5, fue posible de observar al posicionar un huevo en diferentes ángulos y vistas (lateral, ventral y dorsal). De esta manera, la caracterización del embrión es más precisa y factible de analizar en una dimensión más completa. Se pudo definir la disposición general del cuerpo, con un aumento importante en su volumen, adquiriendo una posición de enrollamiento sobre su parte ventral y rodeado por la membrana del huevo como si fuera una funda a punto de romperse. Se distinguen claramente los cinco pares de pereiópodos, las antenas y anténulas y los ojos en forma de esferas facetadas, y en el centro de éstos la espina rostral que se proyecta de manera curva por encima y entre los ojos en dirección hacia la punta de los pereiópodos, casi tocándose. En el intestino lobulado se distingue claramente los glóbulos de las reservas vitelinas y en la vista dorsal del embrión se observa el desplazamiento de éstas hacia el intestino posterior. En el caso de los cromatóforos los pigmentos de color rojo y naranja permiten definir claramente su patrón de distribución y la disposición de

cromatóforos más dispersos o estrellados y otros más concentrados principalmente en los apéndices cefalotoráxicos (Fig. 124).



Vista lateral

Vista ventral

Vista dorsal

Fig. 124. Estadio 5 de desarrollo larvario de *H. reedi* en diferentes vistas.

e) Estadio 6 de desarrollo embrionario y protozoea

El último estadio de desarrollo embrionario se caracteriza por ser una secuencia de eventos que dan origen a la protozoea. Es un proceso que dura dos a tres días en que es posible observar que las larvas comienzan a romper la membrana del huevo y salen lentamente permaneciendo en diferentes momentos de la eclosión aún adheridas a los pleópodos de la hembra. Las larvas presentan movimientos lentos a medida que van desplegando sus apéndices y desenrollando el cuerpo completamente (Fig. 125a). El rompimiento de la membrana del huevo lo realizan con los pereiópodos generando una protuberancia hasta que la membrana se rompe (Fig. 125b). Posteriormente, una vez que la larva ha salido del huevo permanece en posición semi enrollada sobre su parte ventral (Fig. 125c) y

lentamente comienza a desplegarse hasta quedar semi estirada (Fig. 125d). Es en esta etapa en que aún es posible observar los embriones adheridos a los pleópodos de la madre, y encontrar en las muestras, embriones y larvas en diferentes etapas finales del desarrollo embrionario.



Fig. 125. Secuencia del sexto estadio de desarrollo de *H*, *reedi* hasta protozoea.

La observación a simple vista de los huevos en esta etapa da cuenta de una masa ovífera con un color rojizo muy brillante en que se distingue un conglomerado de embriones y larvas desplegándose, en que no es posible distinguir los huevos como estructuras ovoides propiamente tales. Lo más destacado corresponde a los ojos larvales que se identifican fácilmente como puntos negros intensos (Fig. 126).

f) Desarrollo larvario

El desarrollo larvario se pudo alcanzar hasta el estadio de zoea 6. Se caracterizó el desarrollo larvario en función de la morfología general del cuerpo (Fig. 127), la forma y estructura del telson (Fig. 128) y la formulación de espinas, así como por el desarrollo de los apéndices cefalotorácicos. Se determinó el estado de condición, observando el consumo de alimento, el llenado intestinal y la eliminación de heces. También se realizaron observaciones del desarrollo del intestino anterior, medio y posterior.



Fig. 126. Observación de la masa de huevos de una hembra de *H, reedi*, en que es posible distinguir los embriones en los últimos estadios de desarrollo, incluso algunos ya en estadio de protozoea (Los puntos negros corresponden a los ojos de los camarones).



Fig. 127. Estadios de zoea de H. reedi. De izquierda a derecha estadio de zoea 1, 3 y 5.



Fig. 128. Forma y estructura del Telson de *H. reedi*. De izquierda a derecha estadios de zoea 1 a 4.

Las actividades realizadas, considerando una metodología de trabajo estandarizada para la mantención y cultivo de crustáceos y ajustada a los requerimientos de la especie, dan cuenta de la factibilidad de poder mantener ejemplares adultos, como hembras con huevos en un ambiente de laboratorio. Si bien no se conocen de manera específica las necesidades de *H. reedi*, sobre todo en lo referido a alimentación, fue posible mantener a las hembras por unos 35 días. Por lo que la descripción del desarrollo embrionario completo podría ser caracterizado sin dificultades.

En cuanto a las larvas, si bien consumieron el alimento vivo y formulado que se les entregó, solo fue para una mantención básica, pues es necesario considerar una dieta más específica. No obstante, es factible también comenzar la caracterización de los primeros estadios de desarrollo larvario.

Aun se necesitan más estudios de esta especie para poder obtener mayor información respecto a su reproducción y desarrollo larvario. Optimizando las condiciones de mantención, se considera factible mantener hembras y larvas por periodos prolongados de tiempo, para lograr el desarrollo completo. También, se considera factible mantener ejemplares adultos con la finalidad de registrar el proceso de reproducción y mudas.

Aspectos del comportamiento, forma de alimentación, desarrollo gonadal, reproducción, evaluación de las estructuras corporales, condiciones ambientales para su mantención, desarrollo ontogénico de sus sistemas en larvas, determinación de la fecundidad absoluta, etc. son temas factibles de llevar a cabo en laboratorio con los protocolos que actualmente se cuenta en el Laboratorio de Cultivo de Crustáceos del a UCN.

5.6.2.4.1.2. Observaciones sobre la mantención de larvas de *Pleuroncodes monodon* y *Cervimunida johni* en laboratorio.

El primer estado de desarrollo, en ambas especies se caracteriza por que los individuos presentan los ojos adheridos al cefalotórax, aspecto típico de larvas zoea 1. Las diferencias más evidentes corresponden a la forma del telson, presentando *C. johni* uno de mayor tamaño en longitud y con una dirección más recta de las espinas laterales, mientras que en *P. monodon* las espinas laterales del telson, presentan una leve curvatura hacia el eje del cuerpo. Además existen diferencias en la forma de la curvatura del extremo posterior del telson, la cual se presenta con una escotadura más pronunciada en *P. monodon* que en *C. johni* en que es más redondeada. En *P. monodon*, se presenta una mancha de color rojo y en forma de cruz entre los ojos, a nivel dorsal. La formulación de las espinas del telson es 6+6, en ambas especies (Fig. 129).



Fig. 129. Primer estado de desarrollo larval en *Cervimunida johni* (a) y *Pleuroncodes* monodon (b).

El segundo estado de desarrollo se caracteriza en ambas especies, por la presencia de ojos pedunculados, característica típica de estados de zoea 2 en crustáceos decápodos. La forma del telson mantiene las mismas características generales que en el estado anterior, a excepción de la aparición, en ambas especies, de una espina central, con una formulación de 7+7. No se observan diferencias en la forma del cefalotórax ni en el abdomen. En *P. monodon*, la pigmentación roja en forma de cruz se mantiene en la misma posición (Fig. 130b).



Fig. 130. Segundo estado de desarrollo larval en *Cervimunida johni* (a) y *Pleuroncodes* monodon (b).

El cuarto estado de desarrollo se caracteriza, en ambas especies, por la forma rectangular del telson, conservando la hendidura del borde posterior. Aparece el endopodito de los urópodos, el cual presenta setas en su borde interno. La formulación de las espinas del telson es 8+8. La principal característica en *P. monodon*, es que se observa clara y definidamente los 5 pares de pereiópodos, dispuestos en la cavidad ventral del cefalotórax y con forma de bastones terminados en una punta redondeada. En esta misma especie, se evidencia la aparición de los pleópodos, con forma de pequeñas protuberancias dispuestas de a pares en cada segmento abdominal. La formación de cromatóforos en forma de cruz aun es evidente. En *C. johni*, no se observa evidencias de la aparición de los pleópodos (Fig. 131).

El quinto estado de desarrollo se caracteriza por el incremento en el tamaño de los urópodos y la cantidad de setas, tanto en el exopodito como en el endopodito. El telson se alarga y en la zona central del borde posterior, se observa una pequeña hendidura, que es más pronunciada en *P. monodon*. La fórmula de las espinas del telson se mantiene en 8+8,



Fig. 131. Cuarto estado de desarrollo larval en *Cervimunida johni* (a) y *Pleuroncodes* monodon (b).

La estructuración de cromatóforos en la zona dorsal del cefalotórax, se mantiene en forma de cruz, pero levemente estrellada. Se observa el alargamiento y estrechamiento del último segmento abdominal, en ambas especies. En *P. monodon*, los pleópodos se han alargado y los tres primeros pares son birramosos y no poseen setas, mientras que los pleópodos han aumentado de tamaño y sobresalen fuera del cefalotórax (Fig. 132).

El estado de megalopa, sólo se observó en *P. monodon*, puesto que en *C. johni*, a los 48 días de cultivo tuvo una mortalidad acumulada del 100%. La megalopa de *P. monodon*, presenta los ojos dispuestos muy por delante del rostro y sobresalen ampliamente desde el borde del cefalotórax. Presenta un intenso color rojo - anaranjado en la mayor parte del cefalotórax y en los pereiópodos franjas del mismo color. Los pereiópodos, son muy largos y delgados y presentan quelípedos en el primer par, el cual termina en una uña y con gran cantidad de setas. El abdomen se presenta con sus cinco segmentos muy robustos y con los tergos de cada lado muy prominentes. Luego de la metamorfosis, el telson, presenta una estructuración más ancha que larga, con una gran cantidad de setas en su borde posterior y una pequeña hendidura en la zona media de dicho borde. Tanto el exo como el endopodito de los urópodos son de tamaño similar, con forma de paleta conformando una estructura de superficie amplia (Fig. 133).



Fig. 132. Quinto estado de desarrollo larval en *Cervimunida johni* (a) y *Pleuroncodes* monodon (b).



Fig. 133. Estado de megalopa en Pleuroncodes monodon.

El análisis comparativo del desarrollo larval de ambas especies de langostinos, permite evidenciar diferencias claras y marcadas que posibilitan una mejor identificación, principalmente en aquellos estudios en que se trabaja con muestras larvales obtenidas del plancton, en que sin el apoyo de una caracterización previa, sería muy dificultosa la diferenciación entre ambas especies e incluso considerando las 12 especies reportadas de la misma Familia Galatheidae original, presentes en aguas chilenas (Fagetti, 1960) o Munididae actual.

5.6.2.4.2. Muestreos planctónicos

En la Región de Coquimbo y del Biobío los muestreos de zooplancton fueron obtenidos en lances oblicuos, estratificados (0 - 25, 25 - 50 y 50 – 100 m de profundidad) utilizando una red tipo Tucker Trawl (0,5 m lado de boca; 300 μ m trama, equipada con flujómetro para estimar volumen de agua filtrada). Los estratos muestreados, se determinaron de acuerdo con la profundidad de los lugares donde se realizaron los lances.

Las muestras de zooplancton obtenidas fueron fijadas a bordo con formalina (10%), neutralizada de formalina en agua de mar (5%) o en alcohol de 95°. El análisis de las muestras incluyó la identificación bajo lupa estereoscópica, separación y cuantificación de las larvas y megalopas de las 3 especies objetivo del estudio, lo que fue realizado en el Laboratorio de Pesquerías de la UCN y Laboratorio de Oceanografía Pesquera y Ecología Larval (LOPEL) de la Universidad de Concepción.

5.6.1.4.2.1. Muestreos planctónicos Región de Coquimbo

Durante los nuestros planctónicos realizados en la zona de Coquimbo, se identificaron estadios larvales de las dos especies de langostinos: *Cervimunida johni* y *Pleuroncodes monodon*, las que fueron separadas según su estadio de desarrollo en zoeas I, II, III, IV y V). Durante los muestreos no se hallaron megalopas de estas dos especies. Larvas de *Heterocarpus reedi* no aparecieron en las muestras, para descartar su presencia se usaron los caracteres morfológicos larvales descritos en el punto 5.6.2.4.1.1.5. Los resultados se entregan por especie de langostino.

Cervimunida johni

Crucero de julio del 2018. Durante este crucero, se capturaron e identificaron 34 ind./1000 m³, los cuales se separaron en zoeas I, III, IV y V (Fig. 134). No se encontraron zoeas II en ninguna de las estaciones de muestreo. Zoea I, fue el estadio más abundante con 7

ind./1000 m³, en el estrato más superficial de 50 - 0 m de la estación E-3. En el caso del estadio Zoea III, su mayor abundancia se encontró en la estación E-5 estrato integrado (0 - 100 m) con 5 ind./1000 m³ y la menor en la estación E-1 estrato 50 - 0 m y 50 - 25 m con 1 ind./1000 m³. Para el estadio Zoea IV, su abundancia mayor de 5 ind./1000 m³ se registró en la estación E-4 en el estrato superficial 50 - 0 m y la menor en la estación E-1 en el estrato intermedio entre 50 - 25 m con 1 ind./1000 m³. Las Zoeas V, solo se hallaron en la estación E-5 en el estrato superior 50 - 0 m, con una abundancia de 2 ind./1000 m³.



Fig. 134. Abundancia de los estadios tempranos de desarrollo de *C. johni* por estación de muestreo y estratos de profundidad durante el crucero de julio de 2018, en la zona de Coquimbo.

Crucero de mayo de 2019. Durante este crucero, se capturaron e identificaron 38 ind./1000 m³, los cuales se separaron en zoeas I, II, III, IV y V (Fig. 135). La mayor abundancia del estadio Zoea I, 6 ind./1000 m³, ocurrió en la E-2 en el estrato más profundo de 100 - 50 m y la menor en el estrato superficial de 50 - 0 m de la E-1. El estadio Zoea II, sólo se encontró en la estación E-2 en el estrato superficial 50 - 0 m y su abundancia relativa fue de 2 ind./1000 m³. La abundancia mayor del estadio Zoea III, se observó en el estrato integrado 0 - 100m de la estación E-4 y en el estrato 50-0 m con 5 ind./1000 m³. En tanto el estadio de Zoea IV, registró su abundancia mayor en el estrato superficial de 50 - 0

m en la estación E-4 con14 ind./1000m³. Finalmente, de la Zoea V solo se hallaron 2 ind./1000m³, en la estación E-5 en el estrato profundo entre 100 - 50 m.



Fig. 135. Abundancia de los estadios tempranos de desarrollo de *C. johni* por estación de muestreo y estratos de profundidad durante mayo de 2019, en la zona de Coquimbo.

Crucero de septiembre de 2019. Durante este muestreo, se capturaron e identificaron 1236 ind./1000 m³, las cuales se separaron en zoeas I, II, III, IV y V, (Fig. 136). La mayor abundancia del estadio Zoea I, con 347 ind./1000 m³, se registró en la estación E-2 en el estrato superficial de 50 - 0 m y la menor en el mismo estrato de 50 - 0 m de la estación E-1 con 4 ind./1000m³. El estadio de Zoea II, presentó su mayor abundancia relativa de 227 ind./1000 m³ en el estrato superficial de 50 - 0 m de la estación E-2 y la menor fue de 2 ind./1000 m³ en el estrato integrado de 0 - 100 m de la estación E-3. En el estadio Zoea III, su mayor abundancia se observó en la estación E-2, estrato superficial de 50 - 0 m con 147 ind./1000 m³ y la menor 5 ind./1000 m³ ocurrió en el estrato integrado de 0 - 100 m de la estación E-2. En el caso de la Zoea IV, su mayor abundancia se encontró en la estación E-2 en el estrato superficial de 50 - 0 m con 6 ind./1000 m³, y la menor de 2 ind./1000 m³ en el

estrato integrado 0 - 100 m en la misma estación. Finalmente, solo se hallaron 3 ind./1000 m³ del estadio Zoea V, en la estación E-2 en el estrato superficial de 50 - 0 m.



Fig. 136. Abundancia de los estadios tempranos de desarrollo de C. johni por estación de muestreo y estratos de profundidad durante septiembre de 2019, en la zona de Coquimbo.

En la Tabla 28 se entregan todos los datos correspondientes a los diferentes estadios tempranos de desarrollo de C. johni por estación de muestreo y estratos de profundidad obtenidos durante los tres muestreos realizados en la zona de Coquimbo, julio 2018, mayo y septiembre 2019.

Se puede observar que los dos primeros muestreos muestran cantidades relativamente bajas de estadios larvales de langostino amarillo C. johni, los que se multiplican drásticamente en el muestreo de septiembre, sobre todo en las estaciones más cercanas a la costa.

Tabla 28. Abundancia larval de estadios de desarrollo del langostino amarillo *C. johni* (ind./1000m³) por estrato de profundidad de los cruceros de muestreo del 25 de julio de 2018, 24 de mayo y 6 de septiembre, en la zona de Coquimbo.

		25 de julio 2018				24 de mayo 2019				6 de septiembre 2019						
Estación 1	Estrato Prof.	Zoea I	Zoea II	Zoea III	Zoea IV	Zoea V	Zoea I	Zoea II	Zoea III	Zoea IV	Zoea V	Zoea I	Zoea II	Zoea III	Zoea IV	Zoea V
	0-50	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	50-25	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	20	16	8	0	0
	25-0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4	7	0	0	0
Estación 2	Estrato Prof.	Zoea I	Zoea II	Zoea III	Zoea IV	Zoea V	Zoea I	Zoea II	Zoea III	Zoea IV	Zoea V	Zoea I	Zoea II	Zoea III	Zoea IV	Zoea V
	0-100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	507	161	5	2	0
	100-50	0	0	4	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	50-0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	346	227	147	6	2
Estación 3	Estrato Prof.	Zoea I	Zoea II	Zoea III	Zoea IV	Zoea V	Zoea I	Zoea II	Zoea III	Zoea IV	Zoea V	Zoea I	Zoea II	Zoea III	Zoea IV	Zoea V
	0-100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	79	11	7	0	0
	100-50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	107	66	29	4	0
	50-0	7	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Estación 4	Estrato Prof.	Zoea I	Zoea II	Zoea III	Zoea IV	Zoea V	Zoea I	Zoea II	Zoea III	Zoea IV	Zoea V	Zoea I	Zoea II	Zoea III	Zoea IV	Zoea V
	0-100	0	0	5	2	0	0	0	5	0	0	11	0	0	0	0
	100-50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	50-0	0	0	2	5	0	0	0	5	14	0	0	4	0	0	0
Estación 5	Estrato Prof.	Zoea I	Zoea II	Zoea III	Zoea IV	Zoea V	Zoea I	Zoea II	Zoea III	Zoea IV	Zoea V	Zoea I	Zoea II	Zoea III	Zoea IV	Zoea V
	0-100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
	100-50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	50-0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0

Pleuroncodes monodon.

Crucero de julio del 2018. Durante este muestreo se capturaron e identificaron 14 ind./1000 m³, las cuales se separaron en zoeas I, III, IV y V (Fig. 137). No se encontraron zoeas II en ninguna estación. La abundancia relativa de Zoea I fue de 2 ind./1000 m³, en el el estrato integrado de 0 - 100 m de la estación E-4. El estadio de Zoea III, registró su abundancia mayor en el estrato superficial (50-0 m) de la estación E-1 con 4 ind./1000 m³ y la menor de 3 ind./1000 m³ en el estrato integrado 0 - 100 m de la estrato integrado 0 - 100 m de la estación E-3. En el estadio Zoea IV, su abundancia relativa de 2 ind./1000 m³, fue observada en el estrato profundo de 100 - 50 m en la estación E-3. Finalmente, del estadio Zoea V, solo se hallaron 3 ind./1000 m³), en el estrato profundo de 100 - 50 m en la estación E-4.

Crucero de mayo de 2019. Durante este muestreo se capturaron e identificaron 14 ind./1000 m³, las cuales se separaron en zoeas I, II, III y IV (Fig. 138). No se encontraron zoeas IV en ninguna estación. El estadio Zoea I, con su abundancia relativa mayor de 4 ind./1000 m³, fue registrada en el estrato profundo de 100 - 50 m en la E-2 y la abundancia

menor de 2 ind./1000 m³, en el estrato superficial de 50-0m la E-5. El estadio Zoea III, presentó una abundancia relativa de 2 ind./1000 m³, en el estrato superficial de 50-0 m de la E-5. Finalmente, el estadio Zoea IV, su abundancia relativa fue de 2 ind./1000 m³, en la E-5 en el estrato superficial de 50-0 m.



Fig. 137. Abundancia de los estadios tempranos de desarrollo de *P. monodon* por estación de muestreo y estratos de profundidad durante el crucero de julio de 2018, en la zona de Coquimbo.



Fig. 138. Abundancia de los estadios tempranos de desarrollo de *P. monodon* por estación de muestreo y estratos de profundidad durante el crucero de mayo de 2019, en la zona de Coquimbo.

Crucero de septiembre del 2019. Se capturaron e identificaron 220 ind./1000 m³, las cuales se separaron en zoeas I, II y III (Fig. 139). No se encontraron zoeas IV y V en ninguna estación. El estadio Zoea I, presentó su abundancia mayor en la estación E-1 en el estrato integrado 0 - 100 m, con 48 ind./1000 m³ y la menor de 4 ind./1000 m³ en la misma estación en el estrato superficial de 50 - 0 m. Las Zoeas II, registraron su abundancia mayor en el estrato integrado 90 - 50 m de la estación E-1 con 75 ind./1000 m³ y la abundancia menor de 5 ind./1000 m³) en el estrato superficial 50 - 0 m de la estación E-3. En el caso del estadio de Zoea III, su abundancia mayor se observó en el estrato superficial 50 - 0 m de la estación E-3 con 12 ind./1000 m³ y la menor de 4 ind./1000 m³ fue en el estrato 50 - 0 m de la estación E-4.



Fig. 139. Abundancia de los estadios tempranos de desarrollo de *P. monodon* por estación de muestreo y estratos de profundidad durante el crucero de septiembre de 2019, en la zona de Coquimbo.

En la Tabla 29 se entregan todos los datos correspondientes a los diferentes estadios tempranos de desarrollo de *P. monodon* por estación de muestreo y estratos de profundidad obtenidos durante los tres muestreos realizados en la zona de Coquimbo, julio 2018, mayo y septiembre 2019.

Tabla 29. Abundancia larval de estadios de desarrollo del langostino amarillo *P. monodon* (ind./1000m³), por estrato de profundidad de los cruceros de muestreo del 25 de julio de 2018, 24 de mayo y 6 de septiembre, en la zona de Coquimbo.

		25 de julio 2018			24 de mayo 2019				6 de septiembre 2019							
Estación 1	Estrato Prof.	Zoea I	Zoea II	Zoea III	Zoea IV	Zoea V	Zoea I	Zoea II	Zoea III	Zoea IV	Zoea V	Zoea I	Zoea II	Zoea III	Zoea IV	Zoea V
	0-50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48	0	0	0	0
	50-25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35	75	0	0	0
	25-0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0
Estación 2	Estrato Prof.	Zoea I	Zoea II	Zoea III	Zoea IV	Zoea V	Zoea I	Zoea II	Zoea III	Zoea IV	Zoea V	Zoea I	Zoea II	Zoea III	Zoea IV	Zoea V
	0-100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	100-50	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	50-0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Estación 3	Estrato Prof.	Zoea I	Zoea II	Zoea III	Zoea IV	Zoea V	Zoea I	Zoea II	Zoea III	Zoea IV	Zoea V	Zoea I	Zoea II	Zoea III	Zoea IV	Zoea V
	0-100	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	100-50	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	50-0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	4	12	0	0
Estación 4	Estrato Prof.	Zoea I	Zoea II	Zoea III	Zoea IV	Zoea V	Zoea I	Zoea II	Zoea III	Zoea IV	Zoea V	Zoea I	Zoea II	Zoea III	Zoea IV	Zoea V
	0-100	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	100-50	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	50-0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	4	0	0
Estación 5	Estrato Prof.	Zoea I	Zoea II	Zoea III	Zoea IV	Zoea V	Zoea I	Zoea II	Zoea III	Zoea IV	Zoea V	Zoea I	Zoea II	Zoea III	Zoea IV	Zoea V
	0-100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	100-50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	50-0	0	0	0	0	0	2	0	2	2	0	21	0	0	0	0

Se puede observar que al igual que en el caso de *C. johni*, en los dos primeros muestreos se obtuvo cantidades relativamente bajas de estadios larvales de langostino colorado *P. monodon*, los que se aumentan en el muestreo de septiembre, sobre todo en las estaciones más cercanas a la costa.

5.6.1.4.2.2. Muestreos planctónicos Región del Biobío.

En el crucero de diciembre del 2018, se recolectó zoeas III, IV, V y megalopas, estando ausentes las zoeas I y II en todas las estaciones y siendo las zoeas IV y V los estadíos de desarrollo más abundantes (>150 ind./1000 m³).

Las menores abundancias de zoeas ocurrieron en las estaciones más costeras (Estación E1: ausencia de zoeas I, II, III y V, y abundancia muy baja de zoeas IV; Estación E2: ausencia de zoeas I y II, abundancias muy bajas de zoeas III y IV). En zoea III, la abundancia promedio fue baja con valores cercanos a los 33 ind./1000 m⁻³ (rango entre 5 y 66 ind./1000m⁻³), valores que fluctuaron con la profundidad y la dirección este – océano. Las zoeas IV y V, fueron especialmente abundantes en las estaciones desde el centro de la transecta hacia el océano (E3 a E5), ocurriendo las mayores abundancias promedio en el

estrato superficial (50 - 0m) (zoea IV =339 ind./1000m⁻³; zoea V =218 ind./1000m⁻³). La abundancia promedio de megalopa fluctuó poco entre el estrato somero y profundo en todas las estaciones fuera de la costa, excepto en la E1 (costa) donde ocurrieron solo en el estrato más profundo (25 - 50m) (Tabla 30; Fig. 140).

En el crucero de abril de 2019, no se observó la presencia de zoeas (I, II, III, IV, V) ni megalopas en ninguna de las estaciones (Tabla 30).

Finalmente, en el crucero de agosto de 2019, se recolectaron ejemplares de todos los estadíos de desarrollo. Las densidades promedio mayores se presentaron en megalopas (1101 ind./1000 m⁻³), seguidos por zoea I (851 ind./1000 m⁻³), zoea V (509 ind./1000 m⁻³) y zoea II (333 ind./1000 m⁻³). Las megalopas se observaron mayoritariamente en el estrato más profundo de cada estación. Las zoeas, en cambio, presentaron fluctuaciones entre estaciones (Tabla 30; Fig. 141).

Tabla 30. Abundancia promedio larval de langostino (ind., 1000m⁻³) por estadio de desarrollo, estrato y periodo de muestreo (diciembre del 2018, abril y agosto del 2019), solo se consideró el número de estaciones positivas (NEP) y en paréntesis es la desviación estándar (5 estaciones por crucero).

	ABUNDANCIA (ind./1000m ³)											
		diciemb	re 2018									
Estrato (m)	NEP	zoea I	NEP	zoea II	NEP	zoea III	NEP	zoea IV	NEP	zoea V	NEP	megalopa
0 - 50	0	0 (0)	0	0 (0)	3	33 (26,9)	5	339 (171,9)	4	218 (156,1)	5	60 (26,8)
50 - 100	0	0 (0)	0	0 (0)	4	21 (15,3)	4	94 (83,4)	3	199 (102,3)	4	82 (65,6)
		abril 201	9									
0 - 50	0	0 (0)	0	0 (0)	0	0 (0)	0	0 (0)	0	0 (0)	0	0 (0)
50 - 100	0	0 (0)	0	0 (0)	0	0 (0)	0	0 (0)	0	0 (0)	0	0 (0)
		agosto 20	19									
0 - 50	4	289 (148,2)	4	299 (206,6)	2	123 (166,8)	3	134 (83,2)	4	473 (553,3)	2	442 (384,7)
50-100	5	851 (844,3)	5	333 (522,9)	4	98 (92,7)	3	96 (31,3)	5	509 (805,0)	4	1101 (1279,9)
100 - 270	0	0 (0)	0	0 (0)	0	0 (0)	0	0 (0)	0	0 (0)	1	63 (0)



Fig. 140. Perfiles de abundancia de los estadios temprano de desarrollo de langostino por estación de muestreo (E-1 (a), E-2 (b), E-3 (c), E-4 (d), E-5 (e)), durante el crucero de diciembre del 2018.



Fig. 141. Perfiles de abundancia de los estadios temprano de desarrollo de langostino por estación de muestreo (E-1 (a), E-2 (b), E-3 (c), E-4 (d), E-6 (e)), durante el crucero de agosto del 2019.

Relación de la distribución vertical de los estadios tempranos de langostino con secciones verticales de hidrografía

En el crucero de diciembre de 2018, no se colectó estados Zoea I y II en ninguna estación y los estadios zoeas III, IV, V y megalopa, presentaron sus mayores abundancias en las estaciones más oceánicas (>40km), asociadas a temperatura menor a 13°C y salinidad mayor a 34,2. Los valores de fluorescencia oscilaron entre 1 y 15 mg m⁻³ (Fig. 142).



Fig. 142. Relación de la abundancia de distintos estadios larvales de langostino (zoeas (I, II, III, IV, V) y megalopa (ind./1000m³)) y secciones verticales de temperatura (°C), salinidad y fluorescencia (mg m³), durante el crucero de diciembre del 2018.

En el crucero de agosto de 2019, todos los estadios de desarrollo estuvieron presentes, estando el mayor número de individuos en las estaciones sobre la plataforma continental. En este mes, en que se muestreó hasta mayor profundidad (talud continental), zona en que ocurrieron solo megalopas. Este estado de desarrollo, en general, con mayor abundancia en los estratos más profundos de cada estación, en aguas más frías (10° a 11,5°C), más salinas (> 34,4) y con baja fluorescencia (< 1 mg m-3) (Fig. 143).



Fig. 143. Relación de la abundancia de distintos estadios larvales de langostino (zoeas (I, II, III, IV, V) y megalopa (ind./1000 m³)) y secciones verticales de temperatura (°C), salinidad y fluorescencia (mg m³), durante el crucero de agosto del 2019.

5.6.2.4.3. Dietas de especies predadoras

5.6.2.4.3.1. Análisis del contenido estomacal de lenguado de ojos grandes

En el periodo otoñal, el tamaño promedio del lenguado de ojos grandes fue 24,4 cm con un rango que fluctúo entre 12,7 y 35,9 cm de longitud total. En igual periodo el peso promedio fue de 107,6 g, registrándose ejemplares entre 10,5 y 688,8 g. En invierno, el tamaño promedio fue de 25,8 cm en un rango entre 16,6 y 43,2 cm. peso promedio de 133,7 g con ejemplares de entre 22,5 y 521,9 g. Por último, en primavera la talla promedio fue de 25,5 cm con una amplitud de tallas desde 12,4 a 39,1 cm peso promedio de 128,1 g con un rango entre 14,9 y 546,9 g. Los rangos de tallas y talla promedio fueron comparables entre estaciones.

El análisis del contenido estomacal del lenguado de ojos grandes revela una alimentación sustentada principalmente en *P. monodon*, tanto en frecuencia de ocurrencia como numéricamente, seguido de *Pterygosquilla armata* (Tabla 31). Se destaca que los ítems presa más digeridos no posibilitaron identificar de cual langostino se trataba, razón por la cual los langostinos indeterminados pudiesen ser asignados a *P. monodon* y *C. johni*. Otras presas corresponden a la jaiba limón *Cancer porteri*, Eufáusidos, Isópodos y Crustáceos Indet., la merluza común *Merluccius gayi* y otros Peces indeterminados (Tabla 31). El aporte en peso de las presas fue calculado en base al peso del contenido estomacal total, ponderando por el porte del item presa individual. Se destaca que el caso de la merluza común y otros peces el aporte en peso está subestimado ya que que corresponde al aporte en peso de restos digeridos, en el caso de la ocurrencia en número de merluza común corresponde a la presencia de otolitos. En cualquier caso, el aporte de crustáceos ya sea langostino colorado, langostino amarillo o estomatópodo (*P. armata*) es mayoritario en la dieta del lenguado de ojos grandes.

En otoño, la presencia de langostinos más grandes que 10 mm LC mostró una distribución uniforme en otoño y primavera, para todas las clases de tallas. No obstante, en invierno se observó una moda en la clase de tamaños de 25 - 30 mm. El langostino amarillo mostró una frecuencia de ejemplares más baja en los contenidos estomacales (Tabla 32).

El grupo de langostinos menores a 10 mm fue más frecuente en los contenidos estomacales de lenguado, particularmente *P. monodon* en otoño e invierno (Tabla 33). El tamaño modal de los juveniles de *P. monodon* fue de 6 - 7 mm LC tanto en otoño como en invierno, lo que confirma la presencia del grupo de edad 0 en los caladeros de pesca comerciales donde se capturó al lenguado de ojos grandes. En octubre, hubo nula presencia de ejemplares juveniles menores a 10 mm en los contenidos estomacales de lenguado.

Tabla 31.Espectro trófico del lenguado de ojos grandes capturados en los caladeros de pesca
comerciales de la flota langostinera. Se indica la frecuencia de ocurrencia (FO%) y
numérica (N%) de los ítem presa.

	OTOÑO			INVIERNO			PRIMAVERA		
ITEM	FO%	N%	W%	FO%	N%	W%	FO%	N%	W%
Pleuroncodes monodon	33,0	64,8	54,5	34,8	42,0	59,3	20,0	16,4	45,0
Cervimunida johni	3,9	3,6	4,4	4,0	3,3	11,7	1,8	1,5	4,3
Lang. Indet.	5,5	2,4	1,2	20,5	15,1	3,1	30,9	25,4	15,2
Pterygosquilla armata	35,0	20,8	28,3	29,5	21,5	19,6	33,6	29,9	30,5
Heterocarpus reedi	0,6	0,5	0,3	0,9	0.6	1,3	-	-	-
Cancer porteri	1,3	1,0	1.4	5,8	9,1	1,0	0,9	0,7	0,0**
Eufáusidos	0,6	0,8	0,0	-	-	-	2,7	15,7	0,3
Isópodos	0,3	0,4	0,0	-	-	-	-	-	-
Crust. Indet.	10,4	3,4	3,3	9,4	6,3	2,2	11,8	9,7	4,5
Merluccius gayi	3,2*	0,8*	2,4*	0,9	0.6	0,7*	0,9*	0,7*	0,1*
Otros Peces	6,1*	1,6*	4,1*	2,2	1,5	0,9*	-	-	-

* presencia de otolito, o restos muy digeridos no identificados.

** restos muy digeridos

Estación	Clases de Talla (LC, mm)	Pm	Cj
	10 - 15	9	1
	15 - 20	4	1
Otoño	20 - 25	4	0
Otolio	25 - 30	9	1
	30 - 35	4	0
	35 - 40	5	0
	10 - 15	8	0
	15 - 20	2	0
Inviorno	20 - 25	3	1
Invienio	25 - 30	16	1
	30 - 35	8	2
	35 - 40	1	0
	10 - 15	0	0
	15 - 20	2	0
Drimovoro	20 - 25	4	0
rilliavera	25 - 30	1	0
	30 - 35	1	1
	35 - 40	1	0

Tabla 32.Frecuencia de tallas de ejemplares mayores a 10 mm LC en los contenidos
estomacales de lenguado de ojos grandes. **Pm**: *P. monodon*, **Cj**: *C. johni*.

Estación	Clases de talla (LC, mm)	Pm	Cj
	2 - 3	0	0
	3 - 4	12	0
	4 - 5	30	0
	5 - 6	137	9
Otoño	6 - 7	241	22
	7 - 8	180	21
	8 - 9	60	3
	9 - 10	17	0
	10 - 11	0	0
	2 - 3	4	0
	3 - 4	8	0
	4 - 5	6	0
	5 - 6	12	0
Invierno	6 - 7	22	3
	7 - 8	19	1
	8 - 9	6	1
	9 - 10	3	2
	10 - 11	0	0
	2 - 3	0	0
	3 - 4	0	0
	4 - 5	0	0
	5 - 6	0	0
Primavera	6 - 7	0	0
	7 - 8	0	0
	8 - 9	0	0
	9 - 10	0	0
	10 - 11	0	0

Tabla 33.Frecuencia de tallas de ejemplares menores a 10 mm LC en los contenidos
estomacales de lenguado de ojos grandes. Pm: P. monodon, Cj: C. johni.

5.6.3. CONCLUSIONES

- Se obtuvieron hembras ovíferas vivas de camarón nailon, las que fueron mantenidas en el laboratorio de Cultivo de Crustáceos de la UCN, ajustándose a los protocolos definidos para la mantención de reproductores de camarón Protocolo N° 2: Sistematización y Control de la Reproducción en Cautiverio del Camarón de Río del Norte *Cryphiops caementarius*, P2-SCR/diciembre de 2015. De estas hembras se llevó registro del desarrollo de los huevos para clasificarlos según el grado de avance del desarrollo de los embriones y la condición respecto de señales de observación de las estructuras internas y la viabilidad del embrión. Los huevos en cada estadio de desarrollo del embrión y posteriormente de los estados larvales fueron fotografiados y observados diariamente para establecer las características de su desarrollo. Se describe por primera vez todo el desarrollo embrionario y larval de la especie.
- Los dos primeros muestreos planctónicos realizados tanto en Coquimbo como Concepción, julio 2018 y mayo 2019, y diciembre 2018 y abril 2019, respectivamente se obtuvieron cantidades relativamente bajas de estadios larvales de ambos langostinos, los que se multiplican drásticamente en los muestreos de septiembre y agosto 2019, sobre todo en las estaciones más cercanas a la costa de ambas localidades.
- El reclutamiento de los crustáceos demersales, tanto en las Unidades de Pesquería Norte como Sur, exhibe patrones de fluctuación no estacionarios, con tres tendencias de variabilidad temporal comunes. En el primer patrón domina la variabilidad decadal del camarón nailon en la UPN. El segundo patrón de variabilidad es una mezcla entre la variabilidad del reclutamiento de camarón nailon en la UPS, langostino amarillo y langostino colorado; y el tercero, se explica por el reclutamiento del langostino amarillo de la UPS.
- El segundo patrón de variabilidad temporal de reclutamiento exhibe sensibilidad a la variabilidad climática decadal asociada al índice de la corriente de Humboldt, lo que

implica modulación de baja frecuencia y cambios de productividad asociado a niveles de reclutamiento de los crustáceos demersales.

- En langostino amarillo, en los lances de pesca de investigación de las evaluaciones directas de 2004 a 2017, la proporción media de reclutas es baja (~ 0,004 = 0,4%) y fueron encontrados casi exclusivamente en la Unidad de Pesquería Norte, en particular en la Bahía de Coquimbo.
- En langostino colorado, la proporción media de reclutas se encontró en torno a 0,5%, sin diferencias significativas entre la UPN y UPS. La mayor proporción de reclutas ocurrió en el año 2015 en la UPN y en el año 2006 en la UPS. Los reclutas se observaron principalmente en la Bahía de Coquimbo y al norte de punta Tumbes y boca norte del Golfo de Arauco en la región del Biobío.
- Para el período 2004 2017, con la excepción del año 2007 y 2010, en camarón nailon la proporción media de reclutas se encontró en torno a 0,35%, con diferencias significativas (p < 0,05) entre la Unidad de Pesquería Norte y Sur. La mayor proporción de reclutas ocurrió en el año 2004 en la UPS. A diferencia de los langostinos, los reclutas se encuentran ampliamente distribuidos en el área histórica de evaluación de los tres recursos (regiones de Antofagasta a del Biobío), siguiendo la misma distribución espacial que la biomasa de camarón nailon.
- En el caso de los juveniles, en langostino amarillo, la proporción (%) media anual fluctuó entre 27,5% en el año 2004 y 4,7% en el año 2014, con diferencias significativas (p < 0,05) entre Unidades de Pesquería. La proporción anual de juveniles mostró una tendencia decreciente desde 2004 a 2014 y un leve incremento entre 2015 y 2017.
- En los juveniles de langostino colorado, la proporción (%) media anual fluctuó entre 4,5% en el año 2013 y 56,8% en el año 2004, con diferencias significativas (p < 0,05) entre Unidades de Pesquería. La proporción anual de juveniles mostró una tendencia decreciente

desde 2004 a 2012, y tendencia creciente entre 2013 y 2017, en ambas unidades de pesquería.

- En camarón nailon, la proporción (%) media anual de juveniles fluctuó entre 74,1% en el año 2005 y 66,5% en el año 2004, con diferencias significativas (p < 0,05) entre Unidades de Pesquería (UPN = 63,1%; UPS = 47,7%). A diferencia de los langostinos, la proporción anual de juveniles de camarón nailon se mostró casi constante en la UPN, en torno a 60%, mientras que, en la UPS, se observó una tendencia decreciente desde 2005 a 2014.
- Las relaciones entre el reclutamiento y la biomasa reproductora de los crustáceos demersales son complejas debido a los patrones de variabilidad temporal no estacionaria, y que obscurecen las relaciones stock-recluta.
- Las relaciones stock-recluta de los crustáceos demersales en la UPN y UPS muestra cambios en la pendiente y el intercepto en el tiempo, concluyéndose cambios sostenidos en el nivel de reclutamiento debido a fluctuaciones exógenas principalmente.
- Los cambios en la biomasa vulnerable de los crustáceos demersales están asociados con efectos denso - dependientes retrasados en un año, con excepción del langostino amarillo en la UPN y langostino colorado en la UPS.
- El reclutamiento de los crustáceos demersales, tanto en las UPN como UPS, exhibe patrones de fluctuación no estacionarios, con tres tendencias de variabilidad temporal comunes. En el primer patrón domina la variabilidad decadal del camarón nailon en la UPN. El segundo patrón de variabilidad es una mezcla entre la variabilidad del reclutamiento de camarón nailon en la UPS, langostino amarillo y langostino colorado; y el tercero, se explica por el reclutamiento del langostino amarillo de la UPS.
- El segundo patrón de variabilidad temporal de reclutamiento exhibe sensibilidad a la variabilidad climática decadal asociada al índice de la corriente de Humboldt, lo que implica modulación de baja frecuencia y cambios de productividad asociado a niveles de reclutamiento de los crustáceos demersales.

El análisis del contenido estomacal del lenguado de ojos grandes revela una alimentación sustentada principalmente en P. monodon, tanto en frecuencia de ocurrencia como numéricamente, seguido del estomatópodo Pterygosquilla armata. El grupo de langostinos menores a 10 mm fue más frecuente en los contenidos estomacales de lenguado, particularmente P. monodon en otoño e invierno, con tamaño modal de los juveniles 6 - 7 mm LC tanto en otoño como en invierno, lo que confirma la presencia del grupo de edad 0 en los caladeros de pesca comerciales donde se capturó al lenguado de ojos grandes.
5.7. OBJETIVO ESPECIFICO 7

Estimar la contribución relativa de la biomasa de los juveniles sobre la abundancia de la estabilidad y abundancia de la población adulta.

5.7.1. Análisis estructural de la biomasa de crustáceos demersales

Se demostró que las series de tiempo del reclutamiento no son estacionarias. En este contexto, el análisis estructural de las series de tiempo del reclutamiento de camarón, langostino amarillo y langostino colorado, en cada Unidad de Pesquería, revela puntos de quiebre significativos. El camarón de la Unidad de Pesquería Norte UPN mostró 5 cambios en el periodo 1960 - 2019 que no coinciden con los puntos de cambio en el reclutamiento del camarón en la Unidad de Pesquería Sur (UPS), donde se encontraron sólo 3 puntos de quiebre (Tabla 34). En el caso del langostino amarillo, se identificó un cambio de régimen importante en 2011 tanto en la UPN como UPS (Tabla 34), mientras que los puntos de quiebre en el reclutamiento del langostino colorado no coincidieron entre Unidades de Pesquería, con un cambio en el 2013 en la UPN y tres cambios en la UPS (Tabla 34).

Tabla 34. Análisis estructural de las series de tiempo del reclutamiento de crustáceos bentónicos, donde yt= log(Rt) con el test F de Chow.

Pesquería	Periodo	Test F	Р	Cambio de	Años de cambio
		Chou		régimen	
Camarón UPN	1961-2019	34,09	<0,01	5	1972, 1980, 1989, 1997, 2005
Camarón UPS	1945-2019	26,23	<0,01	3	1960, 1975, 1986
L. amarillo UPN	1985-2019	41,24	<0,01	1	2011
L. amarillo UPS	1979-2019	24,61	<0,01	1	2011
L. colorado UPN	1998-2018	25,65	<0,01	1	2013
L. colorado UPS	1968-2018	14,63	<0,01	3	1995, 2002, 2010

Las series de tiempo del reclutamiento muestran los diferentes periodos detectados para cada una de las especies (Tabla 34), los cuales están marcados alfabéticamente para cada una de las especies (Fig. 144). Destacan niveles de reclutamiento diferentes entre los crustáceos demersales, con niveles más altos (en promedio) para el camarón nailon tanto norte como sur,

seguido de langostino colorado en la UPS, langostino amarillo en la UPS, y después langostino amarillo y langostino colorado en la UPN (Fig. 144).



Fig. 144. Series de tiempo del reclutamiento de crustáceos demersales con identificación de regímenes o puntos de quiebre en la serie de tiempo que demuestran cambios estructurales.

Las relaciones stock - recluta analizadas se resumen en la Figura 145, donde se representan los bloques de años con reclutamiento similar en base al análisis estructural de las series de tiempo de reclutamiento. Asimismo, el reclutamiento se relaciona con la biomasa reproductora observada dos años previos ya que los modelos de evaluación de stock cuantifican el reclutamiento a la fase explotable a una talla media equivalente a dos años.



Fig. 145. Relaciones stock-recluta entre el reclutamiento de camarón nailon UPN (a), camarón nailon UPS (b), langostino amarillo UPN (c), langostino amarillo UPS (d), langostino colorado UPN (e), y langostino colorado UPS (f). Los puntos muestran los años en que se detectaron puntos de quiebre en la serie de tiempo para cada recurso. La biomasa reproductora fue desfasada en dos años, que es aproximadamente la edad que equivale a la talla media en que los modelos de evaluación de stock consideran como reclutas a la fase explotable.

Los modelos stock-recluta ajustados a los datos stock-reclutamiento se resumen en las Tabla 35, 36 y 37 para camarón nailon, langostino amarillo y langostino colorado, respectivamente. El modelo que mejor describe la relación stock-recluta para cada recurso considera cambios en los parámetros de la relación stock-recluta según los puntos de quiebre detectados, ya sea en la pendiente o en el intercepto, o en ambos parámetros.

Para el caso del camarón nailon, el modelo de Ricker con cambios en el intercepto y pendiente (Modelo M4) resulto ser el mejor modelo en la UPN, mientras que el modelo Beverton-Holt con cambios sólo en el intercepto (Modelo M6) describe mejor los cambios en el reclutamiento en la UPS (Tabla 35, Fig. 146a, 146b).

Tabla 35. Modelos stock-recluta ajustados a los datos stock-recluta de camarón nailon. En negrita se destaca el mejor modelo entre los candidatos según el criterio de información de Akaike (AIC).

Pesquería		Modelos y=log(R _t)	n	Devianza Explicada (%)	Chi- Cuadrado	Valor P	AIC
UPN	M1	Ricker	57	81,9	36,8	<0,01	48,7
	M2	Ricker con cambios en el intercepto	57	89,2	65,89	<0,01	27,7
	M3	Ricker con cambios en la pendiente	57	87,8	59,5	<0,01	34,0
	M4	Ricker con cambios en el intercepto y pendiente	57	90,8	75,1	<0,01	26,5
	M5	Beverton-Holt	57	42,6	31,7	<0,01	53,9
	M6	Beverton-Holt con cambios en el intercepto	57	68,3	65,5	<0,01	28,1
	M7	Beverton-Holt con cambios en la pendiente	57	64,9	59,8	<0,01	33,8
	M8	Beverton-Holt con cambios en el intercepto y pendiente	57	70,5	69,5	<0,01	32,0
UPS	M1	Ricker	73	72,5	7,5	<0,01	90,4
	M2	Ricker con cambios en el intercepto	73	81,1	34,8	<0,01	69,1
	M3	Ricker con cambios en la pendiente	73	84,1	47,2	<0,01	56,6
	M4	Ricker con cambios en el intercepto y pendiente	73	85,5	54,3	<0,01	55,5
	M5	Beverton-Holt	73	20,6	16,9	<0,01	81,0
	M6	Beverton-Holt con cambios en el intercepto	73	53,2	55,4	<0,01	48,5
	M7	Beverton-Holt con cambios en la pendiente	73	50,3	51,1	<0,01	52,7
	M8	Beverton-Holt con cambios en el intercepto y pendiente	73	55,0	58,3	<0,01	51,6

Para el caso del langostino amarillo, el mejor modelo fue el de Beverton-Holt con cambios en el intercepto y la pendiente (Modelo M8) en la UPN, y Beverton-Holt con cambios en la pendiente (Modelo M7) en la UPS (Tabla 36, Fig. 146c, 146d).

Tabla 36. Modelos stock-recluta ajustados a los datos stock-recluta de langostino amarillo. En negrita se destaca el mejor modelo entre los candidatos según el criterio de información de Akaike (AIC).

Pesquería		Models y=log(R _t)	n	Devianza Explicada (%)	Chi- Cuadrado	Valor P	AIC
UPN	M1	Ricker	33	90,1	38,9	<0,01	6,5
	M2	Ricker con cambios en el intercepto	33	91,9	45,4	<0,01	2,0
	M3	Ricker con cambios en la pendiente	33	92,3	47,2	<0,01	0,2
	M4	Ricker con cambios en el intercepeto y pendiente	33	92,3	47,2	<0,01	0,4
	M5	Beverton-Holt	33	45,9	20,3	<0,01	25,1
	M6	Beverton-Holt con cambios en el intercepto	33	71,1	41,0	<0,01	6,4
	M7	Beverton-Holt con cambios en la pendiente	33	65,3	34,9	<0,01	12,5
	M8	Beverton-Holt con cambios en el intercepeto y pendiente	33	82,2	57,0	<0,01	-7,6
UPS	M1	Ricker	39	27,5	-4,0	1	102,1
	M2	Ricker con cambios en el intercepto	39	56,5	15,9	<0,01	84,2
	M3	Ricker con cambios en la pendiente	39	53,9	13,6	<0,01	86,5
	M4	Ricker con cambios en el intercepto y pendiente	39	57,5	16,8	<0,01	85,2
	M5	Beverton-Holt	39	2,2	0,9	0,347	97,2
	M6	Beverton-Holt con cambios en el intercepto	39	38,1	18,7	<0,01	81,4
	M7	Beverton-Holt con cambios en la pendiente	39	39,1	19,4	<0,01	80,7
	M8	Beverton-Holt con cambios en el intercepto y pendiente	39	39,6	19,4	<0,01	82,6

Para el langostino colorado, el modelo de Beverton-Holt con cambios en el intercepto (Modelo M6) fueron seleccionados como los mejores tanto para la UPN como UPS (Tabla 36, Fig. 141e, Fig. 146f).

Pesquería		Models y=log(R _t)	n	Devianza Explicada (%)	Chi- Cuadrado	Valor P	AIC
UPN	M1	Ricker	19	43,9	0,2	0,652	44,4
	M2	Ricker con cambios en el intercepto	19	79,2	19,1	<0,01	27,5
	M3	Ricker con cambios en la pendiente	19	79,1	19,5	<0,01	27,1
	M4	Ricker con cambios en el intercepeto y pendiente	19	79,7	19,5	<0,01	29,1
	M5	Beverton-Holt	19	20,3	4,3	0,04	40,3
	M6	Beverton-Holt con cambios en el intercepto	19	64,9	19,9	<0,01	26,7
	M7	Beverton-Holt con cambios en la pendiente	19	62,6	18,7	<0,01	27,9
	M8	Beverton-Holt con cambios en el intercepto y pendiente	19	66,7	20,9	<0,01	27,7
UPS	M1	Ricker	49	23,7	-27,7	1	170,6
	M2	Ricker con cambios en el intercepto	49	62,4	5,6	0,345	145,2
	M3	Ricker con cambios en la pendiente	49	60,5	4,5	0,484	146,4
	M4	Ricker con cambios en el intercepto y pendiente	49	72,7	22,6	<0,01	136,2
	M5	Beverton-Holt	49	1,3	0,6	0,428	142,2
	M6	Beverton-Holt con cambios en el intercepto	49	57,6	41,9	<0,01	108,8
	M7	Beverton-Holt con cambios en la pendiente	49	32,4	19,2	<0,01	131,6
	M8	Beverton-Holt con cambios en el intercepto y pendiente	49	59,2	44,0	<0,01	114,9

Tabla 37. Modelos stock-recluta ajustados a los datos stock-recluta de langostino colorado. En negrita se destaca el mejor modelo entre los candidatos según el criterio de información de Akaike (AIC).



Fig. 146. Ajuste de las relaciones stock-recluta de Ricker (línea oscura) y Beverton-Holt (línea gris) a los datos stock-recluta de camarón nailon UPN (a), camarón nailon UPS (b), langostino amarillo UPN (c), langostino amarillo UPS (d), langostino colorado UPN (e), y langostino colorado UPS (f).

5.7.2. Cambios de biomasa de crustáceos bentónicos

Las estimaciones de biomasa de los crustáceos bentónicos, obtenidas mediante área barrida, permiten describir los cambios que han ocurrido de una manera comparable desde 1999 a 2017 (n= 19 años) (Fig. 147). La estructura de los cambios de biomasa presentes en las series de tiempo se evalúo con la función de autocorrelación y la autocorrelación parcial utilizando un retraso máximo de 10 años influyendo en la dinámica intrínseca.



Fig. 147. Cambios en biomasa de Camarón nailon, Langostino amarillo y Langostino colorado en la Unidad de Pesquería Norte y Sur, en el periodo 1999 – 2017.

De esta manera, en el caso del camarón nailon se observa ausencia de autocorrelación en la Unidad de Pesquería Norte (UPN) en comparación con los cambios en biomasa de camarón registrados en la Unidad de Pesquería Sur (UPS), donde hay una estructura autocorrelacionada

retrasada en un año (lag= 1). La función de autocorrelación parcial (PACF) muestra la presencia de un parámetro asociado con la contribución de la biomasa del año anterior (lag= 1) (Fig. 148).



Fig. 148. Función de autocorrelación y autocorrelación parcial de los cambios de biomasa de camarón nailon en la Unidad de Pesquería Norte (izquierda) y Unidad de Pesquería Sur (derecha).

El langostino amarillo presenta cambios en biomasa con una estructura autocorrelacionada muy similar entre las unidades de pesquería, donde la biomasa retrasada en un año influye significativamente a la dinámica de la biomasa (Fig. 149).



Fig. 149. Función de autocorrelación y autocorrelación parcial de los cambios de biomasa de langostino amarillo en la Unidad de Pesquería Norte (izquierda) y Unidad de Pesquería Sur (derecha).

El langostino colorado no muestra una estructura correlacionada en la dinámica de la biomasa de la UPN, mientras que en la UPS se observa un proceso autoregresivo que se destaca en la PACF con un retraso significativo de un año (Fig. 150).



Fig. 150. Función de autocorrelación y autocorrelación parcial de los cambios de biomasa de langostino colorado en la Unidad de Pesquería Norte (izquierda) y Unidad de Pesquería Sur (derecha).

La función R mide los cambios de biomasa per cápita y desde el punto de vista de la estructura autoregresiva, puede ser explicada por la propia biomasa del año anterior, Para cada uno de los stocks, el modelo con esta estructura autoregresiva resultó ser significativo en el caso del camarón nailon, particularmente en la UPS (Tabla 38), el langostino amarillo en la UPS y el langostino colorado en la UPN (Tabla 38).

Tabla 38. Modelos denso-dependientes de orden 1, donde $R_t = log(B_t/B_{t-1})$ es la función R, Relaciones significativas están destacadas en negrita.

Pesquería	Modelo	r	b	R ²	F	Р
Camarón UPN	$R_{\rm t} = r - b * \log B_{\rm t-1}$	1,487	-0,600	0,387	9,476	<0,05
Camarón UPS		1,170	-0,394	0,620	24,44	<0,05
L. amarillo UPN		1,100	-0,418	0,209	3,962	0,065
L. amarillo UPS		1,151	-0,414	0,283	5,929	<0,05
L. colorado UPN		1,771	-0,729	0,400	9,999	<0,05
L. colorado UPS		0,828	-0,224	0,162	2,898	0,109

La asociación entre estos recursos muestra que los cambios en biomasa del langostino amarillo están asociados entre la UPN y UPS (r= 0,778), y que existe una relación positiva entre los cambios de biomasa del langostino colorado y camarón nailon tanto en la UPN (r= 0,625) como en la UPS (r= 0,67). Los cambios de biomasa del langostino colorado muestran una asociación inversa entre la UPN y UPS (Tabla 39).

UP		Cj N	Pm N	Hr N	Cj S	Pm S	Hr S
Norte	Cj N	1					
	Pm N	-0,208	1				
	Hr N	-0,048	0,625	1			
Sur	Cj S	0,778	0,111	0,165	1		
	Pm S	0,275	-0,515	-0,286	0,215	1	
	Hr S	0,346	-0,525	-0,619	0,249	0,67	1

Tabla 39. Matriz de correlación entre los cambios de biomasa entre especies y Unidades de Pesquería.

5.7.3. Modelación ecosistémica

Se construyó un modelo de la trama trófica del ecosistema marino costero frente a Chile centro-norte y centro sur (III a VIII Regiones), para el año 1997 con un área equivalente a 150,112 km², utilizando el paquete computacional Ecopath con Ecosim (EwE) que consideró 23 grupos funcionales (Tabla 40, Fig. 151) y cuatro flotas, a saber: flota de cerco de jurel ("Purseine", que captura jurel y anchoveta), flota de arrastre ("Trawlers") que captura principalmente merluza común, y secundariamente congrio negro, lenguado de ojos grandes, pejerratas, besugo, blanquillo y rayas, la flota de arrastre de langostino y camarón ("Shrimpers"), que captura principalmente langostino amarillo, langostino colorado camarón nailon, y la flota de cerco de pequeños pelágicos ("Foragers") que captura anchoveta y sardina común. En el caso de la merluza común, langostino amarillo, langostino colorado y camarón nailon, para cada grupo se consideraron dos clases de edad (stanzas). El pedigrí del modelo alcanzó a 0,48.

Tabla 40. Nombres de los grupos funcionales incluidos en el modelo de la trama trófica del ecosistema marino de Chile centro-norte y
centro-sur (III a VIII Región) del año 1997.

Gru	po funcional	Nombre, descripción						
1.,	Seabirds	Aves marinas, Cormorán guanay (Leucocarbo bougainvillii), Piquero peruano (Sula variegata) y pelícanos						
2	O, 0	(Pelecanus inagus)						
2.	Otarfla	Otaria flavescens, Lobo de mar comun, Mamífero, Predador tope						
3.	MerlgayAD	Adultos (3+) de merluza común (<i>Merluccius gayi</i>), Demersal						
4.	MerlgayJV	Juveniles (< 3 años) de merluza común (<i>Merluccius gayi</i>), Demersal						
5.	Straben	Sardina común (Strangomera bentincki), Pelágico pequeño						
6.	Engrrin	ngrrin Anchoveta (<i>Engraulis ringens</i>), Pelágico pequeño						
7.	7. PleumonAD Adultos (2+) de langostino colorado (<i>Pleuroncodes monodon</i>), Crustáceo bento-demersal							
8.	8. PleumonJV Juveniles (< 2 años) de langostino colorado (<i>Pleuroncodes monodon</i>), Crustáceo bento-demersal							
9.	CervjohAD	Adultos (2+) de langostino amarillo (Cervimunida johni), Crustáceo bento-demersal						
10.	CervjohJV	Juveniles (< 2 años) de langostino amarillo (Cervimunida johni), Crustáceo bento-demersal						
11.	HetereeAD	Adultos (2+) de camarón nailon (Heterocarpus reedi), Crustáceo bento-demersal						
12.	HetereeJV	Juveniles (< 2 años) de camarón nailon (Heterocarpus reedi), Crustáceo bento-demersal						
13.	Tracmur	Trachurus murphyi, Jurel, Pez pelágico.						
14.	Genymac	Congrio negro (Genypterus maculatus), Demersal						
15.	Coelaco	Pejerrata azul (Coelorinchus aconcagua), Bento-demersal						
16.	Hippmac	Lenguado de ojos grandes (Hippoglossina macrops), Demersal						
17.	Epigcra	Besugo (Epigonus crassicaudus), Demersal						
18.	Proljug	Blanquillo (Prolatilus jugularis), Demersal costero						
19.	Condrichthyans	Condrictios, principalmente rayas						
20.	Macrozoo	Zooplancton grande, Euphausiacea (principalmente), Chaetognatha, Appendicularias, etc.						
21.	Microzoo	Zooplancton pequeño (<5mm) mediano, principalmente copépodos, cilióforos y copépodos nauplii						
22.	Phyto	Comunidad fitoplanctónica, Productores						
23.	Detritus	Detrito, Materia orgánica no incluida en otro grupo funcional.						



Fig. 151. Diagrama de flujo de la trama trófica del ecosistema marino de Chile centro-norte y centro-sur (III a VIII Región) del año 1997. El eje de las ordenadas representa el nivel trófico de cada grupo.

Para la construcción del modelo, para cada grupo funcional (especie o grupos de especies), se requirió de los siguientes datos de entrada (Tabla 41):

- Biomasa (B_i): Masa total de cada grupo viviente (i) por unidad de área (ton*km⁻²), Esta se obtuvo para los principales recursos pesqueros desde los informes de estado de situación de las principales pesquerías nacionales (informes de estatus) elaborados por el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) para:
- merluza común, Tascheri (2019)
- sardina común, Zúñiga *et al.* (2019a)
- anchoveta de la zona centro sur, Zúñiga et al. (2019b)
- langostino colorado de la zona centro-norte (Bucarey et al., 2014a) y zona centro-sur (Bucarey et al., 2014b)
- langostino amarillo de la zona centro-norte (Bucarey et al., 2015a) y zona centro-sur (Bucarey et al., 2015b)
- camarón nailon (Montenegro et al., 2014)
- jurel a nivel nacional, Quiroz *et al.*, (2019)

Para los recursos congrio negro, pejerrata, lenguado de ojos grandes, besugo, blanquillo y condrictios (rayas) se tomó los estimados de biomasa desde Lillo *et al.* (1998). En el caso del macrozooplancton, microzooplancton y fitoplancton, estos valores fueron estimados por el modelo.

- **Captura** (*Y_i*): remoción anual de la pesquería de *i* (ton*km⁻²). Se obtuvo desde la estadística de desembarque del Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA) (Tabla 42).
- **Producción** (P_i): se estima como el producto entre la razón producción/biomasa P_i/B_i ; año⁻¹ y B_i , Valores de producción se obtuvieron desde Neira *et al.* (2014).
- **Composición de la dieta de los predadores** (DC_{ij}) : se obtuvo para los principales predadores desde Barros *et al.* (2014) y Neira *et al.* (2014) (Tabla 43).

Gruț	00	Nivel trófico	Biomasa en e área de habitat (t/km ²)	l Producción/ biomasa (/año)	Consumo/ biomasa (/año)	Eficiencia Ecotrófica	Producción/ Consumo (/año)
1.	Seabirds	3,377	0,032	0,500	20,000	0,000	0,025
2.	Otarfla	4,254	0,146	1,050	15,000	0,020	0,070
3.	MerlgayAD	3,539	3,031	0,726	2,800	0,590	0,259
4.	MerlgayJV	3,249	3,581	2,178	5,200	0,543	0,419
5.	Straben	2,022	5,125	1,658	19,400	0,908	0,085
6.	Engrrin	2,022	6,475	2,663	12,050	0,391	0,221
7.	PleumonAD	2,000	0,412	3,583	12,500	0,879	0,287
8.	PleumonJV	2,000	0,242	5,906	18,000	0,573	0,328
9.	CervjohAD	2,000	0,090	4,715	11,600	0,969	0,406
10.	CervjohJV	2,000	0,282	6,264	16,450	0,358	0,381
11.	HetereeAD	2,000	0,066	12,820	35,990	0,977	0,356
12.	HetereeJV	2,000	0,244	18,240	42,000	0,776	0,434
13.	Tracmur	3,724	23,656	0,892	14,200	0,938	0,063
14.	Genymac	3,442	0,212	0,268	6,040	0,717	0,044
15.	Coelaco	3,000	0,256	0,234	3,825	0,852	0,061
16.	Hippmac	2,999	0,511	0,304	3,214	0,914	0,095
17,	Epigcra	3,724	0,797	0,392	4,500	0,478	0,087
18.	Proljug	3,760	0,759	0,203	5,200	0,810	0,039
19.	Condrichthyans	3,000	0,436	0,773	1,854	0,000	0,417
20.	Macrozoo	2,724	36,851	9,126	16,200	0,990	0,563
21.	Microzoo	2,114	22,578	35,000	154,519	0,990	0,227
22.	Phyto	1,000	52,898	120,000		0,500	
23.	Detritus	1.000	100,000			0.018	

Tabla 41. Datos de entrada del modelo Ecopath que representa la trama trófica del ecosistema marino de Chile centro-norte y centro-sur (III a VIII Región) del año 1997. En negrita los valores estimados por Ecopath.

Grupo)	Purseine	Trawlers	Shrimpers	Foragers	Total
		(t/km²/año)	(t/km²/año)	(t/km²/año)	(t/km²/año)	
2.	Otarfla		0,00300			0,00300
3.	MerlgayAD		0,45990			0,45990
4.	MerlgayJV		0,07430			0,07430
5.	Straben				3,68070	3,68070
6.	Engrrin	0,38922			1,55688	1,94610
7.	PleumonAD			0,06370		0,06370
9.	CervjohAD			0,06880		0,06880
11.	HetereeAD			0,06810		0,06810
13.	Tracmur	19,43260				19,43260
14.	Genymac		0,01010			0,01010
15.	Coelaco		0,00010			0,00010
16.	Hippmac		0,00080			0,00080
17.	Epigcra		0,01150			0,01150
18.	Proljug		0,00010			0,00010
19.	Condrichthyans		0,00010			0,00010
	Suma	19,82182	0,55990	0,20060	5,23758	25,81990

Tabla 42. Capturas/desembarques anuales (año 1997) de los grupos funcionales incluidos en el modelo de la trama trófica del ecosistema marino de Chile centro-norte y centrosur (III a VIII Región).

Luego de balanceado, el modelo se ajustó a series de tiempo de biomasa, mortalidad por pesca, y/o desembarques para distintos grupos funcionales dependiendo de la información disponible en cada caso (Fig. 151), así para:

- a) Merluza común: se dispuso de la serie de tiempo de (1) biomasa total proveniente del modelo de evaluación de stock del recurso para el año 2019; (2) biomasa acústica, (3) mortalidad por pesca (año⁻¹, Tascheri, 2019) y (4) los desembarques anuales desde 1997 a 2019, obtenidos desde la estadística de desembarque del Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA);
- b) Sardina común y anchoveta de la zona centro-sur y anchoveta de la zona centro norte: se contó con la serie de tiempo de (1) mortalidad por pesca (año⁻¹), (2) biomasa total (relativa) para el periodo 1997-2019, proveniente de la evaluación de stock del recurso año 2019

Tabla 43. Matriz de composición relativa de la dieta de los grupos funcionales incluidos en el modelo de la trama trófica del ecosistema marino de Chile centro-norte y centro-sur (III a VIII Región). Barros *et al.* (2014); Neira *et al.* (2014).

Pres	sa\predador	Seabirds	Otarfla	Merlgay AD	Merlgay JV	Straben	Engrrin	Pleumon AD	Pleumon JV	Cervjoh AD	Cervjoh JV
1	Seabirds										
2	Otarfla										
3	MerlgayAD	0,182	0,254	0,014							
4	MerlgayJV	0,050	0,246	0,215	0,080						
5	Straben	0,427	0,120	0,120	0,133						
6	Engrrin	0,331	0,035	0,059	0,215						
7	PleumonAD			0,013	0,011						
8	PleumonJV			0,023	0,030						
9	CervjohAD			0,021							
10	CervjohJV			0,020	0,020						
11	HetereeAD			0,070							
12	HetereeJV			0,030	0,170						
13	Tracmur		0,162								
14	Genymac		0,014								
15	Coelaco			0,006							
16	Hippmac		0,056	0,002							
17	Epigera		0,063								
18	Proljug	0,010	0,050	0,001							
19	Condrichtyans										
20	Macrozoo			0,155	0,197						
21	Microzoo			-	-	0,020	0,020				
22	Phyto					0,980	0,980				
24	Detritus							1,000	1,000	1,000	1,000
25	Import			0,251	0,144				·	-	
26	Sum	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Pres	sa\predador	Heteree AD	Heteree JV	Tracmur	Genymac	Coelaco	Hippmac	Epigcra	Proljug	Condrichth	Macrozoo	Microzoo
1	Seabirds											
2	Otarfla											
3	MerlgayAD				0,036							
4	MerlgayJV				0,013				0,065			
5	Straben											
6	Engrrin											
7	PleumonAD				0,107	0,105	0,310			0,210		
8	PleumonJV				0,004	0,034	0,015			0,002		
9	CervjohAD						0,100					
10	CervjohJV				0,002		0,018		0,010	0,023		
11	HetereeAD						0,100					
12	HetereeJV						0,020					
13	Tracmur											
14	Genymac											
15	Coelaco											
16	Hippmac						0,001					
17	Epigcra											
18	Proljug											
19	Condrichthyans											
20	Macrozoo			0,963				0,500	0,679			
21	Microzoo										0,650	0,112
22	Phyto										0,350	0,800
24	Detritus	1,000	1,000									
25	Import			0,037	0,838	0,861	0,436	0,500	0,246	0,765		0,088
26	Sum	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Tabla 43Continuación.

(sardina común, Zúñiga *et al.*, 2019a; anchoveta, Zúñiga *et al.*, 2019b); (3) biomasa acústica del reclutamiento (Saavedra *et al.*, 2018) y (4) los desembarques anuales entre la III y VIII Regiones (Fuente: SERNAPESCA).

- c) Jurel: (1) mortalidad por pesca (año⁻¹) tomada de la evaluación de stock del recurso para el año 2018 (Quiroz *et al.*, 2019) y (2) desembarques nacionales desde el SERNAPESCA.
- d) Langostino amarillo y langostino colorado: (1) mortalidad por pesca (año⁻¹) tomada de la evaluación de stock del recurso para el año 2014 (Bucarey *et al.*, 2014a, b), biomasa vulnerable desde las evaluaciones directas mediante área barrida (Acuña *et al.*, 2014a, b); y (3) desembarques (Fuente: SERNAPESCA).
- e) Camarón nailon: (1) mortalidad por pesca (año⁻¹) tomada de la evaluación de stock del recurso para el año 2014 (Montenegro *et al.*, 2014), (2) biomasa vulnerable desde las evaluaciones directas mediante área barrida (Alarcón *et al.*, 2018) y (3) desembarques (Fuente: SERNAPESCA).

Siguiendo el procedimiento de Scott *et al.* (2016), el mejor ajuste se consiguió para la hipótesis que considera 11 vulnerabilidades, alcanzando un AICc = -326,1 y suma de cuadrado (SS) de 172,5. El segundo mejor modelo, que alcanzó AICc = -325,4 (SS = 173,8), consideró 10 parámetros de vulnerabilidad.

En general, los ajustes de series de tiempo, aunque no perfectos, tienden a representar las tendencias de la biomasa y captura de los grupos funcionales para los cuales se realizó el ajuste. En el caso de las biomasas, el mejor ajuste ocurre en el caso de la biomasa de anchoveta (Engrrin B), que tuvo una contribución de 4,5 unidades de la suma de cuadrados total (= 2,6%), seguido de la biomasa de sardina común (SS=7,5; 4,3%). El menor ajuste ocurre en el caso de la biomasa del jurel (SS = 24,5), equivalente a 14,2% de la suma de cuadrados total (Fig. 152).

En el caso de las series de captura, el mejor ajuste se alcanzó en el caso de sardina común (SS=1,9; 1.1%) seguido de la captura de langostino amarillo (SS=2,8; 1,6%) y la anchoveta (SS=4,2; 2,4%). El menos ajuste se observó en el caso de camarón nailon (SS=19,6; 9,8%) y langostino colorado (SS=14,4; 8,3%) (Fig. 152).

El gráfico de impactos tróficos muestra que, en el caso de la merluza común, uno de los principales predadores de langostino amarillo, langostino colorado y camarón nailon, tiene efectos negativos sobre la fracción juvenil de cada especie (Fig. 153), dado que la proporción de éstos en la dieta de la merluza es mayor que la de adultos (Tabla 41). En el caso del lenguado de ojos grandes, también reconocido predador de langostinos y camarón, a diferencia de la merluza, tiene un efecto negativo mayor sobre los adultos que los juveniles. Luego, el incremento de la biomasa de merluza común tendrá un efecto negativo sobre la biomasa de langostinos y camarón, lo mismo que el incremento de la biomasa de lenguado.

Para evaluar el impacto de forzantes ambientales sobre la dinámica del stock de langostino amarillo, langostino colorado y camarón nailon, se evaluó el efecto de (1) incremento de la biomasa de los productores (fitoplancton) debido a una condición ambiental favorable, y (2) el decremento de la misma a fin de comparar ambos efectos. Adicionalmente, se analizó el impacto de (3) la disminución de la biomasa del principal predador, la merluza común, debido a una aumento de la mortalidad por pesca de este recurso. Finalmente, se analizó el impacto de una moratoria a la pesca de merluza común. Todas las simulaciones se realizaron desde el año 2019 hasta 2050 (32 años).

En el caso del incremento de la biomasa de los productores, la proyección consideró un aumento del 50% a un plazo de 32 años. Al respecto, el aumento de la biomasa de fitoplancton se traduce en el aumento de la biomasa de las tres especies de interés, alcanzando en el largo plazo 116% (juveniles de camarón nailon) a 135% (juveniles de langostino amarillo) la biomasa del primer año de simulación (Fig. 154). El crecimiento de la biomasa de los juveniles de las tres especies fue más sostenido que en el caso de los adultos, donde se observaron fuertes variaciones, principalmente en el caso de langostino amarillo y camarón nailon (Fig. 155).



Fig. 152. Ajustes series de tiempo de biomasa (Nombre B), biomasa acústica (Nombre Brcl) o biomasa de cruceros (Nombre Bsrv), y desembarques (Nombre C) de anchoveta (Engrrin), jurel (Tracmur), merluza común (Merlgay), sardina común (Straben), langostino amarillo (Cervjoh), langostino colorado (Pleumon) y camarón nailon (Heteree) entre 1997 y 2018. Puntos representan observaciones y la línea el ajuste.



Fig. 153. Impactos tróficos mezclados de los grupos funcionales y flotas que participan del ecosistema marino de Chile centro-norte y centro-sur (III a VIII Región). Rojo: impactos positivos. Azul: impactos negativos.

En el caso de la disminución del 50% de la biomasa del fitoplancton en el largo plazo, condujo a la casi extinción de los adultos de camarón nailon luego de 23 años, y de los juveniles al cabo de 32 años (Fig. 156). En las tres especies, la disminución de la biomasa del fitoplancton conduce en el largo plazo a la extinción de éstas. De manera similar al efecto del incremento de la biomasa fitoplanctónica, los juveniles de las tres especies mostraron menor variabilidad, y las fluctuaciones más fuertes ocurrieron nuevamente en los adultos de camarón nailon y langostino amarillo, respectivamente (Fig. 157).



Fig. 154. Trayectoria de la biomasa relativa de langostino colorado (Pleumon), langostino amarillo (Cervjoh) y camarón nailon (Heteree) como respuesta al aumento de la biomasa de fitoplancton entre 2019 y 2050.



Fig. 155. Razón entre la biomasa final (B₂₀₅₀) y biomasa inicial (B₂₀₁₉) de langostino colorado (Pleumon), langostino amarillo (Cervjoh) y camarón nailon (Heteree) como respuesta al aumento de la biomasa de fitoplancton entre 2019 y 2050. Las barras verticales representan la variación (una desviación estándar) de la biomasa a lo largo de la trayectoria de la simulación.



Fig. 156. Trayectoria de la biomasa relativa de langostino colorado (Pleumon), langostino amarillo (Cervjoh) y camarón nailon (Heteree) como respuesta a la disminución de la biomasa de fitoplancton entre 2019 y 2050.



Fig. 157. Razón entre la biomasa final (B₂₀₅₀) y biomasa inicial (B₂₀₁₉) de langostino colorado (Pleumon), langostino amarillo (Cervjoh) y camarón nailon (Heteree) como respuesta al incremento de la biomasa de fitoplancton entre 2019 y 2050. Las barras verticales representan la variación (una desviación estándar) de la biomasa a lo largo de la trayectoria de la simulación.

En el caso de la interacción con merluza común, el principal predador de las tres especies de crustáceos, la disminución de la biomasa de merluza debido al aumento de la mortalidad por pesca produce la reducción de la biomasa de esta especie en los primeros años, situación que se revierte posteriormente iniciándose un ciclo de incrementos y decrementos de la biomasa, tanto en los adultos como en los juveniles de merluza (Fig. 163). En el largo plazo, la biomasa de merluza se reduce en 32,5% en el caso de los adultos y 23,9% los juveniles, siendo estos los que mostraron mayor variabilidad durante el período de simulación (Fig. 164).

En el caso de los crustáceos, debido a las fluctuaciones de la biomasa de su principal predador, también mostraron variaciones a lo largo de la simulación (Fig. 154), las que fueron marcadas en el caso de los adultos de camarón nailon y langostino amarillo. En los juveniles de las tres especies, las variaciones de la biomasa fueron menores. En el largo plazo, la biomasa de langostino amarillo y langostino colorado tiende a disminuir en torno a 15% respecto del año

de inicio de la simulación, mientras que la de camarón nailon se mantiene, así como la biomasa de los juveniles (Fig. 159).



Fig. 158. Trayectoria de la biomasa relativa de merluza común (Merlgay), langostino colorado (Pleumon), langostino amarillo (Cervjoh) y camarón nailon (Heteree) como respuesta a la disminución de la biomasa de merluza común (aumento de mortalidad por pesca) entre 2019 y 2050.

Finalmente, en el caso del escenario de moratoria a la pesquería de merluza común, primero se observa un efecto positivo en la biomasa de los adultos de merluza, a diferencia de los juveniles, los que por canibalismo ven reducida su biomasa. El aumento de la biomasa de merluza produce en los primeros 4 - 5 años la disminución de la biomasa de langostinos y camarón nailon, para luego dar lugar a un periodo de fluctuaciones de la biomasa de predadores y presas (Fig. 160). Aunque al final de la simulación, la biomasa de merluza (adultos y juveniles) se redujo en torno a 23% respecto, la trayectoria de la biomasa de este recurso tiene pendiente positiva, alcanzando un crecimiento promedio de 52% respecto del primer año de simulación. Sin embargo, cabe hacer notar las fuertes fluctuaciones que muestra la biomasa de merluza a lo largo del período de simulación (Fig. 160).

La moratoria a la pesca de merluza conduce a que, en el largo plazo, las biomasas de las tres especies de crustáceos aumenten en torno a 20% respecto del inicio de la simulación, aunque con marcadas fluctuaciones, principalmente en el caso de los adultos (Fig. 161).



Fig. 159. Razón entre la biomasa final (B₂₀₅₀) y biomasa inicial (B₂₀₁₉) de merluza común (Merlgay), langostino colorado (Pleumon), langostino amarillo (Cervjoh) y camarón nailon (Heteree) como respuesta a la disminución de la biomasa de merluza común (aumento de mortalidad por pesca) entre 2019 y 2050. Las barras verticales representan la variación (una desviación estándar) de la biomasa a lo largo de la trayectoria de la simulación.



Fig. 160. Trayectoria de la biomasa relativa de merluza común (Merlgay), langostino colorado (Pleumon), langostino amarillo (Cervjoh) y camarón nailon (Heteree) como respuesta a la moratoria de la pesquería de merluza común entre 2019 y 2050.



Fig. 161. Razón entre la biomasa final (B₂₀₅₀) y biomasa inicial (B₂₀₁₉) de merluza común (Merlgay), langostino colorado (Pleumon), langostino amarillo (Cervjoh) y camarón nailon (Heteree) como respuesta a la moratoria de la pesquería de merluza común entre 2019 y 2050. Las barras verticales representan la variación (una desviación estándar) de la biomasa a lo largo de la trayectoria de la simulación.

CONCLUSIONES

- El modelo de la trama trófica del ecosistema marino frente a Chile centro-norte y centro sur (III a VIII Regiones) para el año 1997 los principales predadores de langostino amarillo, langostino colorado y camarón nailon son merluza común y lenguado de ojos grandes, y que ambos tienen efectos negativos directos sobre la fracción juvenil de las tres especies de crustáceos.
- La flota de arrastre camaronero/langostinero tiene efectos negativos directos sobre la biomasa de langostinos y camarón, mientras que las otras flotas (cerco de jurel, cerco de pequeños pelágicos y arrastre merlucero) tienen efectos negativos indirectos.
- Simulaciones de largo plazo (> 30 años) de la biomasa de los productores (aumento) conducen a incrementos por sobre 100% de la biomasa de las tres especies de crustáceos, mientras que la reducción de 50% de la biomasa de fitoplancton condujo a la casi extinción de las tres especies, siendo el camarón nailon el afectado en menor plazo.
- En los dos escenarios de simulación (aumento y disminución de la biomasa del fitoplancton), los juveniles de las tres especies de crustáceos mostraron menor variabilidad. Las fluctuaciones más fuertes ocurrieron en los adultos de camarón nailon y langostino amarillo.
- El aumento en el largo plazo de la mortalidad por pesca de merluza común produce la reducción de la biomasa de esta especie en los primeros años, situación que se revierte posteriormente iniciándose un ciclo de incrementos y decrementos de la biomasa, tanto en los adultos como en los juveniles.

- En los crustáceos, debido a las fluctuaciones de la biomasa de merluza, se observan fluctuaciones en contra-fase de sus respectivas biomasas, las que son marcadas en el caso de los adultos de camarón nailon y langostino amarillo. En los juveniles de las tres especies, las variaciones de la biomasa son menores.
- En el caso del escenario de moratoria a la pesquería de merluza común, primero se observa un efecto positivo en la biomasa de los adultos de merluza, a diferencia de los juveniles, los que por canibalismo ven reducida su biomasa. En los crustáceos, la moratoria a la pesca de merluza conduce a que, en el largo plazo, las biomasas de las tres especies se incrementen en torno a 20% respecto del inicio de la simulación, aunque con marcadas fluctuaciones, principalmente en el caso de los adultos.
- Las relaciones entre el reclutamiento y la biomasa reproductora de los crustáceos demersales son complejas debido a los patrones de variabilidad temporal no estacionaria, y que obscurecen las relaciones stock-recluta, y por lo tanto sujeto a incertidumbre para el manejo.
- Las relaciones stock-recluta de los crustáceos demersales en la unidad de pesquería norte y sur muestra cambios en la pendiente y el intercepto en el tiempo, concluyéndose cambios sostenidos en el nivel de reclutamiento debido a fluctuaciones exógenas principalmente.
- Los cambios en la biomasa vulnerable de los crustáceos demersales están asociados con efectos denso-dependientes retrasados en un año, con excepción del langostino amarillo en la unidad de pesquería norte y langostino colorado en la unidad de pesquería sur.

6. Taller de presentación de resultados

	Advances of the second
	TALLER
PROY	ECTO FIPA Nº 2017-66 "Estudio del reclutamiento in situ de crustáceos demersales"
τ	Jniversidad Católica del Norte – Universidad de Concepción
	Lunes 14 de diciembre 2020
	PROGRAMA
09:00 - 09:15	Sala de espera
Palabras de bi	envenida e Introducción Jefe Proyecto Enzo Acuña S.
Módulo I Co	ontexto, Estudios Previos e Hipótesis.
09:30 - 09:45	Contexto teórico. Beatriz Yannicelli. U. República Uruguay, UCN
09:45 - 10:00	Reproducción y comportamiento de crustáceos demersales FIPA Nº 2006-43 y 2008-47. Martin Thiel. UCN.
10:00 - 10:15	Estudios complementarios. Proyecto FONDECYT. Beatriz Yannicelli y María de los Angeles Gallardo. U. República Uruguay, UCN
10:15 – 10:30	Estudios complementarios. Evaluaciones directas 2015 – 2019. Rubén Alarcón UdeC – E. Acuña UCN
10:30 – 10:45	Estudios complementarios. Seguimiento de las Pesquerías 2015 – 2019. Max Zilleruelo IFOP.
10:45 - 11:00	Pausa de descanso
11:00 - 11:15	Estudios complementarios. Estudios bioquímicos Beatriz Yannicelli y María de los Angeles Gallardo.
11:15 – 11:30	Estudios complementarios. Filmaciones fondos submarinos Sistema de Bahías de Coquimbo. Matthias Gorny. OCEANA.

11:30 - 11:45	Reclutamiento I FIPA Nº 2004-45. Enzo Acuña - UCN
11:45 - 12:15	Preguntas y aclaraciones de las presentaciones Módulo I.
Módulo II A	nálisis Integrado de resultados
12:15 - 12:35	Nuevas pesquerías de agua profundas en el Caribe colombiano: Manejo pesquero basado en ciclos de vida, estrategias de conservación y enfoque ecosistémico. Jorge Paramo, Daniel Pérez y Mathhias Wolff. U. de Magdalena, Colombia. U. Bremen, Leibniz Zentrum für Marine Tropenökologie.
12:35 - 12:50	Resultados de muestreos planctónicos y bentónicos. Enzo Acuña, Christian Véliz & Juan Vilches UCN – UdeC
12:50 - 01:05	Patrones de variabilidad del reclutamiento de crustáceos demersales: Influencia ambiental de distintas escalas. Luis Cubillos – Luis Bravo.
01:05-01:20	Patrones tróficos. Rubén Alarcón. UdeC
01:20 - 01:50	Preguntas y aclaraciones de las presentaciones Módulo II.
Módulo III E	Estado del Arte - Construcción de Modelos Conceptuales por especie
15:00 - 15:45	Langostino colorado
15:45 - 16:20	Langostino amarillo
16:20 - 17:25	Camarón nailon
17:20	Clausure Teller

Después de cada una de las distintas presentaciones realizadas en el Taller del Proyecto se solicitó al público participante que evaluara, a través del sistema Poll de la herramienta ZOOM, la relevancia para los objetivos del proyecto en general o el tema del reclutamiento de los crustáceos demersales, mediante 3 opciones: Información significtiva, Información regular e Información no relevante.

En la Tabla 44, se puede observar que en general la audiencia consideró que la información presentada en el Módulo I era significativa para los objetivos del estudio del reclutamiento de los crustáceos demersales, destacando la presentación del Dr. Matthias Gorny con filmaciones in situ de algunos sectores del Sistema de Bahías de Coquimbo donde se puede observar directamente los organismos en su medio natural, sin duda una actividad que puede entregar importantes hipótesis para seguir avanzando en estos estudios.



Tabla 44.	Evaluación de los contenidos	presentados en el Módulo I	del Taller del Prov	vecto FIPA N° 2017-66.

Módulo I Contexto, Estudios Previos e Hipótesis.		Significativa	%	Regular	%	Росо	%	Total
Contexto teórico.	Beatriz Yannicelli	13	93	1	7		0	14
Reproducción de crustáceos demersales FIPA Nº 2006-43	Martin Thiel	14	88	2	13		0	16
Comportamiento de crustáceos demersales FIPA Nº 2008-48	Martin Thiel	14	88	2	13		0	16
Estudios complementarios. Proyecto FONDECYT	Beatriz Yannicelli & María de los Angeles Gallardo.	ardo. 13		1	7		0	14
Estudios complementarios. Evaluaciones directas 2015 - 2019	Rubén Alarcón & Enzo Acuña	11	85	2	15		0	13
Información complementaria estudios reproduccción Andrés Flores et al. Enzo Acuña		8	80	2	20		0	10
Estudios complementarios. Seguimiento de las Pesquerías 2015 – 2019. Max Zilleruelo		9	60	6	40		0	15
Estudios complementarios. Estudios bioquímicos	Beatriz Yannicelli & María de los Angeles Gallardo. 10		77	3	23		0	13
Estudios complementarios. Filmaciones fondos submarinos Sistema de Bahías de Coquimbo.	Matthias Gorny	14	100		0		0	14
Estudios complementarios. Reclutamiento I FIPA Nº 2004-45.	Enzo Acuña	9	82	2	18		0	11
Módulo II Análisis Integrado de resultados								
Nuevas pesquerías de aguas profundas en el Caribe colombiano:	Jorge Paramo, Daniel Pérez y Matthias Wolff							
Resultados de muestreos planctónicos y bentónicos.	Enzo Acuña, Christian Véliz & Juan Vilches							
Patrones de variabilidad del reclutamiento de crustáceos demersales: Influencia ambiental de distintas escalas.	Luis Cubillos – Luis Bravo							
Patrones tróficos.	Rubén Alarcón							

7. DISCUSION

Ambiente

La región centro y norte de Chile se encuentran en el llamado Sistema de Surgencia de Borde Este, conocido en inglés como EBUS. Este tipo de sistema se caracteriza por tener una alta productividad marina, que es controlada principalmente por dos factores. El primero de ellos, es el forzamiento del viento a lo largo de la costa (Strub *et al.*, 1998; Garreaud & Muñoz, 2005; Garreaud & Rutland, 2006), y por el drop-off del viento que van a generar un transporte y bombeo de Ekman (Bakun, 1973; Bakun *et al.*, 1991, Bravo *et al.*, 2016). El segundo factor se debe al forzamiento remoto que puede modular la surgencia costera en escalas de tiempo desde intraestacional a interdecadal (Shaffer *et al.*, 1999; Garçon *et al.*, 2019). Sin embargo, otros procesos de diferentes escalas espaciales y temporales (eg. ondas internas de marea, forzamiento diurno, movimiento inercial, efectos topográficos, entre otros) juegan un rol en los procesos oceanográficos físicos que ocurren en nuestra zona de estudio.

A partir del ciclo anual del esfuerzo de viento de Coquimbo y Concepción se obtuvo el índice de surgencia, que representa la estimación del transporte de Ekman debido al forzante del viento y la rotación de la Tierra. Los resultados para Coquimbo muestran una surgencia permanente durante todo el año con máximos valores durante los meses de primavera (Fig. 157). El afloramiento de agua subsuperficial a la superficie que se caracteriza por ser fría, tener concentraciones de nutrientes altas, y bajo contenido de oxígeno disuelto debido al transporte de surgencia (Garreaud, *et al.*, 2011; Renault *et al.*, 2012; Bravo *et al.*, 2016), mantienen en los meses de octubre y noviembre una alta productividad primaria dentro del Sistema de Bahías de Coquimbo (rastra). Mientras que, en la región de Concepción, la surgencia costera tiene una marcada estacionalidad con máximos valores en verano (Fig. 157) que está asociado al intenso viento que se presenta durante esta época estival (Sobarzo *et al.*, 2005) en la región. Durante invierno, las condiciones de viento cambian, predominando una dirección hacia el sur (Sobarzo *et al.*, 2007) que es favorable al hundimiento (Fig. 157), condición promedio que no se presenta en la zona centro norte de Chile.

Las campañas hidrográficas de Coquimbo realizadas durante otoño (26 de mayo de 2019) e invierno (25 de julio de 2018), mostraron condiciones diferentes en la columna de agua, no sólo por un efecto estacional, sino que a una respuesta de las condiciones de viento imperante antes de las mediciones. En el caso de otoño, la columna de agua se caracterizó por presentar un levantamiento de las isotermas e isohalinas hacia la costa, y bajas concentraciones de oxígeno cerca de la superficie (~20 m de profundidad), estructura remanente que quedó posterior a condiciones de vientos favorables a la surgencia registradas antes de la campaña de muestreo.



Fig. 162. Ciclo anual del Indice de Surgencia para la región de Coquimbo (línea y puntos rojo) y la región del Biobío obtenido a partir del ciclo anual del esfuerzo del viento de las estaciones meteorológicas de Panul (Región de Coquimbo) y Talcahuano (Región del Biobío).
Mientras que, en invierno, la campaña de muestreo se realizó posterior a condiciones de vientos débiles, observándose una columna de agua más bien estratificada, con altas concentraciones de oxígenos en los primeros 70 m de profundidad. Debido a la ubicación geográfica de las estaciones de Coquimbo, la respuesta de la columna de agua observada en otoño podría deberse a condiciones por el efecto del rotor del viento (Bravo *et al.*, 2016) y una circulación ciclónica de la zona sur del Sistema de Bahías de Coquimbo (Moraga *et al.*, 2011), más que un efecto por el transporte de Ekman tradicional.

La estructura espacial del campo hidrográfico de verano (28 de diciembre de 2019) en Concepción, se caracterizó por presentar ascenso de las isotermas e isohalinas hacia la costa (Fig. 24) y bajas concentraciones de oxigeno (< 1ml/l) en los primeros 25 m de profundidad, condiciones características de un evento de surgencia ocurrido antes del crucero. Situación que se corrobora con la imagen de temperatura superficial del mar para la zona, donde se aprecia un enfriamiento costero debido al ascenso de agua subsuperficial a la superficie y el aumento de la clorofila satelital cerca de la costa, procesos oceanográficos acordes a los que han sido reportados por Sobarzo *et al.* (2007) y Yuras *et al.* (2005). Para el caso de invierno (26 de abril de 2019), las condiciones hidrográficas de la zona, principalmente por las altas concentración de oxígeno en la capa superficial del mar, dan cuenta de condiciones diferentes a un periodo de surgencia, y con bajos valores de clorofila satelital.

Es importante destacar que la región de Coquimbo y la del Biobío presentan diferencias topográficas importantes, como el ancho de la plataforma continental (Coquimbo ~5 km, Bíobío ~60 km), y la presencia de cañones submarinos en la región del Biobío, factores que influyen en los procesos oceanográficos locales (Sobarzo *et al.*, 2007, Sobarzo *et al.*, 2010, también permite el avance debe sumar el aporte de agua dulce proveniente de la descarga de ríos Biobío e Itata que tienen un impacto no sólo en la dinámica local (Saldías *et al.*, 2012), sino que también en el aporte de nutrientes y elementos esenciales para la producción primaria (Simpson & Sharples, 2012).

Identificación estadios larvales de Heterocarpus reedi

Uno de los resultados más relevantes obtenidos en este estudio se refiere a la captura y mantención exitosa en cautiverio de hembras de esta especie y la obtención de los cinco estdios de Zoea de la especie. Este resultado tiene una aplicación general como una contribución al conocimiento del meroplancton de aguas chilenas y que, tratándose de una especie comercial de interés, permite ir desentrañando los detalles de parte de su historia de vida.

Por ejemplo, es importante considerar que el estadio zoea II, debería buscar alimento ya que se iniciaría una etapa en que las reservas vitelinas ya se ocupan y se necesita alimento externo. En el laboratorio una zoea IV, para algunos crustáceos a veces coincide con cambios en la alimentación, debido a la formación del intestino más funcional, lo que coincide con un cambio de dieta. Para el caso del camarón nailon, se observa que la larva ya se alimenta desde zoea I, ya que nace más desarrollada y con el intestino de una zoea IV. Se debe considerar hacer cortes histológicos de las larvas y ver el desarrollo del intestino y en larvas vivas ver indicadores de condición. Por lo anterior el desarrollo embrionario se demora más y hay **cuidado parental** de las proto-zoeas, lo que se traduce en un mayor tiempo de las larvas con su madre, aún después de eclosionadas.

Aun se necesitan más estudios de esta especie para poder obtener más información respecto a su reproducción y desarrollo larvario. Optimizando las condiciones de mantención, se considera factible mantener hembras y larvas por periodos prolongados de tiempo, para lograr el desarrollo completo. También, se considera factible mantener ejemplares adultos con la finalidad de registrar el proceso de reproducción y mudas.

Aspectos del comportamiento, forma de alimentación, desarrollo gonadal, reproducción, evaluación de las estructuras corporales, condiciones ambientales para su mantención, desarrollo ontogénico de sus sistemas en larvas, determinación de la fecundidad absoluta, etc. son temas factibles de llevar a cabo en laboratorio con los protocolos que actualmente se cuenta en el laboratorio de cultivo de crustáceos del a UCN.

Comportamiento juveniles de langostino colorado

El comportamiento de los juveniles de langostino colorado en presencia de alimento es acorde lo descrito por Thiel & Lovrich (2011) y Lovrich & Thiel (2011) para langostinos en general. Se observó a los juveniles de *Pleuroncodes monodon* filtrar material particulado, manipular su alimento usando quelípedos y apéndices bucales simultáneamente, además de cazar presas vivas usando sus quelípedos. Observaciones de comportamiento agonístico en langostinos son escasas. Sin embargo, se han descritos este tipo de comportamientos relacionados a la alimentación, territorio, competencia sexual y por refugio (Thiel & Lovrich 2011). En este estudio se observó que los eventos antagónicos se producían independientemente de la cantidad o tipo de comida disponible. A pesar de vivir formando agregaciones en el bentos, al parecer P. monodon compite intra-especificamente por la comida, Los juveniles usaron sus quelípedos y levantaban su abdomen del fondo del acuario para enfrentarse por el bolo de pellet, similar a la postura de ataque descrita para adultos de Munida quadrispina (Antonsen & Paul 1997) o Cervimunda johni (Thiel & Lovrich, 2011). Otro comportamiento agonista descrito para la familia Munididae es el canibalismo (Karas et al., 2007; Thiel & Lovrich, 2011), al respeto se ha observado canibalismo entre juveniles de P. monodon en condiciones de laboratorio, este comportamiento fue registrado luego de la muda de un juvenil que fue posteriormente desmembrado y comido por sus pares a los pocos minutos (Gallardo MA: Pers. obs, video exhibido en el XXXIX Congreso de Ciencias del Mar, Iquique). Al parecer, el canibalismo fue más frecuente a mayor densidad de juveniles, esta relación entre densidad de individuos y compartimentos agonísticos fue observado en Munidopsis polymorpha (Thiel & Lovrich, 2011). Se ha registrado a adultos de Cervimunida johni también exhibiendo conductas antagónicas compitiendo por el alimento y entre machos adultos por una hembra (Thiel & Lovrich, 2011), es de esperar que los juveniles de esta especie también presenten este tipo de conductas antagónicas en la naturaleza.

Ciclo reproductivo especies objetivo

Pool *et al.* (1996) durante la primera evaluación indirecta de langostino amarillo en la zona Centro - Norte financiada por el FIP construyeron una serie anual de intervalo mensual de la proporción de hembras en estado reproductivo, que se distinguió por la presencia o ausencia de huevos en el abdomen. Wolff & Aroca (1995) por su parte encontraron que las primeras hembras ovíferas de *C. johni* aparecen a finales de mayo alcanzando un máximo en agosto (99%) y que la eclosión de los huevos comienza en octubre y termina en noviembre. Entre diciembre y principios de mayo no observaron hembras con huevos. Finalmente, Espinoza-Fuenzalida *et al.* (2012) detectaron, en una misma temporada de reproducción entre mayo y septiembre, la presencia de varias camadas que se traducen también en varias eclosiones larvales en *C. johni* durante ese periodo.

Pool *et al.* (1996) al observar que el período de cópula no tiene una manifestación obvia a través de los datos que se obtienen del muestreo biológico de las capturas, infieren que este período, si es único durante el ciclo reproductivo poblacional, ocurre antes del período de portación de huevos y después que ese período ha finalizado. Al respecto, Espinoza-Fuenzalida *et al.* (2012) determinaron en el laboratorio que existen cópulas sucesivas que dan origen a camadas sucesivas durante la temporada de reproducción en ambos langostinos, precisando los planteamientos de Pool *et al.* (1996).

Pool *et al.* (1996) determinaron a partir de las muestras llevadas al laboratorio, una serie de estados de madurez de los huevos, para lo cual desarrollaron una escala de madurez de los mismos, utilizando los criterios empleados por Palma & Arana (1989) para el langostino colorado, documento que no aparece citado en la bibliografía de su estudio, ya que solo se cita un informe no publicado de esos autores de 1990. En todo caso, es interesante destacar un aspecto en particular que abordaron estos autores a través del análisis de la secuencia temporal de los estados de madurez de los huevos, y fue la identificación de más de un evento poblacional de eclosión larval, lo que fue dilucidado experimentalmente por Espinoza-Fuenzalida *et al.* (2012), quienes detectaron, en una misma temporada de reproducción, la presencia de varias camadas tanto en *C. johni* como en *P. monodon*. Esto fue nuevamente confirmado en P. monodon con datos quasi-mensuales obtenidos frente a Coquimbo entre 2015 y 2016, donde las hembras de langostino colorado exhibian desarrollo paralelo de su masa ovígera y gónadas (Nuñez, 2017).

Por su parte, Roa *et al.* (1996) en el proyecto FIP N° 95-13, también primera evaluación indirecta de langostino colorado en la zona Centro-Sur financiada por el FIP, determinaron

que la proporción de hembras ovíferas para las tres zonas estuvo por sobre el 80%, mostrando una tendencia decreciente desde Achira a Pichilemu, pero no realizaron una separación temporal a lo largo del año. Sin embargo, estos autores no analizaron la composición de estadios de huevos a lo largo del año.

Palma & Arana (1997) estudiaron la reproducción del langostino colorado *Pleuroncodes monodon* y determinaron que ésta ocurre una vez al año, con mayor incidencia de hembras ovíferas entre mayo y octubre y que la talla en que el 50% de las hembras alcanza la madurez sexual fue de 25,6 mm de LC (longitud cefalotorácica). Además, Palma & Arana (1997) hacen referencia a que el diámetro de los huevos del langostino colorado varió entre 0,47 y 0,78 mm y que se aprecia un incremento de tamaño en función del avance del desarrollo embrionario, y a solo un evento que comprendería entre 90 y 120 días y que la eclosión de los huevos se produciría entre junio y octubre, Como ya se señaló este tema fue resuelto por Espinoza-Fuenzalida *et al.* (2012), quienes detectaron, en una misma temporada de reproducción, la presencia de varias camadas que se traducen también en varias eclosiones larvales en *P. monodon* durante ese periodo a diferencia de lo planteado por esos autores.

Palma & Arana (1997) determinaron el estado de desarrollo embrionario o madurez de los huevos del langostino colorado, mediante microscopio estereoscópico en hembras ovíferas obtenidas de lances de pesca. La determinación del estado de madurez se efectuó de acuerdo a la coloración de los huevos y a la forma y grado de pigmentación de los ojos de los embriones. Para esto, estos autores establecieron una escala de maduración de cuatro estados de desarrollo, de acuerdo a los criterios utilizados por diversos autores para otros decápodos. Estos autores plantearon que la reproducción ocurre una vez al año, con mayor incidencia de hembras ovíferas entre mayo y octubre, que la talla en que el 50% de las hembras alcanza la madurez sexual fue de 25,6 mm de LC, que el diámetro de los huevos varió entre 0,47 y 0,78 mm apreciándose un incremento de tamaño en función del avance del desarrollo embrionario el que comprendió entre 90 y 120 días y la eclosión de los huevos se produjo entre junio y octubre.

En Gallardo et al. (2017 y 2019) se plantea que la portación de huevos y la posición batimétrica de hembras ovígeras de P. monodon estaría modulada por la presencia de la ZMO

sobre la plataforma continental. A pesar de que *P. monodon* es una especie que puede vivir en condiciones de hipoxia, en el bentos, y a baja temperatura (Gallardo et al. 2017), las hembras ovígeras tendrían limitaciones fisiológicas para permanecer por períodos prolongados en condiciones de hipoxia, de hacerlo ponen en riesgo la integridad de los embriones y de las resultantes larvas, como fue puesto a prueba en condiciones de laboratorio (Gallardo et al. 2019). Cambios en la distribución batimétrica de hembras ovígeras observados desde 1986 (Bahamoendes 1986) pueden ser explicados por el desplazamiento estacional de la ZMO sobre la plataforma, ya que la mayor proporción de hembras ovígeras estarían en condiciones de oxígeno >1 ml/L (Gallardo et al. 2017)

Camarón nailon

Acuña *et al.* (1997) en el proyecto FIP N° 95-06, primera evaluación indirecta de camarón nailon financiada por el FIP, determinaron que el período de portación masiva de huevos comienza en abril en Coquimbo y mayo en Quintero y Tomé, encontrándose porcentajes crecientes de hembras ovíferas durante los meses agosto y septiembre, dependiendo de la zona geográfica.

Acuña *et al.* (1997) establecieron una relación entre las características de los huevos y las distintas épocas del desarrollo del ciclo de Extrusión, Portación y Liberación de huevos.

- Época de extrusión: las hembras portadoras presentan sus huevos sin pigmentos oculares ni apéndices.
- **Época de portación**: las hembras presentan sus huevos con pigmentos oculares y apéndices. El comienzo de esta época ocurre cuando se encuentra una mayor proporción de hembras portadoras.
- Época de liberación de huevos o eclosión larvaria: las hembras maduras ya no son portadoras de huevos; en algunas es posible encontrar restos de la masa de huevos en los pleópodos, de color café muy oscuro. El comienzo de esta época ocurre cuando se encuentra una mayor proporción de hembras maduras no portadoras.

Muestreos planctónicos

Se presenta la información de la Abundancia de los estadios tempranos de desarrollo del langorino amarillo *C. johni* y langostino colorado *P. monodon* en las estaciones de muestreo planctónico y estratos de profundidad ordenadas por mes de ejecución de los cruceros realizados en mayo (2019), de julio (2018) y septiembre (2019), en la zona de Coquimbo (Fig. 163). Estos datos permiten comprobar la existencia durante ese periodo mensual, abril – septiembre, de la existencia de larvas de los distintos estadios de desarrollo, comprobando lo ya descrito por Espinoza-Fuenzalida et al. (2012) quienes detectaron, en una misma temporada de reproducción, la presencia de varias camadas sucesivas, tanto en *C. johni* como en *P. monodon*.

Muestreos con rastra

En la Región del Biobío, con el objeto de visualizar el proceso de reclutamiento del langostino colorado se organizó la información de la distribución de frecuencia de tallas de esta especie en los cruceros de muestreo con rastra de acuerdo al mes de ejecución. Así se muestra que en abril (2019) se detectó una estructura de tallas polimodal, con ejemplares juveniles menores a 14 mm LC, con moda en 9 a 10 mm LC, una moda emergente en los 18 mm LC y otra secundaria en ejemplares de 25 mm LC. En agosto (2019) se detectó un rango entre 8 y 34 mm LC, polimodal, con una talla modal en 27 mm LC y la prevalencia de ejemplares adultos en diciembre (2018), con talla modal en 35 mm LC (Fig. 164). De esta forma se visualiza claramente la aparición de un grupo de tallas menores, que luego se mezcla con uno de tallas mayores y luego culminan en un grupo de tallas mayores único, incorporándose a la pesquería o zona de pesca desde la zona o área de reclutamiento.



Fig. 163. Abundancia de los estadios tempranos de desarrollo de *C. johni* y *P. monodon* por estación de muestreo y estratos de profundidad durante el crucero de julio de 2018, en la zona de Coquimbo.



Fig. 164. Distribución de frecuencia de tallas de langostino colorado en los cruceros realizados a la cuadra de Achira en la Región del Biobío, en diciembre (FIPA-VIII-1) de 2018, abril (FIPA-VIII-2) y agosto (FIPA-VIII-3) de 2019.

Este proceso se puede observar en forma similar, también al analizar en conjunto las estaciones de un mismo muestreo con la rastra Agassiz, este caso el Crucero FIPA VIII- 02 de abril de 2019, con capturas juveniles de langostino colorado en las estaciones más someras (E1 y E2) y capturas de juveniles y adultos y solo de adultos en las estaciones más oceánicas E4 y E3, respectivamente (Fig. 165).



Fig. 165. Distribución de frecuencia de tallas de langostino colorado en las estaciones E1 a E4 del crucero realizado a la cuadra de Achira en la Región del Biobío, en abril (Crucero FIPA-VIII-2) de 2019.

Posteriormente, en agosto y en la misma estación, se encontró camarón con moda en 36 mm y otra secundaria en 29 - 30 mm LC, finalmente en diciembre (2018), solo hubo presencia de camarón en la estación E4 y sin conformar una estructura de tallas robusta. En consecuencia, se observó un proceso similar al del langostino colorado, aunque no se visualiza tan

claramente la conformación de un grupo de tallas menores que luego se va uniendo con uno de tallas mayores, como en el caso anterior, sino que se percibe un solo grupo lo que probablemente es reflejo del cumplimiento de la hipótesis de incorporación más directa de los camarones juveniles a las áreas de pesca, sin tener un área más somera de reclutamiento (Fig. 166).



Fig. 166. Distribución de frecuencia de tallas de camarón nailon en los cruceros realizados a la cuadra de Achira en la Región del Biobío, abril (FIPA-VIII-2) y agosto (FIPA-VIII-3) de 2019 y en diciembre (FIPA-VIII-1) de 2018.

Modelos conceptuales de los ciclos reproductivos de crustáceos demersales (Figs. 167, 168, 169).

Los antecedentes bibliográficos y los datos nuevos recién presentados entre otros, obtenidos en el curso de este estudio, han complementado la información necesaria para sustentar la formulación de modelos conceptuales de la historia de vida de las tres especies de crustáceos demersales en estudio.

De las 3 especies de crustáceos demersales, el langostino colorado es el más estudiado lo que permitió reconstruir formular un modelo conceptual que representan los principales momentos de su para reconstruir su ciclo de vida (Fig. 167), incluyendo eventos oceanográficos claves en su historia de vida. Por el contrario, paraen el langostino amarillo (Fig. 168) y el camarón nailon (Fig. 168) existen vacíos en la información biológica que limitan la reconstrucción de algunas fases de su historia de vida. Las figuras 167 a la 168 fueron modificados en base a esquema propuesto por Gallardo et al. (2017), se contruyeron en base a la variación estacional de la concentración de oxigeno (ml L-1) sobre la plataforma continental en Coquimbo y Concepción. El gradiente de color verde representa la estacionalidad de la concentración de clorofila-a en superficie (tomado de Gallardo et al. 20017 para Coquimbo; el gradiente para Concepción fue construido desde los datos de Yuras et al. 2005). Panel inferior esquematiza los eventos del ciclo de vida de cada especie, líneas rojas horizontales representan la duración del evento o estado de desarrollo, las líneas verticales punteadas representan la migración vertical de estados larvales y juveniles. Líneas azules horizontales representan los eventos ambientales (retirada de la Zona de Mínimo Oxígeno (ZMO) y Surgencia) que estarían modulando los periodos de portación de huevos y liberación larval.

Las tres especies portan sus huevos preferentemente entre los meses de otoño invierno (Palma & Arana 1997; Thiel *et al.*, 2012; Gallardo *et al.*, 2017; 2019) coincidiendo con la retirada de la ZMO de la plataforma. Producto de la variación estacional y latitudinal de la Zona de Mínimo Oxígeno (ZMO) sobre la plataforma, los eventos de retirada de la ZMO costa afuera tendrían un desfase ~1 mes, ocurriendo primero en Coquimbo y más tardíamente en Concepción (Pizarro-Koch *et al.*, 2019), además la intensidad y extensión vertical de la ZMO

disminuye con la latitud (Fuenzalida et al. 2009, Charpentier et al. 2012, Pizarro-Koch et al. 2019). El periodo de portación de huevos para las 3 especies, al parecer sería más extenso en Concepción que en Coquimbo, ocurriendo entre abril – septiembre en Coquimbo y desde abril - mayo a noviembre en Concepción (Palma & Arana 1997; Canales et al. 1999; Gallardo et al. 2017). La ocurrencia máxima de hembras ovígeras ocurre en julio - agosto en Coquimbo y agosto - septiembre en Concepción (Palma & Arana 1997; Gallardo et al. 2017). El tiempo de desarrollo embrionario de las 3 especies es similar en condiciones de laboratorio: Langostino colorado ~40 dias en condiciones de normoxia y 11°C (Gallardo et al. 2019); langostino amarillo ~40 dias en condiciones de normoxia y 13°C (Thiel et al. 2012); camarón nailon de este estudio se desprende un tiempo de desarrollo > 3 semanas. Los hembras de las dos especies de langostino pueden producir más de una camada consecutiva en condiciones de laboratorio, es de esperar que esta estrategia ocurra en la naturaleza (Thiel et al. 2012). Esta estrategia al parecer no es compartida por el camarón nailon. La coincidencia de la retirada de la ZMO con el periodo de máxima portación de huevos de las 3 especies parece ser una estrategia común en residentes de la ZMO para favorecer el desarrollo embrionario, ya que huevos incubados en condicoens de mayor oxigeno tienen mejor performance y probabilidad de liberar larvas competentes, como se ha observado en Pleuroncodes monodon bajo condiciones de laboratorio (Gallardo et al. 2019).

La máxima ocurrencia de larvas zoea I en la columna de agua ocurre en invierno (junio - julio) en Coquimbo y a finales de invierno principio de primavera en Concepción, de ambas especies de langostinos. Las larvas zoea I serían liberadas, preferentemente, antes de los eventos de máxima surgencia (Palma 1994, Yannicelli *et al.* 2012, Gallardo *et al.* 2017), posiblemente para evitar la advección (Yannicelli *et al.* 2012). El periodo de liberación y duración larval de *Heterocarpus reedi* aún no está claro, este estudio ha sido el primero en obtener larvas zoea I en condiciones de laboratorio (Fig. 125, 127, 128). Al respecto, la morfología externa de esta difiere del morfotipo larval atribuido a *H. reedi* en el informe FIP N° 2004 - 45, cuya designación se basó en las características morfológicas generales descritos para la familia Pandalidae. Se desconoce el tiempo de desarrollo larval o la posición de los estados larvales en la columna de agua. En este estudio no se encontraron larvas de camarón en ninguna de las zonas de muestreo.

El estado de megalopa y recluta biológico (estado que se asienta en el bentos, diferente al recluta pesquero) difiere entre las especies. Megalopas de langostino colorado han sido encontradas desde noviembre hasta marzo en ambas zonas de muestreo (Mujica *et al.* 2011, Yannicelli *et al.* 2012, Gallardo *et al.* 2017), este estado realizaría migración vertical diaria desde estratos superficiales al bentos (Yannicelli *et al.* 2012). Mientras las megalopas del langostino amarillo y camarón nailon han estado ausentes en la columna de agua, se desconoce si este estado puede migrar verticalmente o su posición batimétrica. Dado que este estudio y los anteriores han centrado los muestreos planctónicos en la plataforma costera pueden existir dos hipótesis para la ausencia de megalopas de ambas especies: 1) el estado de megalopa ocurre en el talud o 2) el estado de megalopa ocurra en el talud y que carece de capacidad de migración vertical. Una alternativa es el asentamiento de las megalopas de langostino amarillo en fondos rocosos, esta última hipótesis se basa en imágenes de ROV presentadas por OCEANA donde se ha observado megalopas de langostinos individuales entre piedras a 200 m de profundidad (Matthias Gorny, OCEANA, com. pers.).



Fig. 167. Modelo Conceptual del ciclo de vida en función de la variación ambiental (ZMO, surgencia y Clorofilia-a) en la zona de Coquimbo y Concepción para *Pleuroncodes* monodon. Fuente: Modificado de Gallardo MA et al. 2017.



Fig. 168. Modelo Conceptual del ciclo de vida en función de la variación ambiental (ZMO, surgencia y Clorofilia-*a*) en la zona de Coquimbo y Concepción para *Cervimunida johni*. Fuente: Modificado de Gallardo MA et al. 2017.



Fig. 169. Modelo Conceptual del ciclo de vida en función de la variación ambiental ((ZMO, surgencia y Clorofilia-*a*) en la zona de Coquimbo y Concepción para *Heterocarpus reedi*. Fuente: Modificado de Gallardo MA et al. 2017.

Los reclutas biológicos de *Pleuroncodes monodon* ocurren fuera de los caladeros en condiciones de hipoxia (mayor ocurrencia <1 ml L⁻¹), en estratos más someros que el resto de la población adulta (Gallardo *et al.* 1994, Gallardo *et al.* 2017, Roa *et al.* 1995). En Concepción se han identificado sitios "nursery" para *Pleuroncodes monodon* en asociacion con la bacteria gigante *Thioploca,* este último bioindicador de ZMO (Roa *et al.* 1995). Mientras que en Coquimbo no se han identificado sitios nursery, la posición de los reclutas biológicos al parecer varía entre años (FIP N° 2004-45, Acuña *et al.* 2007). Dentro de los caladeros no se encuentran langostinos colorados >15 mm LC, muestreando con redes provistas de cubrecopos o evaluando el contenido estomacal de lenguado *Hippoglossina macrops* (Villarroel *et al.* 2001). Por el contrario, juveniles de *C. johin* y *H. reedi* < 15 mm fueron encontrados en los caladeros de Coquimbo y Concepción, por ejemplo, fueron frecuentes dentro del contenido estomacal de lenguado (Villarroel *et al.* 2001), observación que ha sido validada en el presente estudio.

Modelos de evaluación de stock

Los modelos de evaluación de stock cuantifican el reclutamiento de crustáceos demersales a la fase explotable de la fracción comercial, después de la fase juvenil. Para el caso del camarón nailon, tanto en la UPN como UPS, la talla media de reclutamiento considera 11,2 y 12,3 mm de longitud del caparazón para hembras y machos, respectivamente. Estas tallas medias se imponen y penalizan para el primer grupo de edad presentes en la estructura de tallas; y según los parámetros de crecimiento utilizados corresponde a una edad relativa de 1,4 y 1,9 años (Tabla 45). Para el langostino amarillo, la talla media de reclutamiento a la fase explotable se impone 19 mm LC para machos y hembras, mientras que el modelo estima 19,7 y 9,9 mm LC para machos y hembras en la UPN; aproximadamente a una edad relativa de 2,76 y 1,4 años, respectivamente (Tabla 45). Para el langostino colorado, se impone una talla media de 22 mm en la UPN y 18 mm en la UPS; lo que equivale a una edad relativa de 2,5 y 1,9 años, respectivamente. No obstante, sólo para la UPN se estima en 16,4 mm LC y corresponde a una edad relativa de 1,7 años (Tabla 45).

Tabla 45. Información sobre parámetros de historia de vida de crustáceos demersales utilizandos en modelos de evaluación de stock. Entre paréntesis se muestra la estimación del modelo de evaluación.

Información		Camarón nailon				Langostino amarillo				Langostino colorado	
		Norte		Sur		Norte		Sur		Norte	Sur
Parámetros historia de vida		Macho	Hembra	Macho	Hembra	Macho	Hembra	Macho	Hembra	Ambos	Ambos
Crecimiento	L∞	40,7	48,3	40,7	48,3	52,8	45,6	52,8	45,6	52	52
	k	0,19	0,17	0,19	0,17	0,151	0,174	0,151	0,174	0,22	0,22
	11	12,3	11,2	12,3	11,2	19	19	19,3	18,8	22	18
		(12,3)	(11,2)	(12,3)	(11,3)	(19,7)	(9,9)	(19,3)	(18,8)	(16,4)	(18)
Edad máxima	tmax	6	6	6	6	11	11	11	11	5	5
Mortalidad natural	М	0,36	0,36	0,36	0,36	0,3	0,3	0,3	0,3	0,35	0,35
Madurez a la talla	lm	-	24,3	-	24,3	-	26,1	-	26,1	27,2	27,2

El reclutamiento de los crustáceos demersales se caracteriza por no ser estacionario; esto es, que la media y la varianza no permanecen constantes. Esto implica que la sobrevivencia desde la eclosión de las larvas, asentamiento, y posterior reclutamiento, se debe a múltiples factores que no provienen de un ambiente estocástico que varía aleatoriamente. En efecto, más bien, el éxito del reclutamiento se debe a la ocurrencia de periodos irregulares con condiciones ambientales que lo favorecen o desfavorecen.

Los resultados demuestran que las series de reclutamiento de los crustáceos demersales presentan cambios estructurales que se expresan por tres patrones comunes. De estas, destaca el patrón de cambio que caracteriza al camarón nailon en la UPN; esto es, bloques de varios años que expresan ya sea reclutamientos bajos o altos que se alternan entre periodos de duración irregular transitorios. Un comportamiento similar se observa para el camarón en la unidad de pesquería sur, con la excepción que la variabilidad del reclutamiento en este caso es mayor y con bloques de años más cortos. Esta situación caracteriza también el reclutamiento de langostino amarillo de la UPN y langostino colorado de la UPS. Por último, hay un patrón de variación residual que muestra una tendencia a la disminución del reclutamiento entre 2000 y 2019, situación que caracteriza al langostino amarillo en la UPS principalmente.

El segundo patrón de fluctuación muestra una sensibilidad alta a la influencia climática relacionada con el Indice de la Corriente de Humboldt, que caracteriza el cambio de régimen

ocurrido a mitad de los años 70 y que termina a fines de los años 80. Este cambio de régimen ha sido documentado para las poblaciones de pequeños pelágicos como la anchoveta (*Engraulis ringens*) y la sardina (*Sardinops sagax*) (Alheit & Niquen, 2004; Cubillos *et al.*, 2007; Yañez *et al.*, 2008), además de cambios en el zooplancton y otros componentes del ecosistema pelágico (Alheit & Niquen, 2004; Ayón *et al.*, 2011; Chavez *et al.*, 2003; van der Lingen *et al.*, 2009; Xu *et al.*, 2019).

Se encontró que las relaciones stock-recluta mejoran notablemente cuando se consideran los puntos de quiebre, y que determinan parámetros dinámicos para determinar diferentes niveles de productividad (Szuwalski *et al.* 2019). Ignorar las tendencias en la productividad conlleva a sobreestimar la productividad y subestimar la capacidad de carga del ambiente cuando tanto las tasas de explotación y la productividad disminuyen con el tiempo, lo que podría resultar en una subestimación del estatus cuando los puntos biológicos de referencia son fijos (Holt & Michielsen, 2019).

Los crustáceos demersales habitan en aguas profundas sobre la plataforma continental y talud superior del Sistema de la Corriente de Humboldt (HCS), donde los macroinvertebrados habitan sedimentos bañados por el agua ecuatorial subsuperficial que se caracteriza por el bajo contenido de oxígeno disuelto, temperaturas relativamente cálidas y altas salinidades (Gallardo *et al.*, 2004; Silva, 2012), y que son moduladas por la Corriente Subsuperficial de Perú-Chile que fluye al polo (Contreras *et al.*, 2019). A escalas interanuales, los eventos El Niño-Oscilación del Sur pueden impactar fuertemente la circulación de la Corriente Subsuperficial Perú-Chile (Chaigneau *et al.*, 2013). Los crustáceos bentónicos como tienen un ciclo de vida complejo, liberando larvas pelágicas que se diseminan en la columna de agua, con megalopa y juveniles que reclutan cerca del área de distribución de los adultos, probablemente a través de procesos de retención que ocurren en la plataforma continental (Yannicelli *et al.*, 2012). Por tanto, el papel del clima a escala interanual y decadal sería relevante para el reclutamiento de crustáceos bentónicos.

De acuerdo con Sagua *et al.* (2021), los índices climáticos como el Índice de Oscilación del Sur (SOI) y el Índice de Corriente de Humboldt (HCI, Blanco-García 2004) se pueden utilizar

para vincular la variabilidad del reclutamiento interanual y decadal de los crustáceos bentónicos, respectivamente. Esos índices climáticos están asociados con períodos de anticiclón fuerte o débil y, por lo tanto, con períodos fríos o cálidos, condiciones húmedas o secas, vientos más fuertes o débiles que afectan el afloramiento y, posteriormente, el transporte mar adentro, la circulación, las variaciones en la profundidad mínima de oxígeno y remolinos anticiclónicos subsuperficiales que se asocian con inestabilidades de la Corriente Subsuperficial Perú-Chile (Chavez *et al.*, 2003; Blanco-García, 2004; Contreras *et al.*, 2019).

Yannicelli *et al.* (2013) estudiaron las respuestas del metabolismo de las larvas del langostino colorado a la hipoxia. Esos autores apoyan la idea de que la liberación de larvas durante los períodos de surgencia en la plataforma continental mejoraría su transporte costero y ascendente a aguas más oxigenadas, favoreciendo la supervivencia de las zoea tempranas y probablemente el éxito del reclutamiento. De manera similar, las hembras ovígeras del langostino colorado se mueven hacia aguas menos profundas para liberar larvas, probablemente en busca de aguas oxigenadas (Gallardo *et al.*, 2017; 2019). En consecuencia, la asociación entre el patrón de fluctuación que tipifica el reclutamiento de camarón nailon y langostino colorado en la unidad de pesquería sur con el Indice de la Corriente de Humboldt, muestra que el éxito en el reclutamiento de estos crustáceos está relacionado con un Anticiclón fortalecido en el SCH.

Estos cambios a gran escala a nivel atmosférico interactúan con el clima del océano y, aunque se desconoce la influencia a nivel de hábitat en la plataforma continental y talud superior, es factible que estén relacionado con la alteración de los patrones de circulación de la Corriente Subsuperficial Perú-Chile (Combes *et al.*, 2015; Contreras *et al.*, 2019) y la distribución de las propiedades físicas asociadas con la mezcla de las masas de aguas presentes (Silva & Neshyba, 1979; Silva 2012; Hormazabal *et al.*, 2013; Espinoza-Morriberón *et al.*, 2017). Las condiciones persistentes en estas escalas podrían afectar las condiciones del fondo y el asentamiento de zoeas pelágicas y el reclutamiento de crustáceos bentónicos. Además, probablemente la liberación de larvas en condiciones ambientales favorables o desfavorables relacionadas con el oxígeno podría explicar la variabilidad del reclutamiento de los crustáceos

demersales, como en el caso de langostino colorado (Yanniceli *et al.*, 2013; Gallardo *et al.*, 2017; 2019).

Modelación para el Manejo

El manejo sostenible de los recursos naturales depende de nuestra capacidad para predecir las posibles consecuencias de alternativas de gestión y políticas de manejo en sistemas naturales complejos. Entonces, se necesita herramientas integradoras que contemplen los distintos componentes de los sistemas a manejar y sus interacciones (Kimmins *et al.*, 2008). En el caso del manejo de recursos marinos, éste tiene como propósito asegurar beneficios para la sociedad, ya sea maximizando el valor económico de uno o más stocks o la captura para satisfacer la demanda alimentaria (Hilborn, 2011; Greiber, 2009). Sin embargo, también se busca obtener una combinación de beneficios de objetivos mixtos donde tienen lugar la economía, la alimentación, el empleo y la conservación (Cisneros-Montemayor, 2013).

En este contexto es de suma importancia reconocer que los recursos marinos forman parte de ecosistemas complejos y poseen tasas de productividad/mortalidad natural variables, y que además poseen relaciones tróficas con otras especies. Así, en algunas especies marinas su valor ecológico como presas, depredadores, estructuradores de hábitat, etc., no se relaciona con el valor económico otorgado por los usuarios y el mercado (Worm *et al.*, 2009; Kolding *et al.*, 2016). En estos casos, el manejo sustentable se torna más complejo y es necesario reconocer explícitamente a los sistemas ecológico y social circundantes (Defeo, 2015).

La importancia de las comunidades demersales para el funcionamiento de los ecosistemas de plataforma continental y talud son reconocidos alrededor del mundo, esas comunidades son más prominentes en áreas con gran producción y transporte de detrito (Nascimento *et al.*, 2012). Muchos peces y crustáceos demersales utilizan hábitats estructuralmente complejos para reducir la depredación y como lugar de búsqueda de alimento. En estos hábitats, un principio fundamental es que los cambios en los componentes individuales de los sistemas probablemente tengan consecuencias en otros lugares de los mismos (Caddy 2014). En el mar,

datos de la red trófica son una de las pocas bases para predecir tales efectos indirectos, ya sea de la explotación pesquera o de efectos ambientales (Pinnegar *et al.*, 2000).

En Chile, entre 33° y 39°, a principios de la década del 2000, la reducción significativa en la biomasa total de langostino amariullo y langostino colorado, se atribuyó a varios factores, (1) sobrepesca, (2) disminución de la biomasa reproductora, (3) fallas en los reclutamientos y (4) deterioro sostenido del factor somático (Canales & Espejo 2002). Sin embargo, Arancibia *et al.* (2003) informaron que la mortalidad por depredación fue la principal causa de mortalidad de ambas especies en esta zona durante la década de 1990, destacando la necesidad de evaluar los probables efectos de la depredación en la dinámica de estas dos especies. La mortalidad por depredación ejercida por la merluza común fue la principal causa de mortalidad en ambas especies dado el crecimiento significativo de la biomasa de merluza a finales de la década de 1990. La importancia de la depredación por merluza común se vió reafirmada en este estudio, donde frente a una reducción de la biomasa de este depredador, la biomasa de langostino se recupera en los primeros años, para luego oscilar en contrafase con la biomasa de merluza.

Arancibia & Neira (2005) exploraron los cambios de largo plazo en el nivel trófico de los desembarques pesqueros de Chile central incorporando también índices ambientales como el Niño Oscilación del Sur (ENOS), que por su escala espacial, junto con la "desproporcionada" magnitud de los desembarques de jurel, enmascarán cambios posibles efectos en el ecosistema que ocurren a escala más local, lo que hace necesario avanzar en calcular índices ambientales más cercanos al hábitat demersal propio de los langostinos y camarón nailon.

8. **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Acuña, E., J. Moraga & E. Uribe. 1989. La zona de Coquimbo: un sistema nerítico de surgencia de alta productividad. Rev. Pacífico Sur (Número Especial) 1989: 145-157.
- Acuña, E., R. Alarcón, H. Arancibia, L. Cid, C. Díaz, I. Lépez, A. Mujica, R. Roa & F. Winkler. 1997a. Análisis de la pesquería y evaluación indirecta del stock de camarón nailon (II a VIII Regiones). Informes Técnicos FIP. FIP/ IT N° 95 06, 235 pp.
- Acuña, E., H. Arancibia, L. Cid, A. Mujica, R. Roa. 1997b. Análisis de la pesquería y evaluación indirecta del stock de langostino amarillo en la III y IV Regiones. Informes Técnicos FIP. FIP/T N° 96-08, 168 pp.
- Acuña, E., M. Berríos, L. Cid, C. Díaz, J. Moraga, A. Mujica, J. Olivares, R. Roa. 1998. Evaluación directa del stock de langostino amarillo en la III y IV Regiones. Informes Técnicos FIP. FIP/IT N° 97-25, 156 pp.
- Acuña, E., R. Alarcón, M. Berríos, L. Cid, J. Moraga, A. Mujica, E. Pérez. 2000. Evaluación directa de camarón nailon entre la II y VIII Regiones, 1999. Informes Técnicos FIP. FIP/IT N° 99 – 08, 214 pp.
- Acuña, E. and J.C. Villarroel. 2002. Bycatch of sharks and rays in the deep sea crustacean fishery off the Chilean coast, Shark News 14: 16.
- Acuña, E., H. Arancibia, Luis Cid, Rubén Alarcón, Luis Cubillos & A. Sepúlveda. 2002. Evaluación directa de camarón nailon entre la II y VIII Regiones, año 2001 Informes Técnicos FIP. FIP/IT Nº 2001-05, 230 pp.
- Acuña, E., L. Cid, S. Zúñiga, K. Soria y A. Cortés. 2003. Pesca experimental de crustáceos con trampas entre la II y IV Regiones. Informes Técnicos FIP. FIP/IT Nº 2001-22, 169 pp.
- Acuña, E., R. Alarcón, H. Arancibia, L. Cid, L. Cubillos & Aquiles Sepúlveda. 2002. Evaluación directa de camarón nailon entre la II y VIII Regiones, año 2001. Informes Técnicos FIP. FIP/IT Nº 2001-05, 230 pp.
- Acuña, E., G. Conan, L. Cid, R. Alarcón y L. Cubillos. 2004. Evaluación directa de langostino colorado entre la III y IV regiones, año 2003. Informes Técnicos FIP. FIP/IT Nº 2003-03, 141 pp.
- Acuña, E., J.C. Villarroel, A. Cortés y M. Andrade. 2005a. Capítulo 11. Fauna Acompañante en Pesquerías de Arrastre de Crustáceos de Chile: Implicancias y Desafíos desde la perspectiva de la Biodiversidad, 395-425 En: Figueroa, E. (Ed.). Biodiversidad

Marina: Valoración, Usos y Perspectivas ¿Hacia dónde va Chile? Editorial Universitaria, Chile.

- Acuña, E., R. Alarcón, H. Arancibia, L. Cid, A. Cortés, L. Cubillos, P. Haye, R. León, G. Martínez y S. Neira. 2005b. Evaluación directa de langostino colorado y langostino amarillo entre la II y VIII regiones, año 2004. Informe Final. Proyecto FIP Nº 2004-11, 405 pp.
- Acuña, E., R. Alarcón, L. Cid, H. Arancibia, L. Cubillos y A. Cortés. 2006a. Evaluación directa de langostino colorado y langostino amarillo entre la II y VIII Regiones, año 2005. Pre-Informe Final. Proyecto FIP Nº 2005-09, 349 pp.
- Acuña, E., R. Alarcón, H. Arancibia, L. Cid, A. Cortés, Luis Cubillos y Rafael León. 2006b. Evaluación directa de langostino colorado y langostino amarillo entre la II y VIII Regiones, año 2006. Informes Técnicos FIP. FIP/IT Nº 2006-04, 424 pp.
- Acuña, E., J. C. Villarroel, A. Cortés, R. Alarcón, L. Cid, H. Arancibia, R. León, L. Cubillos, R. Bahamonde, C. Canales, C. Montenegro, B. Leiva y F. Contreras. 2007a. Evaluación directa de camarón nailon entre la II y VIII Regiones, año 2006. Informe Final Proyecto FIP Nº 2006-11, 275 pp.
- Acuña, E., M. Andrade, L. Cubillos, H. Arancibia, J. Moraga, A. Mujica, M. Berríos, D. Lancelloti, J.C. Villarroel, P. Haye & W. Stotz. 2007b. Determinación de Zonas y Épocas de Reclutamiento de camarón nailon, langostino amarillo y langostino colorado en las regiones III y IV. Informes Técnicos FIP. FIP/IT Nº 2004-45, 345 pp.
- Acuña, E., M. Thiel, M. Andrade, A. Cortes, N. Espinoza & I. Hinojosa. 2008a. Dinámica R. Alarcón, H. Arancibia, L. Cid, A. Cortés, L. Cubillos & R. León. 2008b. Evaluación directa de langostino colorado y langostino amarillo entre la II y VIII Regiones, año 2007. Informes Técnicos FIP. FIP/IT N° 2007-19, 418 pp.
- Acuña, E., A. Cortés and M.T. Cabrera. 2008c. Grenadiers in the Demersal Community off Northern and Central Chile. American Fisheries Society Symposium 63:125–135.
- Acuña, E., R. Alarcón, L. Cid, A. Cortés, L. Cubillos, O. Godø, R. León, V. López, E. Pérez & P. Rodríguez. 2008c. Estandarización de procedimientos metodológicos para la evaluación de crustáceos demersales a través del método de área barrida. Informes Técnicos FIP. FIP/IT Nº 2006-19, 326 pp.
- Acuña, E., R. Alarcón, H. Arancibia, A. Cortes, L. Cid, L. Cubillos & R. León. 2009a. Evaluación directa de langostino colorado y langostino amarillo entre la II y VIII Regiones, año 2008. Informes Técnicos FIP. FIP/IT N° 2008-16, 420 pp.

- Acuña, E., R. Alarcón, H. Arancibia, M. Barros, L. Cid, A. Cortes, I. Cubillos y J. Pineda. 2009b. Evaluación directa de camarón nailon entre la II y VIII Regiones, año 2008. Informe Final, FIP I/T N° 2008-17, 274 pp.
- Acuña, E. and J.C. Villarroel. 2010. Feeding habits of two deep-sea sharks from centralnorthern Chile: hooktooth dogfish *Aculeola nigra* (Etmopteridae) and dusky catshark *Bythalaelurus canescens* (Scyliorhinidae). Revista de Biología Marina y Oceanografía 45 (S1): 737-743.
- Acuña, E., R. Alarcón, A. Cortés, E. Gaete, M. Thiel, I. Hinojosa, T. Melo, D. Queirolo y R. Rojas. 2010a. Dinámica del comportamiento de langostino colorado y amarillo en la III y IV Regiones. Informes Técnicos FIP. FIP/IT Nº 2008-47, 285 pp.
- Acuña, E., R. Alarcón, H. Arancibia, L. Cid, A. Cortés & L. Cubillos. 2010b. Evaluación directa de langostino colorado y langostino amarillo entre la II y VIII Regiones, año 2009. Informes Técnicos FIP. FIP/IT N° 2009-15, 366 pp.
- Acuña, E., R. Alarcón, H. Arancibia, L. Cid, A. Cortés y L. Cubillos. 2010c. Evaluación directa de camarón nailon entre la II y VIII Regiones, año 2009. Informes Técnicos FIP. FIP/IT Nº 2009-16, 277 pp.
- Acuña, E., R. Alarcón, A. Cortés, L. Cid, H. Arancibia & L. Cubillos. 2012a. Evaluación directa de langostino colorado y langostino amarillo entre la II y VIII Regiones, año 2011. Informes Técnicos FIP. FIP I/T Nº 2011-01, 458 pp.
- Acuña, E., R. Alarcón, A. Cortés, H. Arancibia, L. Cubillos y L. Cid. 2012b. Evaluación directa de camarón nailon entre la II y VIII Regiones, año 2011. Informes Técnicos FIP. FIP I/T Nº 2011-02, 300 pp.
- Acuña, E., R. Alarcón, H. Arancibia, A. Cortés, L. Cid y L. Cubillos. 2012c. Evaluación directa de langostino colorado y langostino amarillo entre la II y VIII Regiones, año 2012. Informes Técnicos FIP. FIP I/T Nº 2012-02, 426 pp.
- Acuña, E., R. Alarcón, A. Cortés, H. Arancibia, L. Cubillos & L. Cid. 2013. Evaluación directa de camarón nailon entre la II y VIII Regiones, año 2012. Informes Técnicos FIP. FIP I/T Nº 2012-05, 290 pp.
- Acuña, E., R. Alarcón, H. Arancibia, A. Cortés, L. Cubillos, L. Cid. 2014. Evaluación directa de langostino colorado y langostino amarillo entre la II y VIII Regiones, año 2013. Informes Técnicos FIP. FIP I/T Nº 2013-02, 384 pp.
- Acuña, E., R. Alarcón, H. Arancibia, A. Cortés, L. Cubillos & L. Cid. 2015. Evaluación directa de camarón nailon entre la II y VIII Regiones, año 2013. Informes Técnicos FIP. FIP/IT Nº 2013-01, 262 pp.
- Acuña, E., R. Alarcón, A. Cortés, H. Arancibia y L. Cid. 2015. Evaluación directa de camarón nailon entre la II y VIII Regiones, año 2014. Informe Final, 487 pp.

- Acuña, E., R. Alarcón, A. Cortés, H. Arancibia, L. Cubillos & L. Cid. 2017. Evaluación directa de camarón nailon entre la II y VIII Regiones, año 2015. Informe Final IFOP, 272 pp.
- Acuña, E., R. Alarcón, A. Cortés, H. Arancibia, P. Haye, N. Segovia & P. Petitgas. 2019. Evaluación directa de camarón nailon entre la II y VIII Regiones, año 2018. Informe Final, 320 pp.
- Ahumada, M. D. Queirolo, P. Apablaza, R. Wiff, G. Plaza, M. Lima, J. Montero, A. Flores & S. Klarian. 2019. Evaluación directa de langostino amarillo y langostino colorado entre la II y VIII Regiones, año 2018. Informe Final. IFOP. Convenio de Desempeño, 2018 - 2019. Subsecretaría de Economía y EMT, 341 pp.
- Ahumada, M. D. Queirolo, P. Apablaza, R. Wiff, G. Plaza, M. Lima, J. Montero, A. Flores & S. Klarian. 2020. Evaluación directa de langostino amarillo y langostino colorado entre la región de Antofagasta y BioBío, y Camarón nailon entre la región de Antofagasta y BioBío, año 2019. Informe Final. IFOP. Convenio de Desempeño, 2019. Subsecretaría de Economía y EMT, 390 pp.
- Alarcón, R., E. Acuña, A. Cortés & H. Arancibia. 2017. Evaluación directa de camarón nailon entre la II y VIII Regiones, año 2016. Informe Final IFOP, 323 pp.
- Akaike, H. 1974. A new look at the statistical model identification. IEEE Transactions on Automatic Control, 19(6), 716-723. doi: 10.1109/tac.1974.1100705
- Alexander, Karen A., Heymans, Johanna J., Magill, Shona, Tomczak, Maciej T., Holmes, Steven J., & Wilding, Thomas A. 2015. Investigating the recent decline in gadoid stocks in the west of Scotland shelf ecosystem using a foodweb model. ICES Journal of Marine Science, 72(2), 436-449.
- Alheit, J. & Ñiquen, M. 2004. Regime shifts in the Humboldt Current ecosystem. Progress in Oceanography 60: 201–222. doi:https://doi.org/10.1016/j.pocean.2004.02.006
- Allen, K.R. 1971. Relation between production and biomass. J. Fish. Res. Board Can. 28: 1573-1581.
- Andrade, H. & P. Báez. 1980. Crustáceos decápodos asociados a la pesquería de *Heterocarpus reedi* (Bahamonde, 1955), en la zona central de Chile. Bol. Mus. Nac. Hist. Nat. Chile 37: 261-267.
- Anger, K. and H.J. Hirche. (1990). Nucleic acids and growth of larval and early juvenile spider crab, *Hyas araneus*. Marine Biology 105: 403-411.
- Anger, K., Harms, J. (1989). Changes in the energy budget of a decapod crustacean from the North Sea during planktonic larval development. In: Universidade Federal do Paraná, Curitiba (ed.). Memórias do III Encontro Brasileiro de Plâncton, Caiobá (PR), Brazil, p. 157–169

Anger, K. 2001. The Biology of Decapod Crustacean Larvae. Balkema, Lisse.

- Arana, P., M. Arredondo, N. Silva & V. Venturini. 1994. Evaluación de la pesquería y del stock de langostino colorado en la zona Centro-Sur. Informes Técnicos FIP. FIP/IT N° 93 – 05, 150 pp.
- Arana P., M. Ahumada & A. Guerrero. 2003a. Evaluación directa de camarón nailon entre la II y VIII Regiones, año 2002. Informes Técnico FIP. FIP/IT Nº 2002-05, 318 pp.
- Arana, P., M. Ahumada, A. Guerrero, S. Palma, P. Rosenberg, T. Melo, D. Queirolo, R. Bahamonde, M.A. Barbieri y C. Canales. 2003b. Evaluación directa de camarón nailon entre la II y VIII Regiones, año 2003. Informes Técnicos FIP. FIP/IT Nº 2003-05, 297 pp.
- Arana, P., M. Ahumada, S. Palma, T. Melo, D. Queirolo, A. Guerrero, R. Bahamonde, M.A. Barbieri, J. Cortés, J.C. Quiroz & B. Leiva. 2004. Evaluación directa de camarón nailon entre la II y VIII Regiones, año 2004. Informes Técnicos FIP. FIP/IT Nº 2004-10, 263 pp.
- Arana, P., M. Ahumada, A. Guerrero, T. Melo, D. Queirolo, M.A. Barbieri, R. Bahamonde, C. Canales & J.C. Quiroz. 2005. Evaluación directa de camarón nailon y gamba entre la II y VIII Regiones, año 2005. Informes Técnicos FIP, FIP/IT N° 2005-08, 300 pp.
- Arancibia, H., S. Neira, V. Christensen, R. Olson, F. Arreguín-Sánchez, L. Cubillos, R. Quiñones, C. Gatica, M. Medina. 2003. Enfoque metodológico para el análisis ecosistémico en la administración de pesquerías de la zona central de Chile. Informe Final Proyecto FIP 2001-29. Universidad de Concepción, 278 pp.
- Arancibia, H., A. Milessi, S. Neira, L. Cubillos, R. León, G. Aedo, M. Barros & E. Acuña. 2005. Evaluación de la mortalidad por predación de la merluza común sobre el langostino colorado y langostino amarillo, y canibalismo. Fase metodológica. Informes Técnicos FIP. FIP/IT N° 2004-43, 299 pp. + anexos.
- Arancibia, H. & Neira, S. (2005). Long-term changes in the mean trophic level of Central Chile fishery landings. Scientia Marina, 69(2), 295-300. <u>https://doi.org/10.3989/scimar.2005.69n2295</u>
- Arancibia, H., R. Alarcón, M. Barros, S. Neira, J.F. Gavilán & M. Quiroz. 2020. Informe Final, Proyecto FIPA N° 2018-39 Estudio biológico-pesquero del recurso cojinoba de la región sur austral. Universidad de Concepción, 238 p. + Anexos.
- Bahamonde, N. 1955. Hallazgo de una especie nueva de *Heterocarpus*, en aguas chilenas: *H. reed*i n. sp. Investigaciones Zoológicas Chilenas 2(7): 105–114.

- Bahamonde, R.F., B. Leiva, M. Donoso, M. Rojas, Z. Young A. Irarrázabal, G. Ojeda, M.I. Ortego & C. Toledo. 1996. Pre-factibilidad de pesca artesanal de crustáceos con trampas en la V región. Informes Técnicos FIP. FIP/IT N° 94-15, 194 pp.
- Bahamonde, R. M.A. Barbieri, C. Canales, T. Peñailillo, P. Gálvez, C. Montenegro, H. Pool, M. Gálvez, S. Núñez, H. Rebolledo, L. Cubillos, A. Hernández & N. Silva. 2000. Evaluación directa de langostino colorado de la V a VIII Regiones, 1999. Informes Técnicos FIP. FIP/IT N° 99-07, 215 pp.
- Bahamonde, R., C. Canales, M.A. Barbieri, B. Leiva, P. Arana, S. Palma, T. Melo, M. Rojas, T. Peñailillo, A. Saavedra, P. Gálvez, M. Ahumada, A. Guerrero, F. Hurtado, M.S. Tapia. 2002. Evaluación directa de langostino colorado y langostino amarillo entre la II y VIII Regiones, año 2001. Informes Técnicos FIP. FIP/IT N° 2001-06, 269 pp.
- Bahamonde, R., C. Canales, M.A. Barbieri, B. Leiva, P. Arana, A. Guerrero, M. Ahumada, T. Melo, D. Queirolo, C. Hurtado, P. Gálvez, S. Palma, E. Molina & N. Silva. 2003. Evaluación directa del Langostino Colorado y Langostino Amarillo entre la II y VIII Regiones, año 2002. Informes Técnicos FIP. FIP/IT N° 2002-06, 410 pp.
- Bahamonde, R., B. Leiva, C. Canales, M.A. Barbieri, J. Cortés, J.C. Quiroz, P. Arana, A. Guerrero, M. Ahumada, T. Melo, D. Queirolo, C. Hurtado, P. Gálvez & E. Molina. 2004. Evaluación directa del langostino colorado y langostino amarillo entre la II y VIII Regiones, año 2003. Informes Técnicos FIP. FIP/IT N° 2003-31, 325 pp.
- Bai, J., Perron, P. 1998. Estimating and Testing Linear Models with Multiple Structural Changes. Econometrica 66, 47-78.
- Bakun, A. (1973). Coastal upwelling indices, west coast of North America, 1946–1971. In NOAA Tech. Rep. NMFS SSFR-671 (Issue June). <u>https://doi.org/NMFSSSRF-671</u>.
- Bakun, A. (1991). The Seasonal Cycle of Wind-Stress Curl in Subtropical Eastern Boundary Current Regions. Journal of Physical Oceanography 21: 1815–1834.
- Barbieri, M.A., C. Canales, B. Leiva, R. Bahamonde, T. Peñailillo, H. Pool & C. Montenegro. 2001. Evaluación directa de langostino colorado de la I a IV Regiones, 1999. Informes Técnicos FIP. FIP/IT N° 99-30, 170 pp.
- Barros, M. E., Neira, S. & Arancibia, H. (2014). Interacciones tróficas en el ecosistema de surgencia del norte de Chile, año 1997. Latin American Journal of Aquatic Research, 42(5), 1109–1125.
- Barth, A., A. Alvera-Azcárate, C. Troupin, M. Ouberdous & J.M. Beckers. 2010. Aeb interface for griding arbitrarily distributed in situ data based on Data-Interpolating Variational Analysis (DIVA). Advances in Geosciences 28: 29-37. doi:

10.5194/adgeo-28-29-2010 <u>http://www.adv-geosci.net/28/29/2010/adgeo-28-29-2010.html</u>.

- Bascur, M., Guzmán, F., Mora, S., Espinoza, P. & Urzúa, Á. 2018. Temporal variation in the fatty acid composition of ovigerous females and embryos of the squat lobster *Pleuroncodes monodon* (Decapoda, Munididae). J. Mar. Biol. Assoc. U.K. 98: 1977–1990.
- Bascur, M., Guzmán, F., Mora, S. y Urzúa, Á. 2017. Seasonal changes in the biochemical composition of females and offspring of red squat lobster, *Pleuroncodes monodon* (Decapoda, Munididae). Mar. Ecol. 38 (2): e12419.
- Beck, M.W., K.L. Heck Jr., K.W. Able, D.L. Childers, D.B. Eggleston, B.M. Gillanders, B. Halpern, C.G., Hays, K. Hoshino, T.J. Minello, R.J. Orth, P.F. Sheridan & M.P. Weinstein. 2001. The identification, conservation, and management of estuarine and marine nurseries for fish and invertebrates. Bioscience 51: 633–641.
- Berg, J. 1979. Discussion of methods of investigating the food of fishes with reference to a preliminary study of the prey of *Gobiusculus flavescens* (Gobiidae). Mar. Biol. 50: 263-273.
- Berryman, A.A. 1999. Principles of population dynamics and their application. Stanley Thornes Publishers Ltd. Chleteham. UK.
- Berryman, A.A. & A.P. Gutiérrez. 1999. Dynamics of insect predator-prey interactions. In: Ecological entomology. Johniley and Sons. pp. 425-462.
- Blanco-García, JL. 2004. Inter-Annual to Inter-Decadal Variability of Upwelling and Anchovy Population off Northern Chile. A Dissertation submitted to the Faculty of Old Dominion University as Requirement for the Degree of Doctor of Philosophy in Oceanography. Old Dominion University, December 2004.
- Boker, S. M., McArdle, J. & Neale, M. 2002. An algorithm for the hierarchical organization of path diagrams and calculation of components of expected covariance. Structural Equation Modeling 9: 174–194.
- Bradford, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Anal. Biochem. 72: 248–254.
- Bravo, L., Ramos, M., Astudillo, O., Dewitte, B., & Goubanova, K. 2016. Seasonal variability of the Ekman transport and pumping in the upwelling system off central-northern Chile (~ 30° S) based on a high-resolution atmospheric regional model (WRF). Ocean Science Discussions, 12(6): 3003–3041.

- Bravo, L., Ramos, M., Sobarzo, M., Pizarro, O. & Valle-Levinson, A. 2013. Barotropic and baroclinic semidiurnal tidal currents in two contrasting coastal upwelling zones of Chile. Journal of Geophysical Research: Oceans, 118(3): 1226–1238.
- Bucarey, D., C. Canales, C. Montenegro, M. Zilleruelo & D. Párraga, 2014a. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales al año 2015: Langostino colorado (Stock XV-IV), Informe de Estatus y Cuota. Convenio Desempeño 2014. Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), 87 pp.
- Bucarey, D., C. Canales, C. Montenegro, M. Zilleruelo & D. Párraga, 2014b. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales al año 2015: Langostino colorado (Stock V-VIII). Informe de Estatus y Cuota. Convenio Desempeño 2014. Instituto de Fomento Pesquero, IFOP. 79 pp.
- Bucarey, D., C. Montenegro, M. Zilleruelo, D. Párraga & C. Bravo. 2014a. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales al año 2015: Langostino amarillo (Stock III-IV). Informe de Estatus y Cuota. Convenio Desempeño 2014. Instituto de Fomento Pesquero, IFOP. 91 pp,
- Bucarey, D., C. Montenegro, M. Zilleruelo, D. Párraga & C, Bravo. 2014b. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales al año 2015: Langostino amarillo (Stock V-VIII). Informe de Estatus y Cuota. Convenio Desempeño 2014. Instituto de Fomento Pesquero, IFOP. 87 pp.
- Buckup, L., Dutra, B.K., Ribarcki, F.P., Fernandes, F.A., Noro, C.K., Oliveira, G.T., Vinagre, A.S. 2008. Seasonal variations in the biochemical composition of the crayfish *Parastacus defossus* (Crustacea, Decapoda) in its natural environment. Comparative Biochemistry and Physiology Part A. 149: 59-67.
- Burnham, K.P. & Anderson, D.R. 1998. Model selection and inference: a practical information theoretic approach. Springer-Verlag. New York.
- Caddy, J.F. 1989. Marine invertebrate fisheries, Their assessment and management. Wiley and Sons, Inc. New York, 752 pp.
- Caddy, J.F. 2014. Why do assessments of demersal stocks largely ignore habitat? ICES Journal of Marine Science 71: 2114–2126.
- Cahuin, S.M., Cubillos, L.A., Escribano, R., Blanco, J.L., Niquen, M. & Serra, R. 2013. Sensitivity of recruitment rates anchovy (*Engraulis ringens*) to environmental changes in southern Peru-northern Chile. Environ. Dev. 7, 88-101, <u>doi:</u> <u>10.1016/j.envdev.2013.03.004</u>

- Canales, C., B. Espejo. 2002. Informe de avance Proyecto "Investigación CTP Langostino colorado 2002" Diagnóstico actualizado del estado de situación del recurso langostino colorado. 27 pp. + 6 Anexos.
- Canales C., C. Montenegro, H. Pool, T. Peñailillo & C. Díaz. 1997. Análisis y evaluación indirecta de la pesquería de langostino colorado en la zona Centro-Sur. Informes Técnicos FIP. FIP/IT N° 96-20, 93 pp.
- Canales C., C. Montenegro, T. Peñailillo, H. Pool & C. Vicencio. 1998. Evaluación indirecta del stock de langostino colorado de la zona Centro-Sur. Informes Técnicos FIP. FIP/IT N° 97-22, 191 pp.
- Canales C., C. Montenegro, T. Peñailillo, H. Pool, C. Vicencio, S. Palma, R. Ulloa & A. Zuleta. 1999. Evaluación indirecta del stock de camarón nailon en el litoral de la II a VIII Regiones. Informes Técnicos FIP. FIP/IT N° 97-24, 237 pp.
- Canales, C., C. Montenegro, A. Parma, T. Peñailillo, H. Pool & V. Espejo. 2000. Análisis de estrategias de explotación de langostino amarillo y langostino colorado. Informes Técnicos FIP. FIP/IT N° 99–18, 289 pp.
- Chaigneau, A., Domínguez, N., Eldin, G., Vásquez, L., Flores, R., Grados, C. & Echevin, V., 2013. Near-coastal circulation in the Northern Humboldt Current System from shipboard ADCP data, J. Geophys. Res. Oceans 118: 5251–5266. doi:10.1002/jgrc.20328
- Charpentier, J., D. Mediavilla, and O. Pizarro. 2012. Modeling the seasonal cycle of the oxygen minimum zone over the continental shelf off Concepción, Chile (36.5° S). Biogeosciences Discuss 9:7227–7256.
- Chávez, F.P., Ryan, J., Lluch-Cota, S.E., C., M. Ñiquen. 2003. From anchovies to sardines and back: Multidecadal change in the Pacific Ocean. Science 299: 217–221. doi:<u>10.1126/science.1075880</u>
- Christensen, V. & D. Pauly. 1992. ECOPATH II. A software for balancing steady state ecosystem models and calculating network characteristics. Ecological Modelling 61: 169-185.
- Christensen, V. & C.J. Walters. 2004. ECOPATH with ECOSIM: methods, capabilities and limitations. Ecol. Model., 172 (2-4): 109-139.
- Christensen, V., C.J. Walters, D. Pauly & R. Forrest. 2008. Ecopath with Ecosim 6 User Guide. Fisheries Centre, University of British Columbia, Vancouver. November 2008 Edition, 235 pp.
- Cisneros-Montemayor, A. 2013. Modelos ecológicos para analizar el papel económico de los peces de forraje. En: J.A. Blanco (Ed.) Aplicaciones de modelos ecológicos a la gestión de recursos naturales. Omnia Science, España. 67-78.

- Combes, V., Hormazabal, S. & Di Lorenzo, E. 2015. Interannual variability of the subsurface eddy field in the Southeast Pacific. J. Geophys. Res. Oceans 120: 4907-4924. doi:10.1002/2014JC010265
- Contreras, M., Pizarro, O., Dewitte, B., Sepulveda, H.H. & Renault, L. 2019. Subsurface mesoscale eddy generation in the ocean off central Chile. J. Geophys. Res. Oceans 124: 5700–5722. doi:10.1029.2018JC014723
- Cortés, E. 1997. A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 54: 726-738.
- Cubillos, L.A., Arcos, D.F., Canales, M. & Bucarey, D. 2001. Seasonal growth of small pelagic fish off Talcahuano (37°S-73°W), Chile: a consequence of their reproductive strategy to seasonal upwelling? Aquat. Living Resour. 14: 115-124.
- Cubillos, L.A., Serra, R. & Fréon, P. 2007. Synchronous pattern of fluctuation in three anchovy fisheries in the Humboldt Current System. Aquat. Living Resour. 20: 69–75. doi:10.1051/alr:2007017
- Dahlgren, C.P., G.T. Kellison, A.J. Adams, B.M. Gillanders, M.S. Kendall, C.A. Layman, J.A. Ley, I. Nagelkerken & J.E. Serafy. 2006. Marine nurseries and effective juvenile habitats: concepts and applications. Marine Ecology Progress Series 312: 291– 295.
- Defeo, O. 2015. Enfoque ecosistémico pesquero: Conceptos fundamentales y su aplicación en pesquerías de pequeña escala de América Latina. FAO Documento Técnico de Pesca y Acuicultura No. 592. Roma, Italia
- Diggle, P.J. 2005. Spatio-temporal Point Processes: Methods and Applications. (June 2005). Johns Hopkins University, Dept. of Biostatistics Working Paper 78. http://biostats,bepress,com/jhubiostat/paper78
- Ernst, B. & C. Dichmont. 2014. Revisión de la evaluación de stock de camarón nailon. Informe Final Revisión Experta. Noviembre de 2014.
- Escuela de Ciencias del Mar. 2000a. Evaluación directa langostino amarillo entre la III y la VIII Regiones, 1999. Informes Técnicos FIP. FIP/IT N° 99-09, 298 pp.
- Escuela de Ciencias del Mar. 2000b. Selectividad de redes de arrastre en la pesquería de camarón nailon. Informes Técnicos FIP. FIP/IT N° 99-17), 347 pp.
- Escuela de Ciencias del Mar. 2003. Evaluación de dispositivos de reducción de fauna acompañante en las pesquerías de crustáceos demersales. Informes Técnicos FIP. FIP/IT N° 2001-23, 304 pp.

- Escuela de Ciencias del Mar. 2006. Adopción de dispositivos de reducción de fauna acompañante en la pesquería de camarón nailon. Informes Técnicos FIP. FIP/IT N° 2004-46, 139 pp.
- Espinoza-Fuenzalida, N.L., E. Acuña, I.A. Hinojosa & M. Thiel. 2012. Reproductive biology of two species of squat lobsters-Female receptivity and interbrood intervals. Journal of Crustacean Biology 32(4): 565-574.
- Espinoza-Morriberón, D., Echevin, V., Colas, F., Tam, J., Ledesma, J., Vásquez, L., and Graco, M., 2017. Impacts of El Niño events on the Peruvian upwelling system productivity, J. Geophys. Res. Oceans, 122: 5423–5444. doi:<u>10.1002/2016JC012439</u>.
- FAO. 2016. The State of World Fisheries and Aquaculture 2016. Contributing to Food Security and Nutrition for All. Rome, 200 pp.
- Fischer, S. and Thatje, S. 2016. Temperature effects on life-history traits cause challenges to the management of brachyuran crab fisheries in the Humboldt Current: a review. Fish. Res. 183: 461–468.
- Folch, J., Lees, M. & Stanley, S. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J. Biol. Chem. 276: 497–509.
- Fonseca, T. & M. Farías. 1987. Estudio del proceso de surgencia en la costa chilena utilizando percepción remota. Invest. Pesq. 34: 33-46.
- Fox, J. 2006. Structural-Equation Modeling with the sem Package in R. Structural Equation Modeling. 13: 465-486.
- Fuenzalida, R., R. Escribano, M. E. Oliva, J. Garcés-Vargas, S. Rosales, G. Claramunt, C. E. Morales, L. Herrera, E. Santander, M. Rojo, P. Pizarro, C. Carrasco, P. Moreno, & C. Azocar. 2009. Efectos de la variabilidad de la capa de mínimo de oxígeno (CMO) en la distribución y la abundancia de los principales recursos pesqueros de la zona norte. Informes Técnicos FIP. FIP/IT Nº 2007-45, 222 pp.
- Funtowicz, S.O., Ravetz, J.R., 1990. Uncertainty and Quality in Science for Policy. Kluwer Academic Publishers, Dortrecht.
- Gabriel, E., Rowlingson, B., Diggle, P.J. 2013. Sttp: An R Package for Plotting, Simulating and Analyzing Spatio-Temporal Point Patterns. Journal of Statistical Software 53(2): 1-29.
- Gallardo, M.A., A.E. González López, M. Ramos, A. Mujica, P. Muñoz, J. Sellanes & B. Yannicelli. 2017. Reproductive patterns in demersal crustaceans from the upper boundary of the OMZ off north - central Chile. Continental Shelf Research 141:26–37.

- Gallardo, M., I. Rojas, K. Brokordt, G. Lovrich, V. Nuñez, K. Paschke, M. Thiel & B. Yannicelli. 2019. Life on the edge: incubation behaviour and physiological performance of squat lobsters in oxygen-minimum conditions. Marine Ecology Progress Series 623:51–70.
- Gallardo, V.A. 1977. Large microbial communities in sulphide biota under Peru-Chile subsurface countercurrent. Nature 268: 331-332.
- Gallardo, V.A., J.I. Cañete, R. Roa, S. Enríquez-Briones & M. Baltasar. 1994. Recruitment of the squat lobster *Pleuroncodes monodon* on the continental shelf off central Chile. J. Crust. Biol. 14(4): 665-669.
- Gallardo, V.A., Palma, M., Carrasco, F.D., Gutiérrez, D., Levin, L.A. & Cañete, J.I., 2004. Macrobenthic zonation caused by the oxygen minimum zone on the shelf and slope off central Chile. Deep Sea Res. (2 Top. Stud. Oceanogr.) 51: 2475-2490. doi: 10.1016/j.dsr2.2004.07.028.
- García-Guerrero, M., Villarreal, H. & Racotta, I.S. 2003. Effect of temperature on lipids, proteins, and carbohydrates levels during development from egg extrusion to juvenile stage of *Cherax quadricarinatus* (Decapoda: Parastacidae). Comp. Biochem. Physiol. 135A: 147–154.
- Garcon, V. Dewitte, B., Montes, I., & Goubanova, K. 2019. Land-sea-atmosphere interactions exacerbating ocean deoxygenation in Eastern Boundary Upwelling Systems (EBUS). In: Laffoley, D. and Baxter, J.M. (eds.). Ocean deoxygenation: Everyone's problem Causes, impacts, consequences and solutions. Gland, Switzerland: IUCN.
- Garreaud, R. D., Rutllant, J., Muñoz, R. C., Rahn, D., Ramos, M., & Figueroa, D. 2011. VOCALS-CUpEx: the Chilean Upwelling Experiment. Atmospheric Chemistry and Physics 11(5): 2015–2029. <u>https://doi.org/10.5194/acp-11-2015-2011</u>.
- Garreaud, R., & Rutllant, J. A. 2006. Variabilidad Atmosférica De Alta Frecuencia En El Borde Oriental Del Anticiclón Del Pacífico Sureste. Ciencia y Tecnolog\'\ia Del Mar CONA (Chile), 29(1): 5–13. http://www.cona.cl/ctmol2/vol29-1/html/1 Garreaud/garreaud 1.html
- Garreaud, R.D., & Muñoz, R. C. 2005. The Low-Level Jet off the West Coast of Subtropical South America: Structure and Variability. Monthly Weather Review, 133(12): 3661–3677. https://doi.org/10.1175/MWR3074.1
- Giménez, L. 2010. Relationship between habitat conditions, larval traits and juvenile performance in a marine invertebrate. Ecology 91: 1401–1413.
- Grace, J., Andreson, T.M., Olff, H. & Scheiner, S.M. 2010. On the specification of structural equation model for ecological systems. Ecological Monographs 80: 67-87.

- Greave, M. & Wehrtmann, I.S. 2003. Lipid and fatty acid composition of Antarctic shrimp eggs (Decapoda: Caridea). Polar Biology 26: 55-61.
- Greiber, T. 2009. Payments for ecosystem services. Legal and institucional frameworks. IUCN Environmental Policy and Law Paper, 78.314 pp.
- Guzmán, F., Bascur, M., Olavarría, L., Mora, S., Riera, R. & Urzúa, Á. 2020. Seasonal and interannual changes in reproductive parameters and eggs biochemical composition of the fishery resource *Pleuroncodes monodon* (Decapoda: Munididae) from the Humboldt Current System. Fisheries Research 221: 105404.
- Halliday R., Fanning L., R. Mohn. 2001. Use of the Traffic Light Method in Fishery Management Planning. Canadian Science Advisory Secretariat. Fisheries and Oceans Science, Research Document 2001/18, 41 p.
- Hastie, T. & Tibshirani, R. 1990. Generalized additive Models. Chapman & Hall. New York, 559 pp.
- Henley, B.J., Gergis, J., Karoly, D.J., Power, S.B., Kennedy, J., & Folland, C.K. 2015. A Tripole Index for the Interdecadal Pacific Oscillation. Climate Dynamics, 45(11-12), 3077-3090. doi: 10.1007/s00382-015-2525-1
- Heymans, J. J., Coll, M., Link, J. S., Mackinson, S., Steenbeek, J., Walters, C., & Christensen, V. (2016). Best practice in Ecopath with Ecosim food-web models for ecosystembased management. Ecological Modelling, 331, 173-184.
- Higgins, K., Hasting, A., Sarvela, J.N. & Bostford, L.W. 1997a. Densitiy dependence and age structure: nonlinear dynamics and population behavior. Am. Nat. 149: 247-269.
- Higgins, K., Hasting, A., Sarvela, J.N. & Bostford, L.W. 1997b. Stochastic dynamics and deterministic skeletons: population behavior of Dungeness crab. Science 276: 1431-1434.
- Hilborn, R. 2011. Future directions in ecosystems based management: a personal perspective. Fish. Res., 108: 235-239.
- Holt, C.A., Michielsens, C.G.J. 2019. Impact of time-varying productivity on estimated stockrecruitment parameters and biological reference points. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 77(5): 836-847. <u>https://doi.org/10.1139/cjfas-2019-0104</u>
- Holtius, L. 1980. FAO Species Catalogue. Vol. 1 Shrimps and prawns of the world. An annotated catalogue of species of interest to fisheries. FAO Fish. Synop. 125(1): 271p. Rome: FAO.
- Hormazabal, S., Combes, V., Morales, C.E., Correa-Ramirez, M.A., Di Lorenzo, E. & Nuñez, S., 2013. Intrathermocline eddies in the coastal transition zone off central chile

(31–41°S). Journal of Geophysical Research: Oceans 118: 4811–4821. doi:10.1002/jgrc.20337

- Hyslop, E. 1980. Stomach contents analysis-a review of methods and their application. J. Fish. Biol. 17: 411- 429.
- Karas, P., Gorny, M., & Alarcón-Muñoz, R. (2007). Experimental studies on the feeding ecology of *Munida subrugosa* (White, 1847) (Decapoda: Anomura: Galatheidae) from the Magellan region, Southern Chile. Scientia Marina, 71(1), 187-190. https://doi.org/10.3989/scimar.2007.71n1187
- Kattner, G., Graeve, M., Calcagno, J.A., Lovrich, G.A., Thatje, S. & Anger, K. 2003. Lipid, fatty acid and protein utilization during lecithotrophic larval development of *Lithodes santolla* (Molina) and *Paralomis granulosa* (Jacquinot). Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 292: 61 – 74.
- Kimmins, J.P., J.A. Blanco, B. Seely, C. Welham& K. Scoullar. 2008. Complexity in modelling forest ecosystems. How much is enough? Forest Ecology and Management, 256, 1646-1658.
- Kolding, J., A. Bundy, P.A.M. van Zwieten & M.J. Plank. 2016. Fisheries, the inverted food pyramid. ICES Journal of Marine Science, 73(6): 1697-1713.
- Lemos, D. & Phan, V.N. 2001. Energy partitioning into growth, respiration, excretion and exuvia during larval development of the shrimp *Farfantepenaeus paulensis*. Aquaculture 199: 131–143.
- Lillo, S., J. Córdova, M. Rojas, V. Ojeda, J. Olivares, R. Tascheri, R. Alarcón, L. Miranda, M. Braun, S. Núñez & J. Ortiz. 1998. Evaluación hidroacústica del stock de merluza común explotado en la Zona Centro-Sur. Informes Técnicos FIP- FIP/IT N° 1997-12, 266 pp.
- Lima, M. 2001. The dynamics of natural populations: feedback structures in fluctuating environments. Revista Chilena de Historia Natural 74: 317-332.
- Lima, M., Brazeiro, A. & Defeo, O. 2000. Population dynamics of the yellow clam Mesodesma mactroides: recruitment variability, density-dependence and stochastic processes. Mar. Ecol. Prog. Ser. 207: 97-108.
- Lovrich, G. & Thiel, M. 2011. Ecology, physiology, feeding and trophic role of squat lobster.
 In: G. Poore, S. Ahyong & J. Taylor (Eds.). The biology of squat lobster (pp. 183–222). Collingwood, Australia: CSIRO Publishing.
- Malzahn, A., Aberle, N., Clemmesen C. & Boersma, M. 2007. Nutrient limitation of primary producers affects planktivorous fish condition. Limnology and Oceanography 52: 2062–2071.

- Mackinson, S. 2014. Combined analyses reveal environmentally driven changes in the North Sea ecosystem and raise questions regarding what makes an ecosystem model's performance credible? Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 71(1), 31-46.
- Mackinson, S., Daskalov, G., Heymans, J. J., Neira, S., Arancibia, H., Zetina-Rejon, M., Jiang, H., Cheng, H.Q., Coll, M., Arreguin-Sanchez, F., Keeble, K. & Shannon, L. 2009. Which forcing factors fit? Using ecosystem models to investigate the relative influence of fishing and changes in primary productivity on the dynamics of marine ecosystems. Ecological Modelling, 220(21), 2972-2987.
- McCullagh, P. & Nelder, J.A. 1989. Generalized Linear Models. Chapman & London, 394 pp.
- Melo, T., C. Hurtado, D. Queirolo, E. Gaete, I. Montenegro, V. Zamora, J. Merino & R. Escobar. 2008. Rediseño de las redes de arrastre de crustáceos. Informes Técnicos FIP. FIP/IT N° 2006-20, 144 pp.
- Middelburg J.J. 2013. Stable isotopes dissect foodebs from top to the bottom. Biogeosciences Discussion 10: 14923–14952.
- Montenegro, C., D. Bucarey, M. Zilleruelo & D. Párraga, 2014. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales al año 2015: Camarón nailon (Stock V-VIII). Informe de Estatus y Cuota. Convenio Desempeño 2014. Instituto de Fomento Pesquero, IFOP, 153 pp.
- Moraga-Opazo, J., Valle-Levinson, A., Ramos, M., & Pizarro-Koch, M. 2011. Upwellingtriggered near-geostrophic recirculation in an equatorward facing embayment. Continental Shelf Research, 31(19–20): 1991–1999. https://doi.org/10.1016/j.csr.2011.10.002
- Morales, M., Rivera, M., Meruane, J., Galleguillos, C. & Hosokawa, H. 2006. Morphological characterization of larval stages and first juvenile of the freshwater prawn *Cryphiops caementarius* (Molina, 1782) (Decapoda: Palaemonidae) under laboratory conditions, Aquaculture, 26: 908-931,
- Morales, M., & Meruane, J, (2012), Indicadores de condición larvaria aplicados al camarón de río del norte *Cryphiops caementarius*, en condiciones de cultivo controlado. Conference: "Environment and Resources of the South Pacific". P.M. Arana (Guest Editor). *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 40(3): 730-742.
- Mujica, A., E. Acuña & M.L. Nava. 2011. Distribución y abundancia de larvas de *Heterocarpus reedi* Bahamonde, 1955, *Cervimunida johni* Porter, 1903 y *Pleuroncodes monodon* (H. Milne-Edwards, 1837), frente a Coquimbo y Caldera, Chile. Lat. Am. J. Aquat. Res., 39(1): 138 – 150.
- Nagelkerken, I., M. Sheaves, R. Baker & R.M. Connolly. 2015. The seascape nursery: a novel spatial approach to identify and manage nurseries for coastal marine fauna. Fish and Fisheries 16: 362-371.
- Nascimento, M. C., Velasco, G., Okey, T. A., Christensen, V., & Z. Amaral, A. C. (2011). Trophic model of the outer continental shelf and upper slope demersal community of the southeastern Brazilian Bight. Scientia Marina, 74(6), 763-779. https://doi.org/10.3989/scimar.03359.26a
- Neira, S., H. Arancibia & L. Cubillos. 2004. Comparative analysis of trophic structure of commercial fishery species off Central Chile in 1992 and 1998. Ecological Modelling. 172(2–4): 233–248. <u>https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2003.09.009</u>.
- Nuñez, Valentina. 2017. Desarrollo embrionario y gonadal en *Pleuroncodes monodon* (H. Milne Edwards, 1837) bajo diferentes condiciones de temperatura y oxígeno en laboratorio y en su ambiente natural. Tesis de Biología Marina. Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Católica del Norte, Coquimbo.
- O'Brien, C.M. 1999. An approach to stock-recruitment modelling based upon GLMs, HGLMs and DLMs. ICES Bayesian Approach to Fisheries Analysis, CM 1999/T:01, 14 p.
- Palma, S. 1994. Distribución y abundancia de larvas de langostino Colorado *Pleuroncodes monodon* frente a la costa de Concepción, Chile. Investigaciones Marinas, Valparaíso 22: 13-29.
- Palma, S., and P. Arana. 1997. Aspectos reproductivos del langostino colorado (*Pleuroncodes monodon* H. Milne Edwards, 1837), frente a la costa de Concepción, Chile. Investigaciones Marinas, Valparaíso 25:203–221.
- Parnell, A.C., Inger, R., Bearhop, S. & Jackson A.L. 2010. Partitioning using stable isotopes: Copingith too much variation. PLoS ONE 5(3): e9672.
- Pauly, D., Christensen, V., & Walters, C. (2000). Ecopath, Ecosim, and Ecospace as tools for evaluating ecosystem impact of fisheries. ICES Journal of Marine Science, 57(3), 697-706.
- Pavez, P., T. Peñailillo, S. Palma, N. Silva, H. Miranda & I. Giakoni. 1994. Evaluación directa del stock de langostino amarillo en la zona Centro-Norte. Informes Técnicos FIP. FIP/IT N° 93 – 06, 231 pp.
- Perry, I., Cury, P., Brander, K., Jennings, S., Möllmann, C. & Planque, B. (2010). Sensitivity of marine systems to climate and fishing: Concepts, issues and management responses. Journal of Marine Systems 79: 427-435.
- Pinkas, L., M.S. Oliphant & I.L.K. Iverson. 1971. Foods habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters. Calif. Fish Game, Fish Bulletin 112: 1-105.

- Pinnegar, J.K., Polunin, N.V.C., Francour, P., Badalamenti, F., Chemello, R., Harmelin-Vivien, M.L., Hereu, B., Milazzo, M., Zabala, M., D'Anna, G. & Pipitone, C. (2000). Trophic cascades in benthic marine ecosystems: Lessons for fisheries and protected-area management. Environmental Conservation, 27(2), 179–200. <u>https://doi.org/10.1017/S0376892900000205</u>
- Pizarro-Koch, M., O. Pizarro, B. Dewitte, I. Montes, M. Ramos, A. Paulmier & V. Garçon. 2019. Seasonal Variability of the Southern Tip of the Oxygen Minimum Zone in the Eastern South Pacific (30°-38°S): A Modeling Study. Journal of Geophysical Research: Oceans 124:8574–8604.
- Pool, H., C. Canales & C. Montenegro. 1996. Evaluación del recurso langostino amarillo en la zona Centro-Norte. Informes Técnicos FIP. FIP/IT N° 94 25, 118 pp.
- Porter, C.E. 1903. Carcinología Chilena, Descripción de un nuevo galatéido. Revista Chilena de Historia Natural 7: 274–277.
- Pörtner, H.O. and Peck, M.A. 2010. Climate change effects on fishes and fisheries: towards a cause-and effect understanding. J. Fish Biol. 77: 1745–1779.
- Queirolo, D., M. Ahumada, F. Hurtado, T. Melo, E. Gaete, R. Escobar, I. Montenegro, J. Merino y V. Zamora. 2010. Evaluación del desempeño operativo de la nueva red de arrastre en Pesquerías de Crustáceos demersales. Informes Técnicos FIP. FIP/IT N° 2008-26, 192 pp.
- Queirolo, D., M. Ahumada, R. Wiff, J. Paramo, P. Arana, S. Palma, M. Lima & A. Flores. 2015. Evaluación directa de langostino amarillo y langostino colorado entre la II y VIII Regiones, año 2014. Informe Final. IFOP. Convenio de Desempeño, 2014. Subsecretaría de Economía y EMT, 333 pp.
- Queirolo, D., M. Ahumada, R. Wiff, J. Paramo, P. Apablaza, M. Lima, J. Montero, A. Flores & M. Canales. 2016. Evaluación directa de langostino amarillo y langostino colorado entre la II y VIII Regiones, año 2015. Informe Final. IFOP. Convenio de Desempeño, 2015. Subsecretaría de Economía y EMT, 297 pp.
- Queirolo, D., M. Ahumada, P. Apablaza, R. Wiff, J. Paramo, M. Lima, J. Montero, M. Canales, A. Flores & F. López. 2017a. Evaluación directa de langostino amarillo y langostino colorado entre la II y VIII Regiones, año 2016. Informe Final. IFOP. Convenio de Desempeño, 2016. Subsecretaría de Economía y EMT, 284 pp.
- Queirolo, D., M. Ahumada, P. Apablaza, A. Flores, R. Escobar & J. Merino. 2017b. Análisis comparativo de la capturabilidad y selectividad de redes de arrastre en Pesquerías de Crustáceos Demersales. Informes Técnicos FIP. FIP/IT N° 2015-19, 183 pp.
- Queirolo, D., M. Ahumada, R. Wiff, P. Apablaza, M. Lima & A. Flores. 2018. Evaluación directa de langostino amarillo y langostino colorado entre la II y VIII Regiones,

año 2017. Informe Final. IFOP. Convenio de Desempeño, 2017. Subsecretaría de Economía y EMT, 323 pp.

- Quiroz, J.C., C. Montenegro, P. Báez, F. Espíndola, C. Canales, H. Reyes, O. Magnere, O. Yáñez, J. Tapia, R. Bahamonde, G. Arriagada & P. Gálvez. 2006. Dinámica y estructura poblacional del langostino colorado III y IV Regiones. Informes Técnicos FIP. FIP/IT N° 2005-41, 192 pp.
- Quiroz, J.C., M. Ramírez & J. Contreras. 2019. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales año 2019. Octubre, 2019. Estatus y CBA Jurel, Convenio de Desempeño 2018, Instituto de Fomento Pesquero, 115 pp.
- Retamal, M.A. 2000. Decápodos en Chile. In: ETI (Ed.), World Biodiversity, University of Amsterdam. Amsterdam.
- Renault, L., Dewitte, B., Marchesiello, P., Illig, S., Echevin, V., Cambon, G., Ramos, M., Astudillo, O., Minnis, P., & Ayers, J. K. 2012. Upwelling response to atmospheric coastal jets off central Chile: A modeling study of the October 2000 event. Journal of Geophysical Research, 117(C2): C02030. https://doi.org/10.1029/2011JC007446
- Roa, R. 1993. Annual growth and maturity function of the squat lobster *Pleuroncodes monodon* in central Chile. Mar. Ecol. Prog. Ser. 97: 157-166.
- Roa, R., R. Ugarte & A. Rivera. 1995a. Evaluación de la pesquería y del stock de langostino colorado en la zona Centro-Sur. Informes Técnicos FIP. FIP/IT N° 94 08, 69 pp.
- Roa, R., V.A. Gallardo, B. Ernst, M. Baltazar, J.I. Cañete & S. Enríquez-Briones. 1995b. Nursery ground, age structure and abundance of juvenile squat lobster *Pleuroncodes monodon* on the continental shelf off central Chile. Mar. Ecol. Prog. Ser. 116: 47-54.
- Roa, R., H. Pool & A. Rivera. 1996. Análisis de la pesquería y evaluación indirecta del stock de langostino colorado en la zona Centro-Sur. Informes Técnicos FIP. FIP/IT N° 95-13, 111 pp.
- Roa, R., F. Tapia, L. Cid, R. Quiñones, B. Ernst, D. Figueroa, H. Arancibia, R. Galleguillos & M. Retamal. 1997. Evaluación directa del stock de langostino colorado en la zona Centro-Sur. Informes Técnicos FIP. FIP/IT N° 96-23, 155 pp.
- Roa, R., L. Cid, F. Tapia, R. Quiñones, H. Arancibia, D. Figueroa & I. Lépez. 1998. Evaluación directa del stock de langostino amarillo en el litoral de la V a VIII Regiones. Informes Técnicos FIP. FIP/IT N° 97-23, 148 pp.

- Roa, R. & F. Tapia. 1998. Spatial differences in growth and sexual maturity between branches of a large population of the squat lobster *Pleuroncodes monodon*. Marine Ecology Progress Series 167: 185-196.
- Roa, R., F. Tapia, L. Cid, M.I. Lepez, C. Díaz & H. Arancibia. 1999. Evaluación directa de camarón nailon entre la II y VIII Regiones. Informes Técnicos FIP. FIP/IT N° 98-03, 138 pp.
- Rodríguez, L., C. Leyton, G. Drago, M. Pino, S. Gautier, P. Rodríguez & S. Ziller. 2000. Pesca experimental de langostino amarillo con trampas en la V y VI Regiones. Informes Técnicos FIP. FIP/IT N° 99 – 19, 184 pp.
- Rosseel, Y. 2012. Lavaan: An R Package for Structural Equation Modeling. Journal of Statistical Software 48(2): 1-36.
- Royama, T. 1992. Analytical population dynamics. Chapman & Hall, London, UK.
- Rutllant, J. & V. Montecino. 2002. Ciclos multiescala en el forzamiento de la surgencia y respuesta biológica en el centro-norte de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 75: 217-231.
- Saavedra, A., Vargas, R., Catasti, V., Lang., Grendi, C., Alarcón, D., Cifuentes, U., Bustamante, A., Sánchez, F., Molina, E., Cerna, F., López, A., Núñez, S., Silva, J., Vásquez, S. & Luna, R. 2018. Evaluación hidroacústica de los stocks de anchoveta y sardina común entre la V y X Regiones, año 2018. Informe Final. Convenio de Desempeño 2017. Instituto de Fomento Pesquero, Subsecretaría de Economía y EMT, 277 pp.
- Saborowski, R. 2015. Nutrition and digestion. In: Chang, E.C. & M. Thiel. (Eds). The natural history of the Crustacea. Physiology. Oxford University press, New York. pp. 285-319.
- Sagua, C., Cubillos, L.A., Canales, C.M., Alarcón-Muñoz, R. 2021. The recruitment dynamics of the nylon shrimp *Heterocarpus reedi*, effects of climate and predation off Chile. Fish. Res. 235, 105817. doi: 10.1016/j.fishres.2020.105817
- Saldías, G., Sobarzo, M., Largier, J., Moffat, C. & Letelier, R. 2012. Seasonal variability of turbid river plumes off central Chile based on high-resolution MODIS imagery. Remote Sensing of Environment 123(2012): 220-233. DOI: 10.1016/j.rse.2012.03.010
- Scott, Erin, Serpetti, Natalia, Steenbeek, Jeroen, & Heymans, Johanna Jacomina. (2016). A Stepwise Fitting Procedure for automated fitting of Ecopath with Ecosim models. SoftwareX, 5, 25-30.
- Seguel, V., Guzmán, F., Bascur, M., Riera, R. & Urzúa, Á. 2019. Temporal variation in larval biochemical condition at hatching of the red squat lobster *Pleuroncodes monodon*

(Decapoda: Munididae) from Humboldt Current System. Invertebrate Reproduction and Development 63(4): 282-293.

- Shaffer, G., Hormazabal, S., Pizarro, O. & Salinas, S. 1999. Seasonal and interannual variability of currents and temperature off central Chile. Journal of Geophysical Research: Oceans, 104(C12): 29951–29961. https://doi.org/10.1029/1999JC900253
- Sheaves, M., R. Baker & R. Johnston. 2006. Marine nurseries and effective juvenile habitats: an alternative view. Marine Ecology Progress Series 318: 303–306.
- Silva, N. 2012. Recursos pesqueros del mar de Chile. In: Arana, P.M. (Ed.). Escuela de Ciencias del Mar, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, pp. 39–52.
- Silva, N. & Neshyba, S., 1979. On the southernmost extension of the Peru-Chile undercurrent. Deep Sea Research Part A. Oceanographic Research Papers 26: 1387–1393. doi:<u>https://doi.org/10.1016/0198-0149(79)90006-2</u>
- Simpson, J. H. & Sharples, J. 2012. Introduction to the Physical and Biological Oceanography of Shelf Seas. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9781139034098
- Sobarzo, M., Bravo, L., Donoso, D., Garcés-Vargas, J. & Schneider, W. 2007. Coastal upwelling and seasonal cycles that influence the water column over the continental shelf off central Chile. Progress in Oceanography, 75(3): 363–382. https://doi.org/10.1016/j.pocean.2007.08.022
- Sobarzo, M., Bravo, L. & Moffat, C. 2010. Diurnal-period, wind-forced ocean variability on the inner shelf off Concepción, Chile. Continental Shelf Research, 30(20): 2043–2056. <u>https://doi.org/10.1016/j.csr.2010.10.004</u>
- Strub, P. T., Mesías, J. M., Montecino, V., Rutlant, J. & Salinas, S. 1998. In: The Sea, Volume 11: 273–314.
- Sokal, R.R. & Rohlf, F.J. 1995. In: 3rd Ed. (Ed.). Biometry: The Principles and Practice of Statistics in Biological Research. Freeman, New York, pp. 887.
- Stenseth, N.C., Bjørnstad. O.N., Falck, W., Fromentin, J.M., Gjøsæter, J., Gray, J.S. 1999. Dynamics of coastal cod populations: intra- and intercohort density-dependence and stochastic processes. Proc. R. Soc. Lond, B 266: 1645-1654.
- Strickland, J.D.H. & Parsons, T.R. 1972. A Practical Handbook of Seawater Analysis. Fish. Res. Board. Can. Bull., Ottawa, Canada, 311 pp.
- SUBPESCA. 2018. Estado de situación de las principales pesquerías chilenas, año 2017. Subsecretaría de Pesca y Acuicultura. Chile, 95 pp.

- Szuwalski, C.S., Britten, G.L., Licandeo, R., Amoroso, R.O., Hilborn, R. & Walters, C. 2019. Global forage fish recruitment dynamics: A comparison of methods, timevariation, and reverse causality. Fisheries Research 214: 56-65. <u>https://doi.org/10.1016/j.fishres.2019.01.007</u>
- Tascheri, R. 2019. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, año 2020: Merluza común, 2020. Documento Técnico de Evaluación, Convenio de Desempeño 2019. Instituto de Fomento Pesquero, 33 pp. + Anexos.
- Thiel, M., Espinoza-Fuenzalida, N.L., Acuña, E. & Rivadeneira, M. 2012. Annual brood number and breeding periodicity of squat lobsters (Decapoda: Anomura: Galatheidae) from the continental shelf of the SE Pacific - implications for fisheries management. Fish. Res. 129–130: 28–37.
- Tietz, N.W. 1995. Clinical Guide to Laboratory Test. Third edition. B Saunders, Philadelphia
- Tomczak, M. T., Niiranen, S., Hjerne, O., & Blenckner, T. (2012). Ecosystem flow dynamics in the Baltic Proper-Using a multi-trophic dataset as a basis for food-web modelling. Ecological Modelling, 230, 123-147.
- Tropea, C., Stumpf, L., López, L.S. 2015. Effect of Temperature on Biochemical Composition, Growth and Reproduction of the Ornamental Red Cherry Shrimp *Neocaridina heteropoda heteropoda* (Decapoda, Caridea). PloS ONE. 10(3): e0119468.
- Troupin, C., Machín, F., Ouberdous, M., Sirjacobs, D., Barth, A., Beckers, J.-M. 2010. Highresolution Climatology of the North-East Atlantic using Data-Interpolating Variational Analysis (Diva). Journal of Geophysical Research, 115: C08005.
- Tyberghein, L., Verbruggen, H., Klaas, P., Troupin, C., Mineur, F., Clerck, O.D. 2012. Bio-ORACLE: a global environmental dataset for marine species distribution modelling. Global ecology and biogeography 21(2): 272-281.
- Urzúa, A. & Anger, K. 2011. Larval biomass and chemical composition at hatching in two geographically isolated clades of the shrimp *Macrobrachium amazonicum*: intraor interspecific variation? Invertebr. Reprod. Dev. 55: 236–246.
- van der Lingen, C., Bertrand, A., Bode, A., Brodeur, R., Cubillos, L., Espinoza, P., Friedland, K., Garrido, S., Irigoien, X., Miller, T., Möllmann, C., Rodriguez-Sanchez, R., Tanaka, H. & Temming, A. 2009. Trophic dynamics, In: Checkley, D., Alheit, J., Oozeki, Y., Roy, C. (Eds.). Cambridge University Press, pp. 112–157.
- Vander Zanden, M.J, & J.B. Rasmussen. 1999. Primary Consumer δ13C and δ15N and the Trophic Position of Aquatic Consumers. Ecology 80(4): 1395-1404.

Venables, N. & B.D. Ripley. 2002. Modern Applied Statistics with S. Springer, 495 pp.

- Vidal, R. 1995. Análisis de la alimentación de *Merluccius gayi* (Guichenot, 1848) asociada a la pesquería del recurso camarón nailon en la IV región, Chile. Tesis Biólogo Marino, Universidad Católica del Norte, 91 pp.
- Villarroel, J.C. & E. Acuña. 1999. Alimentación y relaciones predador-presa en el lenguado de ojos grandes *Hippoglossina macrops* Steindachner, 1876 (Pisces: Paralichthyidae) de la zona norte de Chile. Revista de Biología Marina y Oceanografía 34(2): 145-154.
- Villarroel, J.C. & E. Acuña. 2000. Consumption of deep-sea shrimp by the bigeye flounder *Hippoglossina macrops* off Northern Chile. Journal of Fish Biology 57: 1280-1289.
- Villarroel, J.C., E. Acuña & M. Andrade. 2001. Feeding and distribution of the bigeye flounder *Hippoglossina macrops* off Northern Chile. Marine Freshwater Research 52: 833-841.
- Walters, C.J., V. Christensen & D. Pauly. 1997. Structuring dynamic models from trophic mass-balance assessments of exploited ecosystems. Rev. Fish. Biol. Fisheries 17:139-172.
- Wehrtmann, I. & P. Báez. 1997. Larvas y estadios tempranos de desarrollo de crustáceos decápodos de Chile: descripciones publicadas. Invest. Mar. Valparaíso 25: 263-276.
- Wehrtmann, I. & G. Andrade. 1998. Egg production in *Heterocarpus reedi* from northern Chile, with a comparison between iced and living females (Decapoda: Caridea: Pandalidae). Ophelia 49 (1): 71-82.
- Williams, P.J. & Jenkinson, N.W. 1982. A transportable microprocessor controlled precise Winkler titration suitable for field station and shipboard use. Limnology and Oceanography 27: 576-584.
- Wood, S.N. 2006. Generalized Additive Models: An Introduction with R. Chapman and Hall/CRC.
- Worm, B., R. Hilborn, J.K. Baum, T.A. Branch, J.S. Collie, Ch. Costello, M.J. Fogarty, E.A. Fulton, J.A. Hutchings, S. Jennings, O.P. Jensen, H.K. Lotze, P.M. Mace, T.R. McClanahan, C. Minto, S.R. Palumbi, A.M. Parma, D. Ricard, A.A. Rosenberg, R. Watson, D. Zeller. 2009. Rebuilding global fisheries. Science, 325: 578-585
- Xu, Y., Fu, C., Peña, A., Hourston, R., Thomson, R., Robinson, C., Cleary, J., Daniel, K., Thompson, M., 2019. Variability of pacific herring (*Clupea pallasii*) spawn abundance under climate change off the west coast of Canada over the past six decades. Journal of Marine Systems 200: 103229. doi:<u>https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2019.103229</u>

- Yamahira, K. & Conover, D. 2002. Intra- vs. interspecific variation in growth: adaptation to temperature or seasonality? Ecology 83(5): 1252-1262.
- Yáñez, E. 1974. Distribución y abundancia relativa estacional de los recursos disponibles a un arte de arrastre camaronero frente a la costa de Valparaíso (invierno y primavera 1972). Inv. Mar. 5(5): 125-138.
- Yáñez, E. & M. A. Barbieri. 1974. Distribución y abundancia relativa estacional de los recursos disponibles a un arte de arrastre camaronero frente a la costa de Valparaíso (invierno 1973). Inv. Mar 5(6): 137-156.
- Yañez, E., Hormazábal, S., Silva, C., Montecinos, A., Barbieri, M.A., Valdenegro, A., Órdenes, A. & Gómez, F. 2008. Coupling between the environment and the pelagic resources exploited off northern chile: Ecosystem indicators and a conceptual model. Latin American Journal of Aquatic Research 36: 159–181. doi:10.3856/vol36-issue2-fulltext-3
- Yannicelli, B., L. Castro, C. Parada., Schneider, F. Colas & D. Donoso. 2012. Distribution of *Pleuroncodes monodon* larvae over the continental shelf of south-central Chile: field and modeling evidence for partial local retention and transport. Prog. Oceanogr., 92: 206-227.
- Yannicelli, B., Paschke, K., González, R.R., Castro, L.R., 2013. Metabolic responses of the squat lobster (*Pleuroncodes monodon*) larvae to low oxygen concentration. Mar. Biol. 160: 961–976. doi: 10.1007/s00227-012-2147-7
- Yavar, C. & E. Dupré. 2007. Desarrollo embrionario del camarón de río Cryphiops caementarius (Decapoda: Palaemonidae) en condiciones de laboratorio. Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744) 55 (Suppl. 1): 15-24.
- Yuras, G., Ulloa, O., & Hormazábal, S. 2005. On the annual cycle of coastal and open ocean satellite chlorophyll off Chile (18°–40°S). Geophysical Research Letters, 32(23): L23604. <u>https://doi.org/10.1029/2005GL023946</u>
- Zeileis, A., Leisch, F., Hornik, K., Kleiber, C. 2002. strucchange: An R Package for Structural Change in Linear Regression Models. J. Stat. Softw. 7(2), 1-38 <u>url:</u> <u>http://www.jstatsoft.org/v07/i02/</u>
- Zilleruelo, M., D. Párraga & C. Bravo. 2015. Informe Final Convenio Desempeño 2014. Programa de Seguimiento de las Pesquerías de Crustáceos Demersales 2014. Instituto de Fomento Pesquero, 280 pp.
- Zúñiga, H. 1988. Comparación morfológica y dietaria de Paralichthys adspersus (Steindachner, 1867) y Paralichthys microps (Günther, 1881) en la Bahía de Coquimbo. Tesis Biólogo Marino, Universidad Católica del Norte – Sede Coquimbo.

- Zúñiga, M.J., A. Aranis, A., Gómez, Á. Saavedra & J.F. Cerna. 2019. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, año 2019 en sardina común V-X Regiones, Sardina común V-X Regiones, 2019. Informe 3 Consolidado. Convenio de Desempeño 2018. Instituto de Fomento Pesquero, 214 pp.
- Zúñiga, M.J., A. Aranis, A. Gómez, Á. Saavedra & J.F. Cerna. 2019. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, año 2019 en anchoveta V-X Regiones, Sardina común V-X Regiones, 2019. Informe 3 Consolidado. Convenio de Desempeño 2018. Instituto de Fomento Pesquero, 230 pp.
- Zuur, A.F., Tuck, I.D. & Bailey, N. 2003. Dynamic factor analysis to estimate common trends in fisheries time series. J. Fish. Aquat. Sci. 60, 542-552.
- Zuur, A.F., Leno, E.N. & Graham, S.M. 2007. Analyzing Ecological Data (Statistics for Biology and Health). Springer. New York, 672 pp.

9. Plan detallado de asignación del personal profesional y técnico,

9.1. Total de Horas asignadas

INSTITUCIÓN	ID	NOMBRE	MUESTREO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TALLER	TOTAL
	1	Enzo Acuña			100	120	20	240
	2	Armando Mujica		50	100	30	20	200
	3	Maria Morales		20	100	70	10	200
	4	Beatriz Yannicelli		20	100	70	10	200
	5	Alex Cortés		100	60	30	10	200
	6	Maria Gallardo	100	50	50	50		250
UNIVERSIDAD	7	Christian Véliz	150	40				190
CATOLICA DEL NORTE	8	María Nava	150	40				190
	9	Cecilia Gatica	150	40				190
	10	Francisca González	200	40				240
	11	Luis Bravo	10	50	100	40		200
	12	N.N. 1	250					250
	13	N.N. 2	250					250
	14	N.N. 3	250					250
CONSULTORES	RES 15 Rubén Alarcón			100	100	50	10	260
EXTERNOS	16	Luis Cubillos		100	100	50		250
HOR	HORAS TOTALES		1.510	650	810	510	80	3.560

9.2. Total de horas por objetivo específico,

Objetivo específico 1: Localizar las principales zonas y/o "focos" de reclutamiento de crustáceos demersales en la zona de capturas norte y centro sur de la costa de Chile,

INSTITUCIÓN	ID	NOMBRE	MUESTREO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TALLER	TOTAL
	1	Enzo Acuña	0	0	17	26	10	53
	2	Armando Mujica	0	26	26	9	0	60
	3	Maria Morales	0	0	0	0	0	0
	4	Beatriz Yannicelli	0	0	0	0	0	0
	5 Alex Cortés		0	26	17	17	5	65
	6 Maria Gallardo		0	0	0	0	0	0
UNIVERSIDAD 7		Christian Véliz	128	34	0	0	0	162
CATÓLICA DEL NORTE	8	María Nava	0	0	0	0	0	0
	9	Cecilia Gatica	128	34	0	0	0	162
	10	Francisca González	0	0	0	0	0	0
	11	Luis Bravo	0	0	0	0	0	0
	12	N.N. 1	106	0	0	0	0	106
	13	N.N. 2	106	0	0	0	0	106
	14	N.N. 3	106	0	0	0	0	106
CONSULTORES	CONSULTORES 15 Rubén Alarcón		0	17	17	9	0	43
EXTERNOS	EXTERNOS 16 Luis Cubillos		0	0	0	0	0	0
HC	HORAS TOTALES		574	136	77	60	15	861

Objetivo específico 2: Caracterizar considerando parámetros físicos, químicos y biológicos de las principales zonas de reclutamiento,

INSTITUCIÓN	ID	NOMBRE	MUESTREO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TALLER	TOTAL
	1	Enzo Acuña	0	0	0	9	0	9
	2	Armando Mujica	0	17	60	17	10	104
	3	Maria Morales	0	0	0	0	0	0
	4	Beatriz Yannicelli	0	4	21	17	0	43
	5	Alex Cortés	0	26	17	9	0	51
	6	Maria Gallardo	0	0	0	0	0	0
UNIVERSIDAD	7	Christian Véliz	0	0	0	0	0	0
CATOLICA DEL NORTE	8	María Nava	0	0	0	0	0	0
	9	Cecilia Gatica	0	0	0	0	0	0
	10	Francisca González	170	34	0	0	0	204
	11	Luis Bravo	9	43	85	34	0	170
	12	N.N. 1	106	0	0	0	0	106
	13	N.N. 2	106	0	0	0	0	106
	14	N.N. 3	106	0	0	0	0	106
CONSULTORES	CONSULTORES 15 Rubén Alarcón		0	0	0	0	0	0
EXTERNOS	16	Luis Cubillos	0	0	0	0	0	0
HC	HORAS TOTALES		497	123	183	85	10	898

Objetivo específico 3: Determinar la dinámica, densidad y biomasa de individuos juveniles en las principales zonas de reclutamiento,

INSTITUCIÓN	ID	NOMBRE	MUESTREO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TALLER	TOTAL
	1	Enzo Acuña	0	0	17	17	0	34
	2	Armando Mujica	0	0	0	0	0	0
	3	Maria Morales	0	0	0	0	0	0
	4	Beatriz Yannicelli	0	4	21	17	0	43
	5	Alex Cortés	0	17	9	0	0	26
	6	Maria Gallardo	0	0	0	0	0	0
UNIVERSIDAD	7	Christian Véliz	0	0	0	0	0	0
CATOLICA DEL NORTE	8	María Nava	85	17	0	0	0	102
	9	Cecilia Gatica	0	0	0	0	0	0
	10	Francisca González	0	0	0	0	0	0
	11	Luis Bravo	0	0	0	0	0	0
	12	N.N. 1	0	0	0	0	0	0
	13	N.N. 2	0	0	0	0	0	0
	14	N.N. 3	0	0	0	0	0	0
CONSULTORES	15	Rubén Alarcón	0	0	0	0	0	0
EXTERNOS	EXTERNOS 16 Luis Cubillos		0	0	0	0	0	0
HC	HORAS TOTALES			38	47	34	0	204

Objetivo específico 4: Evaluar la calidad y condición nutricional de los individuos juveniles,

INSTITUCIÓN	ID	NOMBRE	MUESTREO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TALLER	TOTAL
	1	Enzo Acuña	0	0	0	9	0	9
	2	Armando Mujica	0	0	0	0	0	0
	3	Maria Morales	0	0	0	0	0	0
	4	Beatriz Yannicelli	0	4	21	17	0	43
	5	Alex Cortés	0	0	0	0	0	0
	6	Maria Gallardo	0	0	0	0	0	0
UNIVERSIDAD 7 Chri		Christian Véliz	0	0	0	0	0	0
CATOLICA DEL NORTE	8	María Nava	43	17	0	0	0	60
	9	Cecilia Gatica	0	0	0	0	0	0
	10	Francisca González	0	0	0	0	0	0
	11	Luis Bravo	0	0	0	0	0	0
	12	N.N. 1	0	0	0	0	0	0
	13	N.N. 2	0	0	0	0	0	0
	14	N.N. 3	0	0	0	0	0	0
CONSULTORES	CONSULTORES 15 Rubén Alarcón		0	0	0	0	0	0
EXTERNOS	16	Luis Cubillos	0	0	0	0	0	0
HC	HORAS TOTALES			21	21	26	0	111

Objetivo específico 5: Determinar el efecto de factores ambientales claves y densodependientes sobre las tasas de crecimiento y sobrevivencia de NBlos juveniles,

INSTITUCIÓN	ID	NOMBRE	MUESTREO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TALLER	TOTAL
	1	Enzo Acuña	0	0	0	9	0	9
	2	Armando Mujica	0	0	0	0	0	0
	3	Maria Morales	0	17	85	60	5	167
	4	Beatriz Yannicelli	0	4	21	9	5	39
	5	Alex Cortés	0	0	0	0	0	0
	6 Maria Gallardo		85	43	43	43	0	213
UNIVERSIDAD 7 Christian Véliz		Christian Véliz	0	0	0	0	0	0
CATOLICA DEL NORTE	8	María Nava	0	0	0	0	0	0
	9	Cecilia Gatica	0	0	0	0	0	0
	10	Francisca González	0	0	0	0	0	0
	11	Luis Bravo	0	0	0	0	0	0
	12	N.N. 1	0	0	0	0	0	0
	13	N.N. 2	0	0	0	0	0	0
	14	N.N. 3	0	0	0	0	0	0
CONSULTORES	15	Rubén Alarcón	0	0	0	0	0	0
EXTERNOS	16	Luis Cubillos	0	0	0	0	0	0
НС	HORAS TOTALES		85	64	149	119	10	427

Objetivo específico 6: Evaluar relaciones entre la población reproductora, el medio ambiente, el reclutamiento y las variables pesqueras,

INSTITUCIÓN	ID	NOMBRE	MUESTREO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TALLER	TOTAL
	1	Enzo Acuña	0	0	26	17	0	43
	2	Armando Mujica	0	0	0	0	0	0
	3	Maria Morales	0	0	0	0	0	0
	4	Beatriz Yannicelli	0	0	0	0	0	0
	5	Alex Cortés	0	9	4	0	0	13
	6 Maria Gallardo		0	0	0	0	0	0
UNIVERSIDAD 7		Christian Véliz	0	0	0	0	0	0
CATOLICA DEL NORTE	8	María Nava	0	0	0	0	0	0
	9	Cecilia Gatica	0	0	0	0	0	0
	10	Francisca González	0	0	0	0	0	0
	11	Luis Bravo	0	0	0	0	0	0
	12	N.N. 1	0	0	0	0	0	0
	13	N.N. 2	0	0	0	0	0	0
	14	N.N. 3	0	0	0	0	0	0
CONSULTORES	CONSULTORES 15 Rubén Alarcón		0	34	34	17	5	90
EXTERNOS	EXTERNOS 16 Luis Cubillos		0	0	0	0	0	0
HO	HORAS TOTALES		0	43	64	34	5	145

Objetivo específico 7: Estimar la contribución relativa de la biomasa de los juveniles sobre la abundancia de la estabilidad y abundancia de la población adulta,

INSTITUCIÓN	ID	NOMBRE	MUESTREO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TALLER	TOTAL
	1	Enzo Acuña	0	0	26	17	0	43
	2	Armando Mujica	0	0	0	0	0	0
	3	Maria Morales	0	0	0	0	0	0
	4	Beatriz Yannicelli	0	0	0	0	0	0
	5	Alex Cortés	0	9	4	0	0	13
	6 Maria Gallardo		0	0	0	0	0	0
UNIVERSIDAD 7 Christian Véliz		Christian Véliz	0	0	0	0	0	0
CATOLICA DEL NORTE	8	María Nava	0	0	0	0	0	0
	9	Cecilia Gatica	0	0	0	0	0	0
	10	Francisca González	0	0	0	0	0	0
	11	Luis Bravo	0	0	0	0	0	0
	12	N.N. 1	0	0	0	0	0	0
	13	N.N. 2	0	0	0	0	0	0
	14	N.N. 3	0	0	0	0	0	0
CONSULTORES	15	Rubén Alarcón	0	34	34	17	0	85
EXTERNOS	16	Luis Cubillos	0	85	85	43	0	213
НС	HORAS TOTALES			128	149	77	0	353

ANEXOS

Anexo 1. Categorización Proyectos FIPA, SubPrograma Pesquerías de Crustáceos.

Código	Provecto	Consultor	Referencia	Categoría
couigo		constator	Evaluaciones indirectas (8)	Cuttegoriu
1994-08	Evaluación de la pesquería y del recurso langostino colorado de la zona Centro Sur, 1994.	IFOP	Roa et al. (1995)	
1994-25	Evaluación del recurso langostino amarillo en la zona centro-norte	IFOP	Pool et al. (1996)	
1995-06	Análisis de la pesquería y evaluación indirecta del stock de camarón nailon (II a VIII Regiones)	UCN-INP-UdeC	Acuña et al. (1997a)	
1995-13	Análisis de la pesquería y evaluación indirecta del stock de langostino colorado de la zona centro-sur	IFOP	Roa et al. (1995)	-
1996-08	Análisis de la pesquería y evaluación indirecta del stock de langostino amarillo en la III y IV Regiones	UCN - UdeC	Acuña et al. (1997b)	
1996-20	Análisis y evaluación indirecta de la pesquería del langostino colorado en la zona centro-sur	IFOP	Roa et al. (1996)	
1997-22	Evaluación indirecta del stock de langostino colorado de la zona centro-sur	IFOP	Canales et al. (1998)	
1997-24	Evaluacion indirecta del stock de camaron nailon en el litoral de la 11 a VIII Regiones	IFOP	Canales et al. (1999)	
1002.05	Evaluación directo del ctock de langastino colorado en la zona centro sur	DICV	Arona et al. (1994)	
1993-06	Evaluación directa del stock de langostino comarillo en la zona centro-norte	PUCV	Pavez et al. (1994)	
1996-09	Evaluación directa del stock de camarón nailon en la zona centro-norte	PUCV	Escuela de Ciencias del Mar. UCV (1996)	
1996-23	Evaluación directa del stock de langostino colorado en la zona centro-sur	UdeC	Roa et al. (1997)	
1997-23	Evaluación directa del stock de langostino amarillo en el litoral de la V a VIII Regiones	UdeC	Roa et al. (1998)	
1997-25	Evaluación directa del stock de langostino amarillo en la III y IV Regiones	UCN - UdeC	Acuña et al. (1998)	
1998-03	Evaluación directa de camarón nailon entre la II y VIII Regiones	UdeC	Roa et al. (1999)	
1999-07	Evaluación directa de langostino colorado de la V a VIII Regiones, 1999	IFOP-INP-PUCV	Bahamonde et al. (2000)	
1999-08	Evaluación directa de camarón nailon entre la II a VIII Regiones	UCN - UdeC	Acuña et al. (2000)	
1999-09	Evaluación directa de langostino amarillo entre la III y VIII Regiones	PUCV	Escuela de Ciencias del Mar (2000a)	
1999-30	Evaluación directa de langostino colorado de la 1 a IV Regiones, 1999	IFOP	Barbieri et al. (2001)	
2000-05	Evaluación directa de camarón nation, langostino amarillo y langostino colorado, año 2000	PUCV-IFOP	Appão et al. (2002)	
2001-05	Evaluación directa de camaron nation entre la ILV VIII Regiones, ano 2001 Evaluación directa de langostino colorado y langostino amarillo antre la ILV VIII Decimera, año 2001	UCN - UdeC	Acuna et al. (2002) Rahamonda et al. (2002)	
2001-06	Evaluation directa de adigustanto contrator y langostino aniarino entre la fl y VIII Regiones, ano 2001 Evaluation directa de camarán paíslo actre la II y VIII Regiones año 2002	PUCV-IFOP	Arana et al. (2002)	
2002-05	Evaluación directa de langostino colorado y langostino amarillo entre la ll y VIII Regiones año 2002	IFOP-PUCV	Bahamonde et al. (2003)	
2003-03	Evaluación directa de langostino colorado entre la III y IV Regiones, año 2003	UCN	Acuña et al. (2004)	
2003-05	Evaluación directa de camarón nailon entre la II y VIII Regiones, año 2003	PUCV-IFOP	Arana et al. (2003b)	
2003-31	Evaluación directa de langostino colorado y langostino amarillo entre la II y VIII Regiones, año 2003	IFOP	Bahamonde et al. (2004)	
2004-10	Evaluación directa de camarón nailon entre la II y VIII Regiones, año 2004	PUCV-IFOP	Arana et al. (2004)	
2004-11	Evaluación directa de langostino colorado y langostino amarillo entre la II y VIII Regiones, año 2004	UCN - UdeC	Acuña et al. (2005b)	
2005-08	Evaluación directa de camarón nailon y gamba entre la II y VIII Regiones, año 2005	PUCV-IFOP	Arana et al. (2005)	-
2005-09	Evaluación directa de langostino amarillo y langostino colorado entre la II y VIII Regiones, año 2005	UCN - UdeC	Acuña et al. (2006a)	-
2006-04	Evaluación directa langostino amarillo y langostino colorado entre la II y VIII Regiones, año 2006	UCN - UdeC	Acuña et al. (2006b)	
2006-11	Evaluación directa de camarón nailon II y VIII Regiones, año 2006	UCN - UdeC	Acuña et al. (200/a)	
2007-19	Evaluación directa de langostino amarillo y langostino colorado entre la 11 y VIII Regiones, año 2007	UCN - UdeC	Acuña et al. (2008b)	
2008-10	Evaluación directa de langosino amarino y langosino colorado entre la 11 y VIII Regiones, ano 2008	UCN - UdeC	Acuña et al. (2009a)	
2008-17	Evaluación directa de cantarion nanon entre la fi y vin Regiones, ano 2006 Evaluación directa de langostino colorado y langostino amerillo arter la fi y VIII Regiones, año 2009	UCN - UdeC	Acuña et al. (2009b)	
2009-16	Evaluación directa de largosino econoción pallon entre la II y VIII Regiones año 2009	UCN - UdeC	Acuña et al. (2010c)	
2011-01	Evaluación directa de langostino amarillo y langostino colorado entre II y VIII Regiones, año 2011	UCN - UdeC	Acuña et al. (2012a)	
2011-02	Evaluación directa de camarón nailon entre la II y VIII Regiones, año 2011	UCN - UdeC	Acuña et al. (2012b)	
2012-02	Evaluación directa de langostino amarillo y langostino colorado entre la II y VIII Regiones, año 2012	UCN - UdeC	Acuña et al. (2012c)	
2012-05	Evaluación directa de camarón nailon entre la II y VIII Regiones, año 2012	UCN - UdeC	Acuña et al. (2013)	
2013-01	Evaluación directa de camarón nailon entre la II y VIII Regiones, 2013	UCN - UdeC	Acuña et al. (2015a)	
2013-02	Evaluación directa de langostino amarillo y langostino colorado entre la II y VIII Regiones, 2013	UCN - UdeC	Acuña et al. (2014)	
2014	Evaluación directa de camarón nailon entre la II y VIII Regiones, año 2014	UCN - UdeC	Acuña et al. (2015b)	
2014	Evaluación directa de langostino amarillo y langostino colorado entre la II y VIII Regiones, año 2014	PUCV	Queirolo et al. (2015)	
2015	Evaluación directa de camarón nailon entre la II y VIII Regiones, año 2015	FPCT-UCN-UdeC	Acuña et al. (2015)	
2015	Evaluación directa de langostino amarillo y langostino colorado entre la 11 y VIII Regiones, año 2015	PUCV	Queirolo et al. (2016)	
2016	Evaluación directa de camarón nation entre la 11 y VIII Regiones, ano 2016	CIMAR-UCN-UdeC	Alarcon et al. (2017)	
2010	Evaluation directa de camprón paislo ante ilo y atagostino contato cinte la fl y VIII Regiones, ano 2010 Evaluation directa de camprón paislo ante ilo II y VIII Regiones año 2017	LICN - LIdeC	Acuña et al. (2017)	
2017	Evaluación directa de langostino annoli chi il y v il recepcites, and 2017	PUCV	Oueirolo et al. (2018)	
2018	Evaluación directa de camarón nailon entre la II y VIII Regiones, año 2018	UCN - UdeC	Acuña et al. (2018)	
2018	Evaluación directa de langostino amarillo y langostino colorado entre la II y VIII Regiones, año 2018	PUCV	Ahumada et al. (2019)	
2019	Evaluación directa de langostino amarillo, langostino colorado y camarón nailonentre la Región de Antofagasta y Biobío (*)	PUCV	Ahumada et al. (2020)	
			Tecnológicos - Artes de pesca	
1994-15	Pre-factibilidad de pesca artesanal de crustáceos con trampas en la V Región	IFOP	Bahamonde et al. (1996)	
1999-17	Selectividad de redes de arrastre en la pesquería de camarón nailon	PUCV	Escuela de Ciencias del Mar (2000c)	
1999-19	Pesca experimental de langostino amarillo con trampas en la V y VI Regiones	UdelM	Rodríguez et al. (2000)	
2001-22	Pesca experimental de crustáceos con trampas entre la II y IV Regiones	UCN	Acuña et al. (2003)	
2001-23	Evaluación de dispositivos de reducción de fauna acompañante en las pesquerías de crustáceos demersales	PUCV	Escuela de Ciencias del Mar (2003)	
2004-46	Adopción de dispositivos de reducción de fauna acompañante en la pesquería de camarón nailon	PUCV	Escuela de Ciencias del Mar (2006)	
2006-20	Rediseno de las redes de arrastre de crustáceos	PUCV	Melo et al. (2008)	
2008-26	Evaluación del desempeno operativo de la nueva red de arrastre en pesquerias de crustaceos demersales	PUCV	Queirolo et al. (2010) Queirolo et al. (2017)	
2013-19	ranansis comparativo de la capititacinidad y selectividad de redes de artastre en pesquenas de crustaceos demersales	r UC V	Historia de vida	
2004-45	Determinación de las zonas y énocas de reclutamiento de camarón nailon, langostino amarillo y langostino colorado entre la III y IV. Región	UCN-UdeC	Acuña et al. (2007b)	
2005-41	Dinámica v estructura poblacional del langostino colorado III v IV Regiones	IFOP	Ouiroz et al. (2006)	
2006-43	Dinámica reproductiva de langostino colorado y langostino amarillo en la III y IV Regiones	UCN	Acuña et al. (2008a)	
2008-47	Dinámica del comportamiento de langostino amarillo y langostino colorado en el área de la IV Región	UCN-PUCV	Acuña et al. (2010a)	
2017-66	Estudio del reclutamiento in situ de crustáceos demersales	UCN-UdeC	Acuña et al. (2021)	
			Metodológico	
2006-19	Estandarización de procedimientos metodológicos para la evaluación de crustáceos demersales a través del método de área barrida	UCN	Acuña et al. (2008c)	
			Administración - Manejo	
1999-18	Análisis de estrategias de explotación de langostino amarillo y langostino colorado	IFOP	Canales et al. (2000)	

Anexo 2. Presencia y ausencia de Pleuroncodes monodon entre los 5ºS-37ºS por grado latitudinal.

Especies Objetivo de Estudio: PM-P: adultos de *P. monodon* con hábitos pelágicos, PM-B: adultos de *P. monodon* con hábito bentónico, PM-BP: adultos de *P. monodon* con hábitos bentónico y pelágico en una misma latitud, PM-AN: adultos de *P. monodon* y anchovetas, PM-r: reclutas de *P. monodon*, PM-B Cj: adultos de *P. monodon* y *Cervimunida Johni*, NB: Bancos Naturales, CR-b: Crustáceos bentónicos, DM-in: Invertebrados demersales, MB-f: Fauna Macrobentónica, Presencia/Ausencia: los 1 indican presencia y los ceros ausencia de adultos de *P. monodon* por grado latitudinal y hábito de vida, LC: largo cefalotórax, Fuente de Información: T= Tesis, P= paper de corriente principal, IF= Informe FIP, II= Informe IMARPE, *datos no desglosados por latitud, Base de datos tomada de Gallardo 2017, NA= dato no reportado.

				LC Mín.	LC Máx.	Talla	Prof. de				Densidad			
Latitud	Objetivo Estudio	Presenci	a/Ausencia	(mm)	(mm)	Media	muestreo	Temperatura	Oxígeno	Año	N° ind. /Peso	Arte de Pesca	Fuente	Ref.
		Pelágico	Bentónico			(mm)	(m)	(°C)	(ml L ⁻¹)		de Captura			
-5	PM-P	1		6,0*	42,4*		1,5-52,5*	20,6-21,7	1,84-8,22	2001		NA	Т	1
-7	PM-P	1						20,6-21,7	1,84-8,22	2001		NA	Т	1
-6	PM-P	1						20,6-21,7	1,84-8,22	2001		NA	Т	1
-7	PM-P	1						20,6-21,7	1,84-8,22	2001		NA	Т	1
-8	PM-P	1						20,6-21,7	1,84-8,22	2001		NA	Т	1
-9	PM-P	1						20,6-21,7	1,84-8,22	2001		NA	Т	1
-10	PM-P	1						20,6-21,7	1,84-8,22	2001		NA	Т	1
-11	PM-P	1						20,6-21,7	1,84-8,22	2001		NA	Т	1
-12	PM-P	1						20,6-21,7	1,84-8,22	2001		NA	Т	1
-13	PM-P	1						20,6-21,7	1,84-8,22	2001		NA	Т	1
-14	PM-P	1						20,6-21,7	1,84-8,22	2001		NA	Т	1
-15	PM-P	1						20,6-21,7	1,84-8,22	2001		NA	Т	1
-16	PM-P	1						20,6-21,7	1,84-8,22	2001		NA	Т	1
-17	PM-P	1						20,6-21,7	1,84-8,22	2001		NA	Т	1
-11	PM-BP	1	0	6	26,8		30			2013	25,5-334 ind m- 2	Multinet yP2	Р	2

		D .		LC Mín.	LC Máx.	Talla	Prof. de	The second se	0 (Densidad				
Latitud	Objetivo Estudio	Presenci	a/Ausencia	(mm)	(mm)	Media	muestreo	Temperatura	Oxigeno	Año	N° ind. /Peso	Arte de Pesca	Fuente	Ref.
		Pelágico	Bentónico			(mm)	(m)	(°C)	(ml L ⁻¹)		de Captura			
-13	PM-BP		0							2013	0	video	Р	2
-12	PM-BP		1				75-150	13	0,2-0,6	2013	11 ind	video	Р	2
-13	PM-BP	1	0	6	26,8		30	NA	NA	2013	25,5-334 ind m- 2	Multinet yP2	Р	2
-14	PM-BP	1	0	6	26,8		30	NA	NA	2013	25,5-334 ind m- 2	Multinet yP2	Р	2
-18	PM-P	1								2002-2003- 2004	Presencia	Hidroacústica	II	3
-19	PM-P	1								2002-2003- 2004	Presencia	Hidroacústica	Π	3
-20	PM-P	1								2002-2003- 2004	Presencia	Hidroacústica	II	3
-3	Merluza		0							2006	0	Red de arrastre de fondo	II	4
-4	Merluza		0							2006	0	Red de arrastre de fondo	II	4
-5	Merluza		0							2006	0	Red de arrastre de fondo	Π	4
-6	Merluza		0							2006	0	Red de arrastre de fondo	Π	4
-7	Merluza		1				150	S: 22-25 / D:15	S:6 mlL-1; D: 1 ml L-1	2006	pocos ind,	Red de arrastre de fondo	Π	4
-8	Merluza		0							2005	0	Red de arrastre de fondo	Π	4
-9	Merluza		0							2006	0	Red de arrastre de fondo	II	4
-3	Merluza		0							2006		Red de arrastre de fondo	Π	5

		. .		LC Mín.	LC Máx.	Talla	Prof. de	The second se	0 (Densidad	Densidad			
Latitud	Objetivo Estudio	Presenci	a/Ausencia	(mm)	(mm)	Media	muestreo	Temperatura	Oxigeno	Año	N° ind. /Peso	Arte de Pesca	Fuente	Ref.
		Pelágico	Bentónico			(mm)	(m)	(°C)	(ml L ⁻¹)		de Captura			
-4	Merluza		0							2006		Red de arrastre de fondo	II	5
-5	Merluza		0							2006		Red de arrastre de fondo	Π	5
-6	Merluza		0							2005		Red de arrastre de fondo	Π	5
-7	Merluza		1	11	39	22,6	42-208	S: <18 ("nucleo frio"); D: <14	D: 0,2 mlL-1; S: <4 mlL-1	2005	363,34 kg (530 ind)	Red de arrastre de fondo	II	5
-8	Merluza		0							2005		Red de arrastre de fondo	Π	5
-9	Merluza		0							2006		Red de arrastre de fondo	II	5
-3	Merluza		0							2007		Red arrastre de fondo	II	6
-4	Merluza		0							2007		Red arrastre de fondo	Π	6
-5	Merluza		0							2007		Red arrastre de fondo	Π	6
-6	Merluza		0							2007		Red arrastre de fondo	Π	6
-7	Merluza		1							2007	presa de merluza	Red arrastre de fondo	II	6
-8	Merluza		1					S:<19; D: <15	$S:4-4,5 \text{ mlL}^{-1};$ 0,5 ml ^{L-1}	2007	36 kg	Red arrastre de fondo	Π	6

		D		LC Mín.	LC Máx.	Talla	Prof. de	Tomore	0		Densidad			
Latitud	Objetivo Estudio	Presencia	a/Ausencia	(mm)	(mm)	Media	muestreo	1 emperatura	Oxigeno	Año	N° ind. /Peso	Arte de Pesca	Fuente	Ref.
		Pelágico	Bentónico			(mm)	(m)	(°C)	(ml L ⁻¹)		de Captura			
-9	Merluza		0							2007		Red arrastre de fondo	Π	6
-15	PM-P	1								2004		Pelágico- Hidroacústica	Π	7
-14	PM-P	1								2004		Pelágico- Hidroacústica	Π	7
-12	PM-P	1								2004		Pelágico- Hidroacústica	Π	7
-11	PM-P	1								2004		Pelágico- Hidroacústica	Π	7
-13	PM-P	1								2004		Pelágico- Hidroacústica	Π	7
-10	PM-P	1								2004		Pelágico- Hidroacústica	Π	7
-9	PM-P	1								2004		Pelágico- Hidroacústica	Π	7
-8	PM-P	1								2004		Pelágico- Hidroacústica	Π	7
-7	PM-P	1								2004			II	7
-6	PM-P	1								2004			II	7
-6	PM-AN	1					40	<18	>2 ml/L	1998-2006	500-1500 ESDU	Hidroacústica	Р	8
-7	PM-AN	1					40	<18	>2 ml/L	1998-2006	500-1500 ESDU	Hidroacústica	Р	8
-8	PM-AN	1					40	<18	>2 ml/L	1998-2006	500-1500 ESDU	Hidroacústica	Р	8
-9	PM-AN	1					40	<18	>2 ml/L	1998-2006	500-1500 ESDU	Hidroacústica	Р	8

		р.,		LC Mín.	LC Máx.	Talla	Prof. de	T (0.4		Densidad			
Latitud	Objetivo Estudio	Presenci	a/Ausencia	(mm)	(mm)	Media	muestreo	Temperatura	Oxigeno	Año	N° ind. /Peso	Arte de Pesca	Fuente	Ref.
		Pelágico	Bentónico			(mm)	(m)	(°C)	(ml L ⁻¹)		de Captura			
-10	PM-AN	1					40	<18	>2 ml/L	1998-2006	500-1500 ESDU	Hidroacústica	Р	8
-11	PM-AN	1					40	<18	>2 ml/L	1998-2006	500-1500 ESDU	Hidroacústica	Р	8
-12	PM-AN	1					40	<18	>2 ml/L	1998-2006	500-1500 ESDU	Hidroacústica	Р	8
-13	PM-AN	1					40	<18	>2 ml/L	1998-2006	500-1500 ESDU	Hidroacústica	Р	8
-14	PM-AN	1					40	<18	>2 ml/L	1998-2006	500-1500 ESDU	Hidroacústica	Р	8
-15	PM-AN	1					40	<18	>2 ml/L	1998-2006	500-1500 ESDU	Hidroacústica	Р	8
-16	PM-AN	1					40	<18	>2 ml/L	1998-2006	500-1500 ESDU	Hidroacústica	Р	8
-17	PM-AN	1					40	<18	>2 ml/L	1998-2006	500-1500 ESDU	Hidroacústica	Р	8
-18	PM-AN	1					40	<18	>2 ml/L	1998-2006	500-1500 ESDU	Hidroacústica	Р	8
-12	CR		1				160	NA	NA	1965	7 ind	shrimp trawl	Р	9
-3	DM-in		0							2003		Rastra Agassiz	П	10
-4	DM-in		0							2003		Rastra Agassiz	II	10
-5	DM-in		0							2003		Rastra Agassiz	II	10
-6	DM-in		1	19	43	27,9		cool coastalaters		2003		Rastra Agassiz	Π	10
-7	DM-in		1					cool coastalaters		2003		Rastra Agassiz	Π	10
-8	DM-in		0							2003		Rastra Agassiz	П	10
-9	DM-in		0							2003		Rastra Agassiz	П	10
-30	РМ-В Сј		1				102-215			2009 and 2010	Mean 3-63 ind m-2, max 103,1 ind m-2/ ind totales 18,234	video	Р	11

		р.,		LC Mín.	LC Máx.	Talla	Prof. de	The state of the s	<i></i>		Densidad			
Latitud	Objetivo Estudio	Presenci	a/Ausencia	(mm)	(mm)	Media	muestreo	Temperatura	Oxigeno	Año	N° ind. /Peso	Arte de Pesca	Fuente	Ref.
		Pelágico	Bentónico			(mm)	(m)	(°C)	(ml L ⁻¹)		de Captura			
-32	РМ-В Сј		1	20	47	35	200-400			1969-1970	389 ind	Red de arrastre	Р	12
-33	РМ-В Сј		1	20	47	35	200-400			1969-1970	389 ind	Red de arrastre	Р	12
-30	РМ-В Сј		1	13	40	28,7	50-300	10-12°C	<0,5-3 ml/L	1966-1983	9961-49729 Ton anuales	Red de arrastre industrial	Р	13
-31	РМ-В Сј		1	13	40	28,7	50-300	10-12°C	<0,5-3 ml/L	1966-1983	9961-49729 Ton anuales	Red de arrastre industrial	Р	13
-32	РМ-В Сј		1	13	40	28,7	50-300	10-12°C	<0,5-3 ml/L	1966-1983	9961-49729 Ton anuales	Red de arrastre industrial	Р	13
-33	РМ-В Сј		1	13	40	28,7	50-300	10-12°C	<0,5-3 ml/L	1966-1983	9961-49729 Ton anuales	Red de arrastre industrial	Р	13
-34	РМ-В Сј		1	13	40	28,7	50-300	10-12°C	<0,5-3 ml/L	1966-1983	9961-49729 Ton anuales	Red de arrastre industrial	Р	13
-35	РМ-В Сј		1	13	40	28,7	50-300	10-12°C	<0,5-3 ml/L	1966-1983	9961-49729 Ton anuales	Red de arrastre industrial	Р	13
-36	РМ-В Сј		1	13	40	28,7	50-300	10-12°C	<0,5-3 ml/L	1966-1983	9961-49729 Ton anuales	Red de arrastre industrial	Р	13
-37	РМ-В Сј		1	13	40	28,7	50-300	10-12°C	<0,5-3 ml/L	1966-1983	9961-49729 Ton anuales	Red de arrastre industrial	Р	13
-13	AN	1					50	17,8	6,6	2004	563,6 m2 nmi-2	acoustic records	Р	14
-14	AN	0,1					50	16,6	6,2	2004	0	acoustic records	Р	14
-30	РМ-В Сј		1							2007		Red arrastre de fondo	Р	15
-31	PM-r		1	3	10	3,5	40, 64 - 96	D: 11,6	D: 0,87 mlL ⁻¹	1991-1992	0,07-1 ind m-2	Rastra Agassiz	Р	16

		р. ·		LC Mín.	LC Máx.	Talla	Prof. de	T (0.1		Densidad			
Latitud	Objetivo Estudio	Presenci	a/Ausencia	(mm)	(mm)	Media	muestreo	Temperatura	Oxigeno	Año	N° ind. /Peso	Arte de Pesca	Fuente	Ref.
		Pelágico	Bentónico			(mm)	(m)	(°C)	(ml L ⁻¹)		de Captura			
-36	MB-f		1	NA	NA	NA	122	D: 10,8	D: 0,1 mlL ⁻¹	1999	8651 ind m-2	Rastra Agassiz	Р	17
-37	MB-f		1	NA	NA	NA	360	D: 8,9	D: 0,52 ml ^{L-1}	1999	11004 ind m-2	Rastra Agassiz	Р	17
-25	PM-B		1	10	49		102-580	NA	NA	2003	34158 ton totales crucero	Red arrastre de fondo	IF	18
-26	PM-B		1	10	49		102-580	NA	NA	2003	34158 ton totales crucero	Red arrastre de fondo	IF	18
-27	PM-B		1	10	49		102-580	NA	NA	2003	34158 ton totales crucero	Red arrastre de fondo	IF	18
-28	PM-B		1	10	49		102-580	NA	NA	2003	34158 ton totales crucero	Red arrastre de fondo	IF	18
-29	PM-B		1	10	49		102-580	NA	NA	2003	34158 ton totales crucero	Red arrastre de fondo	IF	18
-30	PM-B		1	10	49		102-580	NA	NA	2003	34158 ton totales crucero	Red arrastre de fondo	IF	18
-3	Merluza		0				46			2009		Red de arrastre de fondo	II	19
-4	Merluza		0				40			2009		Red de arrastre de fondo	II	19
-5	Merluza		0							2009		Red de arrastre de fondo	II	19
-6	Merluza		1	6	26	17,2	37	D:16-18 S: 18- 21	D: 0,5 - 1,5 mlL ⁻¹ ; S: 3-6 mlL ⁻¹	2009	377,16 kg y en estomago de merluza	Red de arrastre de fondo	II	19
-7	Merluza		1	6	26	11,7	68	D:16-18 S: 18- 21	D: 0,5-1,5 mlL ⁻¹ ; S: 3-6 mlL ⁻¹	2009	pocos indy en estomago	Red de arrastre de fondo	Π	19

		р.,		LC Mín.	LC Máx.	Talla	Prof. de	The state of the s	0.1		Densidad			
Latitud	Objetivo Estudio	Presenci	a/Ausencia	(mm)	(mm)	Media	muestreo	Temperatura	Oxigeno	Año	N° ind. /Peso	Arte de Pesca	Fuente	Ref.
		Pelágico	Bentónico			(mm)	(m)	(°C)	(ml L ⁻¹)		de Captura			
-8	Merluza		0	6	26	12,1	68	D:16-18 S: 18- 21	D: 0,5-1,5 mlL ⁻¹ ; S: 3-6 mlL ⁻¹	2009	En estomago de merluza	Red de arrastre de fondo	II	19
-9	Merluza		0				135			2009		Red de arrastre de fondo	II	19
-3	Merluza		0							2004		Red de arrastre de fondo	II	20
-4	Merluza		0							2004		Red de arrastre de fondo	II	20
-5	Merluza		0							2004		Red de arrastre de fondo	Π	20
-6	Merluza		1	14	28	24,7	300	12	>1 mlL ⁻¹	2004	pocos ind	Red de arrastre de fondo	II	20
-7	Merluza		1			24,7				2004	127,54 kg	Red de arrastre de fondo	Π	20
-8	Merluza		0							2004		Red de arrastre de fondo	II	20
-9	Merluza		0							2004		Red de arrastre de fondo	II	20
-4	PM-P	1			5	33	0-40	NA	NA	2001	8517 ind totales	Hidroacústica- Red arrastre media agua	Р	21
-5	PM-P	1			5	33	0-40	NA	NA	2001	8517 ind totales	Hidroacústica- Red arrastre media agua	Р	21

		. .		LC Mín.	LC Máx.	Talla	Prof. de	T (0 <i>(</i>		Densidad			
Latitud	Objetivo Estudio	Presenci	a/Ausencia	(mm)	(mm)	Media	muestreo	Temperatura	Oxigeno	Año	N° ind. /Peso	Arte de Pesca	Fuente	Ref.
		Pelágico	Bentónico			(mm)	(m)	(°C)	(ml L ⁻¹)		de Captura			
-6	PM-P	1			5	33	0-40	NA	NA	2001	8517 ind totales	Hidroacústica- Red arrastre media agua	Р	21
-7	PM-P	1			5	33	0-40	NA	NA	2001	8517 ind totales	Hidroacústica- Red arrastre media agua	Р	21
-8	PM-P	1			5	33	0-40	NA	NA	2001	8517 ind totales	Hidroacústica- Red arrastre media agua	Р	21
-9	PM-P	1			5	33	0-40	NA	NA	2001	8517 ind totales	Hidroacústica- Red arrastre media agua	Р	21
-10	PM-P	1			5	33	0-40	NA	NA	2001	8517 ind totales	Hidroacústica- Red arrastre media agua	Р	21
-11	PM-P	1			5	33	0-40	NA	NA	2001	8517 ind totales	Hidroacústica- Red arrastre media agua	Р	21
-12	PM-P	1			5	33	0-40	NA	NA	2001	8517 ind totales	Hidroacústica- Red arrastre media agua	Р	21

		р.,		LC Mín.	LC Máx.	Talla	Prof. de	T (0 <i>(</i>		Densidad			
Latitud	Objetivo Estudio	Presenci	a/Ausencia	(mm)	(mm)	Media	muestreo	Temperatura	Oxigeno	Año	N° ind. /Peso	Arte de Pesca	Fuente	Ref.
		Pelágico	Bentónico			(mm)	(m)	(°C)	(ml L ⁻¹)		de Captura			
-13	PM-P	1			5	33	0-40	NA	NA	2001	8517 ind totales	Hidroacústica- Red arrastre media agua	Р	21
-14	PM-P	1			5	33	0-40	NA	NA	2001	8517 ind totales	Hidroacústica- Red arrastre media agua	Р	21
-15	PM-P	1			5	33	0-40	NA	NA	2001	8517 ind totales	Hidroacústica- Red arrastre media agua	Р	21
-16	PM-P	1			5	33	0-40	NA	NA	2001	8517 ind totales	Hidroacústica- Red arrastre media agua	Р	21
-17	PM-P	1			5	33	0-40	NA	NA	2001	8517 ind totales	Hidroacústica- Red arrastre media agua	Р	21
-18	PM-P	1			5	33	0-40	NA	NA	2001	8517 ind totales	Hidroacústica- Red arrastre media agua	Р	21
-29	CR		1				180	NA	NA	2007-2009	2,70-1596,73 kg h ⁻¹	Red arrastre de fondo	Р	22
-30	CR		1				180	NA	NA	2007-2009	2,70-1596,73 kg h ⁻¹	Red arrastre de fondo	Р	22

		р. ·		LC Mín.	LC Máx.	Talla	Prof. de	T	0.1		Densidad			
Latitud	Objetivo Estudio	Presenci	a/Ausencia	(mm)	(mm)	Media	muestreo	1 emperatura	Oxigeno	Año	N° ind. /Peso	Arte de Pesca	Fuente	Ref.
		Pelágico	Bentónico			(mm)	(m)	(°C)	(ml L ⁻¹)		de Captura			
-35	PM-B		1	24	40		50-150			1991	10323 ton anuales	Red arrastre de fondo	Р	23
-36	PM-B		1	24	40		50-150			1991	10323 ton anuales	Red arrastre de fondo	Р	23
-34	PM-B		1			25,2- 36,5				1982-1983 1984-1986		Red arrastre de fondo	Р	24
-35	PM-B		1			25,2- 36,5				1982-1983 1984-1986		Red arrastre de fondo	Р	24
-36	PM-B		1			25,2- 36,5				1982-1983 1984-1986		Red arrastre de fondo	Р	24
-37	PM-B		1			25,2- 36,5				1982-1983- 1984-1986		Red arrastre de fondo	Р	24
-23	PM-B		1	20	40		20-40	NA	NA	1974-1975	4594 ind	NA	Р	25
-35	PM-B		1			17,1- 39,4				1982 y 1991		Red arrastre de fondo	Р	26
-36	PM-B		1			17,1- 39,4				1982 y 1991		Red arrastre de fondo	Р	26
-36	PM-B		1			6,51- 12,5		D: 11,2-11,6	D: 0,34 mlL ⁻¹	1993	2,39 ind m- 2/3290 x10exp6 ind	Rastra Agassiz	Р	27
-37	PM-B		1			6,51- 12,5		D: 11,2-11,6	D: 0,34 mlL ⁻¹	1993	2,39 ind m- 2/3290 x10exp6 ind	Rastra Agassiz	Р	27
-18	AN	1								2008		Red de cerco	IF	28
-35	AN	0,1						>15	S: <3 mlL ⁻¹	1999	0	Hidroacústica	IF	29
-36	AN	0,1						>15	S: <3 mlL ⁻¹	1999	0	Hidroacústica	IF	29

				LC Mín.	LC Máx.	Talla	Prof. de		<i></i>		Densidad			
Latitud	Objetivo Estudio	Presenci	a/Ausencia	(mm)	(mm)	Media	muestreo	Temperatura	Oxigeno	Año	N° ind. /Peso	Arte de Pesca	Fuente	Ref.
		Pelágico	Bentónico			(mm)	(m)	(°C)	(ml L ⁻¹)		de Captura			
-37	AN	0,1						>15	S: <3 mlL ⁻¹	1999	0	Hidroacústica	IF	29
-38	AN	0,1						>15	S: <3 mlL ⁻¹	1999	0	Hidroacústica	IF	29
-39	AN	0,1						>15	S: <3 mlL ⁻¹	1999	0	Hidroacústica	IF	29
-18	PM-P	0,1								2007		Hidroacústica	IF	30
-19	PM-P	0,1								2007		Hidroacústica	IF	30
-20	PM-P	1					9 to 13	14,9	>5 ml/L ⁻¹	2007	0,14 T nm-2	Hidroacústica	IF	30
-21	PM-P	0,1								2007		Hidroacústica	IF	30
-22	PM-P	0,1								2007		Hidroacústica	IF	30
-23	PM-P	0,1								2007		Hidroacústica	IF	30
-24	PM-P	0,1								2007		Hidroacústica	IF	30
-25	PM-P	0,1								2007		Hidroacústica	IF	30
-26	PM-P	0,1								2007		Hidroacústica	IF	30
-27	PM-P	0,1								2007		Hidroacústica	IF	30
-28	PM-P	0,1								2007		Hidroacústica	IF	30
-29	PM-P	0,1								2007		Hidroacústica	IF	30
-30	PM-P	0,1								2007		Hidroacústica	IF	30
-31	PM-P	0,1								2007		Hidroacústica	IF	30
-32	PM-P	0,1								2007		Hidroacústica	IF	30

		n .	•	LC Mín.	LC Máx.	Talla	Prof. de	T (0 <i>i</i>		Densidad			
Latitud	Objetivo Estudio	Presenci	a/Ausencia	(mm)	(mm)	Media	muestreo	1 emperatura	Oxigeno	Año	N° ind. /Peso	Arte de Pesca	Fuente	Ref.
		Pelágico	Bentónico			(mm)	(m)	(°C)	(ml L ⁻¹)		de Captura			
-33	AN	0,1		NA	NA	NA	0-100	S: 9-16,5	NA	2005	0	Red Calvet/pelágica	IF	31
-34	AN	0,1		NA	NA	NA	0-100	S: 9-16,5	NA	2005	0	Red Calvet/pelágica	IF	31
-35	AN	0,1		NA	NA	NA	0-100	S: 9-16,5	NA	2005	0	Red Calvet/pelágica	IF	31
-36	AN	0,1		NA	NA	NA	0-100	S: 9-16,5	NA	2005	0	Red Calvet/pelágica	IF	31
-37	AN	0,1		NA	NA	NA	0-100	S: 9-16,5	NA	2005	0	Red Calvet/pelágica	IF	31
-38	AN	0,1		NA	NA	NA	0-100	S: 9-16,5	NA	2005	0	Red Calvet/pelágica	IF	31
-39	AN	0,1		NA	NA	NA	0-100	S: 10,5-12	NA	2005	0	Red Calvet/pelágica	IF	31
-40	AN	0,1		NA	NA	NA	0-100	S: 10,5-12	NA	2005	0	Red Calvet/pelágica	IF	31
-41	AN	0,1		NA	NA	NA	0-100	S: 10,5-12	NA	2005	0	Red Calvet/pelágica	IF	31
-41	AN	0,1		NA	NA	NA	0-100	S: 10,5-12	NA	2005	0	Red Calvet/pelágica	IF	31
-21	РМ-В Сј		0				50-400	NA	NA	2001		Red arrastre de fondo	IF	32
-22	РМ-В Сј		0				50-400	NA	NA	2001		Red arrastre de fondo	IF	32

		р. ·		LC Mín.	LC Máx.	Talla	Prof. de	T (0 <i>i</i>		Densidad			
Latitud	Objetivo Estudio	Presenci	a/Ausencia	(mm)	(mm)	Media	muestreo	1 emperatura	Oxigeno	Año	N° ind. /Peso	Arte de Pesca	Fuente	Ref.
		Pelágico	Bentónico			(mm)	(m)	(°C)	(ml L ⁻¹)		de Captura			
-23	РМ-В Сј		0				50-400	NA	NA	2001		Red arrastre de fondo	IF	32
-24	РМ-В Сј		1	16	43		50-400	NA	NA	2001	1233 ton totales/region	Red arrastre de fondo	IF	32
-25	РМ-В Сј		1	16	43		50-400	NA	NA	2001	1233 ton totales/región	Red arrastre de fondo	IF	32
-26	РМ-В Сј		1	16	43		50-400	NA	NA	2001	1233 ton totales/región	Red arrastre de fondo	IF	32
-27	РМ-В Сј		1	16	43		50-400	NA	NA	2001	1233 ton totales/región	Red arrastre de fondo	IF	32
-28	РМ-В Сј		1	16	43		50-400	NA	NA	2001	1233 ton totales/región	Red arrastre de fondo	IF	32
-29	РМ-В Сј		1	14	31		50-400	NA	NA	2001	3892 ton totales región	Red arrastre de fondo	IF	32
-30	РМ-В Сј		1	14	31		50-400	NA	NA	2001	3892 ton totales región	Red arrastre de fondo	IF	32
-31	РМ-В Сј			14	31		50-400	NA	NA	2001	3892 ton totales región	Red arrastre de fondo	IF	32
-32	РМ-В Сј		1	23	33		50-400	NA	NA	2001	4896 ton totales región	Red arrastre de fondo	IF	32
-33	РМ-В Сј		1	23	33		50-400	NA	NA	2001	4896 ton totales región	Red arrastre de fondo	IF	32
-34	РМ-В Сј			16	42		50-400	NA	NA	2001	0,814 ton totales región	Red arrastre de fondo	IF	32

		р. ·		LC Mín.	LC Máx.	Talla	Prof. de	T (0 <i>i</i>		Densidad			
Latitud	Objetivo Estudio	Presenci	a/Ausencia	(mm)	(mm)	Media	muestreo	Temperatura	Oxigeno	Año	N° ind. /Peso	Arte de Pesca	Fuente	Ref.
		Pelágico	Bentónico			(mm)	(m)	(°C)	(ml L ⁻¹)		de Captura			
-35	РМ-В Сј			12	35		50-400	NA	NA	2001	0,814 ton totales región	Red arrastre de fondo	IF	32
-36	РМ-В Сј		1	16	44		50-400	NA	NA	2001	2984 ton totales región	Red arrastre de fondo	IF	32
-37	РМ-В Сј		1	16	44		50-400	NA	NA	2001	2984 ton totales región	Red arrastre de fondo	IF	32
-23	РМ-В Сј		0				50-450	NA	NA	2003		Red arrastre de fondo	IF	33
-24	РМ-В Сј		1	15	46	27,4	50-450	NA	NA	2003	37709 kg totales crucero	Red arrastre de fondo	IF	33
-25	РМ-В Сј		1	15	46	27,4	50-450	NA	NA	2003	37709 kg totales crucero	Red arrastre de fondo	IF	33
-26	РМ-В Сј		1	15	46	27,4	50-450	NA	NA	2003	37709 kg totales crucero	Red arrastre de fondo	IF	33
-27	РМ-В Сј		1	11	47	26	50-450	NA	NA	2003	37709 kg totales crucero	Red arrastre de fondo	IF	33
-28	РМ-В Сј		0				50-450	NA	NA	2003		Red arrastre de fondo	IF	33
-29	РМ-В Сј		1	13	40	27,4	50-450	NA	NA	2003	37709 kg totales crucero	Red arrastre de fondo	IF	33
-30	РМ-В Сј		1	13	40	27,4	50-450	NA	NA	2003	37709 kg totales crucero	Red arrastre de fondo	IF	33
-31	РМ-В Сј		1				50-450	NA	NA	2003		Red arrastre de fondo	IF	33

		D		LC Mín.	LC Máx.	Talla	Prof. de	Town on a tuna	Ovígono		Densidad			
Latitud	Objetivo Estudio	Presenci	a/Ausencia	(mm)	(mm)	Media	muestreo	Temperatura	Oxigeno	Año	N° ind. /Peso	Arte de Pesca	Fuente	Ref.
		Pelágico	Bentónico			(mm)	(m)	(°C)	(ml L ⁻¹)		de Captura			
-32	РМ-В Сј		0				50-450	NA	NA	2003		Red arrastre de fondo	IF	33
-33	РМ-В Сј		0				50-450	NA	NA	2003		Red arrastre de fondo	IF	33
-34	РМ-В Сј		0				50-450	NA	NA	2003		Red arrastre de fondo	IF	33
-35	РМ-В Сј		0				50-450	NA	NA	2003		Red arrastre de fondo	IF	33
-36	РМ-В Сј		1	10	43	25	50-450	NA	NA	2003	37709 kg totales crucero	Red arrastre de fondo	IF	33
-37	РМ-В Сј		1	10	43	25	50-450	NA	NA	2003	37709 kg totales crucero	Red arrastre de fondo	IF	33
-24	РМ-В Сј		0	10	43		80-580	NA	NA	2004	70150 kg	Red arrastre de fondo	IF	34
-25	РМ-В Сј		1	10	43		80-580	NA	NA	2004	70150 kg	Red arrastre de fondo	IF	34
-26	РМ-В Сј		1	10	43		80-580	NA	NA	2004	70150 kg	Red arrastre de fondo	IF	34
-27	РМ-В Сј		1	10	43		80-580	NA	NA	2004	70150 kg	Red arrastre de fondo	IF	34
-28	РМ-В Сј		1	10	43		80-580	NA	NA	2004	70150 kg	Red arrastre de fondo	IF	34
-29	РМ-В Сј			10	43		80-580	NA	NA	2004	70150 kg	Red arrastre de fondo	IF	34

		Processie / Augonaia		LC Mín.	LC Máx.	Talla	Prof. de	Tomporature	Ovígeno		Densidad			
Latitud	Objetivo Estudio	Presencia	a/Ausencia	(mm)	(mm)	Media	muestreo	1 emperatura	Oxigeno	Año	N° ind. /Peso	Arte de Pesca	Fuente	Ref.
		Pelágico	Bentónico			(mm)	(m)	(°C)	(ml L ⁻¹)		de Captura			
-30	РМ-В Сј		1	10	43		80-580	NA	NA	2004	70150 kg	Red arrastre de fondo	IF	34
-31	РМ-В Сј			10	43		80-580	NA	NA	2004	70150 kg	Red arrastre de fondo	IF	34
-32	РМ-В Сј			10	43		80-580	NA	NA	2004	70150 kg	Red arrastre de fondo	IF	34
-33	РМ-В Сј			10	43		80-580	NA	NA	2004	70150 kg	Red arrastre de fondo	IF	34
-34	РМ-В Сј		0	10	43		80-580	NA	NA	2004	70150 kg	Red arrastre de fondo	IF	34
-35	РМ-В Сј		0	10	43		80-580	NA	NA	2004	70150 kg	Red arrastre de fondo	IF	34
-36	РМ-В Сј		1	10	43		80-580	NA	NA	2004	70150 kg	Red arrastre de fondo	IF	34
-37	РМ-В Сј		1	10	43		80-580	NA	NA	2004	70150 kg	Red arrastre de fondo	IF	34
-7	PM-Bp	1								2004 y 2006			Р	35
-19	PM-Bp	1								2004 y 2006			Р	35
-24	PM-Bp		1							2004 y 2006			Р	35
-25	PM-Bp		1							2004 y 2006			Р	35
-26	PM-Bp		1							2004 y 2006			Р	35
-29	PM-Bp		1							2004 y 2006			Р	35
-34	PM-Bp		1							2004 y 2006			Р	35
-18	AN	1						>15,5	>1,6	2013	Presencia	Red arrastre media agua y Cerco de fondo	IF	36

		в : /A :		LC Mín.	LC Máx.	Talla	Prof. de	Tomporatura	Ovízono		Densidad			
Latitud	Objetivo Estudio	Presenci	a/Ausencia	(mm)	(mm)	Media	muestreo	1 emperatura	Oxigeno	Año	N° ind. /Peso	Arte de Pesca	Fuente	Ref.
		Pelágico	Bentónico			(mm)	(m)	(°C)	(ml L ⁻¹)		de Captura			
-19	AN	1						>15,5	>1,6	2013	Presence	Red arrastre media agua y Cerco de fondo	IF	36
-3	Merluza		0					S: 21-24 D: 15-16	F:0,5-1,34 mlL-1	2014		Red arrastre de fondo	II	37
-4	Merluza		0					S: 21-24 D: 15-16	F:0,5-1,34 mlL-2	2014		Red arrastre de fondo	II	37
-5	Merluza		0					S: 21-24 D: 15-16	F:0,5-1,34 mlL-3	2014		Red arrastre de fondo	II	37
-6	Merluza		0					S: 21-24 D: 15-16	F:0,5-1,34 mlL-4	2014		Red arrastre de fondo	II	37
-7	Merluza		0					S: 21-24 D: 15-16	F:0,5-1,34 mlL-5	2014		Red arrastre de fondo	II	37
-7	Merluza		0					S: 21-24 D: 15-16	F:0,5-1,34 mlL-6	2014		Red arrastre de fondo	II	37
-8	Merluza		1				100	S: 21-24 D: 15-16	F:0,5-1,34 mlL-7	2014	16,96 kg	Red arrastre de fondo	II	37
-10	Merluza		0					S: 21-24 D: 15-16	F:0,5-1,34 mlL-8	2014		Red arrastre de fondo	II	37
-11	Merluza		0					S: 21-24 D: 15-16	F:0,5-1,34 mlL-9	2014		Red arrastre de fondo	II	37
-12	Merluza		0					S: 21-24 D: 15-16	F:0,5-1,34 mlL-10	2014		Red arrastre de fondo	II	37
-13	Merluza		0					S: 21-24 D: 15-16	F:0,5-1,34 mlL-11	2014		Red arrastre de fondo	II	37

		D		LC Mín.	LC Máx.	Talla	Prof. de	Terretori	Ovígono		Densidad			
Latitud	Objetivo Estudio	Presencia	a/Ausencia	(mm)	(mm)	Media	muestreo	I emperatura	Oxigeno	Año	N° ind. /Peso	Arte de Pesca	Fuente	Ref.
		Pelágico	Bentónico			(mm)	(m)	(°C)	(ml L ⁻¹)		de Captura			
-14	Merluza		0					S: 21-24 D: 15-16	F:0,5-1,34 mlL-12	2014		Red arrastre de fondo	II	37
-3	CR-b		0					S: 21-24 D: 15-16	F:0,5-1,34 mlL-13	1970	0	Red de arrastre de fondo y rastra Agassiz	п	38
-4	CR-b		0					S: 21-24 D: 15-16	F:0,5-1,34 mlL-14	1970	0	Red de arrastre de fondo y rastra Agassiz	П	38
-5	CR-b		0					S: 21-24 D: 15-16	F:0,5-1,34 mlL-15	1970	0	Red de arrastre de fondo y rastra Agassiz	П	38
-8	PM-P	1						16-23 Mean 21		1996	captura total 11588 kg	Hidroacústica y red de media agua	п	39
-9	PM-P	1						16-23 Mean 21		1996	captura total 11588 kg	Hidroacústica y red de media agua	Π	39
-10	PM-P	1						16-23 Mean 21		1996	captura total 11588 kg	Hidroacústica y red de media agua	Π	39
-11	PM-P	1						16-23 Mean 21		1996	captura total 11588 kg	Hidroacústica y red de media agua	Π	39
-12	PM-P	1						16-23 Mean 21		1996	captura total 11588 kg	Hidroacústica y red de media agua	П	39

		D · / A ·		LC Mín.	LC Máx.	Talla	Prof. de	Town on a turn	Ovígono		Densidad			
Latitud	Objetivo Estudio	Presenci	a/Ausencia	(mm)	(mm)	Media	muestreo	Temperatura	Oxigeno	Año	N° ind. /Peso	Arte de Pesca	Fuente	Ref.
		Pelágico	Bentónico			(mm)	(m)	(°C)	(ml L ⁻¹)		de Captura			
-13	PM-P	1						16-23 Mean 21		1996	captura total 11588 kg	Hidroacústica y red de media agua	Π	39
-14	PM-P	1						16-23 Mean 21		1996	captura total 11588 kg	Hidroacústica y red de media agua	П	39
-15	PM-P	1						16-23 Mean 21		1996	captura total 11588 kg	Hidroacústica y red de media agua	Π	39
-16	PM-P	1						16-23 Mean 21		1996	captura total 11588 kg	Hidroacústica y red de media agua	Π	39
-17	PM-P	1						16-23 Mean 21		1996	captura total 11588 kg	Hidroacústica y red de media agua	П	39
-18	PM-P	1						16-23 Mean 21		1996	captura total 11588 kg	Hidroacústica y red de media agua	п	39
-3	B-P		0							1995		Arrastre Agassiz	II	40
-4	B-P		0							1995		Arrastre Agassiz	II	40
-5	B-P		0							1995		Arrastre Agassiz	II	40
-6	B-P		0							1995		Arrastre Agassiz	II	40
-7	B-P		0							1995		Arrastre Agassiz	II	40
-8	B-P		0							1995		Arrastre Agassiz	II	40

		D · / A · ·		LC Mín.	LC Máx.	Talla	Prof. de	T (0		Densidad			
Latitud	Objetivo Estudio	Presenci	a/Ausencia	(mm)	(mm)	Media	muestreo	Temperatura	Oxigeno	Año	N° ind. /Peso	Arte de Pesca	Fuente	Ref.
		Pelágico	Bentónico			(mm)	(m)	(°C)	(ml L ⁻¹)		de Captura			
-11	B-P	0,1								1995		Arrastre media agua	II	40
-12	B-P	1						16-23, pref 21		1995	0	Arrastre media agua	Π	40
-13	B-P	1						16-23, pref 21		1995	350 kg	Arrastre media agua	II	40
-14	B-P	1						16-23, pref 21		1995	351 kg	Arrastre media agua	II	40
-15	B-P	1						16-23, pref 21		1995	700 kg	Arrastre media agua	II	40
-16	B-P	1						16-23, pref 21		1995	Presence	Arrastre media agua	II	40
-17	B-P	1						16-23, pref 21		1995	37,9 kg	Arrastre media agua	II	40
-18	B-P	1						16-23, pref 21		1995	0,5 kg	Arrastre media agua	II	40
-4	Merluza	1								1996	11 kg totales	Arrastre a media agua + Acústico	Π	41
-5	Merluza	0,1								1996	11 kg totales	Arrastre a media agua + Acústico	П	41
-6	Merluza	0,1								1996	11 kg totales	Arrastre a media agua + Acústico	П	41
		р.,	Presencia/Ausencia	LC Mín.	LC Máx.	Talla	Prof. de	The second se	0 <i>(</i>		Densidad			
---------	---------------------	----------	--------------------	------------	------------	-------	----------	---	-----------------------	------	---------------	--	--------	------
Latitud	Objetivo Estudio	Presenci	a/Ausencia	(mm)	(mm)	Media	muestreo	Temperatura	Oxigeno	Año	N° ind. /Peso	Arte de Pesca	Fuente	Ref.
		Pelágico	Bentónico			(mm)	(m)	(°C)	(ml L ⁻¹)		de Captura			
-7	Merluza	1								1996	11 kg totales	Arrastre a media agua + Acústico	П	41
-8	Merluza	0,1								1996	11 kg totales	Arrastre a media agua + Acústico	Π	41
-9	Merluza	1								1996	11 kg totales	Arrastre a media agua + Acústico	п	41
-10	Merluza	1								1996	11 kg totales	Arrastre a media agua + Acústico	Π	41
-11	Merluza	1								1996	11 kg totales	Arrastre Agassiz	II	41
-12	Merluza	1								1996	0	Arrastre Agassiz	П	41
-3	Merluza		0							1996	0	Arrastre Agassiz	П	41
-4	Merluza		0							1996	0	Arrastre Agassiz	II	41
-5	Merluza		0							1996	0	Arrastre Agassiz	II	41
-6	Merluza		1							1996	500 g	Arrastre Agassiz	II	41
-7	Merluza		1							1996	500 g	Arrastre Agassiz	II	41
-3	Merluza		0							2000		Red arrastre de fondo	II	42
-4	Merluza		0							2000		Red arrastre de fondo	Π	42

		р. ·	Presencia/Ausencia	LC Mín.	LC Máx.	Talla	Prof. de	T (0 <i>i</i>		Densidad			
Latitud	Objetivo Estudio	Presenci	a/Ausencia	(mm)	(mm)	Media	muestreo	1 emperatura	Oxigeno	Año	N° ind. /Peso	Arte de Pesca	Fuente	Ref.
		Pelágico	Bentónico			(mm)	(m)	(°C)	(ml L ⁻¹)		de Captura			
-5	Merluza		0							2000		Red arrastre de fondo	II	42
-6	Merluza		0							2000		Red arrastre de fondo	Π	42
-7	Merluza		1							2000	2 kg	Red arrastre de fondo	Π	42
-8	Merluza		0							2000		Red arrastre de fondo	Π	42
-9	Merluza		0							2000		Red arrastre de fondo	Π	42
-3	Merluza		0							2003		Red arrastre de fondo	Π	43
-4	Merluza		0							2003		Red arrastre de fondo	II	43
-5	Merluza		0							2003		Red arrastre de fondo	II	43
-6	Merluza		0							2003		Red arrastre de fondo	II	43
-7	Merluza		1				100-200			2003	28,28 Kg	Red arrastre de fondo	Π	43
-8	Merluza		0							2003		Red arrastre de fondo	Π	43
-3	Merluza		0							2004		Red arrastre de fondo	Π	44

		ь .	Presencia/Ausencia	LC Mín.	LC Máx.	Talla	Prof. de	T (0.1		Densidad			
Latitud	Objetivo Estudio	Presenci	a/Ausencia	(mm)	(mm)	Media	muestreo	Temperatura	Oxigeno	Año	N° ind. /Peso	Arte de Pesca	Fuente	Ref.
		Pelágico	Bentónico			(mm)	(m)	(°C)	(ml L ⁻¹)		de Captura			
-4	Merluza		0							2004		Red arrastre de fondo	II	44
-5	Merluza		0							2004		Red arrastre de fondo	Π	44
-6	Merluza		0							2004		Red arrastre de fondo	Π	44
-7	Merluza		1						1-2 mlL ⁻¹	2004	127,54 Kg	Red arrastre de fondo	II	44
-12	AN	1								2004		Pelagic trawls and Acoustic records		45
-13	AN	1								2004		Pelagic trawls and Acoustic records		45
-4	AN	1		8	22,9					2008-2011	43 ind total, contenido estomacal anchoveta	Red de media agua	Т	46
-5	AN	1		8	22,9					2008-2011	43 ind total, contenido estomacal anchoveta		Т	46
-6	AN	1		8	22,9					2008-2011	43 ind total, contenido estomacal anchoveta		Т	46
-7	AN	1		8	22,9					2008-2011	43 ind total, contenido estomacal anchoveta		Т	46

		Presencia/Ausencia	LC Mín.	LC Máx.	Talla	Prof. de	T (0.1		Densidad				
Latitud	Objetivo Estudio	Presencia	a/Ausencia	(mm)	(mm)	Media	muestreo	1 emperatura	Oxigeno	Año	N° ind. /Peso	Arte de Pesca	Fuente	Ref.
		Pelágico	Bentónico			(mm)	(m)	(°C)	(ml L ⁻¹)		de Captura			
-8	AN	1		8	22,9					2008-2011	43 ind total, contenido estomacal anchoveta		Т	46
-9	AN	1		8	22,9					2008-2011	43 ind total, contenido estomacal anchoveta		Т	46
-10	AN	1		8	22,9					2008-2011	43 ind total, contenido estomacal anchoveta		Т	46
-11	AN	1		8	22,9					2008-2011	43 ind total, contenido estomacal anchoveta		Т	46
-12	AN	1		8	22,9					2008-2011	43 ind total, contenido estomacal anchoveta		Т	46
-12	AN	1		8	22,9					2008-2011	43 ind total, contenido estomacal anchoveta		Т	46
-7	Merluza		1			24,7		Cool coastalaters		2004		rastra Agassiz	II	47
0	N 1					24.7		Cool		2004		rastra	п	17
-8	Merluza		1			24,7		coastalaters		2004		Agassiz	11	47
-11	CR-b		0							1971		Red arrastre de fondo	II	48
-12	CR-b		0							1971		Red arrastre de fondo	II	48
-10	CR-b		0							1971		Red arrastre de fondo	II	48

		Presencia/Ausencia Pelágico Bentónico	LC Mín.	LC Máx.	Talla	Prof. de	T	0		Densidad				
Latitud	Objetivo Estudio	Presenci	a/Ausencia	(mm)	(mm)	Media	muestreo	I emperatura	Oxigeno	Año	N° ind. /Peso	Arte de Pesca	Fuente	Ref.
		Pelágico	Bentónico			(mm)	(m)	(°C)	(ml L ⁻¹)		de Captura			
-8	CR-b		0							1971		Red arrastre de fondo	Π	48
-6	CR-b		0							1971		Red arrastre de fondo	Π	48
-7	CR-b		0							1971		Red arrastre de fondo	II	48
-15	CR-b		0							1971		Red arrastre de fondo	Π	48
-9	CR-b		0							1971		Red arrastre de fondo	Π	48
-10	CR-b		0							1971		Red arrastre de fondo	Π	48
-12	CR-b		0							1972		rastra Agassiz	II	49
-14	CR-b		0							1972		rastra Agassiz	II	49
-16	CR-b		1				40			1972	pocos individuos	rastra Agassiz	Π	49
-17	CR-b		0							1972		rastra Agassiz	Π	49
-18	CR-b		0							1972		rastra Agassiz	II	49
-11	NB		1				3,5-22	14,8-15,4 cool coastalaters	19-6,1	2002	Presence	Diving	II	50
-12	PM-P	1		13	23			16		1996	1200 kg/h	arrastre media agua	Π	51
-8	PM-P	1								1998	911976 ton totales	Hidroacústica	II	52
-9	PM-P	1								1998	911976 ton totales	Hidroacústica	II	52

		D	Presencia/Ausencia Pelágico Bentónico	LC Mín.	LC Máx.	Talla	Prof. de	Tomore	0		Densidad			
Latitud	Objetivo Estudio	Presenci	a/Ausencia	(mm)	(mm)	Media	muestreo	1 emperatura	Oxigeno	Año	N° ind. /Peso	Arte de Pesca	Fuente	Ref.
		Pelágico	Bentónico			(mm)	(m)	(°C)	(ml L ⁻¹)		de Captura			
-10	PM-P	0,1								1998	911976 ton totales	Hidroacústica	Π	52
-11	PM-P	1								1998	911976 ton totales	Hidroacústica	II	52
-12	PM-P	1								1998	911976 ton totales	Hidroacústica	Π	52
-13	PM-P	1								1998	911976 ton totales	Hidroacústica	II	52
-14	PM-P	1								1998	911976 ton totales	Hidroacústica	II	52
-15	PM-P	1								1998	911976 ton totales	Hidroacústica	II	52
-16	PM-P	1								1998	911976 ton totales	Hidroacústica	Π	52
-17	PM-P	1								1998	911976 ton totales	Hidroacústica	II	52
-18	PM-P	1								1998	911976 ton totales	Hidroacústica	II	52
-4	PM-P	1								2001	2012784 ton totales	Red arrastre media agua	П	53
-5	PM-P	1								2001	2012784 ton totales	Red arrastre media agua	П	53
-6	PM-P	1								2001	2012784 ton totales	Red arrastre media agua	П	53
-7	PM-P	1								2001	2012784 ton totales	Red arrastre media agua	П	53
-8	PM-P	1								2001	2012784 ton totales	Red arrastre media agua	Π	53

		. .	Presencia/Ausencia	LC Mín.	LC Máx.	Talla	Prof. de	The state of the s	0.1		Densidad			
Latitud	Objetivo Estudio	Presenci	a/Ausencia	(mm)	(mm)	Media	muestreo	Temperatura	Oxigeno	Año	N° ind. /Peso	Arte de Pesca	Fuente	Ref.
		Pelágico	Bentónico			(mm)	(m)	(°C)	(ml L ⁻¹)		de Captura			
-9	PM-P	1								2001	2012784 ton totales	Red arrastre media agua	Π	53
-10	PM-P	1								2001	2012784 ton totales	Red arrastre media agua	П	53
-11	PM-P	1								2001	2012784 ton totales	Red arrastre media agua	Π	53
-12	PM-P	1								2001	2012784 ton totales	Red arrastre media agua	п	53
-13	PM-P	1								2001	2012784 ton totales	Red arrastre media agua	П	53
-14	PM-P	1								2001	2012784 ton totales	Red arrastre media agua	П	53
-15	PM-P	0,1								2001		Red arrastre media agua	П	53
-16	PM-P	0,1								2001		Red arrastre media agua	II	53
-17	PM-P	0,1								2001		Red arrastre media agua	П	53

		Presencia/Ausencia Pelágico Bentónico	LC Mín.	LC Máx.	Talla	Prof. de	Tomore	0-1-1-1-1		Densidad				
Latitud	Objetivo Estudio	Presenci	a/Ausencia	(mm)	(mm)	Media	muestreo	1 emperatura	Oxigeno	Año	N° ind. /Peso	Arte de Pesca	Fuente	Ref.
		Pelágico	Bentónico			(mm)	(m)	(°C)	(ml L ⁻¹)		de Captura			
-18	PM-P	1								2001	2012784 ton totales	Red arrastre media agua	П	53
-3	PM-P	0								2015	0	Hidroacústica	II	54
-4	PM-P	0								2015	0	Hidroacústica	II	54
-5	PM-P	0								2015	0	Hidroacústica	II	54
-6	PM-P	1								2015	1385	Hidroacústica	II	54
-7	PM-P	0								2015	0	Hidroacústica	II	54
-8	PM-P	1								2015	88089	Hidroacústica	II	54
-9	PM-P	1								2015	734199	Hidroacústica	II	54
-10	PM-P	1								2015	91262	Hidroacústica	II	54
-11	PM-P	1								2015	496871	Hidroacústica	II	54
-12	PM-P	1								2015	280954	Hidroacústica	II	54
-13	PM-P	1								2015	342498	Hidroacústica	II	54
-14	PM-P	1								2015	117701	Hidroacústica	II	54
-15	PM-P	1								2015	542392	Hidroacústica	II	54
-16	PM-P	0								2015	0	Hidroacústica	II	54
-30	PM-B		1							1999			IF	55
-29	PM-B		1							1999			IF	55
-28	PM-B		1							1999			IF	55
-27	PM-B		1							1999			IF	55

	Objetivo Estudio		LC Mín.	LC Máx.	Talla	Prof. de				Densidad				
Latitud	Objetivo Estudio	Presenci	a/Ausencia	(mm)	(mm)	Media	muestreo	Temperatura	Oxígeno	Año	N° ind. /Peso	Arte de Pesca	Fuente	Ref.
		Pelágico Bentónico 1 1	Bentónico			(mm)	(m)	(°C)	(ml L ⁻¹)		de Captura			
-26	PM-B		1							1999			IF	55
-25	PM-B		1							1999			IF	55
-24	PM-B		1							1999			IF	55
-23	PM-B		1							1999			IF	55
-22	PM-B		0							1999			IF	55
-21	PM-B		0							1999			IF	55
-20	PM-B		0							1999			IF	55
-19	PM-B		0							1999			IF	55
-18	PM-B		0							1999			IF	55
-18	PM-P	1								1999			IF	55

Listado de referencias incluidas en última columna del Anexo 2.

- 1. Franco-Meléndez MT (2003) Aspectos biológicos-pesqueros del camaroncito rojo *Pleuroncodes monodon* (M. Edwards, 1837) en el litoral peruano. Universidad Nacional del Callao.
- Kiko R, Hauss H, Dengler M. *et al.* (2015) The squat lobster *Pleuroncodes monodon* tolerates anoxic "dead zone" conditions off Peru. Mar. Biol. 162:1913–1921. doi: 10,1007/s00227-015-2709-6.
- 3. Castillo J, Saavedra Á, Hernández C, *et al.* (2009) Evaluación hidroacústica del reclutamiento de anchoveta entre la XV y IV regiones, año 2009. IFOP, FIP 2008-02, 705 pp.
- 4. IMARPE (2007) Crucero de investigación de merluza y otros recursos demersales en el verano del 2004. Informe Ejecutivo.
- IMARPE (2006) Crucero de Investigación de merluza y otros demersales en el verano del 2006. Crucero BIC José Olaya Balandra 0601-02 21 de enero al 14 de febrero de 2006. Informe Ejecutivo 44.
- 6. IMARPE (2008) Crucero de evaluación de merluza y otros demersales en el otoño del 2008. Cr0805-06 BIC José Olaya Balandra. Informe Ejecutivo 56.
- 7. Gutiérrez M. Peraltilla S (2008) Evaluación acústica de la distribución y abundancia de especies pelágicas y mesopelágicas en invierno 2004. Inf. Inst. del Mar, Perú 35: 129–140.
- 8. Gutiérrez M. Ramírez A, Bertrand S, *et al.* (2008) Ecological niches and areas of overlap of the squat lobster 'munida' (*Pleuroncodes monodon*) and anchoveta (*Engraulis ringens*) off Peru, Prog. Oceanogr. 79: 256–263. doi: 10,1016/j.pocean.2008.10.019.
- Haig J (1968) A Report On Anomuran and Brachyuran Crabs Collected in Peru During Cruise 12 of R/V Anton Bruun 1). Crustaceana 15: 19–30. doi: 10.1163/156854068X00728.
- 10. Aguilar Luna S (2011) Aspectos biológicos de tres invertebrados marinos de valor comercial. Crucero BIC Olaya 0305-06. Inst. del Mar del Perú 225–228.
- 11. Ahumada M. Queirolo D, Acuña E, Gaete E (2013) Caracterización de agregaciones de langostino colorado (*Pleuroncodes monodon*) y langostino amarillo (*Cervimunida johni*) mediante un sistema de filmación. Lat. Am. J. Aquat. Res. 41: 199–208.

- 12. Arana P, Pizarro MF (1970) Análisis de los parámetros biométricos de los langostinos amarillo (*Cervimunida johni*) y zanahoria (*Pleuroncodes monodon*) de la costa de Valparaíso. Invest. Mar 1: 285–316.
- 13. Bahamonde N, Henríquez G, Zuleta A (1986) Population dynamics and fisheries of squat lobsters, family Galatheidae, in Chile. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 92: 254–268.
- Bertrand A, Gerlotto F, Bertrand S, et al. (2008) Schooling behaviour and environmental forcing in relation to anchoveta distribution: An analysis across multiple spatial scales, Prog. Oceanogr. 79: 264–277. doi: 10.1016/j.pocean.2008.10.018
- Espinoza-Fuenzalida NL, Acuña E, Hinojosa IA, Thiel M (2012) Reproductive Biology of Two Species of Squat Lobsters — Female Receptivity and Interbrood Intervals. J. Crustac. Biol. 32: 565–574. doi: 10.1163/193724012X626601
- 16. Gallardo VA, Cañete J, Roa R, *et al.* (1994) Recruitment of the squat lobster *Pleuroncodes monodon* on the continental shelf off Central Chile. J. Crustac. Biol. 14: 665–669,
- 17. Gallardo VA, Palma M. Carrasco FD, *et al.* (2004) Macrobenthic zonation caused by the oxygen minimum zone on the shelf and slope off central Chile, Deep Sea Res Part II Top Stud Oceanogr 51: 2475–2490, doi: 10,1016/j,dsr2,2004,07,028
- Acuña E, Conan G, Cid L, *et al.*, (2004) evaluación directa de langostino colorado entre la III y IV Regiones, año 2003, Informes Técnicos FIP, FIP/IT N° 2003-03, 141 pp.
- 19. IMARPE (2009) Crucero de investigación de merluza y otros recursos demersales en el verano del 2004.Informe Ejecutivo.
- 20. IMARPE (2004) Cruceros de evaluación e la merluza y otros recursos demersales, Inst, del Mar del Perú 32: 6.
- 21. Franco-Meléndez MT (2012) Breeding behavior and sex ratio variation of *Pleuroncodes mondon* (Crustacea: Galatheidea) off the Peruvian coast, Ciencias Mar, 38: 441–457,
- 22. Queirolo D, Erzini K, Hurtado CF, *et al.* (2011), Species composition and bycatches of a new crustacean trawl in Chile. Fish. Res. 110: 149–159, doi: 10.1016/j.fishres.2011.04.001
- Roa R, Bahamonde R (1993) Growth and expansion of an exploited population of the squat lobster (*Pleuroncodes monodon*) after 3 years without harvesting. Fish. Res. 18: 305–319. doi: 10.1016/0165-7836(93)90159-5
- 24. Roa R, Tapia F (1998) Spatial differences in growth and sexual maturity between branches of a large population of the squat lobster *Pleuroncodes mondon*. Mar. Ecol. Prog. Ser. 167: 185–196.

- Gutiérrez J, Zúñiga O (1977) *Pleuroncodes monodon* H, Milne Edwards, en la Bahía de Mejillones del sur, Chile (Crustacea, Decapoda, Anomura). Rev. Biol. Mar. Valparaíso 16: 161–169.
- 26. Roa R (1993) Annual growth and maturity function of the squat lobster *Pleuroncodes monodon* in central Chile. Mar. Ecol. Prog. Ser. 97: 157–166. doi: 10.3354/meps097157
- Roa R, Gallardo V, Ernst B, et al (1995) Nursery ground, age structure and abundance of juvenile squat lobster *Pleuroncodes monodon* on the continental shelf off central Chile. Mar. Ecol. Prog. Ser. 116: 47–54.
- 28. Bohm MG, Hernández C, Ossa L, *et al.* (2011) Caracterización y cuantificación de la fauna acompañante en las capturas de cerco, Región de Arica y Parinacota, Tarapacá y Antofagasta, 2009. IFOP Inf. Final Consolidado. Pesca Investigación 73.
- Castillo J, Barbieri MA, Espejo M. Catasti V (2000) Evaluación acústica del reclutamiento de anchoveta y sardina común en la zona centro-sur. Informes Técnicos FIP, FIP/IT N° 99-13, 230 pp.
- Braun M. Reyes H, Letelier J, *et al.* (2008) Monitoreo de las condiciones biooceanográficas entre la I y IV Regiones, año 2007. Informes Técnicos FIP. FIP/IT N° 2007-11, 408 pp.
- Oyarzún G, C, Gacitúa B, S, Araya C, M. et al (2006) Evaluación del stock desovante de anchoveta y sardina común entre la V y X regiones, año 2005. Informes Técnicos FIP. FIP/IT N° 2005-02, 146 pp.
- Bahamonde R, Canales C, Barbieri MA, *et al.* (2002) Evaluación directa de langostino colorado y langostino amarillo entre la II y VIII regiones, año 2001. Informes Técnicos FIP. FIP/IT N° 2001-06,
- Bahamonde R, Leiva B, Canales C, et al (2004) Evaluación directa de langostino colorado y langostino amarillo entre la II y VIII Regiones, año 2003. Informes Técnicos FIP. FIP/IT Nº 2003-31, 325 pp.
- Acuña E, Alarcón R, Arancibia H, *et al.* (2005) Evaluación directa de langostino colorado y langostino amarillo entre la II y VIII regiones, año 2004. Informes Técnicos FIP. FIP/IT N° 2004-11, 409 pp.
- 35, Haye PA, Salinas P, Acuña E, Poulin E (2010) Heterochronic phenotypic plasticity with lack of genetic differentiation in the southeastern Pacific squat lobster *Pleuroncodes monodon*. Evol. Dev. 12: 628–634. doi: 10.1111/j.1525-142X.2010.00447.x
- Córdova J, Vargas R, Castati V, et al (2014) Evaluación del stock desovante de anchoveta en la XV, I y II Regiones, año 2012. Informes Técnicos FIP. FIP/IT N° 2013-03, 475 pp.

- 37. IMARPE (2014) Crucero de investigación de la merluza y otros demersales en el otoño de 2014. Cr. 1405-06 BIC Humboldt. Inf. IMARPE, 83 pp.
- del Solar E, Alamo V (1970) Exploración sobre la distribución de langostinos y otros crustáceos en la Zona Norte, Crucero SNP-1 7009 (Primera Parte), Serie de Informes especiales Nº IM-70. Callao.
- 39. Segura M. Castillo R (1996) Distribución y Concentración de la "Munida" (*Pleuroncodes monodon*) en el verano de 1996. Inf. Inst. Mar Perú 79–85.
- 40. Elliot, Paredes F (1996) Estructura especiológica del subsistema costero E/P San Jacinto I9512-9601. Inf. Inst. del Mar del Perú 121: 14–26.
- 41. Elliott, Paredes F (1997) Características de la estructura especiológica del subsistema demersal durante el invierno de 1996. Inf. Inst. del Mar, Perú 124: 57–70.
- Elliot, Samame M (2001) Crucero de evaluación de la merluza y otros recursos demersales BIC José Olaya Balandra 0004-05, de Huarmey (10°S) a Puerto Pizarro (3°29`S). Inf. Inst. Mar Perú 160: 79–97.
- 43. Elliott, Caccha L, Benites C (2011) Estructura del subsistema demersal en otoño 2003, Crucero BIC Olaya 0305-06. Inf. Inst. Mar Perú 38: 197–202.
- 44. Elliot, Caccha L, Benites C (2011) Estructura del subsistema demersal durante el verano 2004, Crucero BIC Olaya 0401-02. Inf. Inst. Mar Perú 38: 321–334.
- Ballón M. Bertrand A, Lebourges-Dhaussy A, *et al.* (2011) Is there enough zooplankton to feed forage fish populations off Peru? An acoustic (positive) answer. Prog. Oceanogr. 91: 360–381. doi: 10.1016/j.pocean.2011.03.001
- 46. Espinoza P (2014) Trophic dynamics in the northern Humboldt Current system: insights from stable isotopes and stomach content analyses. Université de Bretagne Occidentale.
- 47. Aguilar Luna S, Rodríguez JR (2011) Invertebrados marinos acompañantes de la merluza peruana en verano 2004: Crucero BIC Olaya 0401-02. Inf. Inst. Mar Perú 38:343–345.
- del Solar E, Mistakidis M (1971) Informe crucero SNP-1 7105 Exploración de crustáceos. Inf. Inst. Mar Perú Serie de I:14.
- del Solar E, Flores L (1972) Exploración de crustáceos (Zona sur) Crucero SNP-1 7201. Ser. Inf. Espec. N° IM-107, IMARPE, Perú.
- 50. Elliott, Ramírez A, Gonzáles R (2012) Bancos naturales entre Punta Herradura y Playa Chica, Huancho, Junio 2002. Inf. Inst. Mar Perú 39: 102–109.

- 51.Paredes F, Elliott (1997) Estudio biológico pesquero del "camaroncito rojo" o "Munida" *Pleuroncodes monodon* frente a Pucusuna, Lima. Informe progresivo. Inst. del Mar del Perú 57: 21–26.
- 52. Gutiérrez M. Castillo R, Peraltilla S (1999) Biomasa de recursos pesqueros a finales de la primavera 1998, Crucero BIC José Olaya Balandra 8011-12. Inf. Inst. del Mar, Perú 146:11–18.
- 53. Castillo R (2004) Estimación de la biomasa de merluza peruana en el verano 2001, por el método de área barrida. Inf. Inst. del Mar, Perú 32:213–217.
- 54. IMARPE (2015) Crucero 1502-04 de Evaluación hidroacústica de los recursos pelágicos. Informe Ejecutivo 42.
- 55. Barbieri MA, Canales C, Leiva B, *et al.* (2001) Evaluación Directa de langostino colorado de la I a IV Regiones, 1999. Informes Técnicos FIP. FIP/IT N° 99-30, 170 pp.

Anexo 3. Distribución espacial de la proporción de juveniles de langostino amarillo, langostino colorado y camarón nailon por lance de pesca y Unidad de Pesquería entre 2004 y 2017.



Fig. 1 Distribución espacial de la proporción de juveniles de langostino amarillo por lance de pesca en la evaluación directa del año 2004. Izquierda = UPN; Derecha = UPS. Las cruces representan proporción igual a cero.



Fig. 2 Distribución espacial de la proporción de juveniles de langostino amarillo por lance de pesca en la evaluación directa del año 2005. Izquierda = UPN; Derecha = UPS. Las cruces representan proporción igual a cero.



Fig. 3 Distribución espacial de la proporción de juveniles de langostino amarillo por lance de pesca en la evaluación directa del año 2006. Izquierda = UPN; Derecha = UPS. Las cruces representan proporción igual a cero.



Fig. 4 Distribución espacial de la proporción de juveniles de langostino amarillo por lance de pesca en la evaluación directa del año 2007. Izquierda = UPN; Derecha = UPS. Las cruces representan proporción igual a cero.



Fig. 5 Distribución espacial de la proporción de juveniles de langostino amarillo por lance de pesca en la evaluación directa del año 2008. Izquierda = UPN; Derecha = UPS. Las cruces representan proporción igual a cero.



Fig. 6 Distribución espacial de la proporción de juveniles de langostino amarillo por lance de pesca en la evaluación directa del año 2009. Izquierda = UPN; Derecha = UPS. Las cruces representan proporción igual a cero.



Fig. 7 Distribución espacial de la proporción de juveniles de langostino amarillo por lance de pesca en la evaluación directa del año 2011. Izquierda = UPN; Derecha = UPS. Las cruces representan proporción igual a cero.



Fig. 8 Distribución espacial de la proporción de juveniles de langostino amarillo por lance de pesca en la evaluación directa del año 2012. Izquierda = UPN; Derecha = UPS. Las cruces representan proporción igual a cero.



Fig. 9 Distribución espacial de la proporción de juveniles de langostino amarillo por lance de pesca en la evaluación directa del año 2013. Izquierda = UPN; Derecha = UPS. Las cruces representan proporción igual a cero.



Fig. 10 Distribución espacial de la proporción de juveniles de langostino amarillo por lance de pesca en la evaluación directa del año 2014. Izquierda = UPN; Derecha = UPS. Las cruces representan proporción igual a cero.



Fig. 11 Distribución espacial de la proporción de juveniles de langostino amarillo por lance de pesca en la evaluación directa del año 2015. Izquierda = UPN; Derecha = UPS. Las cruces representan proporción igual a cero.



Fig. 12 Distribución espacial de la proporción de juveniles de langostino amarillo por lance de pesca en la evaluación directa del año 2016. Izquierda = UPN; Derecha = UPS. Las cruces representan proporción igual a cero.



Fig. 13 Distribución espacial de la proporción de juveniles de langostino amarillo por lance de pesca en la evaluación directa del año 2017. Izquierda = UPN; Derecha = UPS. Las cruces representan proporción igual a cero.



Fig. 14 Distribución espacial de la proporción de juveniles de langostino colorado por lance de pesca en la evaluación directa del año 2004. Izquierda = UPN; Derecha = UPS. Las cruces representan proporción igual a cero.



Fig. 15 Distribución espacial de la proporción de juveniles de langostino colorado por lance de pesca en la evaluación directa del año 2005.Izquierda = UPN; Derecha = UPS. Las cruces representan proporción igual a cero.



Fig. 16. Distribución espacial de la proporción de juveniles de langostino colorado por lance de pesca en la evaluación directa del año 2006. Izquierda = UPN; Derecha = UPS. Las cruces representan proporción igual a cero.



Fig. 17. Distribución espacial de la proporción de juveniles de langostino colorado por lance de pesca en la evaluación directa del año 2007. Izquierda = UPN; Derecha = UPS. Las cruces representan proporción igual a cero.



Fig. 18. Distribución espacial de la proporción de juveniles de langostino colorado por lance de pesca en la evaluación directa del año 2008. Izquierda = UPN; Derecha = UPS. Las cruces representan proporción igual a cero.



Fig. 19 Distribución espacial de la proporción de juveniles de langostino colorado por lance de pesca en la evaluación directa del año 2009. Izquierda = UPN; Derecha = UPS. Las cruces representan proporción igual a cero.



Fig. 20 Distribución espacial de la proporción de juveniles de langostino colorado por lance de pesca en la evaluación directa del año 2011. Izquierda = UPN; Derecha = UPS. Las cruces representan proporción igual a cero.



Fig. 21 Distribución espacial de la proporción de juveniles de langostino colorado por lance de pesca en la evaluación directa del año 2012. Izquierda = UPN; Derecha = UPS. Las cruces representan proporción igual a cero.


Fig. 22 Distribución espacial de la proporción de juveniles de langostino colorado por lance de pesca en la evaluación directa del año 2013. Izquierda = UPN; Derecha = UPS. Las cruces representan proporción igual a cero.



Fig. 23 Distribución espacial de la proporción de juveniles de langostino colorado por lance de pesca en la evaluación directa del año 2014. Izquierda = UPN; Derecha = UPS. Las cruces representan proporción igual a cero.



Fig. 24 Distribución espacial de la proporción de juveniles de langostino colorado por lance de pesca en la evaluación directa del año 2015. Izquierda = UPN; Derecha = UPS. Las cruces representan proporción igual a cero.



Fig. 25 Distribución espacial de la proporción de juveniles de langostino colorado por lance de pesca en la evaluación directa del año 2016. Izquierda = UPN; Derecha = UPS. Las cruces representan proporción igual a cero.



Fig. 26 Distribución espacial de la proporción de juveniles de langostino colorado por lance de pesca en la evaluación directa del año 2017. Izquierda = UPN; Derecha = UPS. Las cruces representan proporción igual a cero.



Fig. 27 Distribución espacial de la proporción de juveniles de camarón nailon por lance de pesca en la evaluación directa del año 2004. Izquierda = UPN; Derecha = UPS. Las cruces representan proporción igual a cero.



Fig. 28 Distribución espacial de la proporción de juveniles de camarón nailon por lance de pesca en la evaluación directa del año 2005. Izquierda = UPN; Derecha = UPS. Las cruces representan proporción igual a cero.



Fig. 29. Distribución espacial de la proporción de juveniles de camarón nailon por lance de pesca en la evaluación directa del año 2006. Izquierda = UPN; Derecha = UPS. Las cruces representan proporción igual a cero.



Fig. 30 Distribución espacial de la proporción de juveniles de camarón nailon por lance de pesca en la evaluación directa del año 2008. Izquierda = UPN; Derecha = UPS. Las cruces representan proporción igual a cero.



Fig. 31. Distribución espacial de la proporción de juveniles de camarón nailon por lance de pesca en la evaluación directa del año 2009. Izquierda = UPN; Derecha = UPS. Las cruces representan proporción igual a cero.



Fig. 32. Distribución espacial de la proporción de juveniles de camarón nailon por lance de pesca en la evaluación directa del año 2011. Izquierda = UPN; Derecha = UPS. Las cruces representan proporción igual a cero.



Fig. 33 Distribución espacial de la proporción de juveniles de camarón nailon por lance de pesca en la evaluación directa del año 2012, Izquierda = UPN; Derecha = UPS, Las cruces representan proporción igual a cero,



Fig. 34. Distribución espacial de la proporción de juveniles de camarón nailon por lance de pesca en la evaluación directa del año 2013. Izquierda = UPN; Derecha = UPS. Las cruces representan proporción igual a cero.



Fig. 35. Distribución espacial de la proporción de juveniles de camarón nailon por lance de pesca en la evaluación directa del año 2014. Izquierda = UPN; Derecha = UPS. Las cruces representan proporción igual a cero.



Fig. 36. Distribución espacial de la proporción de juveniles de camarón nailon por lance de pesca en la evaluación directa del año 2015. Izquierda = UPN; Derecha = UPS. Las cruces representan proporción igual a cero.



Fig. 37. Distribución espacial de la proporción de juveniles de camarón nailon por lance de pesca en la evaluación directa del año 2016. Izquierda = UPN; Derecha = UPS. Las cruces representan proporción igual a cero.



Fig. 38. Distribución espacial de la proporción de juveniles de camarón nailon por lance de pesca en la evaluación directa del año 2017. Izquierda = UPN; Derecha = UPS. Las cruces representan proporción igual a cero.

