



BOLETÍN DE DIFUSIÓN

Programa de Seguimiento Pesquerías Bajo Régimen de Áreas de Manejo, 2023

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT / Diciembre 2024



Instituto de Fomento Pesquero



REQUIRENTE
SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y
EMPRESAS DE MENOR TAMAÑO

Subsecretaria de Economía y
Empresas de Menor Tamaño
Javiera Constanza Petersen Muga

EJECUTOR
INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP

Director Ejecutivo
Gonzalo Pereira Puchy

Jefe División Investigación Pesquera
Carlos Montenegro Silva

JEFE DE PROYECTO
Luis Aríz Abarca

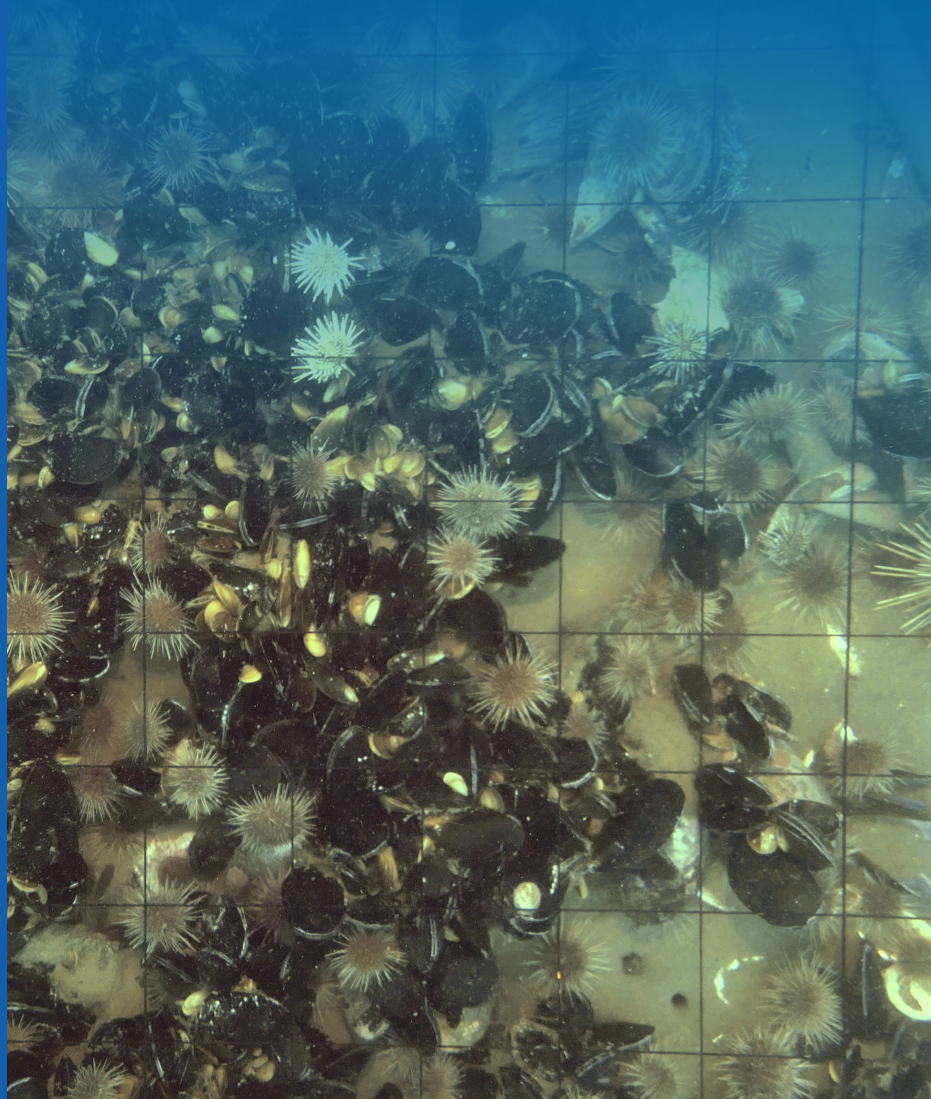
AUTORES
Bryan Bularz Aguirre
Gabriela Arenas Proaño
Pedro Romero Maltrana
Eliana Velasco Vinasco
Álvaro Wilson Montecino
Catherine González Gálvez
Daniel Moreno Yáñez
Graciela Manquehual Providel
Luis Aríz Abarca
Alex González Villarroel
Arturo Lebtun Ulloa

Diseño Gráfico:
División de Investigación Pesquera
Carolina Irrázabal Robles

Imágenes:
Archivo fotográfico IFOP

Índice

Contexto	1
Objetivo específico 1	2
Objetivo específico 2	7
Objetivo específico 3	12



CONTEXTO

El régimen de Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB), es parte fundamental de la administración en pesquerías bentónicas chilenas, mediante el cual se otorgan derechos exclusivos de uso y explotación de recursos bentónicos (invertebrados y algas) a Organizaciones de Pescadores Artesanales (OPA) legalmente constituidas, quienes deben reportar el desempeño de sus áreas a la SSPA, a través de monitoreos periódicos realizados por Organismos Técnicos (OTE). La autoridad pesquera requiere monitorear el desempeño del régimen AMERB, en vista a eventuales cambios administrativos para su perfeccionamiento. Por su parte, el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), en cumplimiento de su misión de “Asesorar la toma de decisiones de la institucionalidad de pesca y acuicultura nacional, mediante la elaboración de antecedentes científicos y técnicos de valor público para la administración y sustentabilidad de los recursos de la pesca, de la acuicultura y de sus ecosistemas”, en materias de la Áreas de Manejo está desarrollando el programa de Seguimiento AMERB.

En el presente documento se presentan los principales resultados del proyecto “Programa de Seguimiento Pesquerías Bajo Régimen de Áreas de Manejo, 2023”, desarrollado entre marzo de 2023 y junio de 2024, que tuvo por objetivo general “Evaluar el desempeño del Régimen de Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB) para asesorar a la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura en la toma de decisiones e implementación de políticas sectoriales”.



OBJETIVO ESPECÍFICO 1:

Analizar la evolución del desempeño individual de los planes de manejo y explotación (PMEA) del régimen AMERB en los ámbitos administrativo, bio-pesquero, y socio-económico.

Resumen

La evaluación de desempeño corresponde a una metodología utilizada para evaluar la gestión basado en la evidencia. En trabajos previos de nuestro equipo de trabajo y en conjunto con personal de la subsecretaría de pesca, se definieron 3 ámbitos para evaluar el desempeño, además, se definieron en total 11 indicadores que informan respecto al logro de los distintos objetivos específicos planteados para cada ámbito, con sus respectivos puntos de referencia (**Tabla 1**). En el marco del objetivo específico 1, "Analizar la evolución del desempeño individual de los planes de manejo y explotación (PMEA) del régimen AMERB en los ámbitos administrativo, bio-pesquero, y socio-económico", se actualizó la evaluación de desempeño permitiendo evaluar cada área de manejo de forma individual y agregada durante el periodo 1998 a 2023. Se trabajó también en identificar decisiones que toma la SUBPESCA en relación a la evaluación de estudios AMERB a fin de poder definir instancias que permitan vincular la evaluación de desempeño con la toma de decisiones. Finalmente, se realizaron análisis complementarios buscando identificar elementos que puedan explicar el desempeño individual de las AMERB. Los principales resultados se presentan a continuación.

Resultados

En términos generales, el régimen ha cumplido en un nivel "aceptable" los objetivos institucionales para los ámbitos de biológico pesquero, económico y administrativo; no obstante, a partir del 2005, el desempeño biológico presenta una tendencia a disminuir, habiendo un riesgo de pasar a un desempeño bajo lo aceptable si esta tendencia se mantiene (**Figura 1**).

En el caso particular del desempeño por recurso, se observa que, en el caso del loco, lapa, huiros y erizo, el régimen ha permitido conservar e incrementar las densidades iniciales dentro de las áreas, cumpliendo con el objetivo del régimen; no obstante, a partir del 2015 se observa un decrecimiento en las condiciones de las áreas, alcanzando niveles "bajo lo aceptable" para los recursos evaluados, situación que afecta el desempeño biológico productivo general de las AMERB (**Figura 2**).

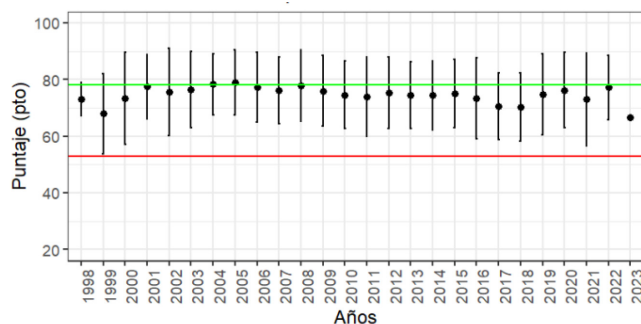


Figura 1. Evaluación de desempeño régimen AMERB. Línea roja y verde representan los límites de un desempeño bajo lo aceptable y deseable, respectivamente.

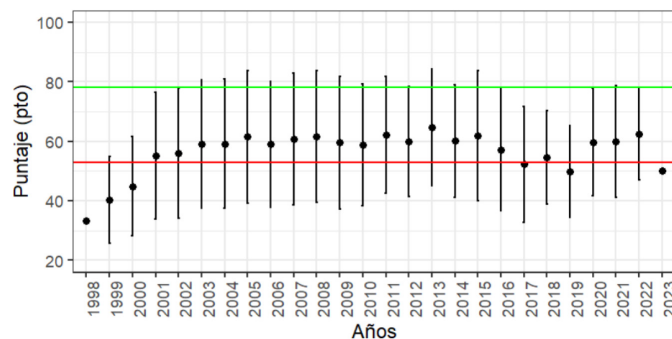


Figura 2. Desempeño biológico del régimen AMERB. Línea roja y verde representan los límites de un desempeño bajo lo aceptable y deseable, respectivamente.

Tabla 1. Detalle de los indicadores, y ámbito que representan en la evaluación de desempeño.

Ámbito	Objetivo	Factor de éxito	Indicador	P. Referencia
Biológico-Pesquero	Alcanzar niveles de extracción que permitan mantener o incrementar la biomasa de los recursos hidrobiológicos presentes, resguardando su condición biológica y del ecosistema	A partir del cuarto seguimiento del primer estudio Mantener o presentar una tendencia histórica de densidad (THD) al alza de las especies principales	$THD_{bo} = \frac{1}{T} \ln \left(\frac{D_t}{D_0} \right)$ D: Densidad periodo t D ₀ : Densidad periodo tiempo base T: Periodos tiempo acumulado	THD >= 0 -0,1 <= THD < 0 THD < -0,1
		Densidad poblacional sea mayor o igual a la densidad promedio histórica de los recursos principales de las AM	$RD = \frac{D_t}{D_T}$ D _t : Densidad periodo t D _T : Dens. prom. De T periodos anteriores	RD >= 1 0,5 <= RD < 1 RD < 0,5
		Se consuma al menos 80% de la cuota para cada una de las principales	$ICA = ICE + IAE$ ICA: índice de condición del área $ICE = IC_t / IC_{t-1}$; si >=0 entonces 1, si no, -1 $IAE = D_t / D_{t-1}$; si >=0 entonces 1, si no, -1 IC: índice de condición IA: índice de abundancia D _t : Densidad promedio de periodo t D _{t-1} : Densidad promedio periodo t-1 IC _t : Índice de condición	ICA > 0 -0,5 < ICA < -0,5 ICA > 0 -0,5 < ICA < -0,5 ICA > 0 -0,5 < ICA < -0,5
Socio-Económico	La AMERB genere rentabilidades a sus usuarios a través del uso sustentable de los recursos	Que los ingresos anuales sean 5 veces superiores a los costos.	$BC = \frac{IT}{CT}$ IT: Ingreso Total CT: Costo Total	BC >= 5 1 <= BC < 5 BC < 1
		Lograr que contribución económica del régimen sea igual a superior al 15% a la mediana ingreso nacional (406.000 mensual).	$UBS = \frac{(IT - CT)}{NS}$ UBS: Utilidad Bruta por socio NS: Cantidad de socios	730.000 >= UBS 0 <= UBS < 730.000 0 < UBS
		Obtener mejor precio playa para cada recurso, respecto de otras AMERB.	$TCP = \left(\frac{pps}{pprs} \right)$ pps: Precio playa por especie (s) pprs: Precio playa por región (r) y especie (s)	10% <= TCP -10% <= TC < 10% TCP < -10%
Administrativo	Contar con la información solicitada de forma oportuna y adecuada para la toma de decisiones sobre el PME	Que el informe llegue dentro del plazo establecido, con tolerancia de 3 meses.	$T = FE - FR$ FE: Fecha entrega informe por OTE FR: Fecha entrega por resolución	T ≤ 3 3 < T ≤ 12 T > 12
		Información cumple con el estándar de calidad esperado	$GIE = (1 - Q) \sum (PCq)$ GIE: Gestión Integral Evaluación Q= Área de calidad evaluada PC= puntaje calidad normalizado (0-100) para la q-ésima área	ICA > 80% 60% ≤ ICA ≤ 80% 60% < ICA
		Que el informe no sea devuelto a la OTE	$D = \sum d$ d: Devoluciones	D = 0 D = 1 D ≥ 2

En relación a la vinculación de la evaluación del desempeño con la toma de decisiones por parte de la Unidad de Recursos Bentónicos de la subsecretaría de pesca y acuicultura, se destaca la identificación de puntos en los cuales se toma decisión, se catastra las decisiones que se toman en estos puntos y los criterios

que las fundamentan (**Tabla 2**). En esta revisión, se identifica que la toma de decisión en torno a la evaluación de los estudios se centra en el ámbito administrativo (entregan a tiempo o no los estudios) y biológico de los estudios, sin considerar el ámbito socio-económico.

Tabla 2. Detalle del tipo decisiones identificadas, opciones y justificación durante el proceso de evaluación de estudio AMERB.

Decisión	Opciones de decisiones	Justificación de la decisión
Aprobación o rechazo de estudio	Aprobación o Rechazo.	
Autorización de extracción de recursos	Se autoriza o rechaza la extracción de un recurso en particular.	
Asignación de cuota por recurso (en individuos y kg)	1. Aprobación de cuota solicitada OTE-OPA 2. Reducción de la cuota solicitada OTE-OPA 3. Rechazo de cuota, y prohibición de extracción	Aprobación, en caso de que es consistente y no se detectan errores en las estimaciones que llevan a proponer cuota solicitadas. Reducción, por re-cálculo debido a error de OTE y estimación menor a la propuesta por el consultor. Reducción, por cambio en tasa de explotación propuesta (ej. De un 42% a un 30%) Reducción, por notoria caída en densidad o abundancia del recurso, por lo cual evaluador reduce tasa de explotación.
Plazo de entrega del próximo informe	1. Anual 2. Bienal	Depende de la solicitud por parte del OPA y OTE, según requerimientos mínimos definidos en la normativa.
Solicitar / Exigir entrega de información para siguiente estudio de seguimiento (e.g. información de capturas)		Si la información es insuficiente, se solicita información y se detalla el tipo de información requerida
Incorporación de nuevo recurso	Aceptación o rechazo	



Respecto a los análisis complementarios realizados, estos se centraron en observar el efecto temporal (comparaciones del inicio, es decir ESBA, con el último estudio del AMERB) de las siguientes variables:

Superficie que tiene el área de manejo

La cantidad de socios

La densidad de los recursos

Ingresos (valor/Ha)

Para evaluar la capacidad predictiva de estas variables sobre el desempeño de las áreas, se compararon áreas que en todo su periodo de existencia han mantenido (1)

un mal desempeño (malas), (2) que han mantenido un desempeño aceptable (regulares), (3) que en todo su periodo han mantenido un buen desempeño (deseable) o (4) que partieron en una mala o regular situación pero que en el último estudio presentaron una mejora en su evaluación (regular ascendente). Para ello se utilizaron diferentes técnicas estadísticas con el objeto de evaluar las diferencias existentes entre áreas exitosas de las que no. Sin embargo, los resultados no fueron concluyentes, observando poca variación entre el periodo inicial y final en las 4 categorías de AMERB, no siendo posible establecer variables predictivas para estos casos (**Figura 3**).

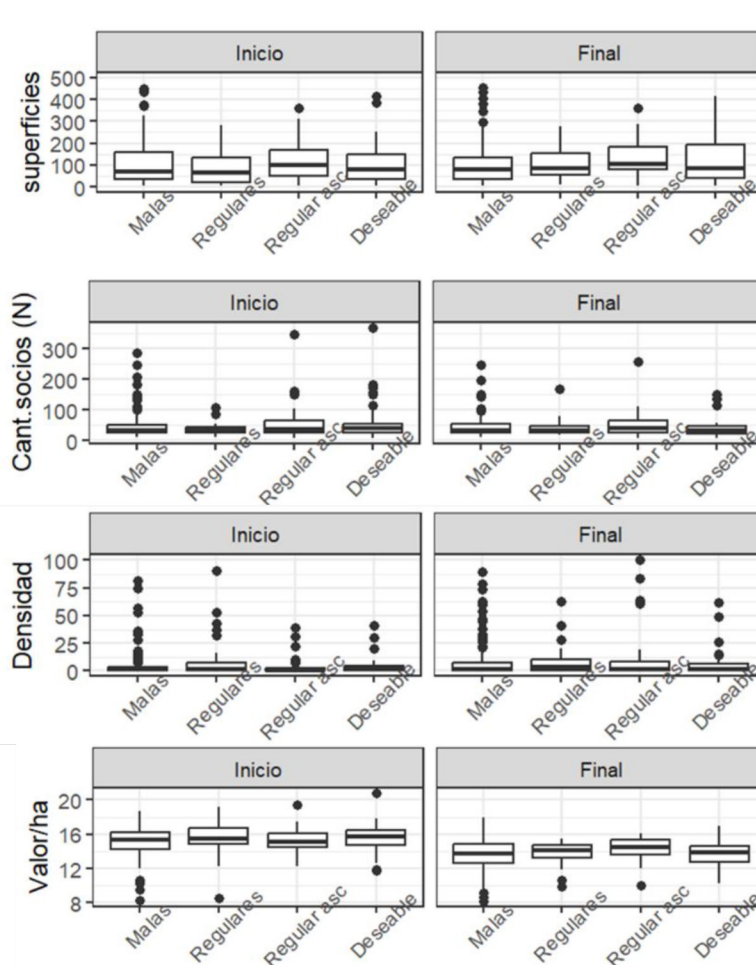


Figura 3. Boxplots al tiempo inicial (inicio) y final de AMERB identificadas como Malas, regulares, regulares ascendentes y deseables, indicando su valor/Ha, densidad, cantidad de socios, y superficie del AMERB.

Conclusión

- El régimen AMERB, a nivel nacional, presenta en un desempeño aceptable de acuerdo a los objetivos, indicadores y puntos de referencias institucionales.
- El desempeño socioeconómico se encuentra en niveles aceptables con un incremento paulatino de la utilidad bruta por socio, pero con un descenso en los beneficios totales.
- No es posible predecir el éxito en el desempeño biológico-productivo de las áreas a partir del estado inicial de los recursos.

Recomendaciones

- Se recomienda avanzar en la consideración de los ámbitos socio-económico en la evaluación de los estudios AMERB.
- Se recomienda estandarizar los criterios y decisiones utilizadas en la evaluación de los estudios AMERB.
- Se recomienda utilizar el módulo de la evaluación de desempeño y de la descarga de vistas en el proceso de evaluación de los estudios AMERB.



OBJETIVO ESPECÍFICO 2:

Evaluación del proceso de aplicación de los protocolos estándar de toma de datos e implementación de metodologías de análisis de información que permitan recomendar estrategias de manejo sustentable de las especies principales.

Resumen

El IFOP cuenta con una base de datos de estudios AMERB (BDA), generada a partir de los datos informados en estudios realizados en las AMERB. A partir de los datos e información contenida en la BDA, se han desarrollado indicadores de desempeño de las AMERB y de calidad de sus estudios. El presente objetivo se centra en la ejecución de actividades para la mantención de la BDA, incluyendo la mejora continua de validadores e indicadores, actividades que se desarrollan en base a requerimientos de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SSPA).

Este objetivo se desarrolla en base a dos líneas de trabajo, una relacionada con, el “mantenimiento del sistema de control de calidad de informes AMERB”, el cual abarcó actividades de revisión de validadores e indicadores de calidad e implementación en la BDA; se desarrolló una matriz para el apoyo a la SSPA en su proceso de evaluación de estudios; junto con lo anterior se realizó una caracterización y evaluación global de instituciones ejecutoras de los estudios realizados en AMERB. La otra línea de trabajo es respecto al “Mantenimiento del sistema de gestión de la base de datos AMERB”, la cual es de carácter permanente. Aquí se considera la actualización de la BDA en tiempo real, lo que incluye la implementación de un proceso automatizado

para la transferencia de datos e información entre la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SSPA) e IFOP; la mantención de la BDA, es decir, revisión y mejora de la integridad (completitud y consistencia) de datos; la definición de mecanismos de estandarización de datos geográficos y la incorporación de datos/información de consumos de cuotas autorizadas y desembarques asociados por especie y evento de las AMERB operativas, realizado a partir de datos provenientes del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura; y actualización y mantención del módulo de indicadores AMERB de la página web en sitio IFOP, lo que incluye la mejora del reporte de evaluación de los planes de manejo y explotación del área (PMEA).



Resultados

i. Revisión de los validadores e indicadores de calidad:

Para el validador de talla se realizaron actividades de análisis de la data histórica con el objetivo de ajustar los parámetros de control de la talla máxima de loco, erizo y macha, resultando en la actualización de los parámetros para estos recursos (**Tabla 1**). Además, se implementó en modo de prueba el validador de talla/peso, permitiendo verificar la función y los parámetros creados para su implementación mediante la BDA, en este sentido, además, se identificó una mejora relacionada con la validación de los registros máximos. Paralelamente, para implementar un validador de los datos relacionados a la

identificación de la relación entre la talla y peso (T/P) de las especies principales, se avanzó en la codificación en lenguaje de programación aplicable a la BDA. En cuanto a los indicadores para el control de calidad de estudios AMERB, "Grado de completitud" y "Grado de Integridad de Estudios AMERB", se realizaron actividades que permitieron identificar e implementar mejoras en términos de funcionamiento y visualización de resultados. Entre las actividades, cabe destacar la ejecución de una asesoría estadística con el objetivo de determinar tamaños de muestra para la estimación de la relación longitud/peso de loco, macha, huiro palo y huiro negro (**Figura 1**).

Tabla 1. Parámetros definidos para el validador de talla para loco, macha y erizo, a partir de valores máximos de la BDA y valores de referencia informados en la literatura.

Recurso	Validador Ta_max Compara el valor observado de talla con el límite superior (Lim Sup) definido para el parámetro talla, para el recurso observado.		
	Aceptable	Bajo lo aceptable	Cuestionable
Loco	TA ≤ 167	167 < TA ≤ 185	TA > 185
Macha	TA ≤ 121,5	121,5 < TA ≤ 124,5	TA > 124,5
Erizo	TA ≤ 143	143 < TA ≤ 150	TA > 150

ii. Propuesta de una herramienta de gestión para la toma de decisión frente a la evaluación de estudios AMERB, actividad que resultó en la identificación y descripción del proceso de evaluación de estudios AMERB; en la identificación de factores relevantes, atributos, criterios y decisiones aplicadas durante el proceso de evaluación (**Figura 2**). A partir, de lo anterior se desarrolló dos propuestas de herramientas que buscan apoyar al proceso de evaluación de estudios AMERB (evaluación de la completitud y evaluación técnica).

iii. Evaluación global de las instituciones ejecutoras (IE) de estudios AMERB. Esta resultó en una caracterización de las IE realizada a partir de información disponible en la BDA y mediante la ejecución de una encuesta diseñada en conjunto con la SSPA.

Recomendación asesoría	Recomendación final TM mínimo aceptable
Muestreo aleatorio simple, el cual debería complementarse en las colas cuando no se tenga una adecuada cobertura de los extremos de la distribución de longitudes.	Para invertebrados: 150 ejemplares Para algas pardas: 100 ejemplares.
Tamaños de muestra loco y macha → entre los 100 y 200 ejemplares. huiro palo → 150 ejemplares huiro negro → 250 ejemplares	

Figura 1. Recomendación tamaños de muestra para la estimación de la relación longitud peso.

Además, se analizó el indicador Grado de Integridad de Estudios (GIE), el cual permite identificar el grado de cumplimiento de algunos estándares mínimos de muestreo. En términos porcentuales de las IE identificadas en el período 2015-2020, de las 51 que han realizado evaluación del recurso loco, un 39% realizó estudios con un GIE aceptable, un 54% cuestionable y un 3,9% inaceptable. En erizo de las 43 IE que lo han

evaluado, un 39% ha resultado en un GIE aceptable, un 44% en cuestionable y un 16% en inaceptable. En almeja las 14 IE que lo han evaluado resultan en un GIE cuestionable. De manera similar ocurre con macha, cholga, chorito y huiro negro con 9, 11, 5 y 15 IE respectivamente (100% cuestionable). Parte de los resultados se describen en la matriz de la **Figura 3**.

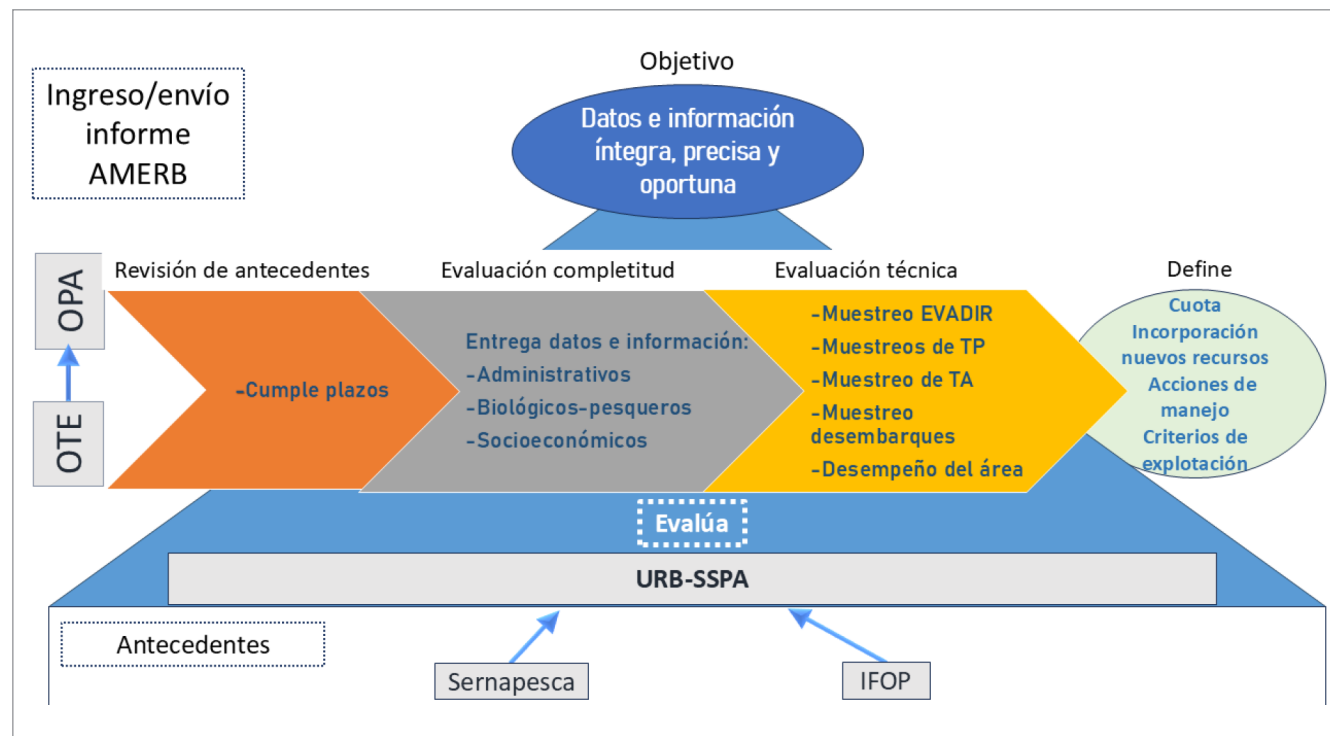


Figura 2. Etapas generales del proceso de evaluación.

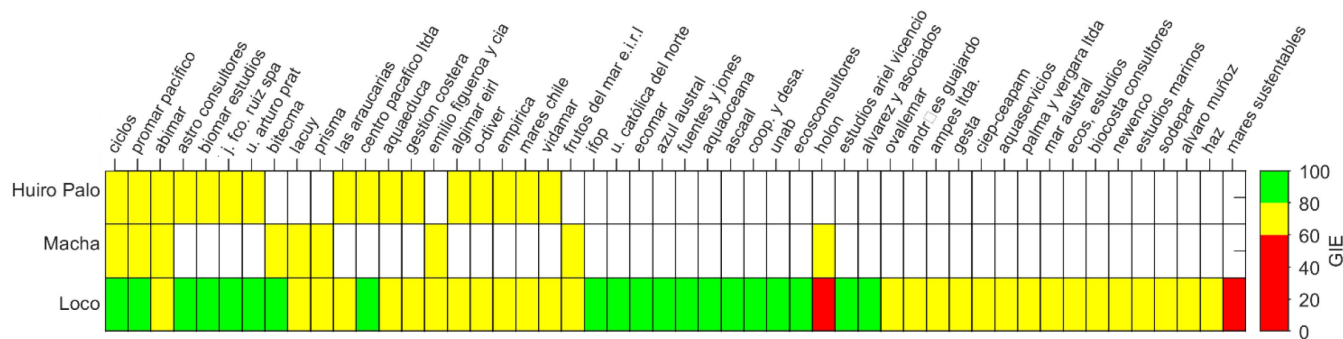


Figura 3. GIE observado para los recursos loco, macha y huiro palo por IE entre 2015-2020.

iv. Base de datos de AMERB (BDA) actualizada en tiempo real.

Se avanzó en el proceso de automatización de carga de datos, permitiendo la migración de datos de estudios AMERB ingresados mediante el Sistema de Tramitación Electrónico (STE) implementado por la SSPA, período 2022-2023. La carga se efectuó manualmente, quedando pendiente la efectiva automatización de la disponibilidad de datos de origen y su carga en la BDA.

v. Actualización y mantención de indicadores AMERB web en sitio IFOP.

Los indicadores AMERB web incluye módulos dirigidos a dos usuarios, las organizaciones de pescadores artesanales (OPA) que tienen a cargo al menos un AMERB y para usuarios tomadores de decisión, es decir, profesionales de la SSPA.

Para acceder a los módulos que despliegan los indicadores AMERB elaborados a partir de la BDA, se puede usar cualquier navegador e ingresar a la página de IFOP (www.ifop.cl). Para usuarios OPA está disponible el módulo “Indicadores pesquerías AMERB”, y para profesionales de la SSPA el módulo “Evaluación de desempeño” (**Figura 4**). Luego de seleccionar el banner con el módulo correspondiente, para acceder deberá ingresar su usuario y clave. De no contar con acceso deberá solicitarlo mediante la opción “Solicitar acceso”.

Para los usuarios OPA se avanzó en la mejora de la información disponible, la cual consiste principalmente en indicadores bio-pesqueros. Se informa para cada AMERB, evento (estudio de situación base o estudios de seguimiento) y recurso la fracción explotable, cuota autorizada, desembarque, talla media, abundancia y densidad. Para su difusión se realizaron tres talleres, en Chañaral de Aceituno, Ancud y Maullín (**Figura 5**). En cuanto al módulo para usuarios de la SSPA, este contiene

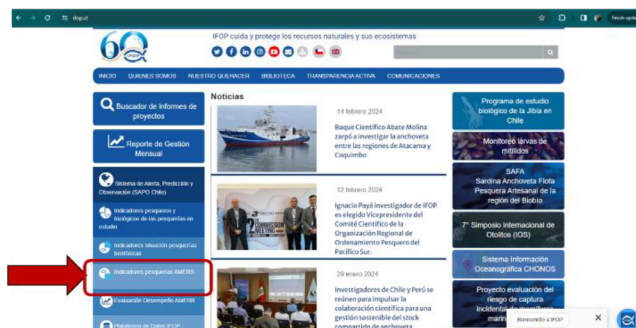


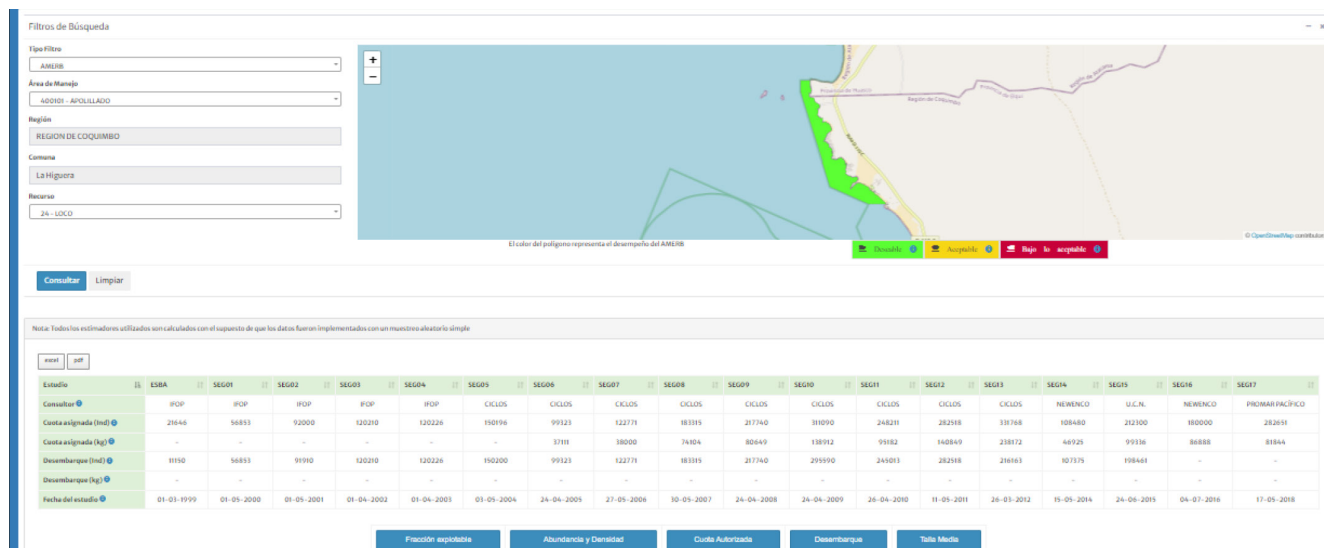
Figura 4. Acceso mediante página de IFOP a la información generada a partir de la BDA. Flecha roja muestra el botón para acceder a los indicadores AMERB (dirigido a OPA) y justo por debajo se encuentra el botón de la evaluación de desempeño (dirigido a SSPA).



Figura 5. Actividad de difusión de los indicadores dirigidos a las OPA, en este caso corresponde a la actividad realizada en Chañaral de Aceituno.

información resumida de cada área, desembarques, indicadores bio-pesqueros, de desempeño y de calidad, las actividades realizadas con los usuarios permitieron difundir e identificar mejoras y/o nuevos requerimientos. Parte de las mejoras realizadas son la mejora del reporte descargable de la evaluación de desempeño y el desarrollo de un reporte del indicador de calidad GIE del último estudio por área. La Figura 6 muestra una vista de los Indicadores AMERB.





Conclusión

- La revisión del sistema de validación de datos de muestreo, resultó en la identificación e incorporación de los valores máximos registrados para datos de talla y de peso de los estudios de seguimiento para recursos priorizados por región.
- El validador para los registros de muestreos de talla y peso, fortalece al sistema de validación y con ello a la disminución en la recurrencia de errores que registran las planillas de datos y en consecuencia en los errores dentro del proceso de análisis.
- Las acciones desarrolladas en la definición de indicadores funcionales al control de la implementación del Manual de Procedimientos, resultaron en la identificación de mejoras de los aspectos técnicos descritos en el manual.
- La revisión de los indicadores propuestos para el control de la implementación del Manual de Procedimientos resultó en su homologación con indicadores de integridad.
- En cuanto a la especificación del requisito técnico referido al tamaño de muestra mínimo para el muestreo de talla, se concluye, a partir del análisis de datos históricos de áreas de manejo, que un muestreo aleatorio simple con un tamaño de muestra entre 200 y 400 individuos es suficiente para representar la estructura de talla de la población de especies bentónicas.
- La implementación en tiempo real de los indicadores de calidad se logró ejecutar en modo de prueba para el indicador "grado de integridad", proceso que reveló las mejoras necesarias para su correcta ejecución y visualización.
- El proceso de transferencia de datos AMERB entre SSPA e IFOP se logra, aunque se detectan problemas que dificultan la migración de la totalidad de los datos.
- A partir de la BDA se generan indicadores que permiten asesorar a la SSPA en la toma de decisiones, estos fueron revisado y mejorados, permitiendo el desarrollo de una evaluación de desempeño de los PMEAs y una propuesta de cuota.
- El control de los datos de los estudios AMERB que se reciben en el STE, no cuenta con procesos de detección de datos ausentes y/o mal reportados, con efectos no deseados en las estimaciones de los indicadores de evaluación.

OBJETIVO ESPECÍFICO 3:

Realizar estudios y acciones complementarias que contribuyan a una mejor toma de decisiones para el régimen de AMERB.

3.1 Evaluación del estatus del recurso loco administrado bajo el régimen AMERB

Resumen

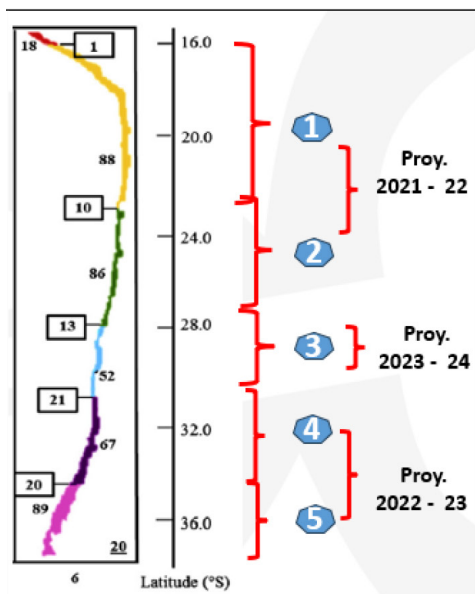
La determinación del estatus de un recurso a una escala ecológicamente significativa es uno de los mayores desafíos de la ciencia y el manejo pesquero. Esta tarea se torna particularmente compleja para especies como el loco, que conforman meta poblaciones generadas y sostenidas por los atributos reproductivos de la especie, producto de larvas que permanecen largos periodos en el medio marino (60 a 360 días) y que están sujetas a una gran dispersión debido a las corrientes y otros procesos físicos y biológicos que intervienen (Orensanz & Jamieson, 1998; Molinet *et al.*, 2005; Garavelli *et al.*, 2014).

Este trabajo tomó como base tanto la propuesta de subpoblaciones del recurso para la costa de Chile definidas por Garavelli *et al.* (2014), como la data e información AMERB histórica disponible, ponderado por el juicio experto. El análisis se hizo utilizando un modelo en equilibrio de pseudo-cohorte a la talla desarrollado por Canales *et al.* (2021), con el fin de estimar tanto puntos de referencia como el estado de explotación del recurso en cada AMERB y en toda la subpoblación o zona geográfica considerada. Por otro lado, se realizó un análisis de sensibilidad para los parámetros de primera madurez sexual (pms) y steepness (h), bajo distintos escenarios simulados (pms = 50 y 70 mm; h=0.65 y 0.9). Finalmente, se generó un modelo operativo de evaluación de estrategias de manejo (EEM), para ponderar el desempeño de las estrategias que fueron consideradas.

En los de estudios anteriores (2021-2023) del Programa de Seguimiento AMERB desarrollado por IFOP, con un enfoque similar se evaluaron 4 subpoblaciones del recurso (la 1, 2, 4 y 5) ubicadas entre el sur del Perú y Caleta Carrizal Bajo en la región de Atacama, y desde caleta Sierra ubicada en la región de Coquimbo hasta la zona costera de Carahue en la región de la Araucanía (**Figura 1**). En este estudio (2023-2024), la cobertura espacial incluyó la subpoblación 3 y dos zonas geográficas ubicadas en el sur del país. La subpoblación 3 ubicada entre Caleta Angosta (28°S), en la región de Atacama y El Sector La Cebada, en Coquimbo (31°S); la zona 6, ubicada entre La barra del Toltén (39.2°S) de la Araucanía y Punta Refugio (42.1°S), en la región de los Lagos y la zona 7, ubicada en zona del canal Moraleda en el mar interior de la región de Aysén.



a) Proyecto 2021-2024



b) Proyecto 2023- 2024



Figura 1. Subpoblación/zonas geográficas consideradas para la determinación del estado de explotación del recurso loco, durante los proyectos 2021 a 2024. a) Subunidades poblacionales para el recurso loco, propuestas por Garavelli y colaboradores, 2014. b) Zonas geográficas determinadas por juicio experto, considerando data e información disponible de las AMERB.



Resultados

Utilizando un valor del 40 % del Potencial Reproductivo del Stock (SPR) como Punto de Referencia Objetivo (PRO), la subunidad poblacional 3 presenta desde 1999, una condición de sobreexplotación y sobrepesca, con valores para el último periodo analizado (2015-2019)

un 30% por debajo de lo esperado ($SPR/SPR40\% = 0.70$) y Mortalidades por Pesca (F) que superan 2.5 veces la Mortalidad de referencia, considerada sustentable para esta pesquería ($F/F40\%=2.5$; **Figura 2; Tabla 1**).

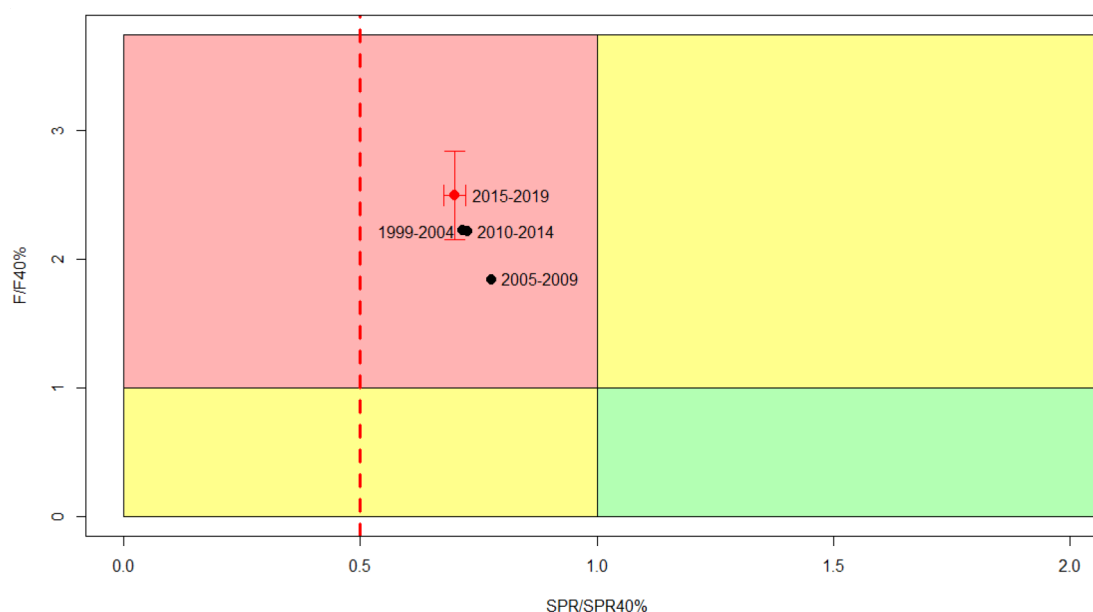


Figura 2. Diagrama de fase del recurso loco correspondiente a la Subunidad poblacional 3.

Tabla 1. Índices, Indicadores y Puntos de Referencia biológico-pesqueros del recurso loco estimados para la subunidad poblacional 3.

	1999-2004	2005-2009	2010-2014	2015-2019
Biomasa virginal por recluta (BVPR)	1515.320	1505.650	1515.330	1508.260
Biomasa por recluta actual	433.451	468.008	439.907	421.845
Biomasa por recluta objetivo (BPRO)	608.716	604.259	608.236	607.811
Potencial reproductivo actual (SPR)	0.286	0.311	0.290	0.280
Mortalidad por pesca objetivo (F40%)	0.450	0.475	0.480	0.480
Indicador de sobrepesca (F/F40%)	2.219	1.840	2.218	2.495
Indicador de sobreexplotación (SPR/SPR40%)	0.715	0.777	0.726	0.699

Para la zona geográfica 6 los resultados indican que, aunque históricamente el recurso se ha encontrado en un estado de sobreexplotación y sobrepesca (**Figura 3; Tabla 2**), los valores para el periodo más reciente (2015-2019) muestran un indicador de sobreexplotación, un 6% por

debajo del valor de referencia muy cerca del objetivo de manejo ($SPR/SPR40\%=0.94$), mientras que el indicador de sobrepesca fue estimado en un 16% por sobre el valor de referencia ($F/F40\%=1.16$).

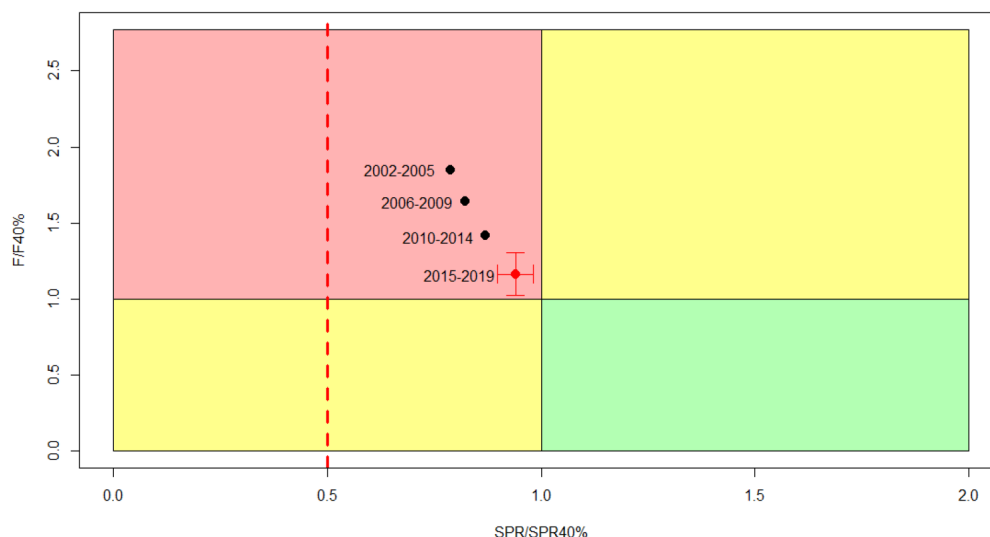


Figura 3. Diagrama de fase del recurso loco correspondiente a la zona geográfica 6.

Tabla 2. Índices, Indicadores y Puntos de Referencia biológico-pesqueros del recurso loco estimados para la zona geográfica 6.

	2002-2005	2006-2009	2010-2014	2015-2019
Biomasa virginal por recluta (BVPR)	759.534	761.213	765.222	761.824
Biomasa por recluta actual	239.523	250.283	266.296	286.269
Biomasa por recluta objetivo (BPRO)	305.799	306.162	308.447	305.863
Potencial reproductivo actual (SPR)	0.315	0.329	0.348	0.376
Mortalidad por pesca objetivo ($F_{40\%}$)	0.480	0.480	0.460	0.440
Indicador de sobrepesca ($F/F_{40\%}$)	1.848	1.643	1.416	1.163
Indicador de sobreexplotación ($SPR/SPR_{40\%}$)	0.788	0.822	0.870	0.939

Finalmente, y solo como análisis preliminar, se presentan los resultados para la zona geográfica 7. Estos muestran que el recurso ha estado históricamente en una condición de sobreexplotación y sobrepesca (**Figura 4; Tabla 3**). Para el último periodo analizado (2015-2018) el indicador

de sobreexplotación estuvo un 26% por debajo del valor de referencia ($SPR/SPR_{40\%}=0.84$), mientras que el indicador de sobrepesca estuvo un 51% por sobre el valor de referencia ($F/F_{40\%}=1.51$).

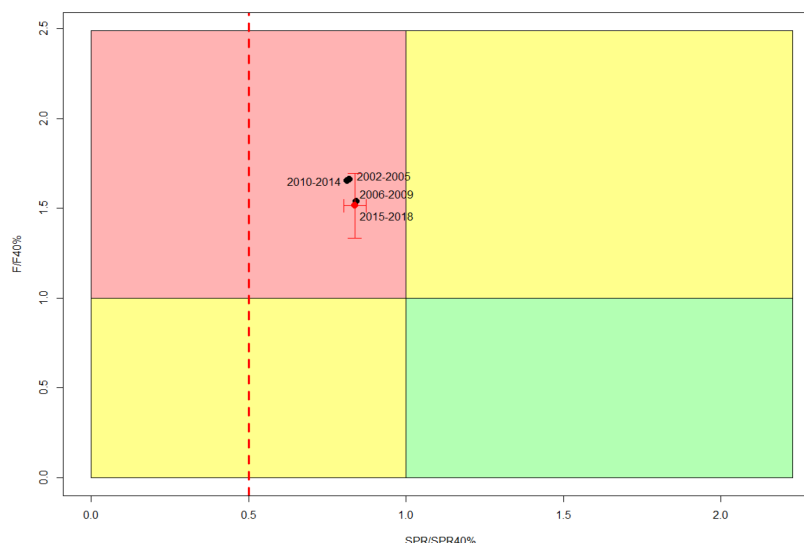


Figura 3. Diagrama de fase del recurso loco correspondiente a la zona geográfica 7.

Tabla 2. Índices, Indicadores y Puntos de Referencia biológico-pesqueros del recurso loco estimados para la zona geográfica 7.

	2002-2005	2006-2009	2010-2014	2015-2018
Biomasa virginal por recluta (BVPR)	920.568	913.464	906.431	897.046
Biomasa por recluta actual	301.708	307.362	294.649	300.490
Biomasa por recluta objetivo (BPRO)	370.524	368.063	365.000	361.190
Potencial reproductivo actual (SPR)	0.328	0.336	0.325	0.335
Mortalidad por pesca objetivo (F40%)	0.450	0.435	0.420	0.405
Indicador de sobrepesca (F/F40%)	1.660	1.538	1.653	1.514
Indicador de sobreexplotación (SPR/SPR40%)	0.819	0.841	0.813	0.837

Por su parte, los análisis de sensibilidad realizados indican en general que, para los distintos escenarios evaluados, el estado de explotación no se ve alterado por la variación de los parámetros (pms y h), lo que afianza el diagnóstico del recurso determinado tanto para la subunidad poblacional 3, como para la zona geográfica 6. La excepción ocurriría en esta última zona, donde el indicador de sobreexplotación (SPR/SPR40%) fue estimado en 1, bajo el escenario de psm = 50 y h= 0.9, es decir, el recurso estaría en un estado de Plena Explotación.

En cuanto a la evaluación de estrategias de manejo, los resultados indican que el mejor escenario, para ambas

zonas correspondería a la implementación del objetivo del Máximo Rendimiento Sostenible (MRS) y una estrategia tipo rampa basada en el control de las capturas, lo que implicaría que el recurso se podría recuperar en 1 a 2 años. En el estudio, se puede revisar el detalle de las estimaciones en número de individuos y biomasa para cada uno de los casos y AMERB consideradas. Finalmente, se propone, además, un procedimiento para realizar una asignación de cuotas para cada AMERB involucrada, con el propósito de facilitar la transición de un sistema de manejo basado en poblaciones cerradas, a un sistema de manejo de poblaciones abiertas, coherente con la dinámica del recurso.

Conclusiones y recomendaciones

El recurso se encuentra en estado de sobreexplotación y sobrepesca en todas las evaluaciones realizadas, aunque en la zona 6 el indicador de sobreexplotación se encuentra muy cercana al objetivo de manejo ($SPR/SPR40\% = 0.94$).

En las dos zonas consideradas para la evaluación de estrategias de manejo (subpoblación 3 y zona 6), la pesquería del recurso se podría recuperar a niveles del MRS en un periodo de 1 a 2 años. Lo anterior se lograría aplicando una estrategia tipo rampa, basada en cuotas, lo que presentaría mayor viabilidad de implementación debido a que utiliza un mecanismo similar al actual, representando un menor riesgo de volver a caer, en sobreexplotación y sobrepesca, una vez superados.

La nueva propuesta de asignación de cuotas, basada en el estado de explotación del recurso y un valor de referencia como objetivo de manejo, significaría un cambio de paradigma respecto al actual esquema de administración

y representaría una perspectiva más realista y precautoria en el manejo de la pesquería del recurso, lo que es coherente con los criterios de sustentabilidad de la normativa sectorial.

Dado el diagnóstico de la pesquería en estas y otras zonas geográficas del país, se recomienda considerar la posibilidad de diseñar, implementar y evaluar el impacto de un plan piloto de gestión pesquera integral, que considere incorporar/levantar información del estado del recurso y otros ámbitos de interés, en las demás áreas donde se encuentra presente (ej. áreas de libre acceso, reservas marinas, entre otras), bajo los lineamientos y herramientas que la propia LGPA establece.

Finalmente, se recomienda aplicar un enfoque precautorio en la definición de cuotas de extracción y un mayor control de la pesca ilegal tanto dentro como fuera de las AMERB.

Bibliografía

- Canales C.M., Punt, A., Mardones, M. 2021. Can a length-based pseudo-cohort analysis (LBPA) using multiple catch length-frequencies provide insight into population status in data-poor situations? *Fish. Res.* 234.
- Garavelli, L., Kaplan, D.M., Colas, F., Stotz, W., Yannicelli, B., Lett, C. (2014). Identifying appropriate spatial scales for marine conservation and management using a larval dispersal model: The case of *Concholepas concholepas* (lomo) in Chile. *Prog. Oceanogr.* 124, 42–53. doi:10.1016/j.pocean.2014.03.011.
- Molinet C., Arevalo A., González M.T., Moreno C.A., Arata J., Niklitschek E. 2005. Patterns of larval distribution and settlement of *Concholepas concholepas* (Bruguiere, 1789) (Gastropoda, Muricidae) in fjords and channels of southern Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* N° 78: 409 - 423.
- Orensanz J.M. Jamieson. G. S. 1998. The assessment and management of spatially structured stocks. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 125: 441–459

3.2 Acciones complementarias para propuesta de manejo pesquería algas pardas

Resumen

La extracción de algas pardas (conocidas como huiros) es una actividad productiva, que se desarrolla, principalmente, a lo largo de costa del centro norte del país, integrando los ámbitos biológico, social y económico. En los 20 últimos años, la actividad ha tenido un importante crecimiento, en respuesta a una fuerte demanda internacional, generando un aumento del precio del recurso, y en consecuencia un alto interés por parte del sector extractivo (Campos *et al.*, 2021; Berrios *et al.*, 2022). Actualmente, el manejo de la pesquería presenta incertidumbres en cuanto a sus niveles recomendables de cosechas anuales, por lo cual se requiere contar con estimaciones de biomasa actual (standing stock), y establecer su standing crop, esta última basada en la capacidad de renovación de la población bajo condiciones de explotación (González *et al.*, 2002). La extracción de *Lessonia berteriana*-*Lessonia spicata* (huir negro o chascón), ha transitado de la recolección de alga varada (mortalidad natural) a una fuerte remoción directa ("barroteo"), convirtiéndose en la principal pesquería bentónica del centro norte de Chile. En el caso, de *Lessonia trabeculata* (huir palo), que habita en ambientes submareales, inicialmente sus desembarques provenían de alga varada, sin embargo, durante los últimos años, este recurso ha estado bajo una fuerte presión extractiva (barroteo) (Campos *et al.*, 2021).

En áreas con régimen de libre acceso (ALA, durante los últimos años, la pesquería de huiros es manejada a través de cuotas anuales de captura (fraccionada entre recolección y extracción directa), que están estimadas inicialmente en base a la abundancia del recurso, y posteriormente mantenidas bajo un criterio de explotación de "status quo" (Subpesca, 2019). Como una aproximación para evaluar el desempeño de la pesquería, se ha sugerido establecer reglas de control basadas en los desembarques derivados de las cuotas anuales. Aunque, este criterio permite establecer un control sobre la pesquería, resulta poco informativo en términos de conocer cambios en la productividad del recurso, que finalmente repercuten en el establecimiento de medidas que aseguren la sustentabilidad de este recurso (Berrios *et al.*, 2022). Por otra parte, la pesquería de algas pardas está condicionada a: a) una alta variabilidad natural (en tiempo y espacio), b) dinámica extractiva (en tiempo, espacio, forma e intensidad extractiva). Por tanto, el establecimiento de cuotas no permite, por si solo evaluar: los efectos de la extracción, la recuperación de las praderas de algas y el ajuste de medidas precautorias y adaptativas. Adicionalmente, el mantener un sistema de "status quo" podría generar problemas de sobreexplotación o bien ineficiencias productivas del uso del recurso (Hilborn & Walter, 1992). Si bien, los mayores desembarques del recurso huir provienen de áreas de libre acceso (aproximadamente 90%), las cosechas provenientes de Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB), ha tomado una mayor relevancia en los últimos años. Bajo este régimen, la realización de Estudio de Situación Base (ESBA), la formulación de un Plan de Manejo y Explotación del Área (PMEA), y el posterior seguimiento, permiten contar con información (anual o bienal) del desempeño biológico y pesquero de este recurso.

Los modelos analíticos son herramientas conceptuales/matemáticas, que ayudan a comprender y predecir la dinámica de una población a lo largo del tiempo. Para la aplicación de modelos productivos en algas pardas, un paso fundamental es la parametrización de procesos poblacionales y posterior implementación de modelos estructuras y globales, para lo cual se requiere recopilar e integrar datos sobre, distribución del recurso, abundancia y densidad poblacional, ciclo de vida y reproducción, impactos de las pesquerías en las poblaciones de algas pardas, entre otros. En concordancia con lo señalado, se presentan resultados respecto en el marco del objetivo de "Establecer una propuesta metodológica que permita la parametrización de los procesos poblacionales de *Lessonia berteriana*/*spicata* (huir negro) y *Lessonia trabeculata* (huir palo)", con énfasis en los procesos que condicionan su capacidad productiva y renovación poblacional.

Resultados

Para el establecimiento de una propuesta metodológica que permita la parametrización de los procesos poblacionales de *Lessonia berteriana/spicata* (huiro negro) y *Lessonia trabeculata* (huiro palo), se plantea la implementación de 2 aproximaciones, que incorporan parámetros en modelos predictivos, correspondientes a: i) modelo estructurado a la talla-edad en un área estándar y ii) modelo de producción global que incorpora las cosechas de estos recursos. Estos modelos dan cuenta de la capacidad productiva y de renovación poblacional bajo escenarios alternativos y permiten integrar un indicador de referencia del estado poblacional. Finalmente, se revisa los requerimientos de información necesaria para la obtención de estimaciones de los parámetros poblacionales e índices de condición de las poblaciones, en términos de diseños de muestreo, área de muestreo, tamaño de muestras, análisis de información, y procesos de parametrización.

La secuencia para la obtención de parámetros poblacionales, en función de muestreos experimentales, estudios de situación base (ESBA) y posteriores estudios de seguimiento (BDA-ITA), se esquematizan en la **Figura 1**.

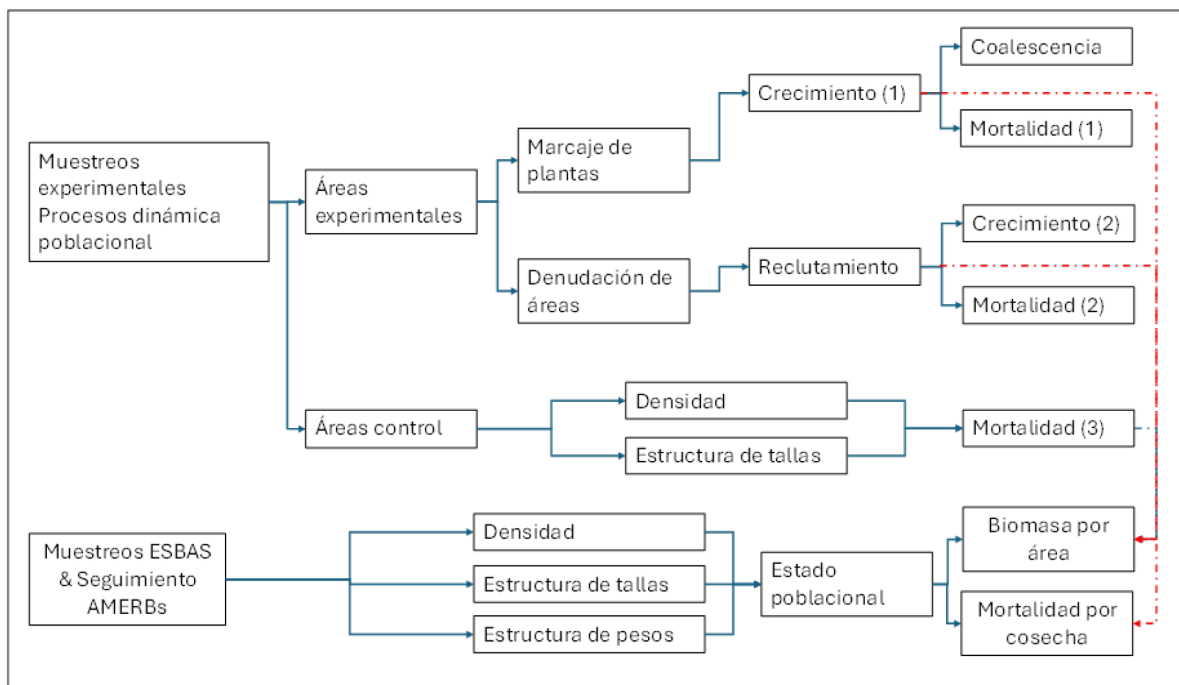


Figura 1. Esquematización de la propuesta metodológica para la parametrización de los procesos poblacionales de *Lessonia berteriana/spicata* (huiro negro) y *Lessonia trabeculata* (huiro palo).

La secuencia muestra el proceso para las estimaciones de parámetros poblacionales relevantes a partir de muestreos experimentales y poblacionales para evaluar el desempeño poblacional de estos recursos. Los muestreos experimentales se asocian a: i) estimaciones de crecimiento mediante análisis de incrementales a la talla (marcaje-crecimiento 1) y ii) estimaciones de coalescencia y mortalidad de marcadas (marcaje - mortalidad 1). Las experiencias de denudación (raleo) de áreas están asociadas a: i) estimaciones de reclutamiento, crecimiento, a partir de progresión modal de reclutas (crecimiento 2), y ii) estimaciones mortalidad denso - dependiente (mortalidad 2). Por otra parte, las áreas control permiten a partir de la densidad y estructura

de tallas estimar la mortalidad natural de las poblaciones en condiciones de no intervención (mortalidad 3); mientras que los muestreos realizados en el contexto de los ESBA y BDA-ITA, permiten establecer el desempeño de las poblaciones en función de una integración de indicadores bio-pesqueros, y sus niveles de mortalidad por cosechas. Los requerimientos para las estimaciones de los principales parámetros poblacionales requieren la implementación de experimentos como denudación de áreas (raleo), áreas controles y marcaje de ejemplares (**Tabla 1**). Para la evaluación de estado de poblaciones de estos recursos se requieren de variables como: densidad, estructura de tallas y peso de ejemplares.

Tabla 1. Requerimientos para la implementación de muestreos experimentales para las estimaciones de parámetros poblacionales de *Lessonia berteroana/spicata* (huir negro) y *Lessonia trabeculata* (huir palo)

Experimentos	Tamaño de la muestra	Periodicidad	Tipo de análisis	Resultados
Marcaje de plantas	100 ejemplares marcados en toda la distribuidos el rango de tallas presentes	Trimestral con re-marcaje de plantas (1)	- Incrementales a la talla	Crecimiento Mortalidad
Denudación de áreas	3 áreas denudadas de 2m ² , con 3 cuadrantes de 1 m ² por área	Trimestrales con nueva denudación	- Reclutamiento estacional - Crecimiento	- Reclutamiento - Denso -dependencia - Coalescencia - Crecimiento por progresión moda - Mortalidad
Áreas control	3 áreas de 2 m ² , con 3 cuadrantes de 1 m (estaciones fijas)	Trimestrales	Estructura de tallas	- Demografía - Mortalidad

Discusión

El manejo de cualquier pesquería requiere información y conocimiento de los efectos de la actividad de pesca y renovación de stock. En este sentido, la determinación de los procesos relevantes que determinan la capacidad reproductiva y de renovación poblacional de los recursos algales bajo explotación (e.g. huiro negro y huiro palo), permitirá asegurar su sustentabilidad, así como el establecimiento de reglas de decisión y/o evaluación de las acciones o criterios de manejo. El levantamiento y sistematización de información bio-pesquera y posterior aplicación de modelos analíticos integrando datos de distribución, abundancia, densidad, ciclo de vida y reproducción, actividad extractiva (impactos cosecha), capacidad recuperación post cosecha e implicancias ecológicas, nos ayudarán a comprender y predecir la dinámica de una población a lo largo del tiempo.

La parametrización de procesos poblacionales para algas pardas como huiro negro y huiro palo, y su respectivo uso en modelos, ha sido poco estudiado. Para el recurso huiro negro (*Lessonia berteroana/spicata*), se ha descrito la adecuación de un modelo estructurado, para parametrizar los procesos biológicos, estimando la productividad anual y aprovechamiento de las cosechas (González *et al.*, 2002); así como también se implementó un modelo de agotamiento de la población, estimando puntos de referencia biológicos relacionados con un rendimiento máximo sostenible, orientado a establecer el statu quo (Canales *et al.*, 2018). Otro tipo de modelos usados en pesquerías de algas son los modelos globales de producción, que permiten estimar la capacidad de carga del recurso y su máximo potencial productivo, incluyendo procesos de cosecha y post cosecha (capacidad de recuperación) (Lee & Ang, 1991; Yoshimori *et al.*, 1998; Lukeman *et al.*, 2012; Vásquez, 2018). En la zona centro-norte de Chile, las evaluaciones poblacionales de *Lessonia berteroana/spicata* (huiro negro) y *Lessonia trabeculata* (palo) han mostrado una alta variabilidad en términos de densidad por grupo de talla (e.g. abundancia

de reclutas), morfología de los ejemplares, relaciones talla-peso, fenologías reproductivas; aspectos de mayor relevancia que condicionan los niveles de biomasa disponible (González *et al.*, 2002, Vega *et al.*, 2014, Vásquez, 2018; Araya *et al.*, 2020). Esta variabilidad observada puede estar influenciada por aspectos locales (e.g. topografía, pendiente de la costa, exposición al oleaje, relaciones de herbivoría, denso-dependencia poblacional, entre otros). En los últimos años, se han realizado esfuerzos enfocados en la obtención de los parámetros biológicos para estos recursos, generándose recientemente información que permitirá la estimación de los procesos que condicionan la dinámica poblacional de estos recursos (Araya *et al.*, 2020).

Dada la importancia de estos procesos, se realizó el establecimiento de una propuesta metodológica que permita la parametrización poblacional tanto para *Lessonia berteroana/spicata* (huiro negro) como *Lessonia trabeculata* (huiro palo) a nivel local (AMERB) reconociendo la alta variabilidad dentro de una misma región. Esto permitirá establecer curvas de crecimiento y tasas de mortalidad, estimando la talla-edad de máxima producción por área y capacidad productiva del recurso en términos anuales por área. Por otra parte, la determinación de edad del recurso permitirá establecer la edad de "primera madurez esporofítica", y de este modo contar con 2 tallas-edad de referencia para su manejo: i) una asociada a la fertilidad del alga; y la otra, a la máxima producción por área. Las diferencias entre las tasas de mortalidad y crecimiento, en conjunto con los niveles de abundancia por área del recurso, reflejarán el comportamiento local de las poblaciones. Finalmente, la parametrización de los procesos más relevantes de la dinámica poblacional tanto para *Lessonia berteroana/spicata* (huiro negro) como *Lessonia trabeculata* (huiro palo), permitirían evaluar los efectos de las actuales o futuras estrategias de manejo de estos recursos, en función del estado de las poblaciones en AMERB.

Conclusiones y Recomendaciones

- La implementación de modelos de producción global tanto para *Lessonia berteriana/spicata* (huero negro) como *Lessonia trabeculata* (huero palo) permitirá estimar cuotas de extracción biológicamente aceptables anuales, con rendimientos que mantengan el valor de referencia de la biomasa en AMERB.
- Se propone utilizar, entre otros, el indicador de biomasa por área para evaluar el desempeño poblacional (indicador integrado de densidad y peso medio).
- Se recomienda evaluar la integridad ecológica de la capacidad productiva del huero negro y huero palo dentro de un enfoque ecosistémico.
- Se sugiere aplicar métodos de muestreos estándares tanto para AMERB como Áreas Bajo Planes de Manejo, para entender la dinámica poblacional – pesquera de estos recursos, en un contexto integrado de planes de administración

Referencias

- Araya P. y colaboradores, 2020. Propuesta de diseño e implementación de un plan de monitoreo del estado y de la actividad extractiva de las algas pardas en el área marítima de la Región de Arica y Parinacota hasta la Región de Coquimbo. Informe Final FIPA N0. 2020-34. 339 pp.
- Berrios, F., González, J. E., Campos, L., Campbell, D. E., & Bonnail, E. 2022. Brown algae (*Lessonia nigrescens*, species complex) fisheries of northern Chile evaluated through the DPSIR approach: Social and economic impact of management strategies. *Ocean & Coastal Management*, 224, 106198.
- Canales, C. M., Hurtado, C., & Techeira, C. (2018). Implementing a model for data-poor fisheries based on steepness of the stock-recruitment relationship, natural mortality and local perception of population depletion. The case of the kelp *Lessonia berteriana* on coasts of north-central Chile. *Fisheries Research*, 198, 31-42.
- Campos, L., Berrios, F., Osés, R., González, J. E., & Bonnail, E. (2021). Unravelling *Lessonia trabeculata* management in coastal areas of the Atacama region of northern Chile through a DPSIR approach: Insights for sustainable plans. *Marine Policy*, 133, 104737.
- González, J., Tapia, C., Wilson, A., Garrido, J., Ávila, M., 2002. Estrategias de explotación sustentable de algas pardas en la zona norte de Chile. Informe Final Proyecto FIP 2000-19
- Lee, C. S., & Ang Jr, P. 1991. A simple model for seaweed growth and optimal harvesting strategy. *Ecological Modelling*, 55(1-2), 67-74.
- Lukeman, R. J., Beveridge, L. F., Flynn, A. D., & Garbary, D. J. (2012). A mathematical model of the commercial harvest of *Palmaria palmata* (Palmariales, Rhodophyta) on Digby Neck, Nova Scotia, Canada. *Algae*, 27(1), 43-54.
- Subpesca. 2019. Estado de situación de las principales pesquerías chilena, año 2019. <https://www.subpesca.cl/portal/618/w3-article-107314.html>
- Vásquez, J. 2018. Evaluación de biomasa y análisis del estado de explotación de las praderas naturales de algas pardas (huero negro, huero palo y huero flotador) en las áreas de libre acceso de la XV Región de Arica y Parinacota, I Región de Tarapacá y II Región de Antofagasta, El Fondo de Investigación Pesquera y de Acuicultura. Report No.: 2017-52.
- Vega, J., Broitman, B. y Vásquez, J. 2014. Monitoring the sustainability of *Lessonia nigrescens* (Laminariales, Phaeophyceae) in northern Chile under strong harvest pressure. *Journal of Applied Phycology*, 26(2):791-801.
- Yoshimori, A., Kono, T., & Iizumi, H. 1998. Mathematical models of population dynamics of the kelp *Laminaria religiosa*, with emphasis on temperature dependence. *Fisheries oceanography*, 7(2), 136-146.

3.3 Rol ecológico de las algas varadas

Resumen:

En relación a la actividad “Acciones complementarias en pesquerías de algas pardas”

Se describe el rol ecológico de las algas varadas, recopilado mediante revisión de literatura, revisión de datos históricos, consultas a expertos y actores locales, y observaciones in situ. La revisión bibliográfica dio cuenta de la importancia de los varamientos de algas por su influencia en las comunidades costeras, debido a que los huiros que se incorporan al ambiente supramareal ofrecen alimentos y refugio a diversos organismos, macroscópicos y microscópicos. La macrofauna que coloniza los depósitos de algas incluye miembros de múltiples niveles tróficos. Uno de los grupos principales son los herbívoros y/o detritívoros que se alimentan directamente del alga varada, así como de la meiofauna, hongos y comunidades bacterianas asociadas a los tejidos vegetales. Los recolectores entrevistados en Pichicuy y Los Molles describieron que en los eventos de marejadas y mareas altas más extremos el alga varada retorna al mar y que, entorno a las algas que regresan al agua, se acumulan cardúmenes de peces costeros como la alpargata (*Girella laevifrons*) y la jerguilla (*Aplodactylus punctatus*), los que podrían contribuir a la dispersión de sus esporas.

Rol ecológico de algas varadas y composición de varaderos

Se realizó una caracterización general del rol ecológico del alga varada, considerando su contribución a nivel de población, comunidad, ecosistema y biosfera (**Figura 1**). La información sobre la composición de bancos de algas varadas y su rol ecológico se recopiló a partir de información secundaria, consistente en

bibliografía y revisión de bases de datos, así como a partir de entrevistas a observadores científicos de IFOP y recolectores de algas. En la revisión se puso énfasis en el efecto de la biomasa y la composición de las algas varadas en la comunidad ecológica y el ecosistema.



Figura 1. Esquema representando el concepto de Población, Comunidad y Ecosistema, los tres niveles de organización de la vida en que se evalúa el rol ecológico.

Las varazones de algas pardas (**Figura 2**) ocurren durante todo el año a lo largo de la costa de Chile, sin embargo, la magnitud y frecuencia del arribo de algas pardas a la costa puede aumentar significativamente durante el otoño e invierno (Vásquez, 2010; Vásquez, 2016). Estas varazones afectan diferencialmente a las poblaciones de huiro negro, huiro palo y huiro flotador (Vásquez, 1992;

Vásquez, 1995; Edding & Tala, 1998; Vega, 2005; Vásquez, 2010; ECOS, 2020), dando cuenta de aproximadamente el 25% de la biomasa total disponible (Vásquez, 1999). La biomasa disponible en los varaderos es recolectada por los algueros, acumulada fuera de la zona de mareas y transportada unos metros tierra adentro hacia las canchas de secado.



Figura 2. Varadero de algas El Peral, en Pichicuy, temporada invierno

El relato de pescadores y observadores científicos entrevistados, de las localidades de Pichicuy y Los Molles, da cuenta de que la abundancia y persistencia de los bancos de algas varadas ha variado en el tiempo. En el caso de Pichicuy, a pesar de la disminución en el precio del alga varada y que en esta temporada no se está comprando, se relata que ya no habría un depósito de algas varadas como lo hubo en el pasado. “Cuando lo había, se juntaba harta vida” (com. per. Cristian Lira, pescador y observador científico en Pichicuy). En el caso de Los Molles, hay un banco de algas varadas que aún persiste en el sector Las Monjas (**Figura 2**). Cuando el

precio está bueno se extraen algas del banco, pero “no toda el alga es accesible porque al irse juntando el banco se aprieta, por lo que los recolectores esperan el alga que llega con la marejada” (com. per. Héctor Aedo, pescador y observador científico en Los Molles). Las algas varadas son recolectadas y secadas por recolectores de orilla que se sustentan de esta actividad. En las localidades visitadas se recolectan algas que se han desprendido de las rocas previo a su recolección, lo que se evidencia en los discos de fijación erosionados por el roce con el agua y fondo marino (**Figura 3**).

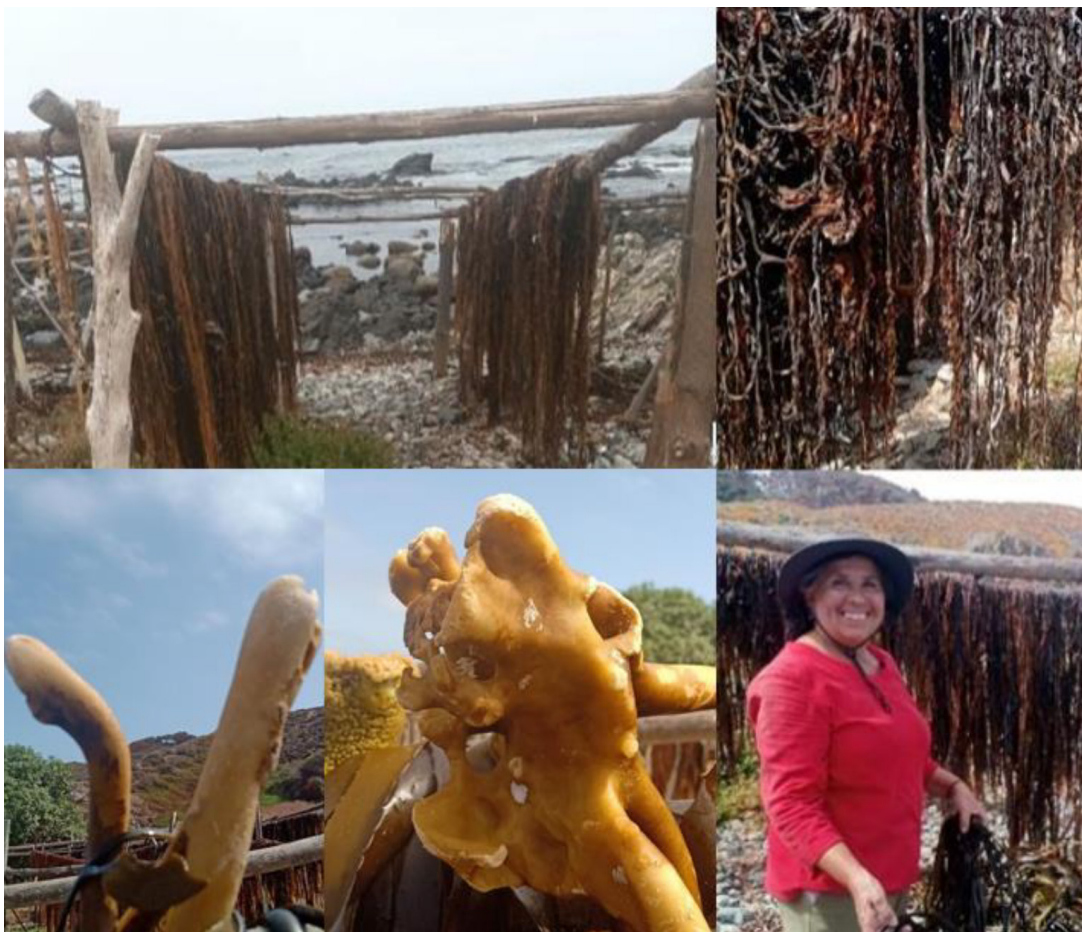


Figura 3. Flujo de energía desde algas varadas a aves costeras que consumen insectos, anfípodos e isópodos que se encuentran en varaderos.

Sobre la estructura poblacional existe registro de abundancia de varaderos históricos de las especies *Lessonia berteroa* (huir negro), *Lessonia trabeculata* (huir palo) y *Macrocystis pyrifera* (huir flotador), para la zona norte de Chile. Los datos encontrados muestran un predominio de la especie *Lessonia berteroa*, en conjunto con *Lessonia trabeculata* aunque en menores volúmenes. De 61 varaderos históricos registrados en las regiones Arica y Parinacota, Tarapacá y Antofagasta por Vásquez (2010), 23 varaderos estaban compuestos de *Lessonia berteroa* y *Lessonia spicata*, 11 por *Macrocystis pyrifera* y 10 por las tres especies mencionadas. Sin embargo, en la actualidad varios de esos varaderos no alcanzan a formar bancos de algas varadas debido a que las algas no se alcanzan a acumular.

En relación a la composición comunitaria, la revisión bibliográfica ha dado cuenta de la importancia de los varamientos de algas por su influencia en las comunidades costeras, debido a que los huiros que se incorporan al ambiente supramareal ofrecen alimentos y refugio a diversos organismos, macroscópicos y microscópicos. Diversos estudios internacionales relativos a algas varadas reportan las comunidades de macrofauna asociadas a los depósitos de algas varadas. Entre éstos, Jaramillo (1987) dio cuenta entre 4 y 14 especies de macrofauna asociadas con depósitos de algas varadas en la costa chilena, Hacking (1997) entre 5 y 19 especies en la costa australiana, Dugan *et al.* (2003) entre 15 y 27 en la costa de California, Lastra *et al.* (2006) entre 9 y 31 en diversas playas de España y Rodil *et al.* (2008) 29 especies en la costa NO de España, dando cuenta de una alta variabilidad en el número de especies de fauna asociadas al alga varada.



Figura 4. Invertebrados presentes en bancos de algas varadas.

La literatura muestra que la macrofauna que coloniza los depósitos de algas incluye miembros de múltiples niveles tróficos. Uno de los grupos principales son los herbívoros y/o detritívoros que se alimentan directamente del alga varada, así como de la meiofauna, hongos y comunidades bacterianas asociadas a los tejidos vegetales. Algunos estudios dan cuenta que el consumo de frondas de macroalgas es mínimo (Robertson & Mann 1980; Jędrzejczak 2002; Coupland & McDonald 2008), mientras otros concluyen que el consumo de frondas por herbívoros puede causar una reducción significativa en la cantidad de material que permanece en la playa (Lastra *et al.*, 2008). Independientemente a la reducción de la materia vegetal en el banco de algas varadas, la presencia de herbívoros atrae organismos depredadores que colonizan los depósitos en respuesta a la variabilidad y abundancia de presas disponibles (Colombini *et al.*, 2000) pudiendo alcanzar densidades superiores a las de especies herbívoras.

En el caso de Chile, la especie de herbívoro predominante en las comunidades asociadas a algas varadas del tipo huiros es el artrópodo *Orchestoidea tuberculata*, que ha sido reportado junto al insecto tenebriónido *Phalerisida maculata*, en las comunidades asociadas a huiros varados en las playas Apolillado (banco de *Macrocystis pyrifera*), Quidico (banco de *Lessonia nigrescens*), Mar Brava (banco de *Macrocystis pyrifera*) y Guabún (banco de *Durvillaea antarctica*; Jaramillo *et al.*, 2000; Jaramillo *et al.*, 2006). Una particularidad se encontró en la playa Apolillado, donde la comunidad incluyó al isópodo *Tylos spinulosus*, que no se había encontrado en las comunidades al sur. La cantidad de fauna encontrada sería dependiente de la cantidad de alga varada y no de

las condiciones físicas o de exposición al oleaje de los lugares (Jaramillo *et al.*, 2006), aunque sí se encontraron diferencias asociadas al tiempo desde la llegada de las algas, siendo las algas frescas un hábitat de mayor interés para *Oschestoidea tuberculata*.

Observaciones en terreno dieron cuenta de una transferencia de energía desde las algas a invertebrados y grupos tróficos superiores como aves que se alimentan de invertebrados (**Figura 4**), observando al menos a las especies Churrete Costero y Zarapito consumiendo alimento en los bancos de algas varadas.



Figura 5. Flujo de energía desde algas varadas a aves costeras que consumen insectos, anfípodos e isópodos que se encuentran en varaderos.

En relación a los efectos en el ecosistema, los entrevistados describieron que las algas desprendidas de las praderas naturales no sólo varan a la zona supramareal sino que también se acumulan en pozones bajo el agua donde parte de esta materia orgánica es consumida por peces herbívoros y otra parte se descompone, aportando gases al ecosistema acuático. Los nutrientes se incorporan a la trama trófica supramareal como frondas disponibles para herbívoros, material particulado para organismos filtradores o nutrientes que se liberan a los sedimentos mediante descomposición microbiana (Colombini & Chelazzi, 2003; Dugan *et al.*, 2003; Lastra *et al.* 2008). Por lo anterior, estos depósitos de algas varadas crean una zona con una actividad biológica y química espacialmente distinta a la de su alrededor.

La contribución de nutrientes y energía al ecosistema y biosfera está siendo aún analizado, mediante revisión bibliográfica y entrevistas a conocedores locales y expertos. Así, se produciría una dinámica entre las algas varadas en el ambiente supramareal, con las algas varadas en pozones y las altas que flotan posteriormente a haber varado, generándose una dinámica que permite la transferencia de nutrientes y energía entre diversos ambientes costeros, interconectados (**Figura 6**), a una escala espacial extensa, ya que algunas de estas especies, como el huiro flotador y cochayuyo, podrían dispersarse grandes escalas, mientras otras especies, como los huiros negro y palo tendrían una escala de dispersión menor, aunque podría extenderse mediante la dispersión de esporas por herbivoría.



Figura 6. Esquema representando la dispersión de algas flotantes en la costa (Bernardes Batista *et al.* 2018; Macaya *et al.* 2005, correspondiente a huiro flotador y cochayuyo, con flotabilidad positiva desde su desprendimiento, o huiro negro con flotabilidad positiva después que se descompone.

Recomendaciones

Considerando el rol ecológico que cumplen las algas varadas, se recomienda promover la mantención de al menos una porción de algas varadas de los varaderos históricos, socializando su importancia con los usuarios.

Referencias

- Bernardes Batista, M., Batista Anderson, A., Franzan Sanches, P., Simionatto Polito, P., Lima Silveira, T.C., Velez-Rubio, G.M., Scarabino, F., Camacho, O., Schmitz, C., Martinez, A., (2018) Kelps' Long-Distance Dispersal: Role of Ecological/Oceanographic Processes and Implications to Marine Forest Conservation. *Diversity* 10, 11. <https://doi.org/10.3390/d10010011>
- Colombini I., Aloia A., Fallaci M., Pezzoli G. & Chelazzi L. (2000) Temporal and spatial use of stranded wrack by the macrofauna of a tropical sandy beach. *Marine Biology*, 136, 531-541.
- Colombini I. & Chelazzi L. (2003) Influence of marine allochthonous input on sandy beach communities. *Oceanography and Marine Biology*, 41, 115-159.
- Coupland G. & McDonald J. (2008) Extraordinarily high earthworm abundance in deposits of marine macrodetritus along two semi-arid beaches. *Marine Ecology Progress Series*, 361, 181-189.
- Dugan J.E., Hubbard D.M., McCrary M.D. & Pierson M.O. (2003) The response of macrofauna communities and shorebirds to macrophyte wrack subsidies on exposed Sandy beach of southern California. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 58, 25-40.
- ECOS (2020) Evaluación de biomasa y análisis del estado de explotación de las praderas naturales de algas pardas (huir negro, huir palo y huir flotador) en las áreas de libre acceso de la región de Atacama y Coquimbo. Proyecto FIPA 2017-53. Informe Final.
- Edding M, Fonck E, Macchiavello J. (1994). *Lessonia*. In: Akatsuka I (ed) *Biology of economic algae*. SPB Publishing, The Hague, pp 407-446.
- Hacking N. (1997) Sandy beach macrofauna of the Eastern Australia: a geographical comparison. In: University of New England, Australia.
- Hinojosa, I., González, E., Ugalde, P., Valdivia, N., Macaya, E., Thiel, M. (2007) Distribución y abundancia de macroalgas flotando a la deriva y su fauna peracarida asociada en los canales de la XI región. *Chile Ciencia y Tecnología del Mar* 30(2) Comité Oceanográfico Nacional.
- Jaramillo E. (1987) Sandy beach macroinfauna from the Chilean coast: zonation patterns and zoogeography. *Vie et Milieu*, 37, 165-174.
- Jaramillo, E., R. De La huz, C. Duarte & H. Contreras (2006) Algal wrack deposits and macroinfaunal arthropods on Sandy beach of the Chilean coast. *Revista Chilena de Historia Natural* 79: 337-351.
- Jaramillo, E., C. Duarte & H. Contreras (2000) Sandy beach macroinfauna from the coast of Ancud, Isla de Chiloé, southern Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 73: 771-786.
- Jędrzejczak M.F. (2002) Stranded *Zostera marina* L. vs wrack fauna community interactions on a Baltic sandy beach (Hel, Poland): a short-term pilot study. Part II. Driftline effects of succession changes and colonization of beach fauna. *Oceanologia*, 44, 367-387.
- Lastra M., de La Huz R., Sánchez-Mata A.G., Rodil I.F., Aerts K., Beloso S. & López J. (2006) Ecology of exposed sandy beaches in northern Spain: environmental factors controlling macrofauna communities. *Journal of Sea Research*, 55, 128-140.
- Lastra M., Page H.M., Dugan J.E., Hubbard D.M. & Rodil I.F. (2008) Processing of allochthonous macrophyte subsidies by sandy beach consumers: estimates of feeding rates and impacts on food resources. *Marine Biology*, 154, 163-174.
- Macaya, E. C., Boltana, S., Hinojosa, I. A., Macchiavello, J. E., Valdivia, N. A., Vásquez, N. R. & Thiel, M. (2005). Presence of sporophylls in floating kelp rafts of *Macrocystis* spp. (Phaeophyceae) along the Chilean Pacific coast 1. *Journal of Phycology*, 41(5), 913-922.
- Robertson A.I. & Mann K. (1980) The role of isopods and amphipods in the initial fragmentation of eelgrass detritus in Nova Scotia, Canada. *Marine Biology*, 59, 63-69.
- Rodil I.F. (2008) The ecology of macrofauna in sandy intertidal habitats. In: Departamento de Ecología y Biología Animal. Universidad de Vigo.
- Vásquez J.A. (1992) *Lessonia trabeculata*, a subtidal bottom kelp in northern Chile: a case of study for a structural and geographical comparison. In: U. Seeliger (Ed.), *Coastal Plant Communities of Latin America*. Academic Press Inc., San Diego: 77-89.
- Vásquez J.A. (1995) Ecological effects of brown seaweed harvesting. *Botanica Marina* 38: 251-257
- Vásquez J.A. (1999) The effects of harvesting of brown seaweeds: a social, ecological and economical important resource. *World Aquaculture* 30: 19-22.
- Vásquez, J. (2010) Evaluación de la biomasa de praderas naturales y prospección de potenciales lugares de repoblamiento de algas pardas en la costa de la XV, I y II regiones. Informe Final Proyecto FIPA 2008-38.
- Vásquez J. A. (2016) The Brown Seaweeds Fishery in Chile. In *Fisheries and Aquaculture in the Modern World*. InTech.
- Vásquez J. A. (2018) Informe Final Proyecto FIPA 2017-52: Evaluación de biomasa y análisis del estado de explotación de las praderas naturales de algas pardas (huir negro, huir palo y huir flotador) en las áreas de libre acceso de la XV región de Arica y Parinacota, I Región de Tarapacá y II Región de Antofagasta.
- Vega J.M.A. (2005) Dinámica poblacional de *Macrocystis integrifolia* (Laminariales, Phaeophyta) en el norte de Chile. Tesis Universidad Católica del Norte. Facultad de Ciencias del Mar. 211 pp.

Para consultas:

IFOP Valparaíso: Luis Ariz Abarca, luis.ariz@ifop.cl, Blanco 839, Valparaíso, Fono: 32 2151500
 IFOP Coquimbo; Álvaro Wilson Montecino, alvaro.wilson@ifop.cl, Doctor Marín 340, Coquimbo, Fono:323-311239
 IFOP Ancud, Alex González Villarroel, alex.gonzalez@ifop.cl, Las Heras 871, Ancud, Fono: 32 2151500, Anexo 355.



BOLETÍN DE DIFUSIÓN

Convenio de Desempeño 2023

Programa de Seguimiento Pesquerías Bajo Régimen de Áreas de Manejo, 2023

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT / Diciembre 2024

El Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) es una corporación de derecho privado, sin fines de lucro, que fue constituida en 1964 dependiente de la Corporación de Fomento de la Producción. En su primera etapa cumplió acciones de fomento de la pesca y la acuicultura, y luego se especializó como una organización científica para asesorar permanentemente al Estado y los usuarios con el fin de contribuir a un desarrollo sostenible de la actividad pesquera y acuícola del país y la conservación de los ecosistemas marinos

El IFOP posee dos grandes áreas de especialización, una ubicada en Valparaíso orientada a la investigación pesquera propiamente tal y la segunda en Puerto Montt asociada a la investigación acuícola. Además, la institución tiene una cobertura nacional, con sedes desde Arica a Punta Arenas, lo que le permite tener contacto directo con los diversos usuarios para poder efectuar adecuadamente la recopilación de datos pesqueros, biológicos y económicos asociados a la actividad extractiva de las diversas flotas, como también realizar investigaciones asociadas a la acuicultura y el medio ambiente.

La misión de nuestro instituto se concreta gracias al trabajo constante y permanente de los diversos equipos humanos que lo componen y con las importantes contribuciones de datos proporcionadas por los diversos usuarios del sector pesquero y acuícola de nuestro país.



www.ifop.cl