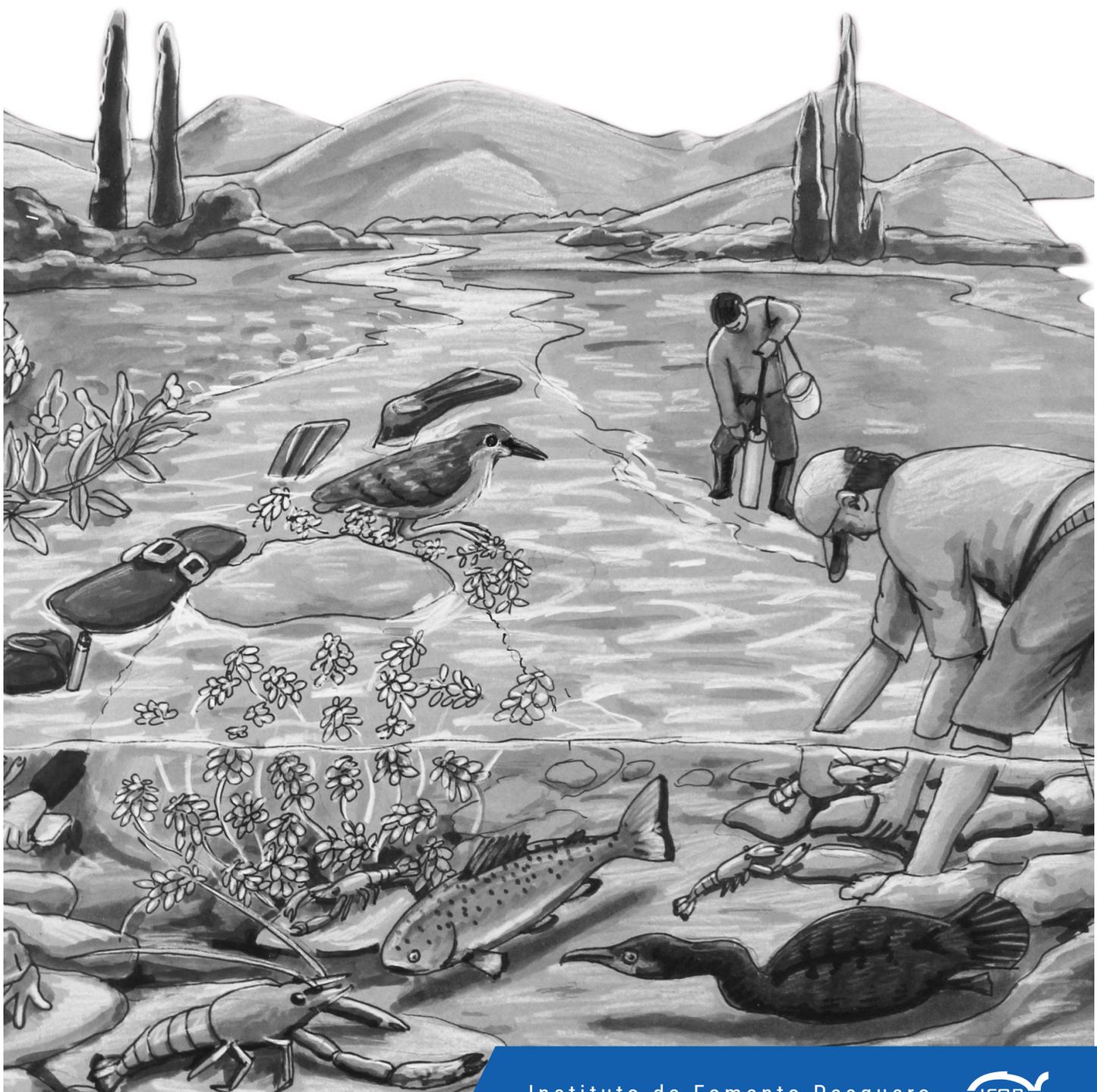




“Propuesta de plan de manejo integrado para el camarón de río del norte (*Cryphiops caementarius*) en la cuenca del río Choapa”

Enero, 2022





Propuesta elaborada en marco del “Programa para la consolidación de la Estrategia Pesquero Acuícola (EPA) del camarón de río del norte (*Cryphiops caementarius*) en la cuenca hidrográfica del Río Choapa”, proyecto código BIP 30480241-0, Gobierno Regional de Coquimbo.

REQUIRENTE:

Gobierno Regional de Coquimbo

ORGANIZACIONES BENEFICIARIAS:

Sindicato de Trabajadores Independientes
Camaroneros del Choapa.

Asociación de Productores y Extractores de Recursos
Dulceacuícolas del Choapa A.G.

AUTORES:

Instituto de Fomento Pesquero - IFOP

Carlos Velásquez Gallardo
Álvaro Wilson Montecino
Denisse Torres Avilés
Yeriko Alanís Villalobos
Francisco Cárcamo Vargas

Universidad Católica del Norte – UCN

María Cristina Morales Suazo

Centro de Estudios de Sistemas Sociales – CESSO

Carlos Tapia Jopia

COLABORADORES:

Luís Henríquez Antipa - IFOP
Alejandro Dal Santo Cid - IFOP
Germán Merino Araneda - UCN
Claudia Cárcamo Hernández - UCN
Sandra Jofré Maturana - UCN

EDITORES:

Carlos Velásquez Gallardo - IFOP
Francisco Cárcamo Vargas - IFOP

Ilustración de portada: Jano Ramos
Diseño gráfico: División de Investigación Pesquera -
IFOP / Natalia Golsman G. - Carolina Irrázabal R.

Enero 2022

Citar como:

Velásquez C., Wilson A.E., Torres-Avilés D., Alanís Y., Cárcamo F., Morales M.C., Tapia C. (2022).

Propuesta de plan de manejo integrado para el Camarón de río del norte (*Cryphiops caementarius*) en la cuenca del río Choapa. Instituto de Fomento Pesquero. 108 páginas.



CONTEXTO Y ALCANCE

La presente "Propuesta de plan de manejo integrado para el camarón de río de norte (*Cryphiops caementarius*) en la cuenca del río Choapa" es parte de las actividades comprometidas en el desarrollo del "Programa para la consolidación de la Estrategia Pesquero Acuícola (EPA) del camarón de río del norte (*Cryphiops caementarius*) en la cuenca hidrográfica del río Choapa", proyecto código BIP 30480241-0, del Gobierno Regional de Coquimbo, y cuyos beneficiarios directos corresponden al Sindicato de Trabajadores Independientes Camaroneros del Choapa y la Asociación de Productores y Extractores de Recursos Dulceacuícolas del Choapa A. G. El plan corresponde a un documento de análisis y síntesis de los principales resultados, teniendo como pilares, las propuestas de "Ordenamiento de la pesquería de camarón de río del norte" y de "Plan de manejo pesquero" desarrolladas en el presente Programa, y que consideran las múltiples dimensiones que afectan a la especie y recurso, y que condicionan la conservación, manejo y sostenibilidad de su pesquería (*i.e.*, enfoque ecosistémico).

Adicionalmente, se propone un programa de investigación asociado a reducir las brechas existentes sobre el conocimiento científico y técnico requerido para un mejor manejo del recurso, lo que considera el aporte de ejemplares juveniles provenientes de la acuicultura. La propuesta corresponde a un documento de orientación y consulta para los tomadores de decisión cuyas acciones impactan al camarón de río del norte y la actividad camaronera. También es un documento, de divulgación y transferencia para los y las integrantes de las organizaciones beneficiarias, así como para las comunidades locales de la Cuenca del Río Choapa y público en general. El plan corresponde en esta primera instancia a una propuesta altamente fundamentada en el marco del Programa, que, si bien no ha sido sometido a procesos de validación bajo algún tipo de marco normativo o regulatorio, se construye con una visión de futuro, siendo un insumo importante para generar un instrumento de gestión incorporado dentro la normativa pesquera, hídrica, acuícola y ambiental.

OBJETIVO DE LA PROPUESTA

Contribuir desde el conocimiento científico, técnico y tecnológico a la conservación de *Cryphiops caementarius* y a la sostenibilidad de su pesquería, considerando un enfoque ecosistémico y su alto grado de vulnerabilidad ante presiones antropogénicas y ambientales.



ASPECTOS METODOLÓGICOS

Metodológicamente, se recopiló información para la elaboración de la propuesta a través de numerosas instancias participativas grupales y colaborativas (e.g., talleres, actividades de terreno, capacitación tecnológica y organizacional) e individuales (e.g., entrevistas, encuestas) con los múltiples actores sociales involucrados (e.g., camaroneros, servicios públicos, comunidades, académicos), abordando múltiples dimensiones (e.g., conocimiento tradicional, ecología, pesquería, acuicultura, gobernanza). La recopilación de información primaria se complementó con revisión bibliográfica y análisis de datos obtenidos en el marco de la ejecución del Programa. Esto incluyó estudios bio-ecológicos del camarón, caracterización hídrica ambiental, evaluación poblacional, producción de juveniles en laboratorio, modelación bio-económica y ambiental, entre otros (para mayor detalle de las fuentes de información, ver IFOP, 2021). De esta forma, el plan se divide en una sección de diagnóstico de la situación actual del camarón y la actividad pesquera en la cuenca del río Choapa, y una sección en que se identificaron problemáticas y se entregan alternativas de solución, generando una completa base de antecedentes contribuyentes a la toma de decisiones en el tema.

GLOSARIO DE ABREVIATURAS

Por orden de aparición:

MMA	Ministerio de Medio Ambiente
LGPA	Ley General de Pesca y Acuicultura
SERNAPESCA	Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura
RAMA	Reglamento Ambiental para la Acuicultura
RCA	Resolución de Calificación Ambiental
SEIA	Servicio de Evaluación de Impacto Ambiental
APE	Acuicultura a Pequeña Escala
IFOP	Instituto de Fomento Pesquero
SUBPESCA	Subsecretaría de Pesca y Acuicultura
UCN	Universidad Católica del Norte
DOH	Dirección de Obras Hidráulicas
DGA	Dirección General de Aguas
JV CHOAPA	Junta de Vigilancia del Choapa
MOP	Ministerio de Obras Públicas
CPUE	Captura por Unidad de Esfuerzo
MINECOM	Ministerio de Economía
ULS	Universidad de la Serena

CEAZA	Centro de Estudio Avanzados en Zonas Áridas
SAG	Servicio Agrícola Ganadero
SERCOTEC	Servicio de Cooperación Técnica
FOSIS	Fondo de Solidaridad e Inversión Social
INDESPA	Instituto Nacional de Desarrollo Sustentable de la Pesca Artesanal y de la Acuicultura de Pequeña Escala
INIA	Instituto Nacional de Innovación Agraria
SEA	Servicio de Evaluación Ambiental
ANID	Agencia nacional de investigación y desarrollo
CORFO	Corporación de Fomento Productivo
RAS	Tecnología Recirculación de Aguas
TBF	Tecnología Bio-Floc
FAO	Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación
TML	Talla Mínima de Longitud

TABLA DE CONTENIDOS

Contexto y alcance.....	1
Objetivo de la propuesta.....	1
Aspectos metodológicos.....	2
Tabla de contenidos.....	3
1. El camarón de río del norte en Chile.....	5
1.1. Historia natural.....	5
1.2. Estado de conservación.....	8
1.3. Marco normativo vigente para la pesquería y acuicultura de camarones dulceacuícolas en Chile.....	8
2. Diagnóstico.....	10
2.1. Actores del sistema relacionados con la actividad camaronera del Choapa.....	10
2.1.1. Organizaciones de camaroneros.....	10
2.1.2. Gobernanza multisectorial del programa.....	11
2.2. Estado ambiental de la cuenca del río Choapa.....	13
2.2.1. Situación hídrica 2019-2021.....	13
2.2.2. Caracterización fluvial.....	14
2.3. Ecología y pesquería del camarón de río del norte.....	21
2.3.1. Conocimiento tradicional.....	21
2.3.2. Condición poblacional.....	24
2.3.3. Registro pesquero.....	31
2.3.4. Depredadores nativos.....	36
2.4. Amenazas para la conservación.....	37
2.4.1. Modelo conceptual basado en la percepción de actores sociales.....	38
2.4.2. Especies exóticas invasoras.....	40
2.4.3. Perturbaciones físicas del cauce fluvial.....	40
2.4.4. Fragmentación de hábitat.....	43
3. Propuesta de plan de manejo integrado.....	48
3.1. Descripción del problema.....	48
3.2. Propósito general.....	49
3.2.1. Componente 1. dimensión ambiental.....	50
3.2.2. Componente 2. dimensión bio-pesquera.....	51
3.2.3. Componente 3. dimensión económica.....	53
3.2.4. Componente 4. dimensión socio-cultural.....	54
3.2.5. Componente 5. dimensión institucional.....	55
3.2.6. Componente 6. dimensión científica.....	55
3.3. Propuesta de modelo de gobernanza.....	56
3.4. Programa de apoyo a la fiscalización.....	58

4. Evaluación de estrategias de manejo.....	59
4.1. Modelación de acciones y escenarios de manejo integrado.....	59
4.1.1. Modelación cualitativa del sistema ecológico.....	59
4.1.2. Modelación bio-económica.....	65
4.2. Estrategia pesquera acuícola (EPA).....	67
4.2.1. Acuicultura a pequeña escala (APE) en aguas continentales.....	67
4.2.2. Repoblación de camarones en el río Choapa 2020-2021.....	70
4.2.3. Propuesta de ordenamiento pesquero.....	77
5. Recomendaciones de mitigación frente a obras de mejoramiento de cauce activo en el río Choapa 2021.....	80
6. Recomendaciones y conclusiones generales.....	87
7. Agradecimientos.....	92
8. Referencias bibliográficas.....	93
Material suplementario.....	95



1. EL CAMARÓN DE RÍO EN EL NORTE DE CHILE

1.1. Historia natural

Rango de distribución geográfica: El camarón de río del norte *Cryphiops caementarius* (Decapoda: Palaemonidae) (Fig. 1) es una especie migratoria y endémica de las cuencas hidrográficas de la región Andina de Perú y Chile [1]. En Chile, su rango de distribución geográfica abarca desde la cuenca árida del río Lluta (~18°S; región de Arica y Parinacota) hasta la cuenca mediterránea del río Aconcagua (~33°S; región de Valparaíso) (Fig. 2) [2].

Patrones de distribución altitudinal: El rango de distribución altitudinal de las poblaciones de camarones está determinado por las condiciones biofísicas del ambiente fluvial (e.g., régimen hidrológico, diversidad de hábitats bentónicos, presencia de meandros y canales), el grado de intervención antrópica del cauce (e.g., alteración de la dinámica hidrológica, presencia de barreras físicas), y la segregación espacial de los estadios ontogénicos (larvas, juveniles y adultos) en las diferentes zonas del sistema fluvial (desembocadura, potamon, ritron) (Fig. 3) [2].

Conducta migratoria: Corresponde a una conducta que se refleja como una segregación espacial altitudinal en que la población se distribuye de manera heterogénea en el río, siendo aún más marcada en la época reproductiva estacional de primavera y verano. La migración de *C. caementarius*, presenta también características anfídromas, cuando las hembras ovígeras migran río abajo, desde los hábitats fluviales de la zona alta o media del río hacia la desembocadura donde el agua es salobre. En esta zona ocurre la eclosión de los huevos, desarrollo larvario y el posterior retorno de los juveniles río arriba, para completar su ciclo de vida e incorporarse a la fracción adulta que habita exclusivamente en el agua dulce [3,4].

Conducta reproductiva: *Cryphiops caementarius* es una especie dioica con un notorio dimorfismo sexual entre macho y hembra (Fig. 4). La conducta reproductiva de este camarón es polígama, es decir un macho se aparea con varias hembras en refugios del lecho fluvial. El proceso de apareamiento está constituido de cinco pasos: a) cortejo prenupcial, b) muda del exoesqueleto de la hembra antes del apareamiento, c) apareamiento, d) ingesta de la exuvia (i.e., exoesqueleto), y e) cuidado de la hembra [5].



Figura 1. Ejemplar macho adulto reproductor de *Cryphiops caementarius* proveniente del efluente del estero Camisas, río Choapa.

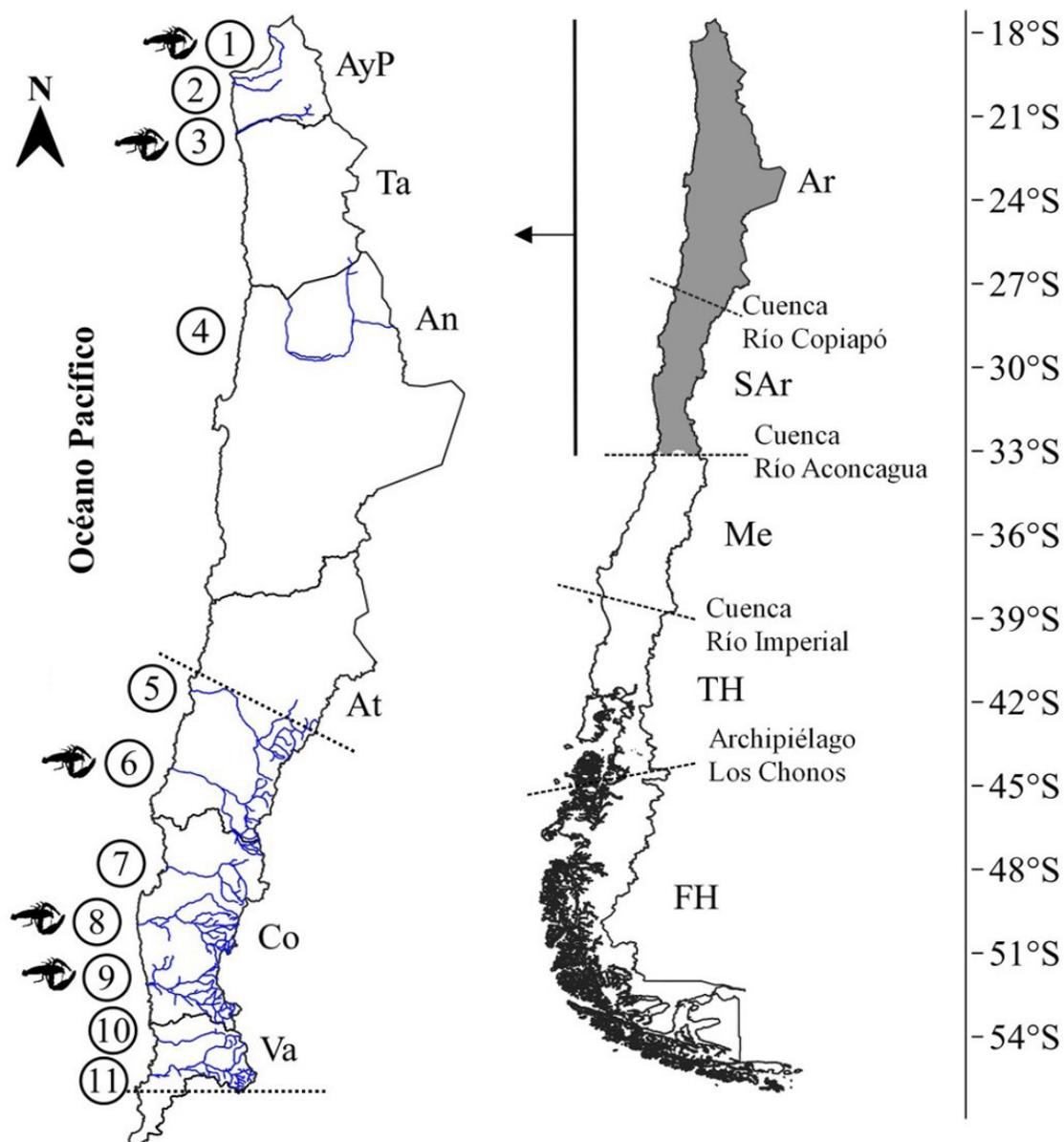


Figura 2. Sinopsis biogeográfica de *Cryphiops caementarius* en Chile Continental (*sensu* 1, 2, 5, 6, 7, 8). Mapa derecho: rango de distribución geográfica en el norte de Chile (área gris). Regiones climáticas e hidrográficas de Chile (*sensu* Instituto Geográfico Militar de Chile - IGM; 9, 10). Ar = Árido, SAr = Semiárido, Me = Mediterráneo, TH = Templado Húmedo, FH = Frío Húmedo. Mapa izquierdo: cuencas que albergan las principales poblaciones. 1 = río Lluta, 2 = Quebrada Azapa, 3 = Quebrada Camarones, 4 = río Loa, 5 = río Copiapó, 6 = río Huasco, 7 = río Elqui y estero El Culebrón, 8 = río Limarí, 9 = río Choapa, 10 = río La Ligua, 11 = río Aconcagua. Regiones administrativas. AyP = Arica y Parinacota, Ta = Tarapacá, An = Antofagasta, At = Atacama, Co = Coquimbo, Va = Valparaíso. Siluetas de camarón = pesquería.

Posición trófica: Al igual que la mayoría de las especies de camarones dulceacuícolas, *C. caementarius* es una especie omnívora y oportunista que presenta un amplio espectro trófico, incorporando desde detritus y microalgas bentónicas hasta presas móviles (macroinvertebrados bentónicos y pequeños peces) y carroña en su alimentación. Al mismo tiempo, es un componente trófico en la dieta de peces, anfibios y aves acuáticas, y además sostiene una actividad extractiva artesanal por parte de pescadores (camaroneros) locales [2].

Atributos: El camarón de río del norte es una especie de importancia (a) ecológica, ya que por sus patrones migratorios (amplitud espacial), hábitos omnívoro-opportunista (amplitud trófica) y posición intermedia en

la red trófica (interacción depredador-presa), tiene un rol relevante en la estructura fluvial de estos ambientes, (b) socio-económica, ya que sostiene una actividad extractiva y gastronómica a nivel local, y (c) patrimonial, debido a que representa un componente importante de la identidad ancestral y cultural de las comunidades de pescadores que subsisten de ella. Debido a lo anterior, esta especie otorga servicios ecosistémicos de provisión (pesca), cultural (actividad extractiva local) y de soporte (ciclo de nutrientes), atributos claves para su puesta en valor de conservación. Por ello, resulta indispensable ampliar el conocimiento sobre su historia natural en Chile, así como de las amenazas a las que está expuesta. Este conocimiento resulta básico para la generación de políticas, planes y programas destinados a mejorar su estado de conservación.

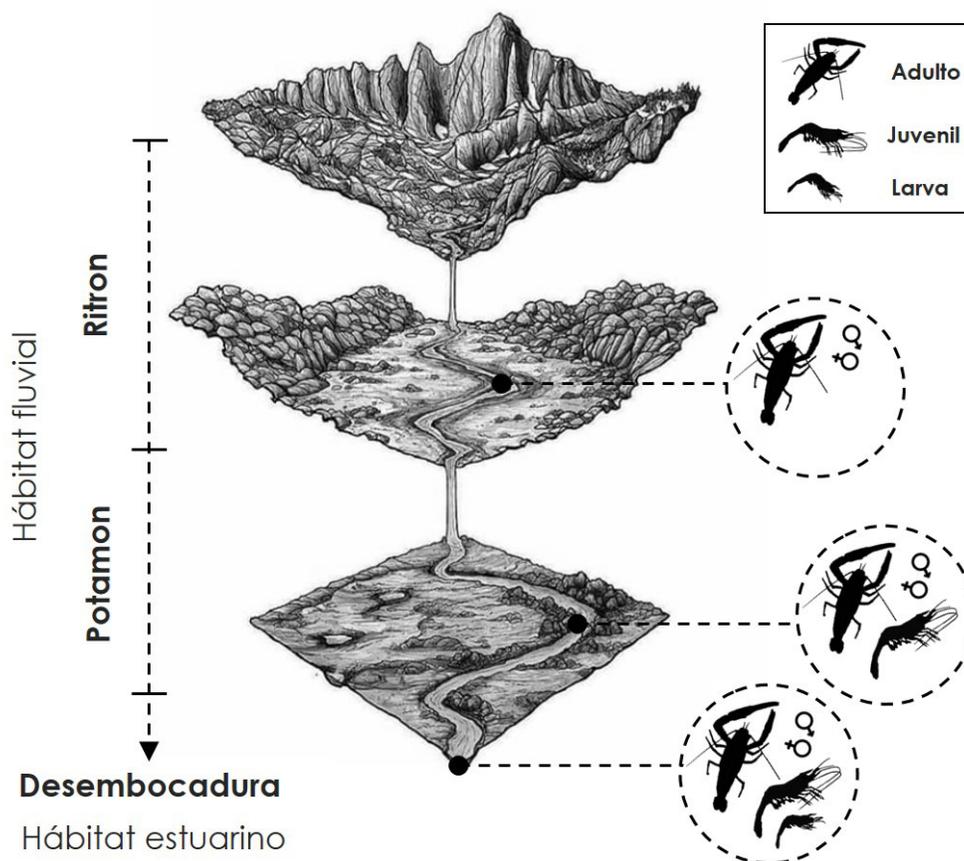


Figura 3. Representación de los patrones de distribución altitudinal de los estadios ontogénicos de *Cryphiops caementarius* en el sistema fluvial de una cuenca representativa del norte de Chile (ilustración de cuenca adaptada; fuente: <http://www.blazeskyka.com/>).

1.2. Estado de conservación

En gran parte de su rango de distribución, *C. caementarius* se encuentra sometido a una fuerte presión extractiva con fines comerciales, especialmente, en las cuencas de los ríos Lluta (~18°S; región de Arica y Parinacota), quebrada Camarones (~19°S; región de Arica y Parinacota), Huasco (~29°S; región de Atacama), Limarí (~30°S; región de Coquimbo) y Choapa (~31°S; región de Coquimbo) [2,5] (ver Fig. 2).

En estos lugares, no existe un manejo y regulación efectiva para esta actividad, que se desarrolla en hábitats altamente fragmentados y de gran vulnerabilidad ambiental dado el actual escenario de sequía, sobreexplotación de los recursos hídricos y permanentes conflictos socioambientales con la industria minera y agrícola en el norte de Chile [11,12]. Esto constituye una severa amenaza para la viabilidad de las poblaciones naturales, que en algunos casos ha mermado fuertemente su ocurrencia, como en las cuencas de los ríos Loa (~20°S; ca. regiones de Tarapacá y Antofagasta) y La Ligua (~32°S; región de Valparaíso) [12,13,14] (ver Fig. 2). Por este motivo, el Reglamento de Clasificación de Especies del MMA, clasifica a *C. caementarius* en la categoría de Vulnerable (VU), lo que significa que es una especie amenazada con una alta probabilidad de extinción en estado silvestre dentro de 100 años (ver <http://www.especies.mma.gob.cl/>).

1.3. Marco normativo vigente para la pesquería y acuicultura de camarones dulceacuícolas en Chile

Pesquería: La pesquería de *C. caementarius* es de libre acceso; no obstante, no es incluida como pesquería en la Resolución N°3115/2013 de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura que establece la nómina de pesquerías artesanales, de acuerdo con la LGPA. Por otro lado, su extracción es regulada mediante el D.S. N° 145 de 1986, el cual ajustó el período de veda desde el 01 de diciembre hasta el 30 de abril, período en el cual se prohíbe su extracción, tenencia, posesión, industrialización, comercialización y transporte. Respecto a la talla mínima de extracción, corresponde a 30 mm de Longitud cefalotorácica (LC), medida desde la órbita ocular derecha hasta el extremo posterior del cefalotórax

(ver Fig. 4). También quedan vedadas indefinidamente las hembras ovígeras, sobre las cuales la pesquería está prohibida y deben ser devueltas al río, aunque tengan la talla reglamentaria de captura. Respecto a las artes de pesca, se permite la caña, la atarraya y la captura manual. Para los efectos de control de la talla de extracción, el recurso debe transportarse y comercializarse entero (vivo, fresco o congelado), lo cual se debe acreditar mediante una guía de libre tránsito, otorgada por SERNAPESCA.

Acuicultura: El marco legal principal para desarrollar actividades de acuicultura de camarón corresponde a: LGPA N° 18.892 en su artículo 67, Inciso 4° y el Reglamento del Registro Nacional de Acuicultura, D.S. N° 499/94. Adicionalmente, se sugiere revisar la pertinencia del Reglamento de medidas de protección, control y erradicación de enfermedades de alto riesgo para las especies D.S. N° 319/01 y sus modificaciones y el RAMA, D.S. N° 320/01 y sus modificaciones.

El trámite a realizar permite obtener una autorización para desarrollar actividades de acuicultura, a centros que no cuenten con concesión y que se encuentren ubicados en terrenos de propiedad privada con captación de aguas continentales o marinas, o ubicados en aguas que nacen, corren y mueren en una misma propiedad. Este trámite podrán realizarlo personas naturales chilenas, o extranjeros con residencia definitiva en Chile y personas jurídicas que cuenten con los antecedentes legales de su constitución como organización o empresa. Existen dos documentos que son necesarios completar, en formato de formulario: 1) Registro Nacional de Acuicultura donde se solicita la inscripción del centro de cultivo, y 2) Proyecto Técnico de Centro de Cultivo ubicado en terrenos privados con abastecimiento de agua. Para este último se requiere: Identificación del solicitante; el tipo de solicitud (nueva); la identificación de o las especies a cultivar, el origen de las aguas a utilizar; antecedentes de la ubicación del proyecto (con coordenadas geográficas); número y dimensiones de las estructuras técnicas a instalar; tratamiento de aguas efluentes; programa de producción y RCA. Respecto del último requisito, la Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente N° 19.300 y el Reglamento del SEIA D.S. N° 40/2013, definen los proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental, en cualquiera de sus fases, y que deberán someterse al SEIA.

Para el caso de acuicultura de camarón en aguas continentales es aplicable los siguientes literales del Reglamento SEIA, n.3) Una producción anual igual o superior 35 toneladas tratándose de equinodermos, crustáceos y moluscos no filtradores, peces y otras especies, a través de un sistema de producción intensivo; y n.5) Una producción anual igual o superior a 8 toneladas), tratándose de peces; o del cultivo de microalgas y/o juveniles de otros recursos hidrobiológicos que requieran el suministro y/o evacuación de aguas de origen continental, marina o estuarina, cualquiera sea su producción anual. Considerando los avances y propuesta de desarrollo de acuicultura de camarón en Chile, ya sea que considere sistemas de cultivo con tecnología de recirculación de agua, acuíponía, o sistemas tradicionales, estos tipos de cultivos por sus dimensiones y niveles productivos proyectados, eventualmente, no requerirían someterse al SEIA.

Es importante indicar que en la actualidad se encuentra en fase final de tramitación, el Reglamento de APE, que se orienta a potenciar y facilitar el desarrollar la APE, incluida la de aguas continentales. Dentro de los ámbitos normativos que incorpora este reglamento, se encuentran el ambiental, sanitario, entrega de información y operación mínima, y registro APE.

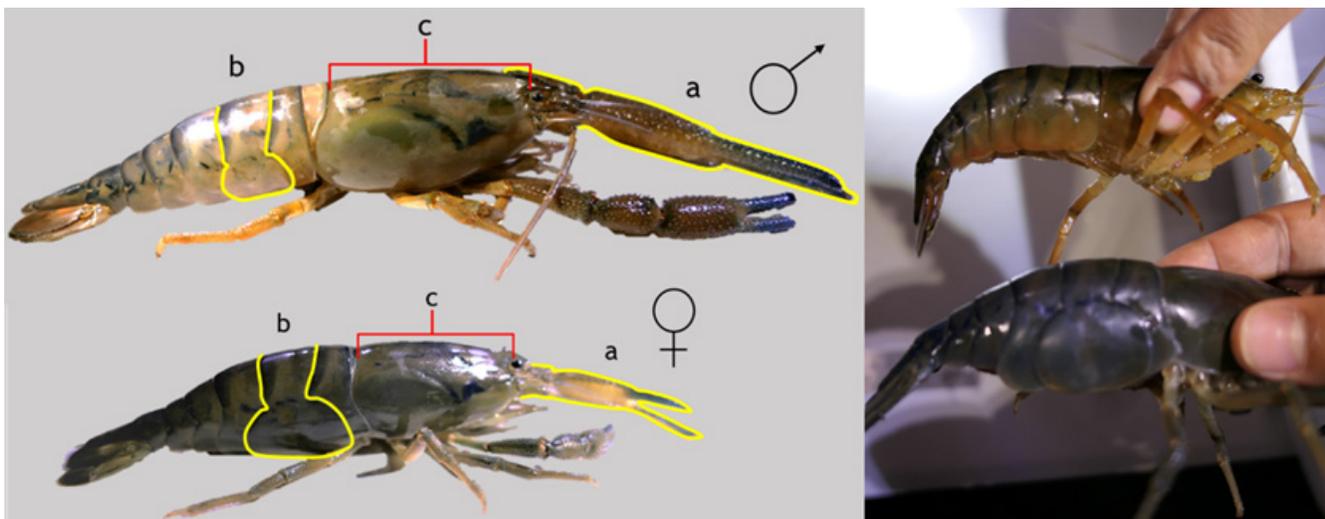


Figura 4. Morfología externa de especímenes macho y hembra de *Cryphiops caementarius*. Caracteres diagnósticos: a = quelípodo o quela, b = 2do segmento de abdomen. Talla de extracción: c = Longitud cefalotorácica (LC), desde la órbita ocular derecha hasta el extremo posterior del cefalotórax. En la foto derecha, compárese la cavidad abdominal más amplia del ejemplar hembra para transportar los huevos.

2. DIAGNÓSTICO

2.1. Actores del sistema relacionados con la actividad camaronera del Choapa

El trabajo colectivo y participativo entre entidades privadas y públicas ha demostrado mejorar la resiliencia y sostenibilidad del sector pesquero artesanal, y puede ser replicable en recursos hidrobiológicos continentales como el camarón de río del norte. De igual forma, la integración entre conocimiento científico y tradicional es vital para la consolidación de una estrategia que permitiría alcanzar objetivos económicos, de sustentabilidad del recurso y la actividad camaronera, así como, del desarrollo social de los usuarios directos.

2.1.1. Organizaciones de camaroneros

Actualmente los camaroneros de la provincia del Choapa están agrupados en dos organizaciones centralizadas, Asociación Gremial de Productores y Extractores de Recursos Dulceacuícolas del Choapa A.G (25 socios) (**Fig. 5**) y el Sindicato de Trabajadores Independientes Camaroneros del Choapa (37 socios) (**Fig. 6**), ambas conformadas por socios provenientes de la comuna de Illapel y las localidades de Tunga Norte, Doña Juana, Choapa Viejo y Limahuida. Durante el desarrollo del Programa, las organizaciones tuvieron una participación activa en las actividades y trabajos asociadas a los diferentes componentes del diagnóstico y plan de manejo.



Figura 5. Asociación Gremial de Productores y Extractores de Recursos Dulceacuícolas del Choapa A.G en dependencias de la Universidad Católica del Norte, Coquimbo.



Figura 6. Sindicato de Trabajadores Independientes Camaroneros del Choapa en dependencias de la Junta de Vecinos de la localidad de Doña Juana.

2.1.2. Gobernanza multisectorial del programa

Durante la ejecución del Programa se articuló una gobernanza asociada a la actividad camaronera del Choapa orientada a la colaboración estratégica para la conservación y manejo pesquero del recurso en la cuenca del río Choapa, bajo un enfoque multisectorial que integró la institucionalidad territorial, pesquera-acuícola, hídrica, y ambiental, indicadas a continuación:

ÁMBITO TERRITORIAL

- a) Gobierno Regional de Coquimbo:** Responsable del desarrollo social, cultural y económico, a través de una planificación desde el territorio y de una gestión de inversión para el mejoramiento continuo de la calidad de vida de la región.
- b) Delegación Presidencial Provincial del Choapa:** Responsable de proporcionar a la provincia del Choapa, los bienes, las prestaciones y servicios que establece las políticas establecidas por el Ministerio del Interior y Seguridad Pública.
- c) Municipalidad de Illapel:** Responsable del desarrollo socio-económico sustentable de la comuna.

ÁMBITO PESQUERO Y ACUÍCOLA

- d) IFOP:** Encargada de asesorar la toma de decisiones de la institucionalidad de pesca y acuicultura.
- e) SUBPESCA y Dirección Zonal de Pesca y Acuicultura (Atacama y Coquimbo):** Encargada de regular y administrar la actividad pesquera y acuicultura.
- f) SERNAPESCA:** Encargada de la fiscalización y gestión sanitaria de los recursos hidrobiológicos.
- g) UCN:** Encargada del desarrollo científico- técnico y transferencia tecnológica para la acuicultura del camarón.

ÁMBITO HÍDRICO



h) DOH: Encargada del aprovechamiento y protección de los recursos hídricos en cuencas hidrográficas.

i) DGA: Encargada de la gestión y administración de los recursos hídricos en cuencas hidrográficas.

j) JV Choapa: Encargada de la administración y distribución de las aguas superficiales de acuerdo a los derechos de aprovechamiento hídrico de los usuarios locales.

ÁMBITO AMBIENTAL



k) MMA: Encargada de la protección y conservación de la diversidad biológica y de los recursos naturales renovables e hídricos.



Primera reunión comité multisectorial programa camarón - Illapel, julio 2019.

Asociación gremial de productores y extractores de recursos dulceacuícolas del Choapa
Sindicato de trabajadores independientes camaroneros del Choapa



2.2. Estado ambiental de la cuenca del Choapa

2.2.1. Situación hídrica 2019 - 2021

La cuenca del río Choapa se localiza en la región semiárida del centro-norte de Chile (ver Fig. 2) y está fuertemente influenciada por prolongadas sequías durante verano y otoño, y un período de precipitaciones concentrada en invierno [9,10]. El contraste de estos hidroperíodos genera una alta variabilidad de los caudales medios mensuales, como los registrados durante el año 2019, donde se registró una mínima de $0,10 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ en enero-febrero (verano), y una máxima de $1,55 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ en junio (invierno). Mientras que el año 2020, los caudales fluctuaron con una mínima extrema de $0,01 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ en noviembre (primavera) y una máxima de $1,18 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ en julio (invierno) (Fig. 7).

Actualmente, la provincia del Choapa se encuentra enfrentando la peor sequía de la última década en la zona centro-norte del país, lo que ha generado problemas para asegurar el abastecimiento hídrico para consumo humano. Por este motivo, el MOP declaró zona de escasez hídrica para la región de Coquimbo durante el período 2019-2021 (Decreto MOP N°68, N°156, N°2), condición que además ha sido acentuada por los cambios ambientales de gran escala producto del cambio climático, como la elevación de las isotermas que han reducido los depósitos nivales en la Cordillera de Los Andes y alteraciones en el régimen de precipitaciones [15,16]. Dichos factores repercuten negativa y directamente sobre el caudal hídrico, y por consecuencia, sobre la cantidad y calidad de los hábitats utilizados por la biota acuática nativa, como las poblaciones locales de *C. caementarius* [12].

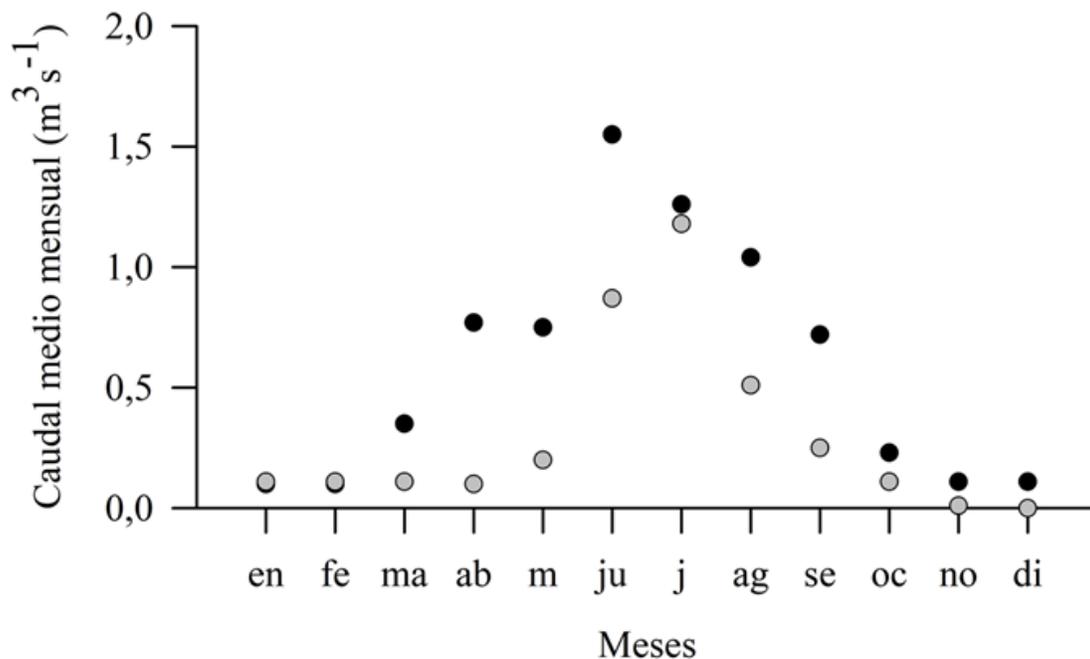


Figura 7. Variación espacio-temporal del caudal hídrico ($\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$) en el río Choapa durante el período 2019-2020. Círculos negros = 2019, círculos grises = 2020. (Fuente: estación fluviométrica Puente Negro, Dirección General de Aguas - DGA; ver <https://www.dga.mop.gob.cl/>).

2.2.2. Caracterización fluvial

Al igual que todos los ecosistemas, los ríos se caracterizan según su estructura (e.g., características del hábitat fluvial, comunidades de organismos) y funcionamiento (e.g., calidad de agua, caudales). La integración de ambos factores permite evaluar el estado ambiental en el que se encuentra el cuerpo de agua. En relación a lo anterior, en la cuenca del río Choapa se estudiaron las condiciones hidráulicas, ecológicas, y biológicas; con la finalidad de evaluar las condiciones de habitabilidad de *C. caementarius* en la cuenca y la relación de dichas condiciones con las poblaciones naturales del lugar.

El estudio se ejecutó en ocho sitios de muestreo estratificados altitudinalmente (metros sobre el nivel medio del mar; msnm) en las zonas baja (sitios 1, 2 y 3; ~0–250 msnm), media (sitios 4, 5 y 6; ~ 250–500 msnm) y alta (sitios 8 y 9; ~ 500–800 msnm) (**Fig. 8 y Fig. 9**), durante otoño (abril 2019), invierno (julio 2019), primavera (octubre 2019) y verano (enero 2020) (**Fig. 7**). Estos sitios dicen relación con los principales lugares de extracción de camarones, y los patrones de distribución espacial de los diferentes estadios ontogénicos de *C. caementarius* (**ver Fig. 3**). Los sitios fueron seleccionados a partir de prospecciones del área de estudio junto a las organizaciones de camaroneros. Cada sitio de muestreo consistió en un tramo aproximado de 50 m de longitud paralelo al eje fluvial; de este modo se abarca los diferentes hábitats bentónicos (e.g., rápidos, remansos, riberas) para mejor representatividad del ambiente fluvial.

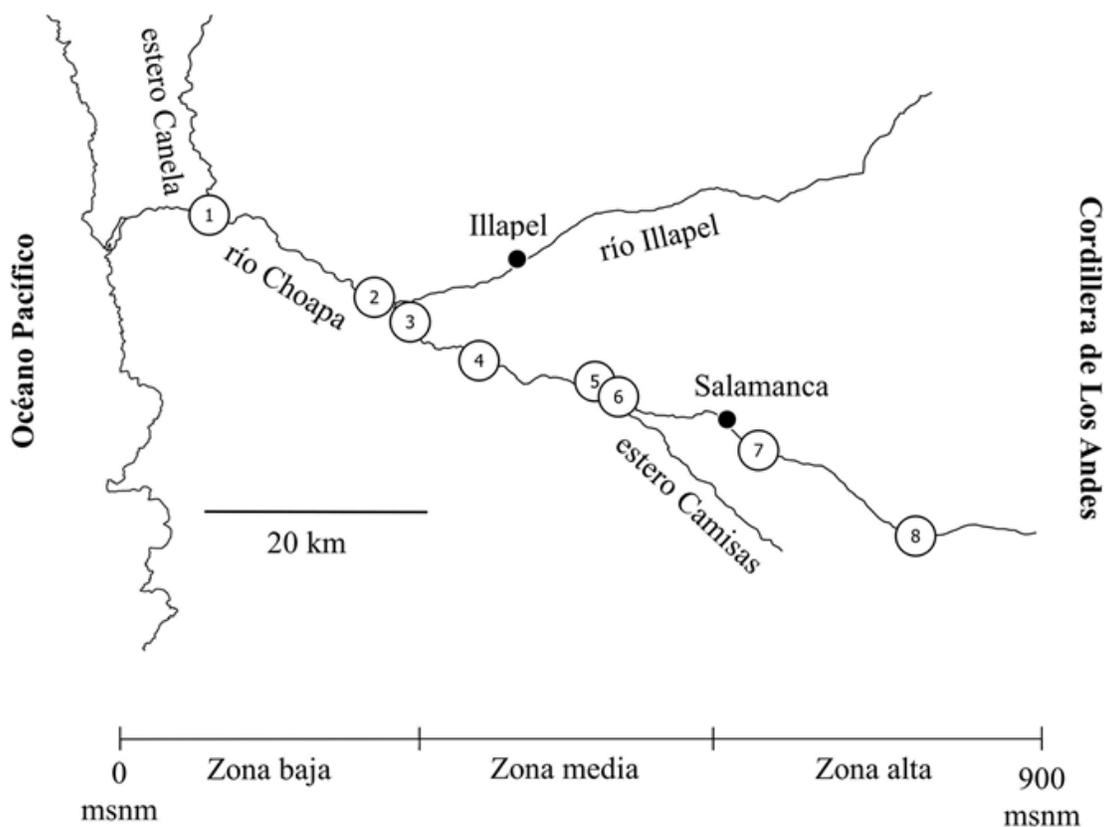


Figura 8. Localización espacial de los sitios de muestreo en la cuenca del río Choapa. Zona baja: 1 = Mincha, 2 = Confluencia, 3 = Puente Negro; Zona media: 4 = Pintacura, 5 = Mal Paso, 6 = Camisas; Zona alta: 7 = Higuierilla, 8 = Coirón

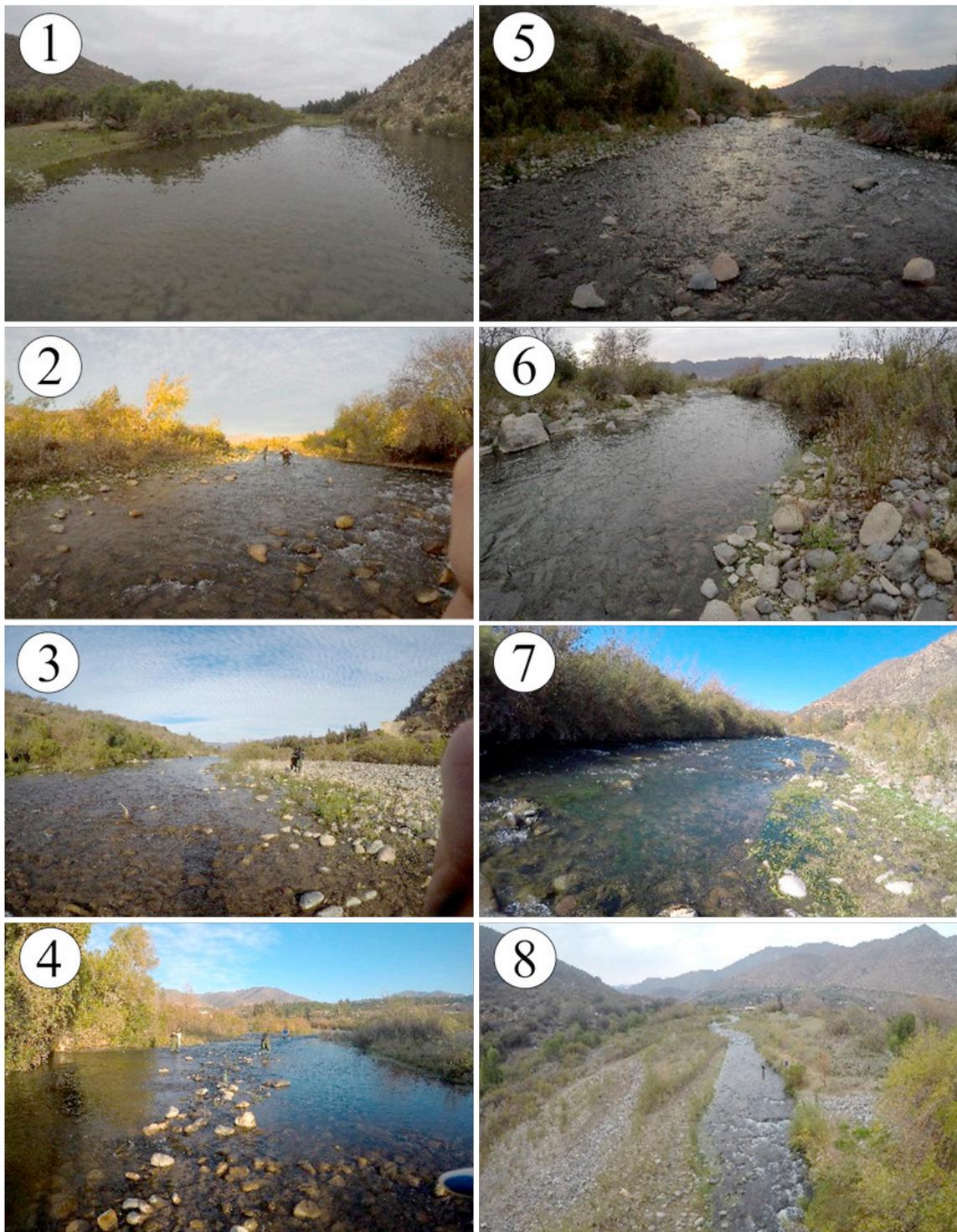


Figura 9. Entorno fluvial de los sitios de muestreo. Zona baja: 1 = Mincha, 2 = Confluencia, 3 = Puente Negro; Zona media: 4 = Pintacura, 5 = Mal Paso, 6 = Camisas; Zona alta: 7 = Higuerrilla, 8 = Coirón.

Índice Fitobiológico de macrófitas acuáticas: Este índice evalúa la intervención antrópica del cuerpo de agua, a través del rango de proporción de macrófitas acuáticas introducidas [17] y el valor indicador de tolerancia de nitrógeno en el sustrato donde crece [18]. Las categorías de intervención antrópica corresponden a cuatro rangos: 0-13 % (sin intervención), 14-20 % (poco intervenido), 21-30 % (medianamente intervenido), 31-100 (altamente intervenido). El rango de valores fluctúa entre 0 y 9; las especies con valores entre 0 corresponden a aquellos que crecen en sustratos pobres en Nitrógeno, a la vez que un valor entre 7 y 9 corresponde a aquellas plantas que crecen en ambientes ricos en nitrógeno y/o eutrofizados. La integración de ambos resultados permite conocer el estado ecológico del hábitat fluvial de *C. caementarius* (ver Tablas 1, 2 y 3 en Material Suplementario). Las riberas del río Choapa, están dominadas por algas verdes filamentosas (*lana*), *Baccharis* spp. (*chilca*), *Myriophyllum* spp. (*pinito de agua*), *Nasturtium officinale* (*berro de agua*), *Hydrocotyle* spp. (*hierba de la plata*) y *Ludwigia peploides* (*clavito de agua*) (Fig. 10). La mayoría de estas especies son invasoras e indicadoras de ambientes eutrofizados (*i.e.*, alta carga de materia orgánica), por lo que *C. caementarius* ocurre en un ecosistema que presenta un alto grado de intervención antrópica, aunque, por otra parte, las mismas son utilizadas como refugio, en especial para los estadios juveniles (Fig. 10).

Índice Biótico de Familia de macroinvertebrados bentónicos: Este índice evalúa la calidad de agua y grado de perturbación antrópica, a través del rango de tolerancia de cargas de materia orgánica que presentan las diferentes familias de macroinvertebrados bentónicos [19, 20]. El rango de tolerancia fluctúa entre 0 y 10; las familias con valores de 0 corresponden a aquellos que son intolerantes a las cargas de materia orgánica, a la vez que un valor de 10 corresponde a aquellos organismos que son muy tolerantes. Las categorías corresponden a cinco clases: clase I (0-3,75; bueno/no perturbado), clase II (3,76-4,63; Bueno/moderadamente perturbado), clase III (4,64-6,12; regular/perturbado), clase IV (6,13-7,25; malo/muy perturbado), clase V (7,26-10; muy malo/fuertemente perturbado). En general, todos los sitios presentan condiciones de hábitat perturbados y calidad de agua desfavorable; clase III, IV y V (Fig. 11).

Índice de Hábitat Fluvial: Este índice valora la capacidad del ambiente fluvial para albergar biota acuática [21,22,23], a través de la evaluación y asignación de puntaje de 7 variables biofísicas: a) inclusión de rápidos y pozas (máx. 10 puntos), b) frecuencia de rápidos (máx. 10 puntos), c) composición de sustrato (máx. 20 puntos), d) profundidad de la columna de agua y velocidad de flujo (máx. 10 puntos), e) porcentaje de sombra en el cauce (máx. 10 puntos), f) elementos de heterogeneidad (máx. 10 puntos), g) cobertura de macrófitas acuáticas (máx. 30 puntos); la suma total de estas variables no puede superar los 100 puntos. Las categorías corresponden a cuatro clases: clase I (100-81; muy bueno/heterogéneo), clase II (80-61; bueno/relativamente heterogéneo), clase III (60-41; regular/homogéneo), clase IV (40-0; malo/muy homogéneo). En general, todos los sitios evaluados presentan condiciones de hábitat aceptables, cuya vegetación y heterogeneidad de sustratos ofrecen una buena calidad de habitabilidad; clase I y II (Fig. 12).

Índice de Estrés Hidráulico: En cada sitio de muestreo se seleccionaron tres hábitats bentónicos que representaron la heterogeneidad del tramo fluvial. Posteriormente, se estimó la profundidad total de la columna de agua y la velocidad de flujo hídrico (m/s). A partir de estos datos, se calcula el número de Froude (FROU) [24], donde $FROU = U / (g D)^{0,5}$, U = velocidad media de la corriente hídrica, g = fuerza gravitacional ($9,8 \text{ m s}^{-2}$) y D = profundidad media del agua. Los valores fluctúan entre 1 y 2, es decir sitios con valores altos (más cercanos a 2), corresponden a zonas turbulentas y/o mayor velocidad de corriente. Todos los sitios presentaron una disminución significativa en los valores de estrés durante enero 2020 (verano); valores que reflejan el escenario de escasez hídrica del río Choapa. En general, la zona baja de la cuenca presenta los valores de menor estrés hidráulico, en contraste con las zonas media y alta (Fig. 13 y Fig. 14).

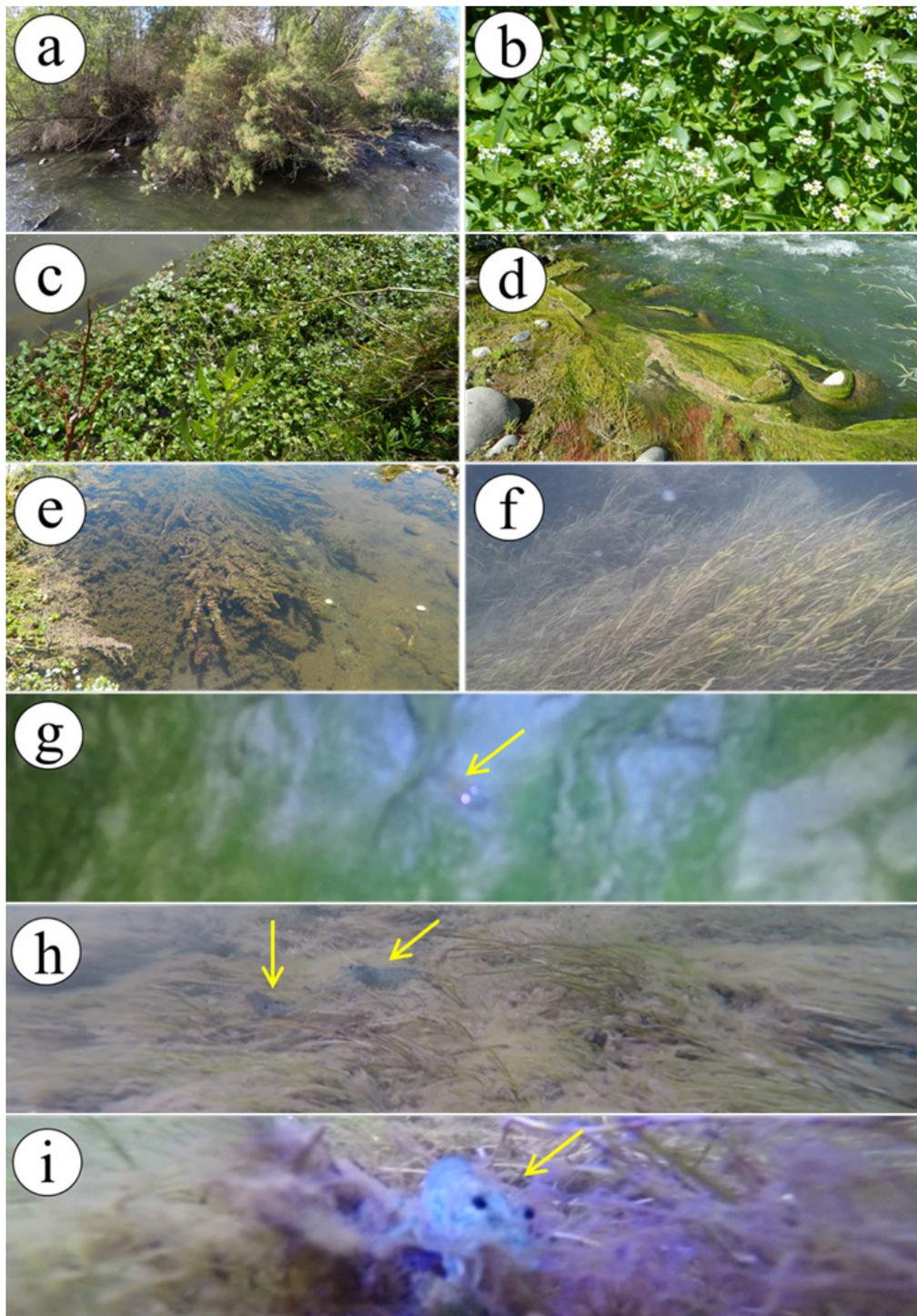


Figura 10. Macrófitas acuáticas de las riberas del río Choapa. (a) *Baccharis* spp., (b) *Nasturtium officinale*, (c) *Hydrocotyle* spp., (d) algas verdes filamentosas, (e) *Myriophyllum* spp., (f) *Zannichellia palustris*. Macrófitas como hábitat de camarones (flechas amarillas). (g) registro nocturno de ejemplar juvenil entre algas filamentosas del sector de Mincha, (h) e (i) ejemplares entre plantas de *Z. palustris* del sector Los Loros.

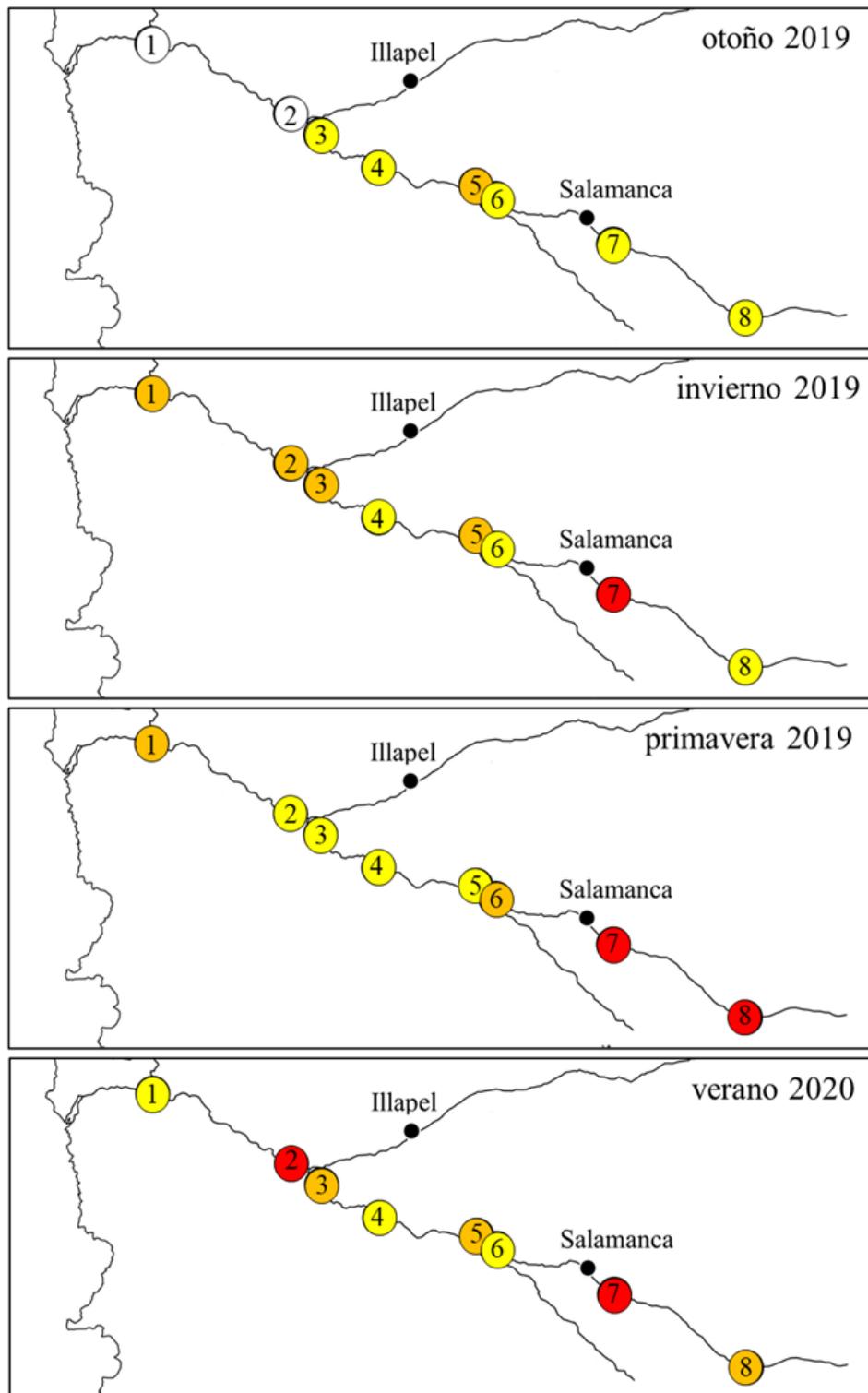


Figura 11. Variación espacio-temporal del Índice Biótico de Familia de macroinvertebrados bentónicos en la cuenca del río Choapa durante el período 2019-2020. ver sitios en **Fig. 8 y Fig. 9**. Círculos de color = calidad de agua/grado de perturbación. Amarillo = regular/perturbado, naranja = malo/muy perturbado, rojo = muy malo/fuertemente perturbado, sin color = sin dato.

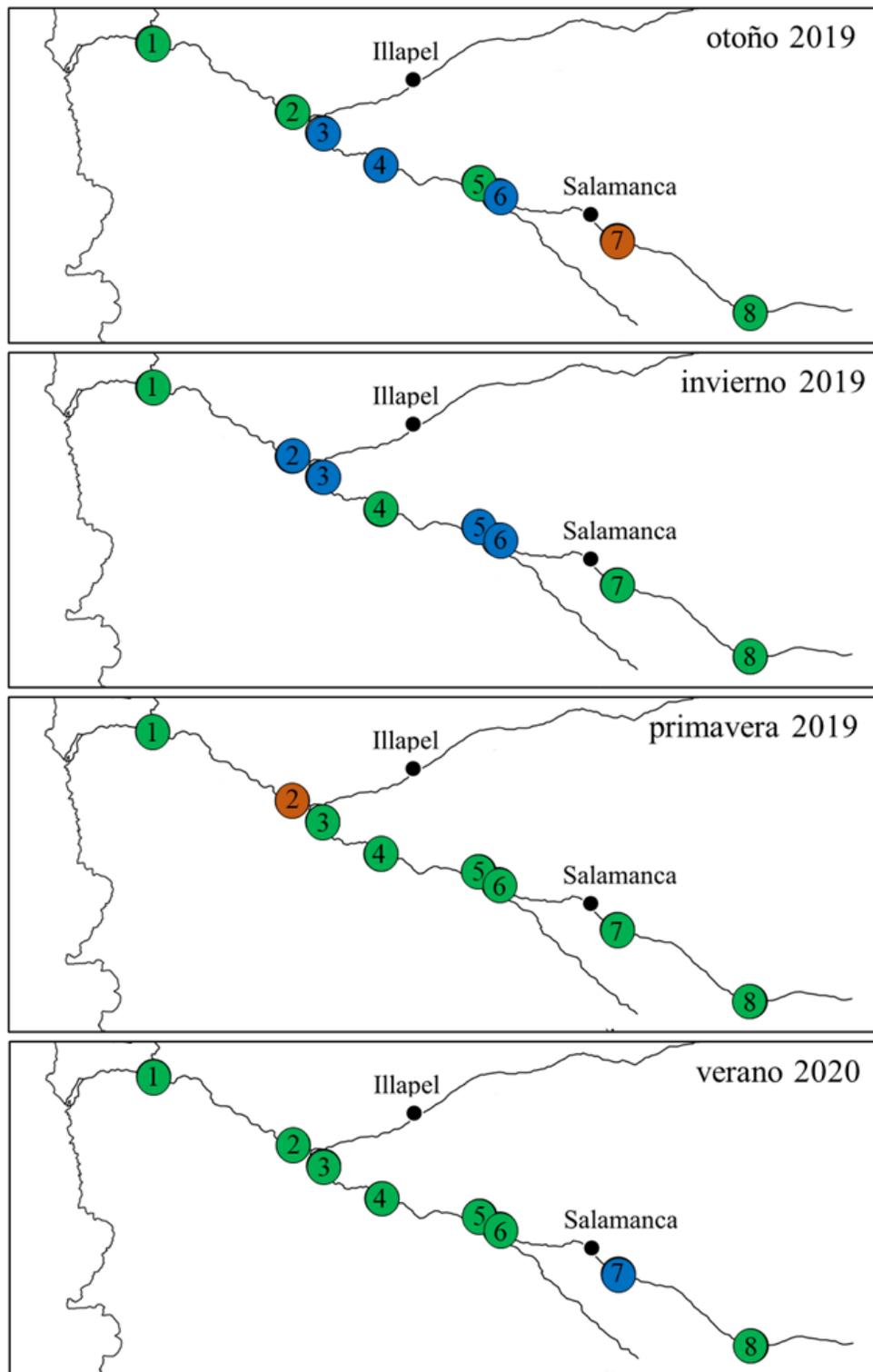


Figura 12. Variación espacio-temporal del Índice de Hábitat Fluvial en la cuenca del río Choapa durante el período 2019-2020. Ver sitios en **Fig. 8 y Fig. 9**. Círculos de color = calidad de hábitat/diversidad de hábitat. Azul = muy bueno/heterogéneo, verde = bueno/relativamente heterogéneo, café = regular/homogéneo.

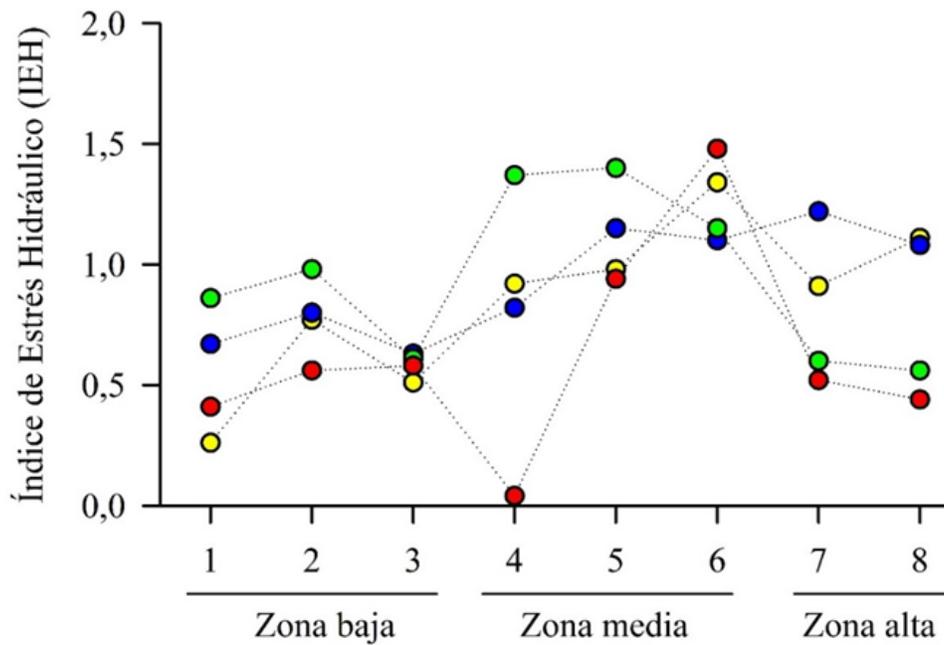


Figura 13. Variación espacio-temporal del Índice de Estrés Hidráulico en la cuenca del río Choapa durante el período 2019-2020. Ver sitios en **Fig. 8 y Fig. 9**. Amarillo = otoño 2019, azul = invierno 2019, verde = primavera 2019, rojo = verano 2020. Nótese la escasa variación estacional en el sitio 3.



Figura 14. Variación estacional del espejo de agua en dos sitios de muestreo (2 y 4) del río Choapa. Compárese con los valores de estrés hidráulico presentados en la **Fig. 13**.

2.3. Ecología y pesquería del camarón del norte

2.3.1. Conocimiento tradicional

El conocimiento tradicional se refiere al conocimiento que las personas adquieren a través de la experiencia cotidiana y su vinculación con su ambiente, lo que genera con el tiempo una apreciable cantidad de información, la cual es transmitida de generación en generación [25]. Para recoger y poner en valor este tipo de conocimiento, se elaboraron y aplicaron entrevistas semiestructuradas a camaroneros (Fig. 15), respecto a dos temas centrales de la historia natural de *C. caementarius* en la cuenca del río Choapa, la primera de ellas, relacionada con los aspectos reproductivos y ecológicos (Tabla 1), y la segunda, relacionada con los aspectos poblacionales y pesqueros (Tabla 2).



Figura 15. Jornadas de recopilación de conocimiento tradicional junto a organizaciones de camaroneros del Choapa. Sindicato de Trabajadores Independientes Camaroneros del Choapa (fotos superiores) y Asociación Gremial de Productores y Extractores de Recursos Dulceacuícolas del Choapa (fotos inferiores).

Tabla 1.

Conocimiento tradicional de los usuarios sobre aspectos reproductivos y ecológicos de *Cryphiops caementarius* en la cuenca del río Choapa.

Proceso reproductivo (ecuevamiento) (descripción y distribución altitudinal)	Relación numérica entre macho y hembras	Rango de tallas involucrado	Duración del proceso
	1:8 -1:20, depende del tamaño del refugio y del tamaño del macho.	Machos: 5 a 20 cm. Hembras: 5 a 12 cm (Longitud Total).	No tienen antecedentes de la duración particular del proceso, aunque indican que es común ver el proceso los meses de verano de cada año.
	¿Durante que meses lo ha observado?	Zonas de observación del proceso	Principal característica del sector
De diciembre a marzo de cada año. Puede variar dependiendo de la disponibilidad de agua por deshielos y lluvias.	Es más frecuente ver cuevas en las zonas bajas del río (< 250 msnm), luego en sectores medios y muy pocas en zona altas (>750 msnm).	Las cuevas principalmente están estructuradas por montículos de piedras de mediano tamaño (bolones) y algo de vegetación.	
Observaciones relevantes: La turbidez favorece el encuevamiento. Primero llega el macho y acondiciona la cueva, luego llevan las hembras, mudan y copulan con el macho. La entrada de la cueva es pequeña y esta limpia de gravilla cuando hay camarones. El proceso no es frecuente en aguas muy heladas. El macho se alimenta poco, se pone flaco.			
Hembras con huevos y juveniles (descripción y distribución altitudinal)	Meses cuando se observan la mayor cantidad de hembras con huevos	Principales zonas donde se encuentran las hembras con huevos	Indique el rango de talla de las hembras con huevos
	Diciembre, enero y febrero de cada año. Puede variar dependiendo de la disponibilidad de agua por deshielos y lluvias.	Zona Baja: Huentelauquén, Chipana, Mincha y Tunga. Zona media: Confluencia y Runge. Se observan en las cuevas, aunque también fuera de ellas, especialmente de noche.	Entre 5 a 20 cm de Longitud Total.
	Meses en que ha observado mayor cantidad de juveniles (< 30 mm LCT)	Zonas de distribución: Alta, Media, Baja	Características del sector
Agosto, septiembre y octubre. Aunque en la zona baja, estos individuos están presentes la mayor parte del año.	Se encuentran en todas las zonas, pero hay más en la zona baja, luego zona media y pocas en la zona alta del río.	Los camarones más pequeños se refugian entre bolones y en vegetación más a la orilla del río y los más grandes en refugios similares hacia el centro del río.	
Observaciones relevantes: La mayoría se van a desovar afuera y se meten a otras cuevas y otras se quedan y desovan ahí mismo. En general dudan que exista necesariamente la migración hacia las zonas bajas del río para desovar.			
Aspectos tróficos y de habitat (depredación, alimentación, refugio)	Principales depredadores observados	Conducta y mecanismo de escape contra depredadores	
	Garza común, Garza overa, pato yeco, pato de río, huairao, carpas y truchas, esta última de efecto devastador, especialmente presente en la zona alta del río Illapel.	De día permanece en refugios entre rocas, raíces o troncos de árboles y arbustos presentes a orillas del río (ej. Sauce, chilcas). Los machos usan la tenaza para defenderse y cazar. Usan las antenas como sensores. Es más fácil atraparlos cuando están con las antenas bajas.	
	Mencione la principal dieta	La dieta varía durante el año	
Animales muertos, pejerreyes, bagres, también raspan las piedras. Ocasionalmente, se canibalismo en las cuevas y refugios (grande se come al chico).	Comen lo que hay disponible. Ej. el verano hay más pejerreyes y se les ve cazándolos.		
Observaciones relevantes: La canalización del cauce del río provoca mortalidad al secar partes del río. Durante el proceso reproductivo los camarones se alimentan de los exoesqueletos que las hembras que mudan en el proceso.			

Tabla 2.

Conocimiento tradicional de los usuarios sobre aspectos poblacionales y pesqueros de *Cryphiops caementarius* en la cuenca del río Choapa.

Aspectos poblacionales (abundancia y distrib. altitudinal)	Mencione las zonas de mayor abundancia histórica	Mencione las zonas de mayor abundancia en la actualidad	¿Hasta donde han observado camarones en la zona alta del río?
	Río Illapel : En zona media del río entre Puente Máquina y Confluencia. Río Choapa: Entre Mincha y Chipana.	Río Illapel: En zona media del río antes de Confluencia. Río Choapa: Entre Mincha y Tunga	Río Illapel: En Cárcamo/Huintil. Río Choapa: Coirón/Chillepin.
	¿En que zonas del río y época del año se observan los camarones más grandes?	Estrategia de escape a la sequía y al hombre	
	Los camarones más grandes son machos y se observan en el verano, en la parte alta y media del río.	La mayoría cree que poca agua el camarón muere cocido y ahogado. Otros creen que cuando hay sequía, se entierran y luego cuando vuelve el agua se activan. El camarón se pone en veda cuando el agua está turbia, no se puede pillar.	
Observaciones relevantes: Los embalses Corrales y El Bato, afectan la regularidad natural de los ciclos de turbidez por deshielo del agua del río. Antes, había muchos más días de agua turbia después con los embalses hay más días de agua clara en el año, lo que aumenta los días que se puede trabajar en el río. Eso es bueno para camaroneros pero malo para los camarones.			
Aspectos de la pesquería	Mencione las principales zonas históricas de extracción	Mencione las principales zonas actuales de extracción	¿Hasta dónde extraen camarón aguas arriba?
	Zona Baja: Mincha y Tunga. Zona media: Confluencia, Puente Negro, hasta Los Loros. Zona Alta: Higuera, Quebrada Canelillo, el Quique, Puente Salamanca.	Zona Baja: Mincha y Tunga. Zona media: Confluencia y Puente Negro. Zona Alta: Puente Salamanca.	Río Illapel: Entre Puente Máquina y Confluencia. Río Choapa: Puente Salamanca.
	Rendimientos de pesca actuales actuales	Rango de precios	Destino
	Zona Baja: Mincha: 2 a 4 kilos/ 3 a 4 hrs de trabajo. Zona Media: Confluencia: 4 a 5 kilos /3 hrs de trabajo. Puente negro: 3 a 4 kilos /3 hrs de trabajo.	Entre \$12.000 y \$15.000/Kilo	Principalmente mercado local a particulares (familias). Algunas ventas a restaurantes de Santiago.
Observaciones relevantes: Se han perdido importantes zonas de extracción por cierre del acceso al río (Siembra de paltos).			
Sugerencias para la siembra y principales amenazas	Sectores sugeridos para la siembra	Talla y número de los individuos	Época y momento de la siembra
	En sectores altos y medios del río: Chillipin, Puente Coirón, Camisa, Puente negro.	5 a 6 cm de longitud total (aprox. 2 cm LCT). Más pequeños son muy vulnerables. 50.000 individuos mínimo.	Octubre a febrero (época de turbias), en la tarde.
	Principales amenazas para el recurso		
	Sequía, contaminación (metales pesados, pesticidas, basura), canalización legal, bocatomas, extracción de agua ilegal (pozos y camiones), extracción de áridos y pesca ilegal, los embalses.		
Observaciones relevantes: Los individuos de laboratorio que se van a sembrar deben estar adaptados a lo que se van a enfrentar.			

2.3.2. Condición poblacional

Prospecciones realizadas en conjunto con los camaroneros durante el año 2019, desde el humedal costero y sitio Ramsar Salinas de Huentelauquén en la desembocadura del río Choapa hasta los 1400 msnm por los ríos Illapel y Choapa, pasando por los esteros Canela y Camisas indicaron que las poblaciones de *C. caementarius* están restringidas a las zonas altitudinales baja y media del río Choapa, específicamente hasta los 402 msnm (ca. sector Tahuinco) (Fig. 16).

En estas zonas, se estudió la condición poblacional de *C. caementarius* a través de la metodología de evaluaciones directas descrita por Wasiw y Yépez (2015) para las cuencas costeras del Perú. No obstante, esta metodología se adaptó a las cuencas semiáridas de Chile, debido que estas últimas se encuentran afectadas por prolongadas sequías y corresponden a unidades hidrográficas con dinámicas hidrológicas diferentes (e.g., menor caudal). Estas evaluaciones se realizaron de manera estacional y simultánea a la caracterización fluvial descrita en Sección 2.2.2.

En cada sitio de muestreo se establecieron 3 a 4 transectos de 200 m paralelos al eje fluvial, las cuales fueron recorridas contracorriente por los camaroneros, a través de dos métodos de captura, "garceo" y recolección dirigida, extrayendo todos los camarones que le fueron posible capturar (Fig. 17). Una vez recorrido los transectos, se registró el tiempo de duración y se depositaron los camarones capturados en recipientes previamente asignados a cada camaronero. Para cada individuo se estimó el peso (g), sexo (macho o hembra) y longitud cefalotorácica (LC; mm) (Fig. 17). Con esta información se graficaron histogramas de frecuencia para determinar la composición de tallas y proporción relación hembra/macho.

Para cada sitio de muestreo se estimó la superficie de barrido multiplicando los metros lineales recorridos (200 m) por el promedio de tres mediciones del ancho del tramo fluvial (m) (ver Tablas 1, 2 y 3 en Material Suplementario). A partir de estos resultados se estimó la densidad (ind m^{-2}), biomasa (g m^{-2}) y la CPUE (kg h^{-1} e ind h^{-1}) por camaronero.

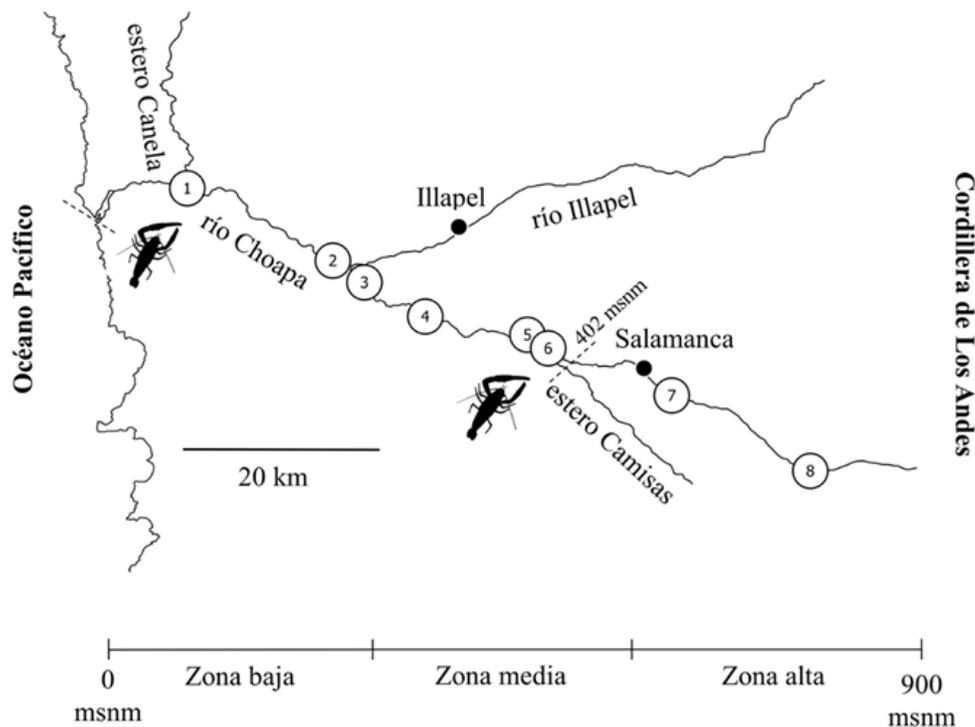


Figura 16. Rango de distribución altitudinal de *Cryphiops caementarius* en la cuenca del río Choapa. Nótese su ausencia en la zona altitudinal alta de la cuenca. Ver sitios en Fig. 8 y Fig. 9



Figura 17. Extracción de camarones a través del método diurno de recolección dirigida (a) y método nocturno de buceo o "garceo" (b). Para ambos casos los camaroneros recorrieron transectos (líneas blancas) paralelas al eje fluvial (c y d) y posteriormente se realizaron mediciones morfométricas de los individuos capturados (e y f). Sindicato de Trabajadores Independientes Camaroneros del Choapa (fotos izquierdas) y Asociación Gremial de Productores y Extractores de Recursos Dulceacuícolas del Choapa (fotos derechas).

La mayor captura de camarones fue registrada en el sitio de Mincha (zona baja), mientras que la menor, en el sitio de Mal paso (zona media) (**Tabla 4 en Material Suplementario**). En cuanto a los patrones de longitud cefalotorácica, en general, éstos mostraron un incremento altitudinal hacia la zona media de la cuenca, donde sus poblaciones presentaron mayores tallas que las poblaciones presentes en la zona baja (**Fig. 18**). Respecto al peso promedio (g), se registraron diferencias significativas relacionadas con el gradiente altitudinal, siendo menores los valores de Mincha y mayores los valores de Malpaso.

La biomasa resultó ser significativamente menor en Malpaso (**Fig. 19**). Respecto a los estimadores de densidad y CPUE (Ind h⁻¹), Mincha fue significativamente mayor en ambos, y Malpaso, el menor. Los resultados no

mostraron diferencias significativas en cuanto al factor "estación del año", pero si para el factor "sitio", excepto en el estimador CPUE (Kg h⁻¹) que no mostró diferencias para ningún factor.

La mayor proporción de hembras durante las cuatro estaciones del año, se registró en Confluencia y durante el verano en Mincha (**Fig. 20**). Los camarones de menor tamaño (rango de 13.1 y 19.5 mm de LC) se registraron en verano en el sitio de Mincha con un 31.8 % (21 individuos) de las capturas, durante el verano en Pintacura y Camisas (zona media) y, durante el invierno en Puente Negro (**Fig. 21**). Esto podría indicar que en zonas cercanas a estos sitios pueden existir zonas de reclutamiento de camarones. En Camisas durante el otoño se registró la captura de mayor talla con una LC de 77,8 mm.



Ejemplares de camarones adultos de talla comercial recolectados del río Choapa

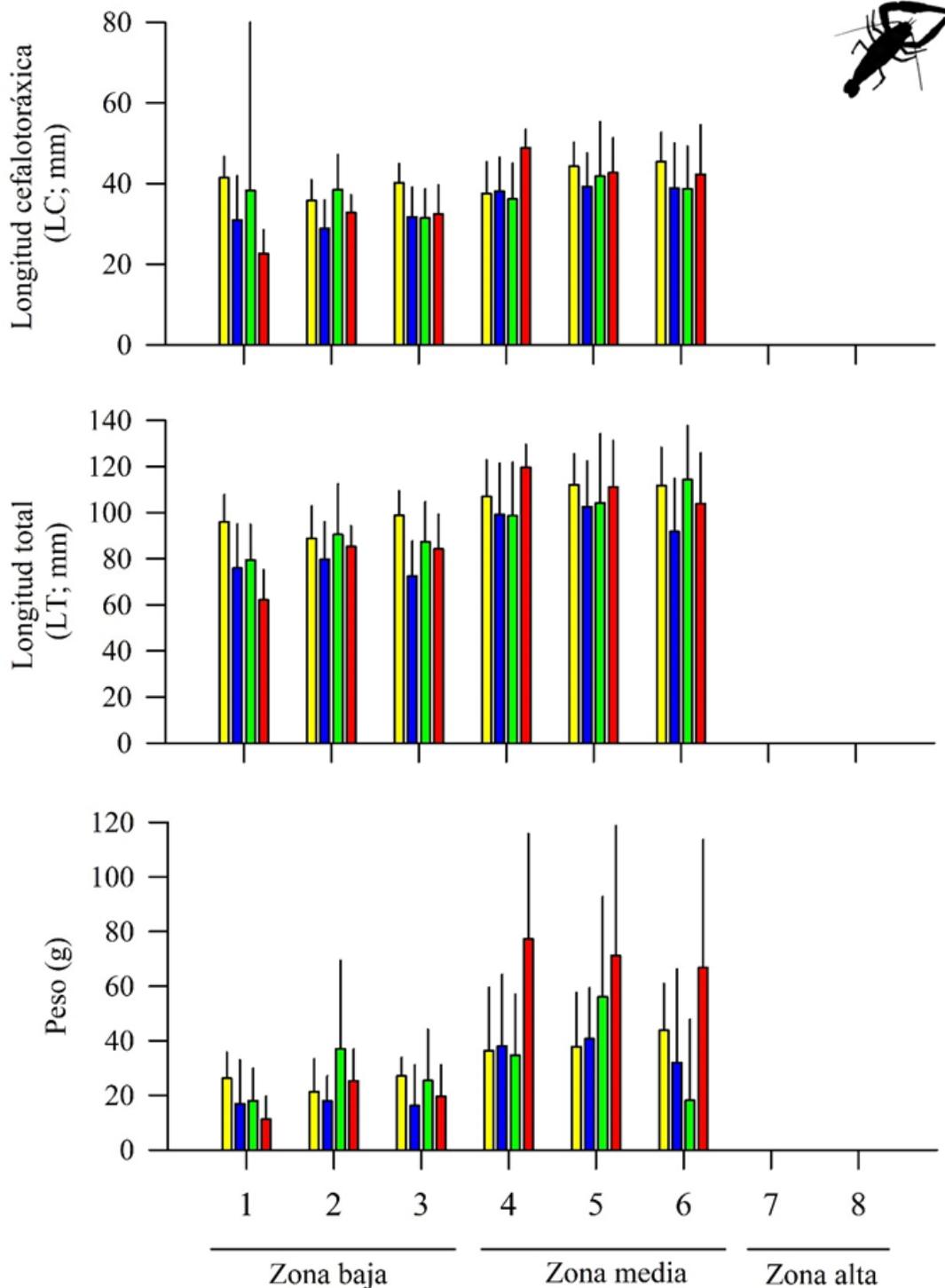


Figura 18. Longitud cefalotorácica (LC) y total (LT) (mm), y peso total (g) de *Cryphiops caementarius* registradas estacionalmente en los sitios de muestreo de las zonas altitudinales baja y media de la cuenca del río Choapa (ver sitios en **Fig. 8 y Fig. 9**). Amarilla = oño 2019, azul = invierno 2019, verde = primavera 2019, rojo = verano 2020. Valores representan el promedio (\pm desviación estándar).

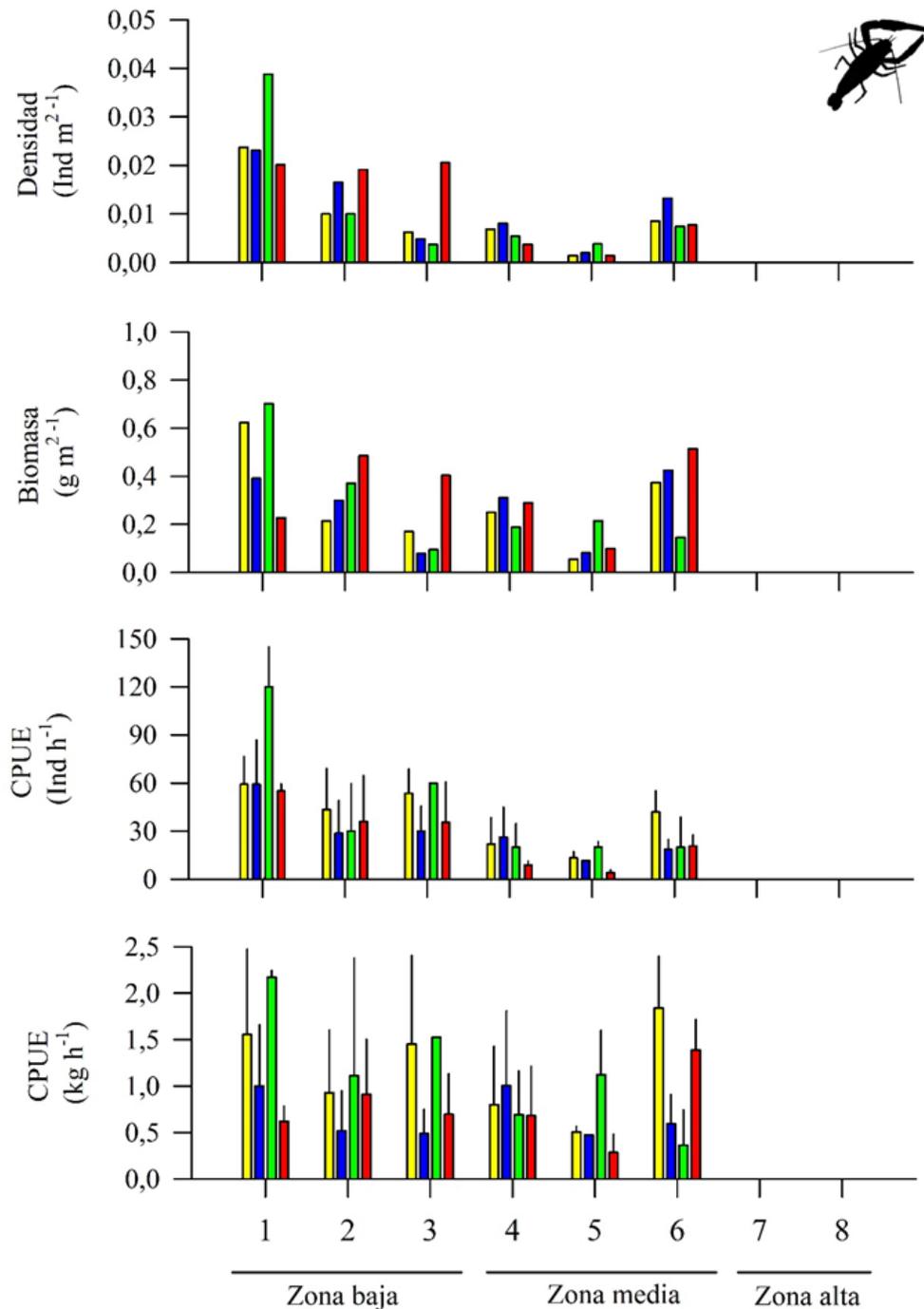


Figura 19. Densidad (ind m⁻²), biomasa (g m⁻²) y CPUE (ind h⁻¹; kg h⁻¹) de *Cryphiops caementarius* registradas estacionalmente en los sitios de muestreo de las zonas altitudinales baja y media de la cuenca del río Choapa (ver sitios en Fig. 8 y Fig. 9). Amarillo = otoño 2019, azul = invierno 2019, verde = primavera 2019, rojo = verano 2020. Valores representan el promedio (\pm desviación estándar).

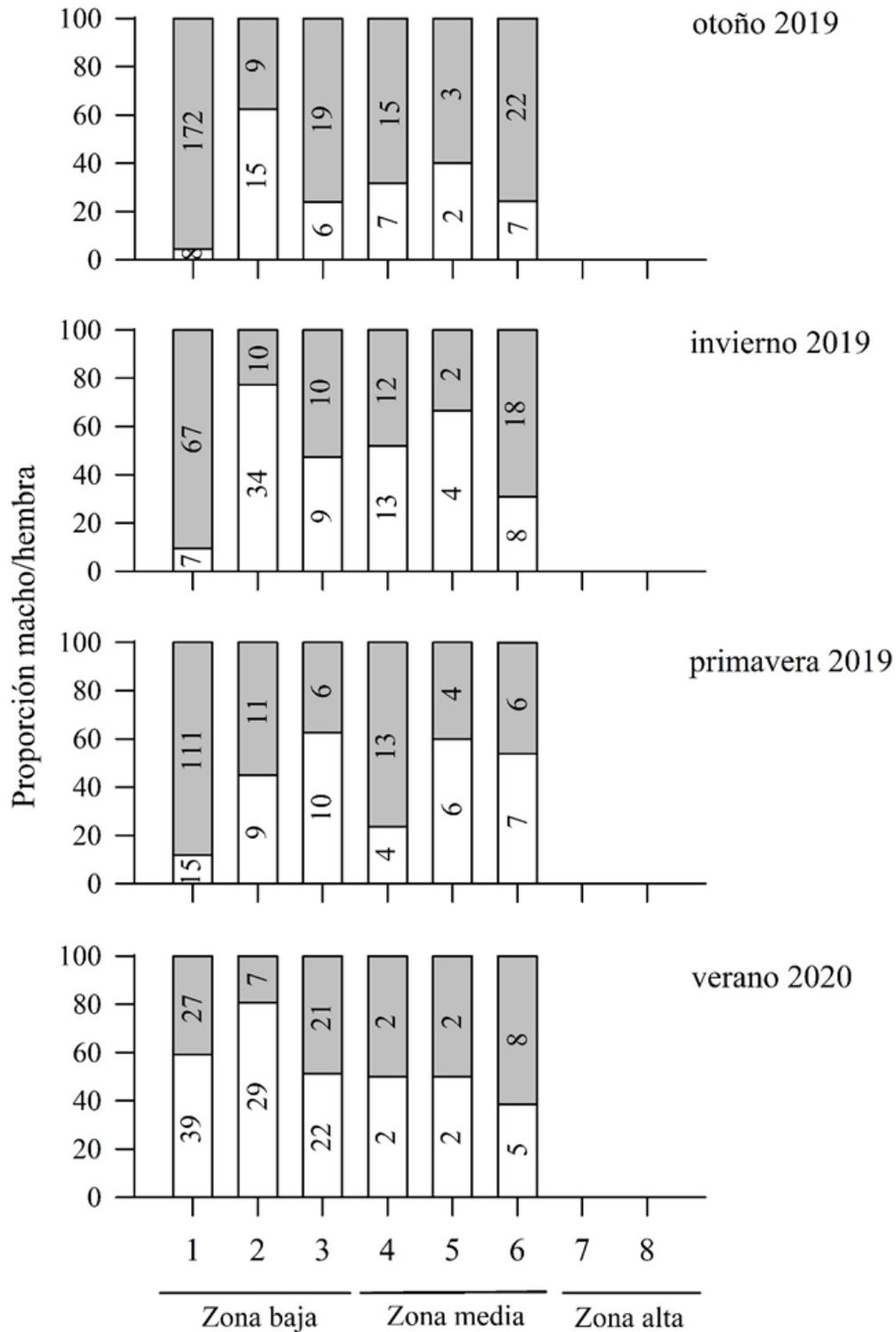


Figura 20. Proporción (%) macho/hembra de *Cryphiops caementarius* registradas estacionalmente en los sitios de muestreo de las zonas altitudinales baja y media de la cuenca del río Choapa (ver sitios en **Fig. 8 y Fig. 9**). Barra gris = macho, barra blanca = hembra. Al interior de cada barra se indica el número total de camarones capturados.

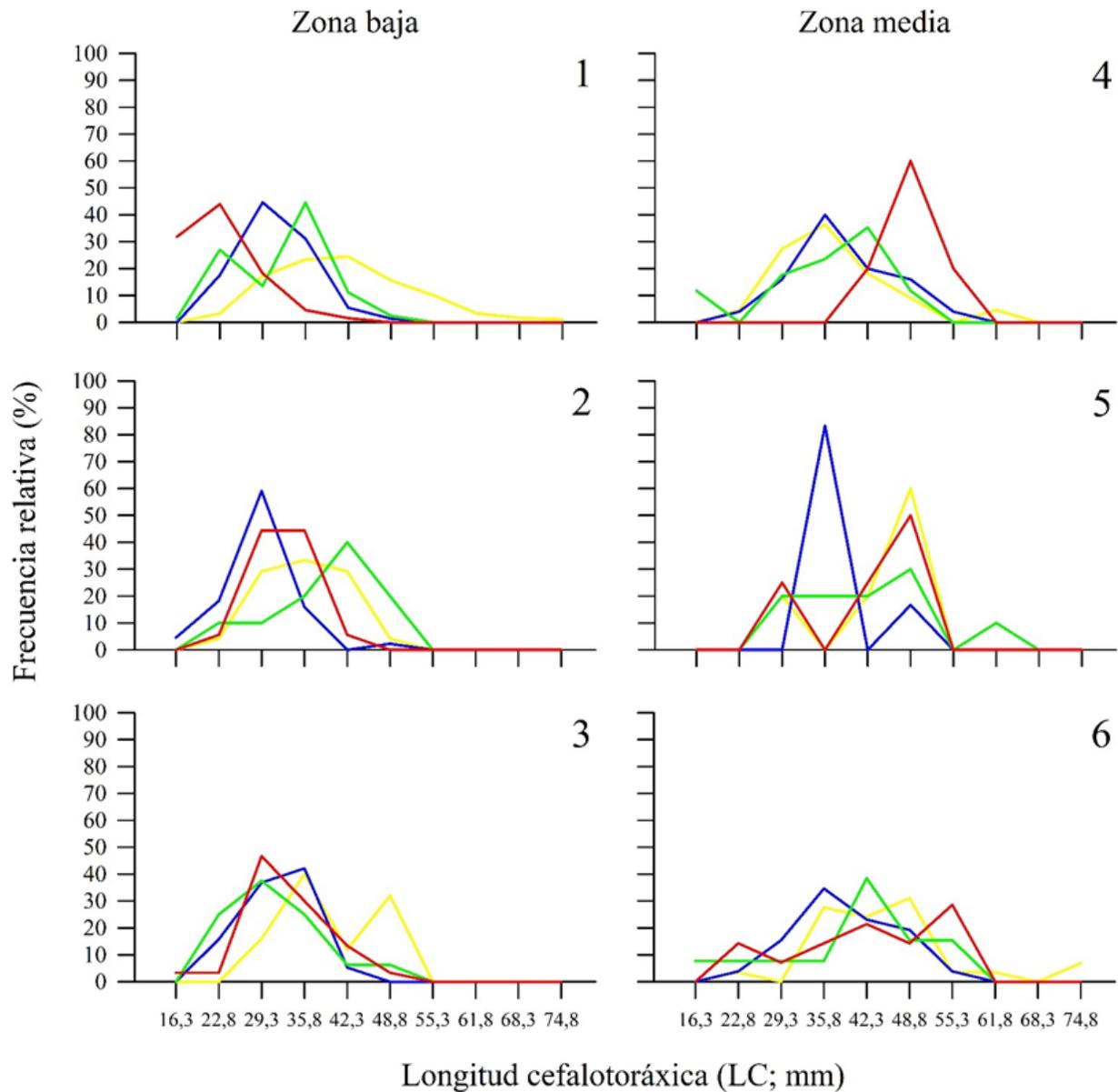


Figura 21. Estructuras de tallas de *Cryphiops caementarius* registradas estacionalmente en los sitios de muestreos de las zonas altitudinales baja y media de la cuenca del río Choapa (ver sitios en **Fig. 8 y Fig. 9**). Amarillo = otoño 2019, azul = invierno 2019, verde = primavera 2019, rojo = verano 2020. Para fines prácticos visuales se utiliza gráficos de líneas.

2.3.3. Registro pesquero

El registro pesquero es fundamental en un seguimiento, especialmente, en casos donde no hay información temporal consistente, y permite determinar los volúmenes de captura y el esfuerzo de pesca por parte de los camaroneros del Choapa. El registro pesquero se realizó a través de información recopilada por los propios camaroneros durante sus faenas de trabajo (*i.e.*, viajes al río). En cada una de estos viajes, registraron los sectores de pesca, tiempo de trabajo, y la cantidad y kilogramos totales de individuos capturados por faena. Este registro permitió zonificar espacialmente los sectores de pesca, determinar la CPUE (kg h^{-1} e ind h^{-1}), y dimensionar la cantidad de usuarios que extraen el recurso.

Entre el 01 de mayo de 2019 y 28 de enero de 2021, se registró un total de 578 viajes realizados por 33 camaroneros en 8 sectores de pesca (**Tabla 5 en Material Suplementario y Fig. 22**), distribuidos altitudinalmente en la zona baja (5 sectores) y media (3 sectores) de la cuenca (**Fig. 23**). En general, la faena de trabajo de un camaronero en el río dura aproximadamente 2 a 3 horas, con una extracción promedio de 1,5 y 2 kg de camarones.

Los sectores más concurridos por los camaroneros fueron Tunga y Puente Negro en la zona baja de la cuenca (**Tabla 5 en Material Suplementario**), y concentró la mayor CPUE de individuos de camarones (Ind h^{-1}) (**Fig. 24**). Mientras que el sector de Los Loros en la zona media de la cuenca, concentró la mayor CPUE de kilogramos de camarones (kg h^{-1}) (**Fig. 25**).

La época donde se registraron más viajes, fue durante primavera (período discontinuo entre 22 de septiembre de 2019 - contingencia sanitaria - 21 de diciembre de 2020) (421 viajes) seguido de invierno (período entre el 22 de junio y 20 de septiembre de 2019) (128 viajes), mientras que las menos concurrida fueron las épocas de verano (período entre 22 de diciembre de 2020 y 28 de enero de 2021) (17 viajes) y otoño (período entre 01 de mayo y 19 de junio de 2019) (12 viajes).

En síntesis, la actividad camaronera se concentra principalmente durante la época de invierno y primavera, y se ejerce exclusivamente en las zonas altitudinales bajas y media de la cuenca; lo que se condice con la distribución espacial actual de las poblaciones de *C. caementarius*.



Figura 22. Sectores de pesca de *Cryphiops caementarius* en la cuenca del río Choapa. Zona baja: 1 = Mincha, 2 = Tunga, 3 = Doña Juana, 4 = Coyuntagua, 5 = Puente Negro; Zona media: 6 = Choapa, 7 = Limahuida, 8 = Los Loros.

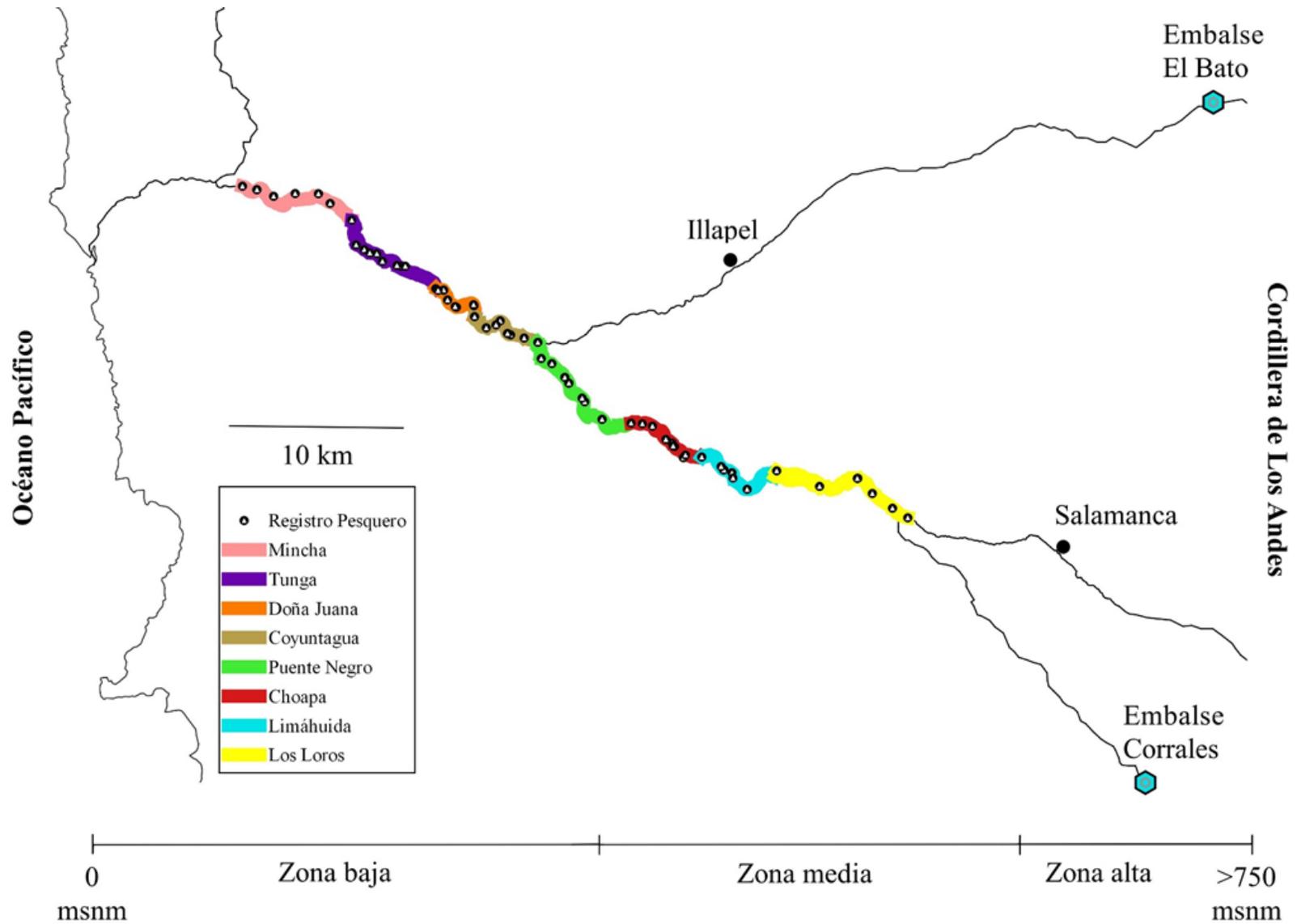


Figura 23. Zonificación espacial de los sectores de pesca de *Cryphiops caementarius* en la cuenca del río Choapa durante el período 2019-2021. Los círculos negros corresponden a sitios donde los camaroneros registraron sus capturas.

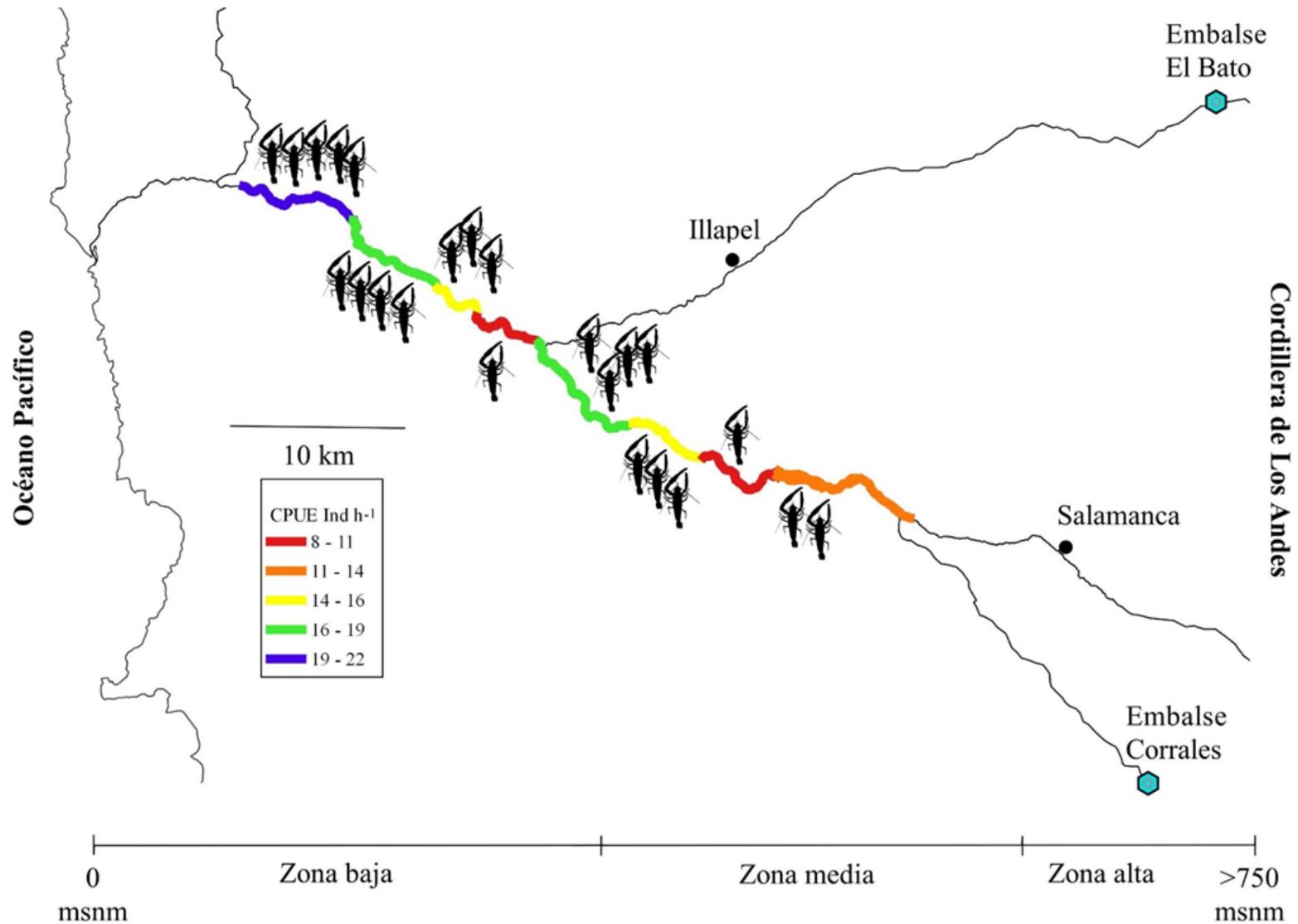


Figura 24. Zonificación espacial de los sectores de pesca de *Cryphiops caementarius* en la cuenca del río Choapa (ver Fig. 23) durante el período 2019-2021. Cantidad de siluetas es proporcional a la CPUE (ind h⁻¹).

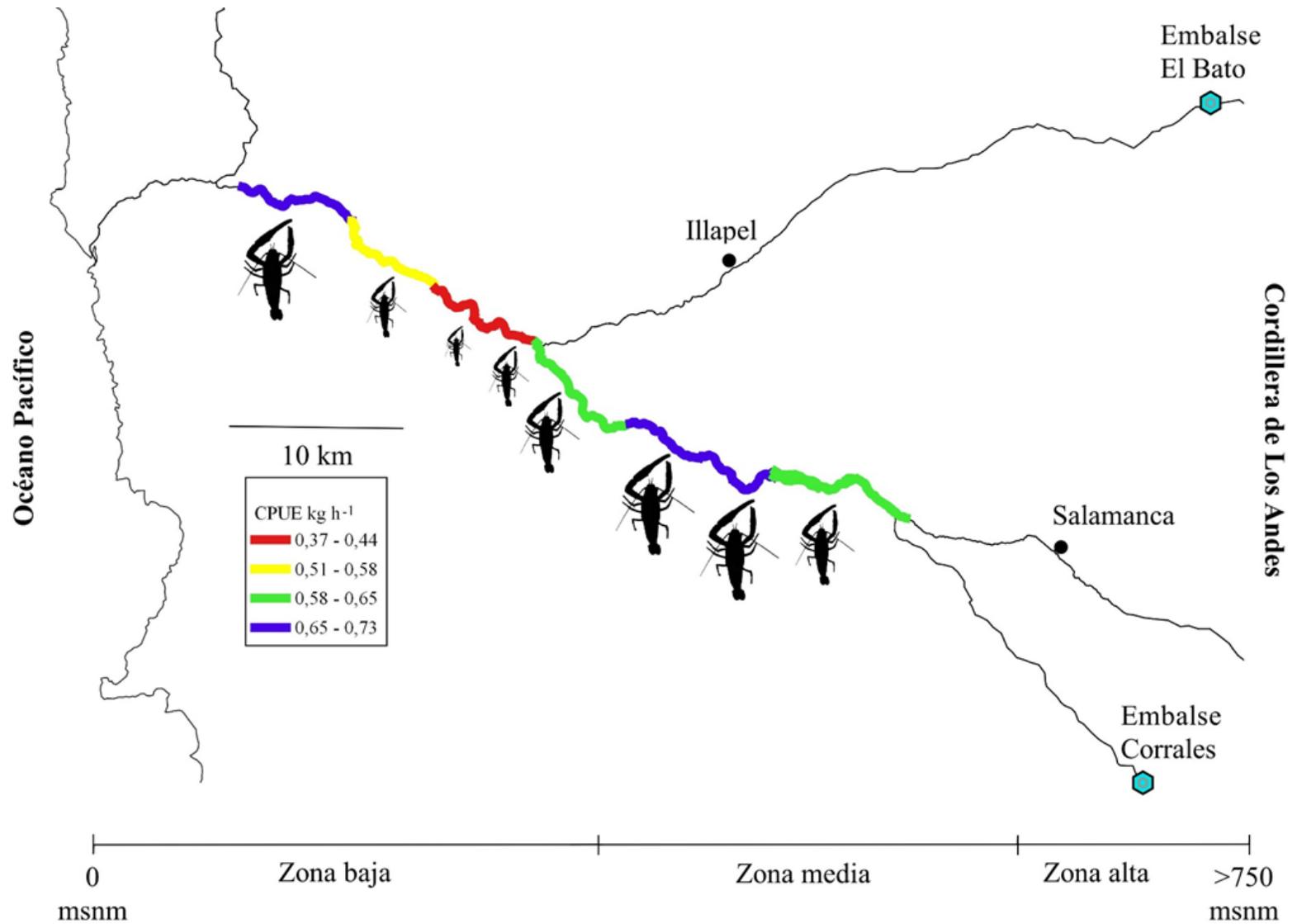


Figura 25. Zonificación espacial de los sectores de pesca de *Cryphiops caementarius* en la cuenca del río Choapa (ver Fig. 23) durante el período 2019-2021. Tamaño de las siluetas es proporcional a la CPUE (kg h⁻¹).

2.3.4. Depredadores nativos

A lo largo de la red fluvial del río Choapa, *C. caementarius* es depredado por siete carnívoros y cuatro omnívoros, de hábitos oportunistas. Éstos se distribuyen en ocho familias y seis gremios. Aproximadamente el 82 % (N = 9) de estas especies depreda sobre la fracción adulta, mientras que el 100 % (N = 11) lo hace sobre los juveniles, y el 19 % (N = 2) sobre estadios larvales. Las aves acuáticas ejercen más del 50 % (N = 6) de la presión depredadora (**Tabla 3**).

Tabla 3.

Composición taxonómica de los depredadores de *Cryphiops caementarius* en el río Choapa [*sensu* 2]. GFT = grupo funcional trófico (Om: omnívoro; Ca: carnívoro), AF = atributo fenotípico (Op: oportunista), ZC = zona de la cuenca (D: desembocadura, P: potamon, R: ritron). * = depredación intraespecífica.

Gremio de depredadores / Familia / Especie	Nombre común	GFT	AF	ZC			
Camarones							
Palaemonidae							
<i>Cryphiops caementarius*</i>	Camarón de río del norte	Om	Op	D,P,R		X	X
Peces							
Atherinidae							
<i>Basilichthys microlepidotus</i>	Pejerrey	Om	Op	D,P,R	X	X	
Mugilidae							
<i>Mugil cephalus</i>	Lisa	Om	Op	D,P	X	X	
Anfibios							
Calyptocephalellidae							
<i>Calyptocephalella gayi</i>	Rana grande chilena	Ca	Op	D,P,R		X	X
Aves acuáticas							
Ardeidae							
<i>Ardea alba</i>	Garza blanca	Ca	Op	D,P,R		X	X
<i>Ardea cocoi</i>	Garza cuca	Ca	Op	D,P,R		X	X
<i>Egretta thula</i>	Garza chica	Ca	Op	D,P,R		X	X
<i>Nycticorax nycticorax</i>	Huairavo	Ca	Op	D,P,R		X	X
Phalacrocoracidae							
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Cormorán yeco	Ca	Op	D,P		X	X
Laridae							
<i>Larus dominicanus</i>	Gaviota dominicana	Ca	Op	D,P,R		X	X
Mamífero							
Hominidae							
<i>Homo sapiens</i>	Humano	Om	Op	D,P,R		X	X
Número total de especies = 11					2	11	9

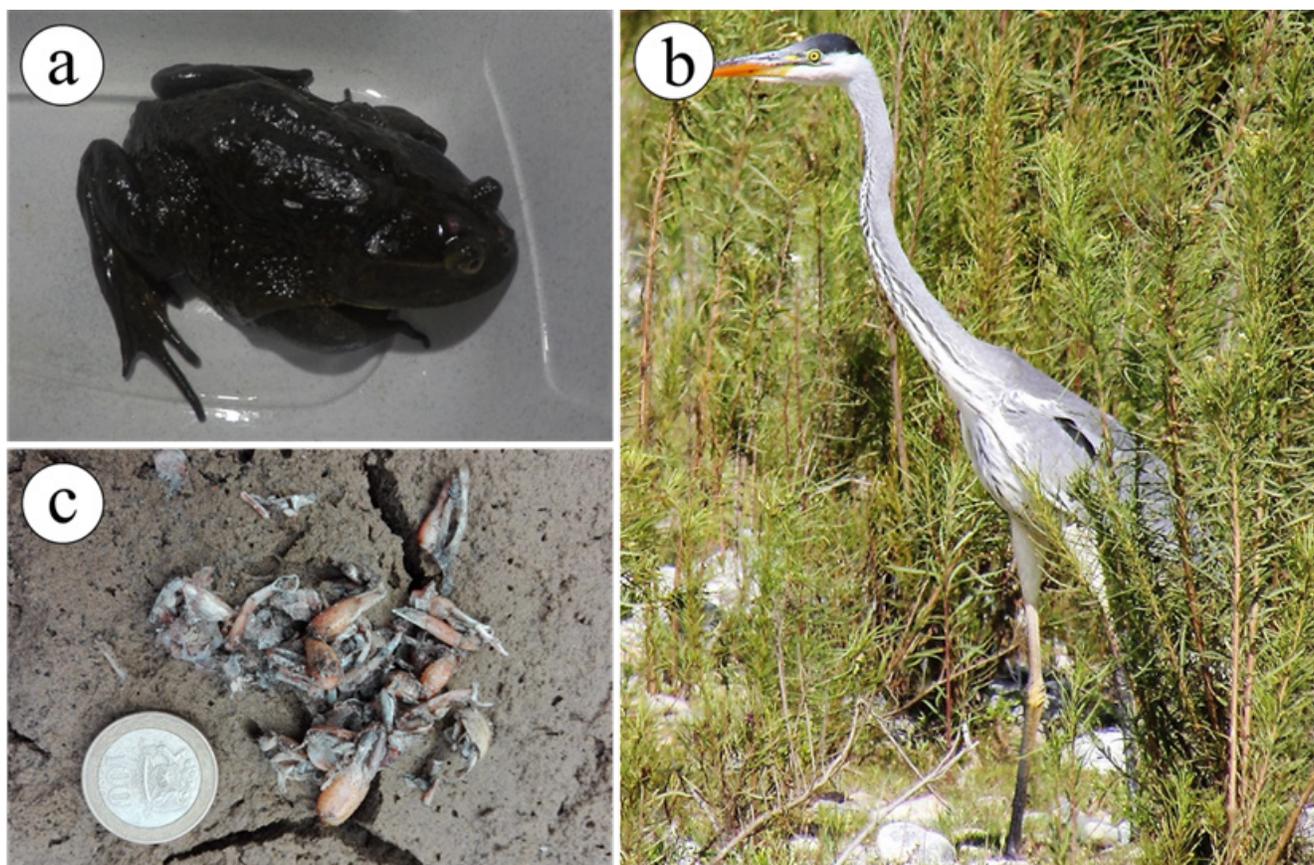


Figura 26. Depredadores de *Cryphiops caementarius* en las riberas del río Choapa. (a) *Calyptocephalella gayi* (rana gigante chilena) capturada en el sector de Mincha, b) *Ardea cocoi* (garza cuca) registrada entre plantas de chilca en el sector de Huentelauquén, (c) contenido gástrico (egagrópila) de especie no identificada de garza en el sector de Tunga Norte. Nótese los restos de estructuras exoesquelética de *C. caementarius* con presencia de quelípodos y pereiópodos.

2.4. Amenazas para la conservación

Las amenazas para la conservación de *C. caementarius*, derivan principalmente de las siguientes perturbaciones antropogénicas directas [1,2,5,6,7,8,12].

- a) Sobreexplotación de la especie por capturas destinadas para consumo humano.
- b) Presencia de depredadores exóticos invasores.
- c) Contaminación química de las aguas (metales pesados y pesticidas).
- d) Alteración de cauces fluviales por extracción de áridos, canalizaciones y construcción de embalses de regadío.
- e) Alteración de la dinámica hidrológica debido a la extracción de agua para uso agrícola, y construcción de pozos, generando alteraciones y pérdida de hábitat y de la conectividad fluvial.

2.4.1. Modelo conceptual basado en la percepción de actores sociales

Modelos conceptuales derivados del uso del marco DPSIR "Driver-Pressure-State-Impact-Response" (DPSIR; Causa o Fuerza Motriz-Presión-Estado-Impacto-Respuesta) (Tabla 4) han sido propuestos como herramientas útiles en procesos de toma de decisión ambiental y pesquera, dada su capacidad de integrar conocimiento de diversas disciplinas junto a las preocupaciones ambientales de los diversos actores de interés, pudiendo, además, comunicar relaciones causa-efecto entre factores ambientales, ecológicos y socio-económicos de una manera efectiva y significativa [26].

En la Figura 27 se presenta un diagrama que relaciona los flujos de los distintos componentes del modelo DPSIR para *C. caementarius* en la cuenca del río Choapa. Dicho modelo fue construido en base a la identificación de características claves (e.g., componentes y relaciones) en cada uno de los 5 componentes/módulos del modelo DPSIR, mediante revisión de literatura disponible, y entrevistas a informantes claves y expertos regionales (usuarios directos, camaroneros, académicos e investigadores, y servicios públicos con injerencia en la gestión del río).

Tabla 4.
Componentes y descripción del Marco DPSIR [26, 27, 28,29].

Componente	Descripción
Fuerzas motrices (D)	Generalmente corresponden a actividades humanas que afectan y causan presión sobre los ecosistemas. También se pueden considerar como fuerzas motrices condiciones naturales.
Presiones (P)	Corresponden a los factores estresantes directos que ejercen la presión y afectan las funciones o condiciones del ecosistema (e.g., liberación de un contaminante).
Estados (S)	Reflejan las condiciones ambientales actuales (físicas, químicas y biológicas) de los ecosistemas. Generalmente corresponden a fenómenos observables en el área de estudio, cuya variación indica si la situación mejora o empeora.
Impactos (I)	Son cambios medibles en el estado del ecosistema ambiental atribuibles a los efectos de actividades humanas. Alternativamente se pueden utilizar servicios ecosistémicos como proxy de impactos.
Respuesta (R)	Mecanismos de respuesta social para resolver problemas ambientales en términos de implementación de acciones y estrategias de manejo (ambiental, económica o social), incluyendo respuestas para prevenir, compensar, mitigar o cambios que influyan en las fuerzas motrices, presiones o estado.

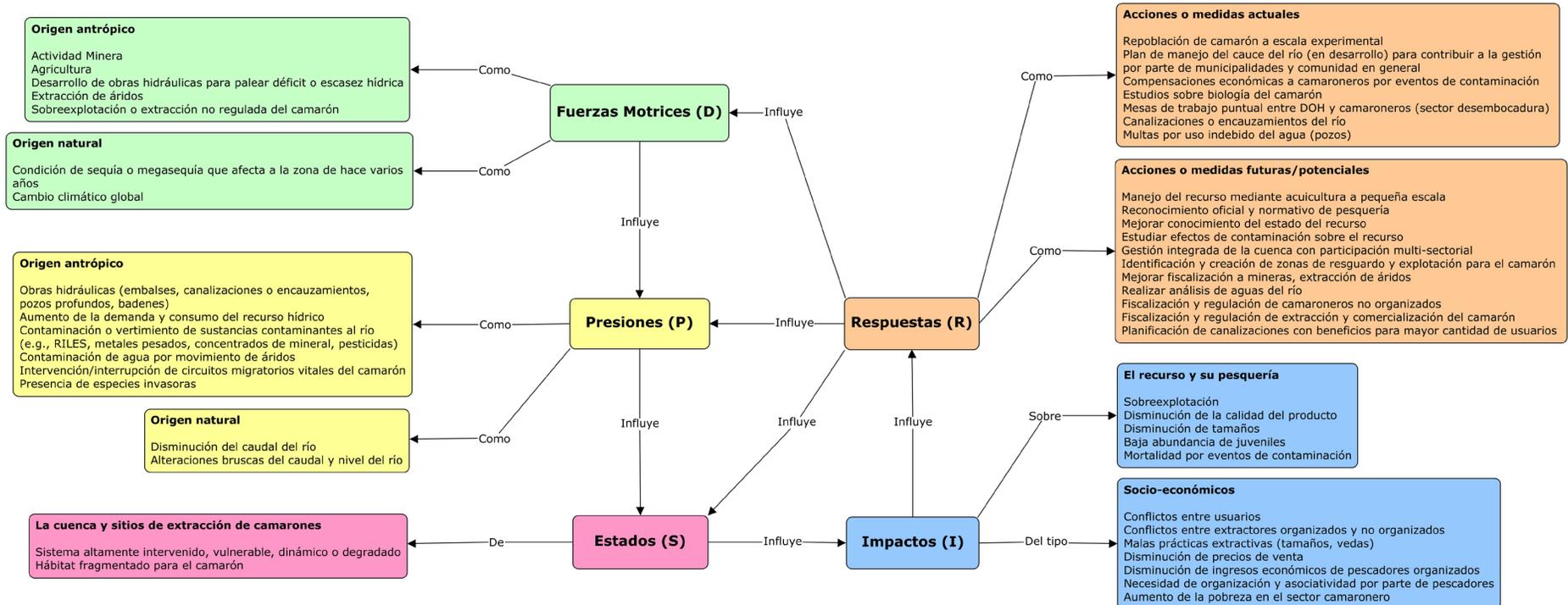


Figura 27. Modelo y flujo de los componentes DPSIR para *Cryphiops caementarius* en la cuenca del río Choapa.

2.4.2. Especies exóticas invasoras

Además de los depredadores nativos (ver **Sección 2.3.5. Depredadores nativos**), *C. caementarius* es depredado por la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) y la carpa común (*Cyprinus carpio*) (**Tabla 5**). La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) clasifica a estos peces en la lista de las 100 peores especies invasoras del planeta.

Tabla 5.

Composición taxonómica de las especies exóticas depredadoras de *Cryphiops caementarius* en la cuenca del río Choapa [sensu 2]. GFT = grupo funcional trófico (Om: omnívoro, Ca: carnívoro), AF = atributo fenotípico (Op: oportunista), ZC = zona de la cuenca (D: desembocadura, P: potamon, R: ritron).

Gremio de depredadores / Familia / Especie	Nombre común	GFT	AF	ZC			
Peces							
Salmonidae							
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Trucha arcoíris	Ca	Op	P,R		X	X
Cyprinidae							
<i>Cyprinus carpio</i>	Carpa común	Om	Op	D,P,R	X	X	X
Número total de especies = 2					1	2	2

La Introducción de especies exóticas, corresponde a la segunda causa de extinción, después de la fragmentación de hábitat, siendo uno de las mayores amenazas para la conservación de la biodiversidad mundial [30]. La introducción y posterior expansión geográfica de depredadores exóticos es un riesgo importante para *C. caementarius* y la consecuente actividad extractiva de camarones. En este contexto, el rol ecológico de los depredadores nativos, como las aves acuáticas (e.g., garzas y cormoranes) en el control de estos peces es de suma relevancia y es una de las muchas funciones que brindan los depredadores nativos en entornos cambiantes [31].

2.4.3. Perturbaciones físicas del cauce fluvial

La sequía y sobreexplotación de recursos hídricos, causan continuas alteraciones físicas sobre el cauce fluvial, causando mortandades de camarones y peces, como las documentadas durante el verano de los años 2020 y 2021, en el río Choapa. El primero fue registrado el 4 de marzo de 2020, en la localidad de Tunga Norte (100 msnm; 31°37'39''S; 71°21'53''O), donde se cuantificaron ~250 ejemplares (moribundos y muertos) de camarón (**Fig. 28**), y el segundo, documentado el 26 de enero de 2021 en la localidad de Limahuida (290 msnm; 31°45'18''S; 71°09'26''O), de ~ 300 ejemplares muertos de camarón (**Fig. 28**). Ambos eventos fueron producto de la ejecución de obras de canalización y extracción de agua, como medidas de mitigación frente a la escasez hídrica (ver **Fig. 29**) (ver **Sección 2.2.1. Situación hídrica 2019-2021**). Estos casos también han sido documentados en otros ríos del norte de Chile, como en las localidades de Tunga Norte durante agosto de 2014, el sector San Pedro

(río Copiapó) durante septiembre de 2018, y el sector de Freirina (río Huasco) durante noviembre 2018 (**ver Fig. 2**). En los tres casos, la cuantificación de ejemplares no fue precisa, ya que no existió un estudio técnico asociado, y muchas veces las cantidades obedecen al sensacionalismo del medio informativo local, pero indudablemente, visibiliza una situación preocupante en el norte de Chile y refleja un desajuste político y normativo en la gestión de los recursos hídricos que se acentúa debido al escenario de escasez hídrica de los últimos años. *Cryphiops caementarius* es particularmente sensible a estas perturbaciones, debido a la interrupción de sus rutas migratorias y escasa capacidad de respuesta por su baja motilidad fuera del agua, causando mortalidades por deshidratación y exposición a la depredación. En consecuencia, estas situaciones incrementan el riesgo de extinción local de sus poblaciones [12].



Figura 28. Registros de mortandad de *Cryphiops caementarius* en el río Choapa. (a) y (b) tramo fluvial drenado en localidad de Tunga Norte, (c) y (d) especímenes moribundos y muertos de camarones y carpas, (e) tramo fluvial drenado en localidad de Limahuida, (f) y (g) especímenes muertos de camarón y pejerreyes.



Figura 29. Perturbaciones antropogénicas directas sobre el hábitat fluvial de *Cryphiops caementarius* en el río Choapa. (a) canalización de tramo fluvial a través de maquinaria pesada, (b) tramo fluvial canalizado, (c) instalación de geomembranas a través de maquinaria pesada, (d) tramo fluvial con geomembrana instalada, (e) extracción de agua a través de camión aljibe (f) bomba extracción de agua para riego de cultivo de paltos.

2.4.4. Fragmentación del hábitat

Durante el período 2019-2021, se corroboró que en la cuenca del río Choapa, (específicamente entre las localidades de Mincha y Salamanca) existe un alto grado de intervención antrópica determinada por múltiples usos entre los que se encuentran: a) tomas de agua para canales de regadío, b) operación frecuente de camiones aljibes que trasladan agua del río para uso minero o construcción de caminos, c) zonas de extracción de áridos, d) caminos transversales que conectan las riberas norte y sur, e) zonas ribereñas que son utilizadas como balnearios en la época estival, f) zonas de extracción de camarones, g) zonas de tránsito de ganado doméstico (*i.e.*, caprinos, ovinos, bovinos, equinos), h) zonas de cultivos agrícolas (*e.g.*, paltos y cítricos) y i) zonas de microbasurales persistentes, entre otras. Todas ellas, provocan en mayor o menor grado una alteración temporal o permanente del cauce natural y la consecuente afectación del nicho ecológico de *C. caementarius* en el río Choapa (ver Fig. 30).

Entre las actividades antrópicas con mayor impacto local, destacan: a) obras de canalización y recubrimiento con polipropileno del cauce del río en algunos sectores de la zona baja de la cuenca, b) obras de encauzamiento denominadas "mejoramiento del cauce", las que dejaron una importante mortandad de camarones y peces (ver **Sección 2.4.3. perturbaciones físicas del cauce fluvial**) y, c) la extracción de áridos con maquinaria pesada en zonas colindantes al cauce fluvial, las que causan afloramientos de agua subterránea, modificando las características vegetacionales del entorno.

Estas presiones repercuten directamente sobre la dinámica poblacional de *C. caementarius* debido a la homogenización de hábitat, pérdida de meandros, y la consecuente pérdida de conectividad fluvial, que se ve reflejada por la presencia de tramos fluviales sin agua o tramos secos. Estos tramos durante el período 2019-2021, alcanzaron un total de 14,9 km de eje fluvial, lo que representa un 25 % del río Choapa entre Mincha (zona baja) y Los Loros (zona media), siendo las principales localidades afectadas Mincha y Tunga (zona baja) con 5,7 km y 3,8 km, respectivamente. Durante este período se identificaron un total de 13 sectores de extracción de áridos, donde la zona más afectada corresponde al

sector de Los Loros (Fig. 31), 8 sitios de extracción de agua (no asociados al sistema de la DGA) destacando la bomba aleadaña al sector de Puente Negro (Fig. 31), 47 accesos vehiculares que llegan directamente al lecho del río, concentrados mayoritariamente en la zona baja, particularmente en los tramos secos (Fig. 32), y 24 balnearios distribuidos a lo largo de la cuenca (Fig. 32).

Respecto a las zonas de uso agrícola y tomas de agua para canales de regadío, éstas se concentran primordialmente entre la desembocadura y la zona media de la cuenca (Fig. 33). Es importante señalar, que frente a los tramos secos existen canales de regadío tanto hacia el sector norte y sur de las riberas del río Choapa, y que suministran agua a pequeños sectores agrícolas de las localidades de Mincha, Tunga y Doña Juana (zona baja de la cuenca).

Al igual que las otras cuencas de la región de Coquimbo, el Choapa se encuentra en una situación de crisis hídrica y emergencia agrícola, que repercute negativamente sobre la disponibilidad de hábitat para las poblaciones locales de *C. caementarius* y consecuente actividad extractiva, por lo que es importante considerar a esta especie dentro de las medidas de mitigación que están siendo adoptadas en el marco del manejo de la emergencia (ver **Sección 5. Recomendaciones de mitigación frente a obras de mejoramiento de cauce activo en el río Choapa 2021**).

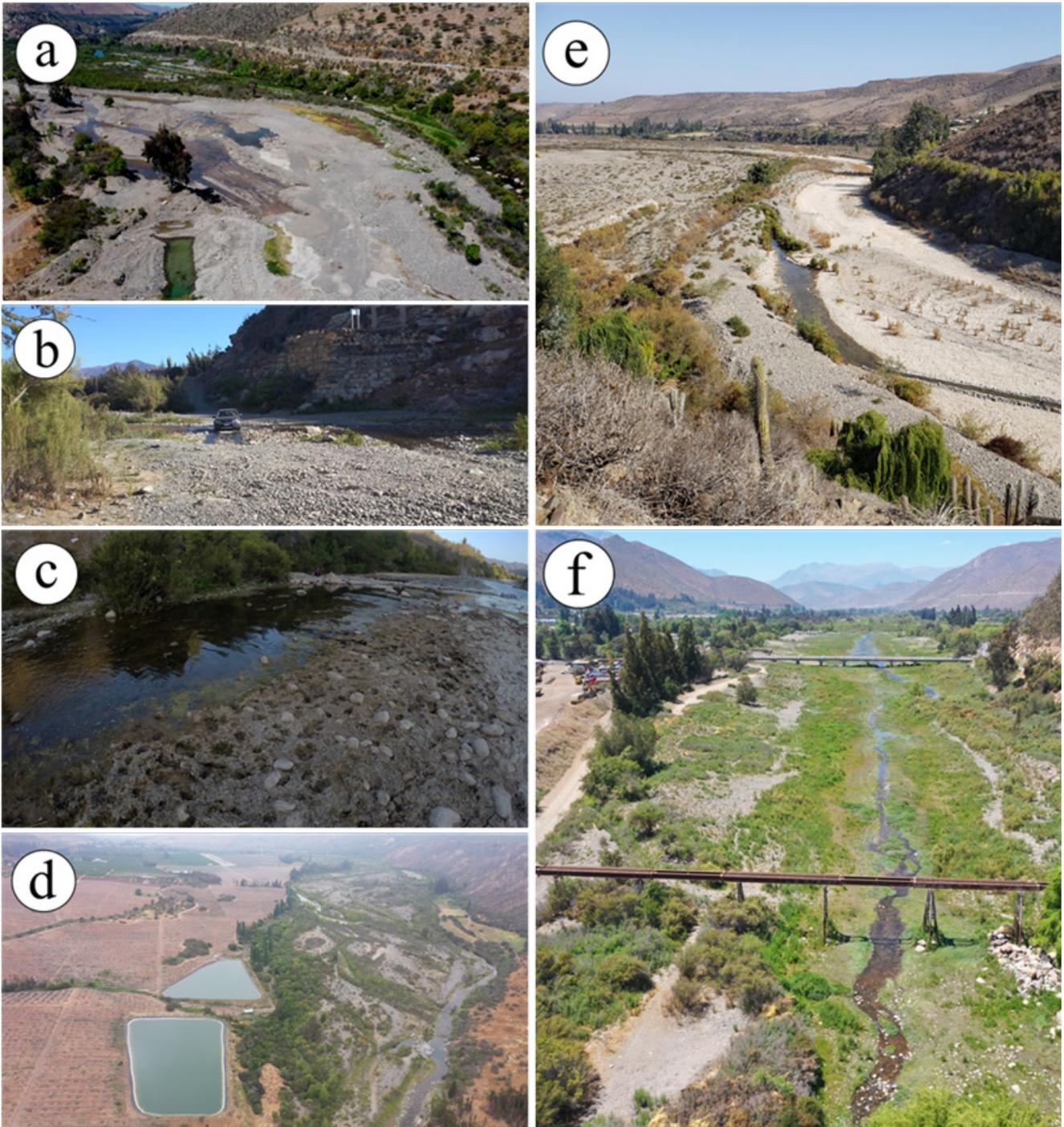


Figura 30. Perturbaciones antropogénicas directas sobre el hábitat fluvial de *Cryphiops caementarius* en el río Choapa. (a) zona e extracción de áridos adyacente al cauce natural, nótese los afloramientos de agua subterránea, (b) acceso vehicular en el lecho del río, (c) zona de tránsito de ganadería, nótese las huellas frescas en la ribera, (d) zona de cultivo de paltos adyacente al cauce natural, nótese las piscinas de almacenamiento de agua extraída del cauce, (e) y (f) tramos fluviales con homogenización del hábitat y pérdida de meandros.

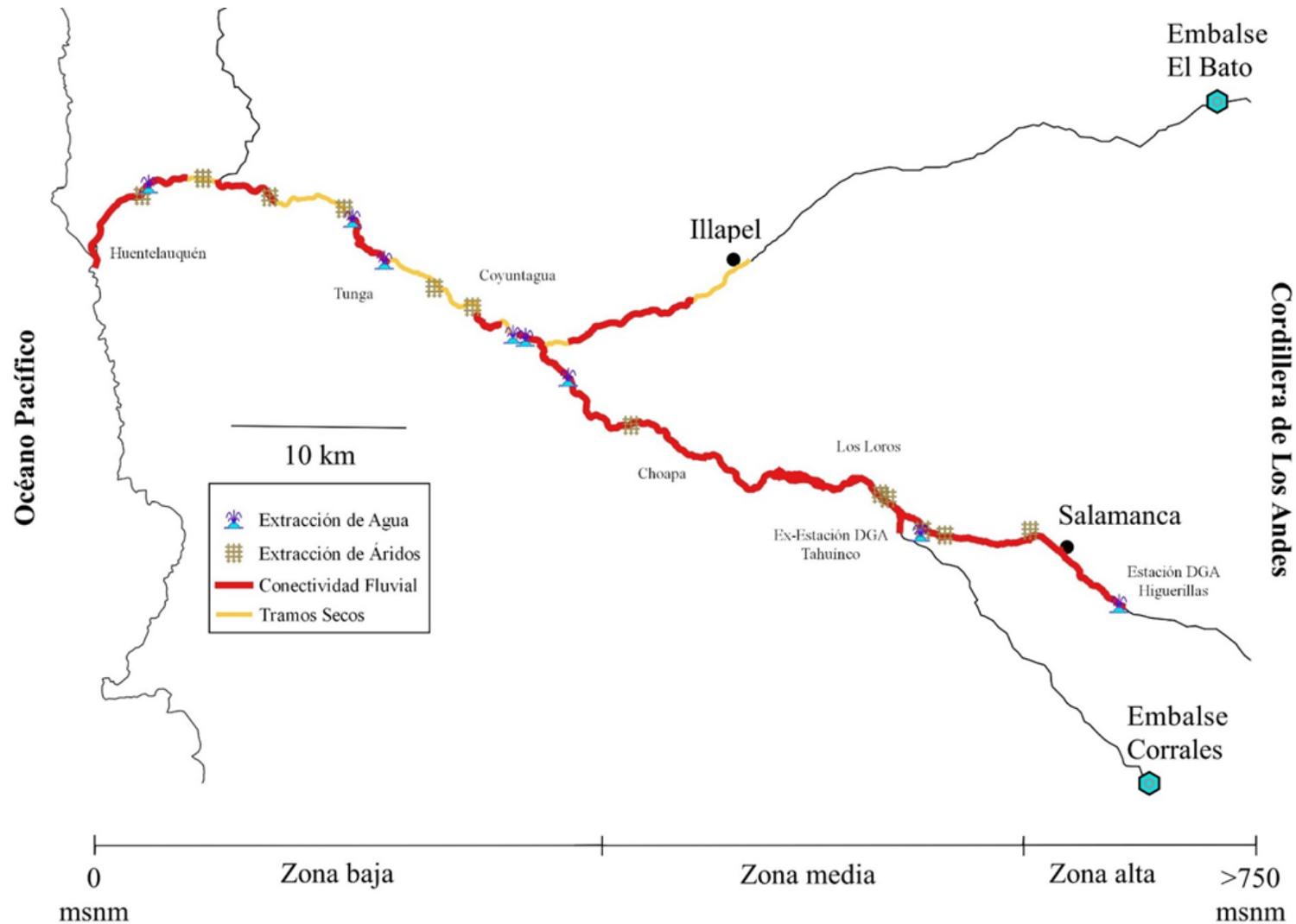


Figura 31. Zonificación espacial de sectores de extracción de áridos y aguas ejercidas en el cauce del río Choapa durante el período 2019-2021. El alcance espacial dice relación con la distribución altitudinal de *Cryphiops caementarius* (ver Fig. 16). Nótese la superposición espacial entre los tramos secos y la extracción de áridos en la zona baja de la cuenca.

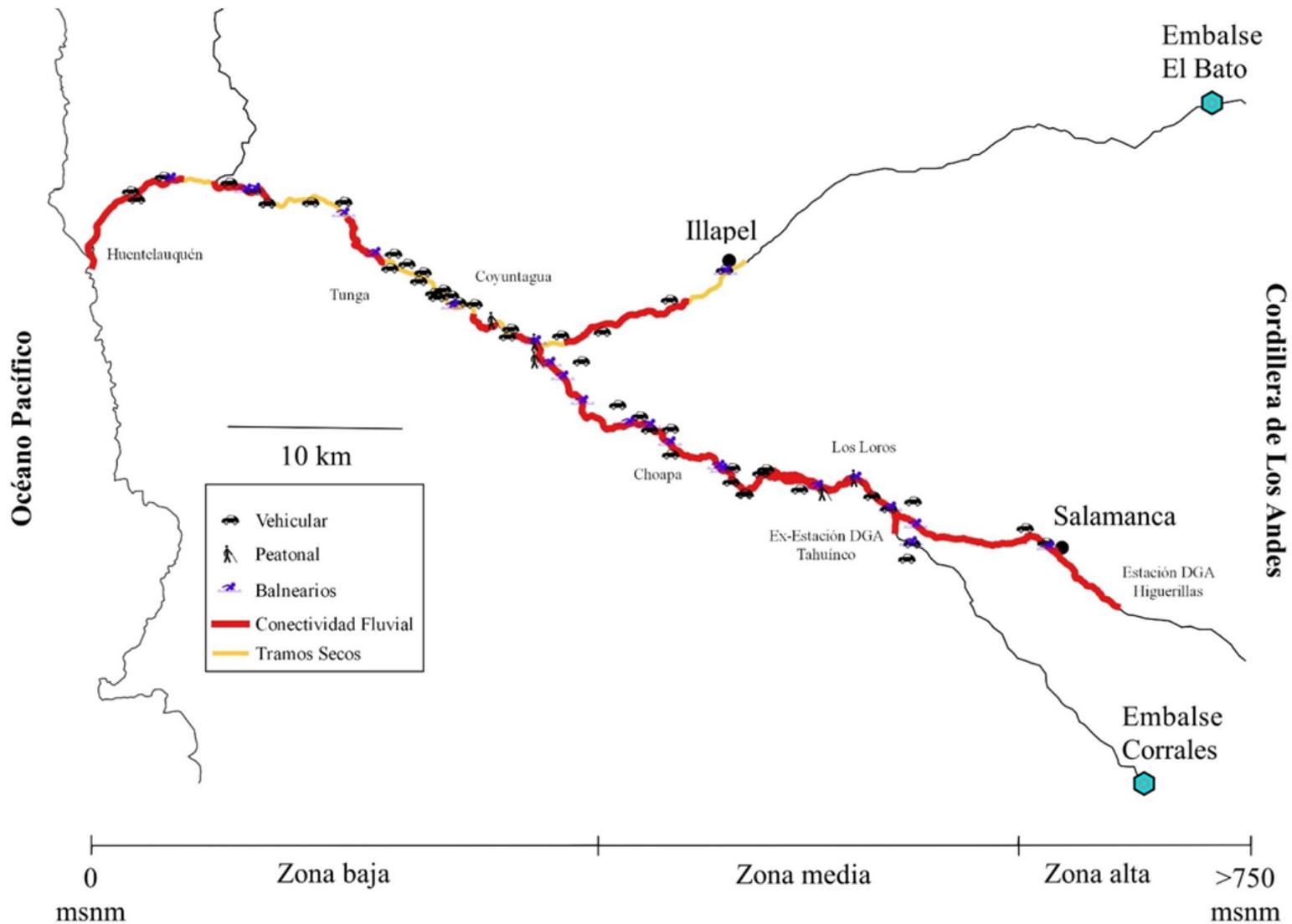


Figura 32. Zonificación espacial de sectores de accesos vehiculares y balnearios en el cauce del río Choapa durante el período 2019-2021. El alcance espacial dice relación con la distribución altitudinal de *Cryphiops caementarius* (ver Fig. 16). Nótese la ocurrencia mayoritaria de accesos vehiculares en tramos secos de la zona baja de la cuenca.

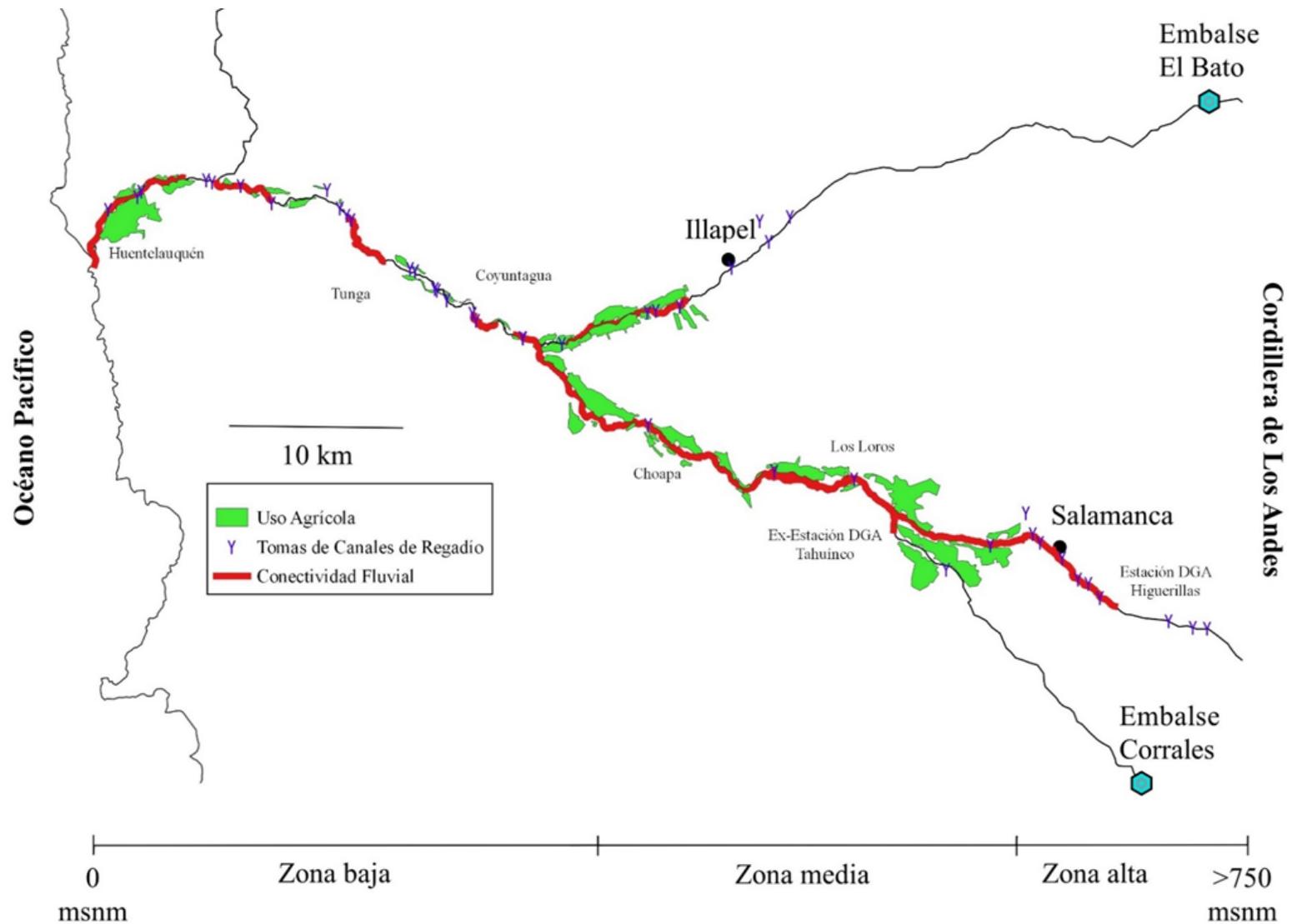


Figura 33. Zonificación espacial de predios agrícolas asociada al cauce del río Choapa durante el período 2020-2021. El alcance espacial dice relación con la distribución altitudinal de *Cryphiops caementarius* (ver Fig. 16). Nótese la superposición espacial entre la conectividad fluvial y los canales de regadío en la zona baja de la cuenca.

3. PROPUESTA DE PLAN DE MANEJO INTEGRADO

A continuación, se presenta una propuesta de plan de manejo integrado para el camarón de río del norte *C. caementarius* en la cuenca del río Choapa, estructurado principalmente a través de la propuesta de metas, objetivos y acciones y la identificación de actores para su gestión y ejecución.

3.1. Descripción del problema

El problema principal de *C. caementarius* en la cuenca del río Choapa, desde la **perspectiva de la sostenibilidad pesquera, condición ambiental de la cuenca hidrográfica y estado de conservación de la especie**, es que "El recurso *C. caementarius* está en un estado de alto riesgo de conservación y de sobreexplotación".

El conjunto de problemas (P) específicos de la pesquería y conservación de *C. caementarius* se resume en lo siguiente:

- 1) **P1:** No reconocimiento formal de esta pesquería en términos legales en la LGPA.
- 2) **P2:** La condición de pesquería de libre acceso.
- 3) **P3:** Bajo conocimiento del estado de explotación del recurso (que se presume en niveles altos), con un estado de conservación Vulnerable.
- 4) **P4:** Escasa fiscalización para controlar el cumplimiento de la normativa vigente (D.S. N° 145, 1986).
- 5) **P5:** Falta de coordinación interinstitucional entre los organismos que intervienen en la cuenca del río Choapa, lo que reduce el trabajo integral y colaborativo en la cuenca.
- 6) **P6:** Desconocimiento e incumplimiento de las normas vigentes (D.S. N°145, 1986).
- 7) **P7:** Falta de registro y estadísticas oficiales de extracción de esta pesquería.
- 8) **P8:** Fragmentación y degradación del hábitat fluvial
- 9) **P9:** Presencia de especies exóticas invasoras

Los problemas **P1** y **P2** son abordados directamente en la **Sección 4.2.3. Propuesta de ordenamiento pesquero de camarones en aguas terrestres**, que de ser implementada los resuelven, y constituyen la base para la formulación del plan de manejo. Por efecto de las modificaciones legales se genera un efecto inmediato en la solución de los problemas **P4** y **P7**, siendo esperable un incremento en los esfuerzos de fiscalización por parte de las autoridades competentes (*i.e.*, SERNAPESCA, carabineros, y los fiscalizadores *ad honorem*) y en la implementación de un sistema oficial de registro de las capturas bajo la responsabilidad de SERNAPESCA. El plan de manejo incluye un plan de monitoreo y un programa de

apoyo a la fiscalización. El mejoramiento de **P4** debiera generar una directa influencia sobre los problemas **P3** y **P6**.

El problema **P5** es abordado directamente por los actores sociales descritos en la **Sección 2.1.2. gobernanza multisectorial del Programa**, que de ser implementada lo resuelve, y constituye la base para la formulación del plan de manejo. No obstante, la resolución de **P5**, una vez implementada la instancia formal de coordinación propuesta en el plan de manejo y estando en régimen, funcionando de manera efectiva, es esperable que se genere un efecto en reducir **P8** y **P9**,

identificando acciones de mitigación y/o compensación cuando corresponda como se indica en la Sección 5. **Recomendaciones de mitigación frente a obras de mejoramiento de cauce activo en el río Choapa 2021**, y además contribuirá al mejoramiento de **P3**, ya que el estado del recurso camarón, no solo se debe a los niveles de explotación a los que está expuesto, sino que también se ve fuertemente amenazado por otras presiones antropogénicas.

En este sentido, el presente plan de manejo integrado aborda todos los problemas planteados anteriormente.

3.2. Propósito general

El propósito general de la propuesta de plan es disponer de un instrumento basado en el conocimiento científico, técnico y tradicional que oriente la toma de decisión respecto a la conservación de la especie *C. caementarius* y la sostenibilidad de su pesquería, considerando un enfoque ecosistémico y su alto grado de vulnerabilidad ante presiones antropogénicas y ambientales. Para ello se identifican dimensiones y metas que orientan objetivos específicos y acciones.

Componente	Meta
Ambiental	Otorgar mayor resiliencia a las condiciones de habitabilidad fluvial frente a la crisis hídrica en el Choapa
Bio-pesquera	Potenciar la conservación de la especie y la sostenibilidad de la pesquería
Económica	Fortalecer la cadena de valor del recurso y potenciar su APE
Socio-cultural	Contribuir a la distribución de los beneficios generados por la pesquería y valorar el recurso como patrimonio bio-cultural de la cuenca del Choapa
Institucional	Crear e implementar una instancia permanente de coordinación entre la institucionalidad sectorial, los usuarios de la pesquería y otros actores relevantes de la cuenca del Choapa.
Científica	Desarrollar líneas de investigación destinadas a reducir la brecha de conocimiento sobre la historia natural, conservación y acuicultura del camarón en la cuenca del Choapa.

3.2.1. Componente 1. Dimensión ambiental

Meta	Objetivos	Acción	Indicador	Institución(es) involucrada(s) y/o responsable(s)
Otorgar mayor resiliencia a las condiciones de habitabilidad fluvial frente a la crisis hídrica en la cuenca del Choapa	1.- Diseñar e implementar un programa de monitoreo ambiental permanente de la cuenca del río Choapa	1.- Diseñar programa de monitoreo 2.- Obtener financiamiento para ejecución de programa 3.- Ejecutar el programa de monitoreo 4.- Generar informes anuales del programa de monitoreo	1.- Diseño del programa 2.- Obtención de financiamiento 3.- Ejecución del programa 4.- Base de datos ambiental 5.- Informes anuales del programa de monitoreo ambiental	IFOP, Universidades Regionales (acción 1, 3, 4) Gobierno Regional de Coquimbo, MINECON, MMA (acción 2)
	2.- Proteger la estructura y funcionamiento del ambiente fluvial	5.- Identificar zonas claves para la habitabilidad de camarones 6.- Identificar perturbaciones antropogénicas y zonas vulnerables a la sequía 7.- Determinar la distribución espacial de zonas claves 8.- Establecer un plan de control (conservación de depredadores nativos, extracciones locales)	6.- Indicadores de calidad ambiental (índices ecológicos, biológicos e hidrológicos) 7.- Indicadores de fragmentación y degradación de hábitat 8.- Registro de especies exóticas invasoras 9.- Zonas claves identificados	IFOP, MMA, UCN, ULS, CEAZA (acción 5, 6, 7, 8) DGA, DOH, JV Choapa (acción 7) SERNAPESCA, SAG (acción 8)
	3.- Establecer protocolos de mitigación frente a intervenciones del cauce fluvial	9.- Establecer un plan de trabajo colaborativo con los actores sociales y autoridades sectoriales	10.- Diseño de medidas según requerimiento de la intervención 11.- Ejecución de medidas	Organizaciones de camaroneros, DGA, DOH, JV Choapa, IFOP, UCN, (acción 9)

3.2.2. Componente 2. Dimensión bio-pesquera

Meta	Objetivos	Acción	Indicador	Institución(es) involucrada(s) y/o responsable(s)
Potenciar la conservación de la especie y la sostenibilidad de la pesquería	1.- Diseñar e implementar un programa de monitoreo permanente de la pesquería	1.- Diseñar programa de monitoreo 2.- Obtener financiamiento para ejecución de programa 3.- Ejecutar el programa de monitoreo 4.- Generar informes anuales del programa de monitoreo	1.- Diseño del programa 2.- Obtención de financiamiento 3.- Ejecución del programa 4.- Base de datos ambiental 5.- Informes anuales del programa de monitoreo pesquero	IFOP (acción 1, 3, 4) Gobierno Regional de Coquimbo, MINECON, SUBPESCA, MMA (acción 2) Organizaciones de camaroneros (acción 3)
	2.- Mejorar el cumplimiento de las medidas administrativas vigentes sobre el recurso	5.- Realizar fiscalizaciones en base a programa de fiscalización 6.- Difusión y capacitación de veda biológica, devolución de hembras ovígeras, talla mínima de extracción, artes de pescas autorizadas, y obligatoriedad de declaración de desembarque 7.- Levantamiento y análisis de datos, derivados del programa de monitoreo pesquero	6.- Número de fiscalizaciones anuales realizadas por SERNAPESCA y fiscalizadores ad-honorem 7.- Campañas de difusión al inicio y cierre de la temporada de extracción 8.- Indicadores demográficos (estructura de tallas, abundancia, densidad, captura por unidad de esfuerzo)	SERNAPESCA (acción 5, 6, 7) Organizaciones de camaroneros (acción 5, 6) IFOP (acción 6, 7)
	3.- Proteger el ciclo de vida de la especie (reproducción, desove y reclutamiento) y resguardar la sostenibilidad de la pesquería	8.- Ajustar y validar anualmente la veda extractiva 9.- Evaluar incremento de la talla mínima de extracción 10.- Autorizar la extracción manual, como único arte de pesca 11.- Identificar zonas claves para la reproducción, desove y reclutamiento	9.- Indicadores demográficos (estructura de tallas, abundancia, densidad, captura por unidad de esfuerzo) 10.- Condiciones bio-físicas del hábitat fluvial 11.- Zonas claves identificados	SERNAPESCA, SUBPESCA (acción 8, 9, 10) IFOP (acción 11)

Meta	Objetivos	Acción	Indicador	Institución(es) involucrada(s) y/o responsable(s)
Potenciar la conservación de la especie y la sostenibilidad de la pesquería	4.- Establecer protocolos de preservación y recuperación	12.- Evaluar periódicamente, la factibilidad y pertinencia de acciones de repoblación con individuos producidos en hatchery y en base a modelos de capacidad de carga ambiental. 13.- Evaluar periódicamente, la factibilidad y pertinencia de acciones de relocalización de poblaciones silvestres 14.- Evaluar periódicamente, la factibilidad y pertinencia de acciones de conservación ex situ mediante bancos de germoplasma, colecta biológica y rescates 15.- Realizar acciones según los protocolos de preservación y recuperación	12.- Estado de conservación de la especie 13.- Medidas de efectividad de la de la repoblación 14.- Grado de intervención antrópica del hábitat fluvial 15.- Número de acciones de repoblación, relocalización y conservación ex situ ejecutadas	IFOP, UCN (acción 12, 13, 14, 15) MMA, SUBPESCA, SERNAPESCA, Organizaciones de camaroneros (acción 15)
	5.- Implementar propuesta de ordenamiento y plan de manejo de la pesquería del camarón de río del norte	16.- Realizar gestiones políticas-administrativas para incorporar y modificar LGPA en términos del ordenamiento de la pesquería del camarón 17.- Formalizar un comité de manejo pesquero y desarrollar el plan de manejo de la pesquería de acuerdo a normativa vigente y actualizada.	16.- Modificación LGPA 17.- Comité y Plan de Manejo Pesquero implementado	GORE Coquimbo, SUBPESCA, Dirección Zonal de Pesca y Acuicultura, IFOP, Congresistas (acción 16) Dirección Zonal de Pesca y Acuicultura, SUBPESCA, SERNAPESCA, Organizaciones de camaroneros (acción 17)

3.2.3. Componente 3. Dimensión económica

Meta	Objetivos	Acción	Indicador	Institución(es) involucrada(s) y/o responsable(s)
Fortalecer la cadena de valor del recurso y potenciar la Acuicultura a Pequeña Escala (APE)	1.- Promover la formalización comercial de los camaróneros	1.- Realizar difusión, capacitación y acompañamiento en formalización comercial, antes el SII, SUBPESCA, SERNAPESCA y Servicio de Salud	1.- Número formalizados / Número total de camaróneros	GORE Coquimbo, Municipios del Choapa, SERCOTEC, FOSIS, INDESPA, Organizaciones de camaróneros (acción 1)
	2.- Promover la asociatividad y cooperativismo entre los camaróneros	2.- Realizar difusión, capacitación y acompañamiento para la formación, funcionamiento y operación de las cooperativas	2.- Número de cooperativas de camaróneros 3.- Número de camaróneros que son parte de una cooperativa / número total de camaróneros	GORE Coquimbo, Municipios del Choapa, SERCOTEC, FOSIS, INDESPA, Organizaciones de camaróneros (acción 2)
	3.- Desarrollar la Acuicultura a Pequeña Escala (APE) de camarones promoviendo el uso eficiente del recurso hídrico	3.- Diseñar plan de transferencia y de financiamiento para transferir la tecnología a los camaróneros. 4.- Obtener permisos sectoriales	4.- Número de centros instalados, autorizados y produciendo	GORE Coquimbo, UCN, INDESPA, SERCOTEC, FOSIS, INIA, Privados (acción 3) Organizaciones de camaróneros, SERNAPESCA, DGA, SEA, SUBPESCA (acción 4)

3.2.4. Componente 4. Dimensión socio-cultural

Meta	Objetivos	Acción	Indicador	Institución(es) involucrada(s) y/o responsable(s)
Contribuir a la distribución de los beneficios generados por la pesquería y valorar el recurso como patrimonio biocultural de la cuenca del Choapa	1.- Lograr una distribución equitativa de las capturas entre los camaroneros	1.- Proponer límites de extracción diaria (u otra escala temporal)	1.- Índice de Herfindahl-Hirschman Normalizado (IHN) ¹ [1]. 2.- Cantidad de días operados a la semana	SUBPESCA, SERNAPESCA, Organizaciones de camaroneros (acción 1)
	2.- Contribuir a la obtención salarial producto de la extracción de camarones	2.- Definir criterios para la estimación del esfuerzo pesquero máximo cada dos años	3.- Ingreso promedio mensual individual (IPMI) en base anual	SUBPESCA, SERNAPESCA, Organizaciones de camaroneros (acción 2)
	3.- Potenciar la valoración biocultural de la actividad camaronera	3.- Identificar los elementos bio-culturales que brindan el camarón 4.- Definir zonas claves para el desarrollo de actividades culturales y tradicionales 5. Implementar un programa cultural y de turismo de intereses especiales asociado a la actividad camaronera 6.- Realizar actividades de difusión y jornadas participativas dirigidos a usuarios y comunidades locales	4.- Circuito de actividades de intereses especiales asociados a la actividad camaronera (tradiciones históricas y gastronómicas) 5.- Número de instancias de divulgación de la actividad camaronera	UCN, IFOP, Organizaciones de camaroneros (acción 3, 4, 6) GORE Coquimbo, Municipios del Choapa, SERCOTEC, FOSIS, MMA (Fondo Protección Ambiental), INDESPA, Organizaciones de camaroneros (acción 5)
	4.- Incluir los módulos acuipónicos como unidades de aprendizaje técnico-profesional de estudiantes locales	7.- Desarrollar programas y contenidos educativos sobre acuaponía 8.- Implementar módulos acuipónicos en Liceos	6.- Diseño de contenidos educativos 7.- Número de visitas a módulos de acuaponía	UCN, MINEDUC, Liceos Técnicos (acción 7) UCN, Liceos Técnicos, Municipios del Choapa, Organizaciones de camaroneros (acción 8)

¹ Calculado en base a las capturas diarias en kg. El IHN varía entre 0 y 1; un índice mayor de 0,18 se considera como una extracción concentrada; entre 0,10 y 0,18, moderadamente concentrada; y un rango entre 0,0 y 0,10; desconcentrada

3.2.5. Componente 5. Dimensión institucional

Meta	Objetivos	Acción	Indicador	Institución(es) involucrada(s) y/o responsable(s)
Crear e implementar una instancia permanente de coordinación entre la institucionalidad sectorial, los usuarios de la pesquería y otros actores relevantes de la cuenca del Choapa	1.- Diseñar y poner en marcha un consejo de gestión multisectorial del Choapa	1.- Realizar reuniones de trabajo de la instancia creada 2.- Generar informes anuales del consejo de gestión de la cuenca del Choapa	1.- Número de reuniones ejecutadas / N° reuniones programadas (en base anual) 2.- Número de conflictos resueltos / Número total de conflictos	Delegación Provincial del Choapa, GORE Coquimbo, MINECON, MMA, Municipios del Choapa, Organizaciones de camaroneros, JV Choapa, DGA, DOH, Universidades regionales, IFOP, SUBPESCA (Dirección Zonal de Pesca y Acuicultura), SERNAPESCA (acción 1, 2)

3.2.6. Componente 6. Dimensión científica

Meta	Objetivos	Acción	Indicador	Institución(es) involucrada(s) y/o responsable(s)
Desarrollar líneas de investigación destinadas a reducir la brecha de conocimiento sobre la historia natural, conservación y acuicultura del camarón en la cuenca del Choapa	1.- Diseñar e implementar líneas de estudios que aborden aspectos escasamente estudiados sobre los hábitos de vida del camarón en condiciones natural (patrones migratorios, conducta reproductiva, ecología poblacional, entre otros)	1.- Diseñar estudio 2.- Obtener financiamiento para ejecución del estudio 3.- Ejecutar el proyecto 4.- Generar informes anuales de resultados	1.- Diseño del estudio 2.- Obtención de financiamiento 3.- Ejecución del proyecto 4.- Base de datos biológica, ecológica y ambiental 5.- Informes anuales de resultados	UCN y otras Universidades regionales, IFOP (acción 1, 3, 4) GORE Coquimbo, MINECON, MMA, ANID (acción 2)
	2.- Generar el escalamiento productivo para la producción de juveniles de camarón con fines de acuicultura y repoblación	5.- Diseñar proyecto 6.- Obtener financiamiento para ejecución del proyecto 7.- Obtener permisos sectoriales 8.- Implementar hatchery productivo	6.- Diseño proyecto y obtención de financiamiento 7. Permisos sectoriales obtenidos 8.- Hatchery comercial implementado 9. Producción masiva y venta de juveniles	GORE Coquimbo, ANID, Privados, CORFO (acción 6) UCN, Acuicultores, Organizaciones de camaroneros (acción 5, 8) Organizaciones de camaroneros, Acuicultores, SERNAPESCA, DGA, SEA, SUBPESCA (acción 7)

Meta	Objetivos	Acción	Indicador	Institución(es) involucrada(s) y/o responsable(s)
Desarrollar líneas de investigación destinadas a reducir la brecha de conocimiento sobre la historia natural, conservación y acuicultura del camarón en la cuenca del Choapa	3. Desarrollar un plan de selección genética orientado a la acuicultura y a la conservación del camarón	9.- Diseñar estudio 10.- Obtener financiamiento para ejecución del estudio 11.- Ejecutar el proyecto 12.- Proponer planes de mejora genética para el camarón	10.- Diseño proyecto y obtención de financiamiento 11. Plan de mejora genética que considera el manejo de reproducción en cautiverio y selección de reproductores para la generación de un stock de ejemplares con características notables que permitan una mejora productiva 12. Plan de manejo genético, que considera el número de individuos o reproductores necesarios que permita los niveles de variabilidad genética teniendo en cuenta la estrategia reproductiva de esta especie, y la reducción de efectos genéticos deletéreos en la población receptora (i.e., en el caso de repoblación)	Gobierno Regional de Coquimbo, ANID, Privados, CORFO (acción 10) UCN (acción 9, 11, 12)

3.3. Propuesta de modelo de gobernanza

Se incluye la creación de comités de manejo para recursos hidrobiológicos de aguas terrestres, definiendo que será el Director Zonal de Pesca y Acuicultura quien tendrá la responsabilidad de conformar un Comité de Manejo, que presidirá, y que estará constituido por los representantes de la pesquería a pequeña escala en aguas terrestres (en este caso las organizaciones de camaroneros del Choapa) y actores asociados provenientes de la institucionalidad territorial, pesquera-acuícola, hídrica y ambiental; y será a través de un reglamento que se determinará cómo se van a definir los participantes permanentes del Comité de Manejo y su funcionamiento. Además, en el presente plan se incluye, en el **Componente 5. Dimensión institucional**, la creación e implementación de una instancia de coordinación entre la institucionalidad sectorial, los usuarios de la pesquería y otros usuarios de la cuenca del río Choapa, que tiene por finalidad la colaboración estratégica para la conservación y manejo del recurso.

En este contexto, se incluyen los actores que debieran conformar el Comité de Manejo de *C. caementarius* de la cuenca del río Choapa.

En relación con la frecuencia de las sesiones ordinarias del Comité de Manejo, se sugiere que al menos sean trimestrales. En cuanto a las actas de cada sesión, se recomienda que éstas se aprueben en la misma sesión, de tal modo que los acuerdos queden inmediatamente disponibles. En relación con la instancia de coordinación entre la institucionalidad sectorial, los usuarios de la pesquería y otros usuarios de la cuenca del río Choapa, se recomienda dar continuidad a la instancia creada en el marco de la ejecución de este Programa, incorporando los ajustes que sean necesario, a partir de la evaluación de su funcionamiento.

Actor	Rol	Funciones principales y observaciones
Director Zonal de Pesca y Acuicultura	Presidente del Comité de Manejo	- Conexión con nivel central de SUBPESCA, así como con autoridades regionales. - Apoyo profesional para el análisis y elaboración de informes técnicos
Camaroneros organizados	Integrante permanente	- Incorporar el conocimiento e intereses de los camaroneros en las recomendaciones para la toma de decisiones - Debe haber al menos un titular y un suplente de cada una de las organizaciones existentes en la cuenca - Facilitar la participación de los camaroneros en acciones de monitoreo de la pesquería
Camaroneros no organizados	Integrante permanente	- Incorporar el conocimiento e intereses de los camaroneros en las recomendaciones para la toma de decisiones - Debe haber al menos un titular y un suplente; aunque podría haber cupos por tramos de la cuenca
SERNAPESCA	Integrante permanente	- Coordinar la fiscalización considerando la participación de fiscalizadores <i>ad honorem</i> - Incorporar la viabilidad de las medidas en cuanto a su control y fiscalización - Participar en acciones de difusión de las medidas de manejo con diversos actores relacionados (i.e., carabineros, PDI, jueces)
Municipio(s) de la provincia del Choapa	Integrante permanente	- Incorporar la mirada local y posibilitar la existencia de oficinas locales donde se reciban las declaraciones de desembarque y otros datos que deben entregar los camaroneros; y también ponga a disposición las instalaciones y logística para realizar las sesiones del Comité de Manejo
IFOP	Integrante permanente	- Responsable de coordinar el monitoreo ambiental de la cuenca y el monitoreo biológico-pesquero del recurso (diseño, recopilación, sistematización y análisis) - Asesoría técnica para la toma de decisiones
UCN	Integrante permanente	- Responsable de coordinar la acuicultura del recurso - Asesoría técnica para la toma de decisiones
DOH	Integrante permanente	- Responsable de coordinar estrategias de mitigación con los camaroneros frente a obras de mejoramiento y aprovechamiento de los recursos hídricos - Su participación se puede acotar en el marco de las declaraciones de zona escasez hídrica
JV Choapa	Integrante permanente	- Responsable de coordinar estrategias de mitigación con los camaroneros frente a obras de mejoramiento y aprovechamiento de los recursos hídricos - Su participación se puede acotar en el marco de las declaraciones de zona escasez hídrica
DGA	Integrante permanente	- Aun cuando debe ser un integrante permanente, su participación se puede acotar a dos reuniones anuales, para dar a conocer el estado del plan de manejo, y solicitar apoyo para la gestión de recursos hídricos con fines productivos.
Seremi de Economía	Integrante permanente	- Aun cuando debe ser un integrante permanente, su participación se puede acotar a dos reuniones anuales, para dar a conocer el estado del plan de manejo, y solicitar apoyo para la gestión de recursos financieros u otros apoyos que se requieran

Actor	Rol	Funciones principales y observaciones
Seremi de Medio Ambiente	Integrante permanente	- Aun cuando debe ser un integrante permanente, su participación se puede acotar a dos reuniones anuales, para dar a conocer el estado del plan de manejo, y solicitar apoyo para la gestión y conservación del recurso
Otros actores	Invitados	En función de temas específicos. Podrán ser actores públicos o privados. La consideración de invitados debe ser propuesta por cualquiera de los integrantes permanentes del Comité de Manejo al presidente, quien los invitará formalmente y los incorporará en tabla

3.4. Programa de apoyo a la fiscalización

Independiente del programa de fiscalización que deberán elaborar y ejecutar las instancias correspondientes (*i.e.*, SERNAPESCA), a continuación, se entregan algunos

aspectos que deben ser considerados en este aspecto, y cuyas tareas deberán ser coordinadas en el contexto del quehacer del Comité de Manejo.

1. Nombrar y capacitar a fiscalizadores *ad honorem*.
2. Gestionar oficina de fiscalización y de recepción de declaraciones de desembarque en instalaciones municipales.
3. Diseñar y ejecutar un programa de fiscalización basado en riesgos.
4. Difundir las medidas, sanciones y sus fundamentos entre los camaroneros y todos los participantes de la cadena de valor, así como la comunidad en general, utilizando diversos medios.
5. Diseñar e implementar instancias de participación en el control y la vigilancia, de los propios usuarios y de otros actores.
6. Diseñar y ejecutar plan de capacitación dirigido a carabineros y PDI, para que se incorporen en labores de fiscalización de la normativa relacionada con el camarón de río del norte, en las acciones de fiscalización que esas instituciones realizan.
7. Diseñar y ejecutar plan de capacitación dirigido a jueces.
8. Diseño y ejecución de plan de capacitación a los consumidores (restaurantes, turistas, comunidad).



Señalética para la protección y el cuidado de las poblaciones de camarón de río en la localidad de Mincha, río Choapa

4. EVALUACIÓN DE ESTRATEGIAS DE MANEJO

4.1. Modelación de acciones y escenarios de manejo integrado

En el desarrollo del Programa se desarrollaron dos aproximaciones de modelación para comprender y simular el comportamiento del sistema ecológico que sostiene al recurso camarón y el sistema bio-económico asociado al desarrollo de la acuicultura y repoblación del camarón. Ambos permitirán tener información para la toma de decisiones sobre acciones productivas y de manejo sobre el camarón en la cuenca.

4.1.1. Modelación cualitativa del sistema ecológico

El modelamiento cualitativo de redes o sistemas ecológicos, es un tipo de modelamiento matemático en que las relaciones entre las variables bióticas y abióticas que componen un sistema y su dinámica temporal se pueden representar por medio de dígrafos. Se utiliza para determinar la estabilidad local del sistema frente a perturbaciones externas del medio (*i.e.*, naturales y/o antrópicas), como medida de sostenibilidad [32,33]. En el dígrafo² que representa el modelo, cada variable se presenta por un nodo (círculo) y las interacciones entre ellas se representan por una línea y un símbolo que representa el efecto de la interacción sobre cada variable. Una flecha indica un efecto positivo, un círculo sólido muestra un efecto negativo y la ausencia de uno de estos símbolos representa un efecto nulo [32]. La dinámica de una variable se representa por su autorretroacción³. El dígrafo se relaciona posteriormente con una matriz comunitaria de Jacob-Levins en la cual se traducen las interacciones en -1, 0 y 1, dependiendo del efecto neto (cualitativo) de la interacción para cada variable. Luego, según su polinomio característico, se determina

la estabilidad local (criterio 1) y oscilación (criterio 2). Estos indicadores determinan el grado de resistencia del sistema a las perturbaciones.

Con el objetivo de determinar cuáles son las condiciones ideales del sistema para mantener la estabilidad local frente a distintos escenarios de manejo de las poblaciones naturales de *C. caementarius* en la cuenca del río Choapa, se elaboró un dígrafo en base a las observaciones en terreno y respaldado por literatura especializada [2, 5, 7, 12] que refleja las variables bióticas (*e.g.*, depredación, competencia) y abióticas (*e.g.*, flujo hídrico, refugio físico) que interactúan con *C. caementarius*. La modelación inicia con la elaboración de un modelo inicial, que luego es representado en una matriz comunitaria en la cual se realizan los cambios en las autorretroacciones en las variables que representen los escenarios establecidos. Para este caso se busca determinar en qué condiciones respecto a la dinámica de cada variable, el sistema se mantiene en estabilidad. Se elaboraron tres modelos iniciales que dicen relación con los patrones de distribución altitudinal de los estadios ontogénicos de *C. caementarius* en diferentes zonas fluviales de la cuenca del río Choapa: a) desembocadura (presencia de larvas, juveniles y adultos de camarón) (Fig. 34), b) potamon (presencia de juveniles y adultos de camarón) (Fig. 35), y c) ritron (presencia de adultos de camarón) (Fig. 36). Para cada uno de ellas se establecieron escenarios de: a) estrés hídrico (*i.e.*, sequía y sobrexplotación hídrica), b) regulación de la actividad extractiva de camarones (*i.e.*, cumplimiento de veda), c) repoblación de camarones (*i.e.*, siembra de juveniles al río), y la combinación cruzada de las tres anteriores (Tabla 6).

² Representación gráfica de las variables, interacciones y autorretroacciones del modelo.

³ Las autoretroacciones de cada variable representan la condición dinámica particular que exhiben en el sistema. Las autoretroacciones describen procesos ecológicos que son denso-independientes o denso-dependientes

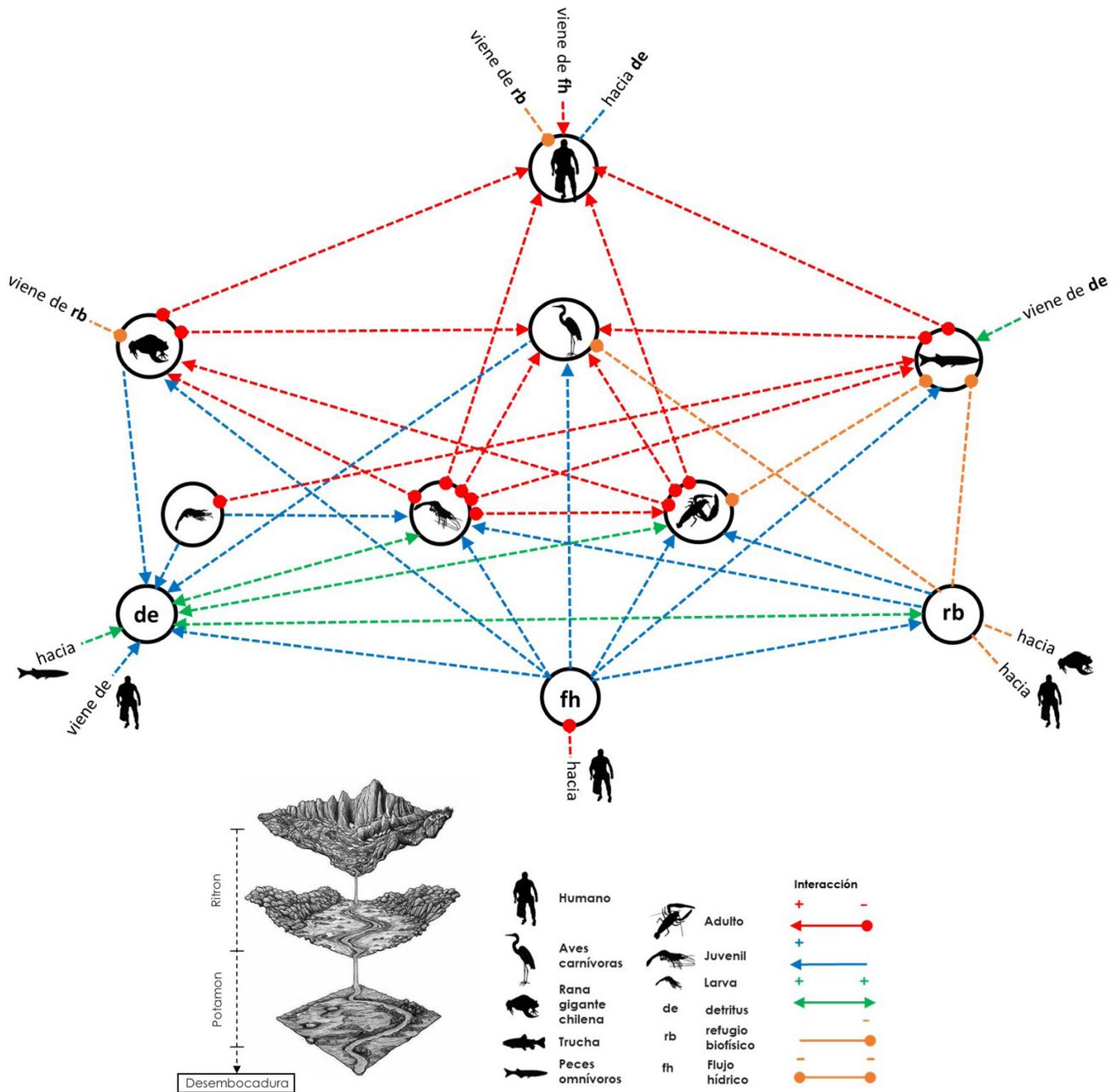


Figura 34. Dígrafo de las variables bióticas y abióticas que interactúan con los estadios larvales, juveniles y adultos de *Cryphiops caementarius* en la desembocadura del río Choapa. Las especies que componen el gremio de aves carnívoras y peces omnívoros se indican en las **Tabla 3** y **Tabla 5**.

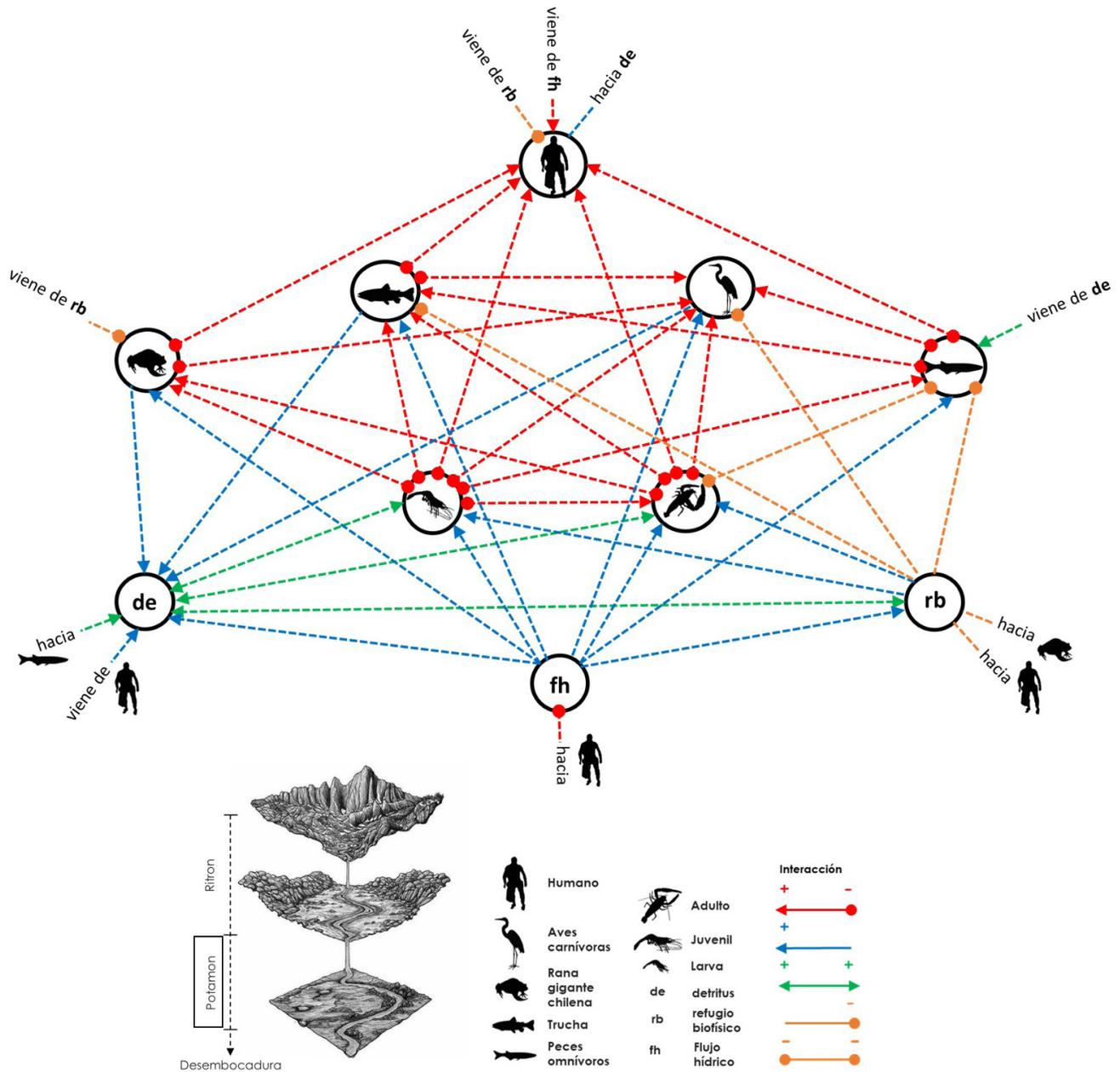


Figura 35. Dígrafo de las variables bióticas y abióticas que interactúan con los estadios juveniles y adultos de *Cryphiops caementarius* en la zona potámica del río Choapa. Las especies que componen el gremio de aves carnívoras y peces omnívoros se indican en las **Tabla 3** y **Tabla 5**.

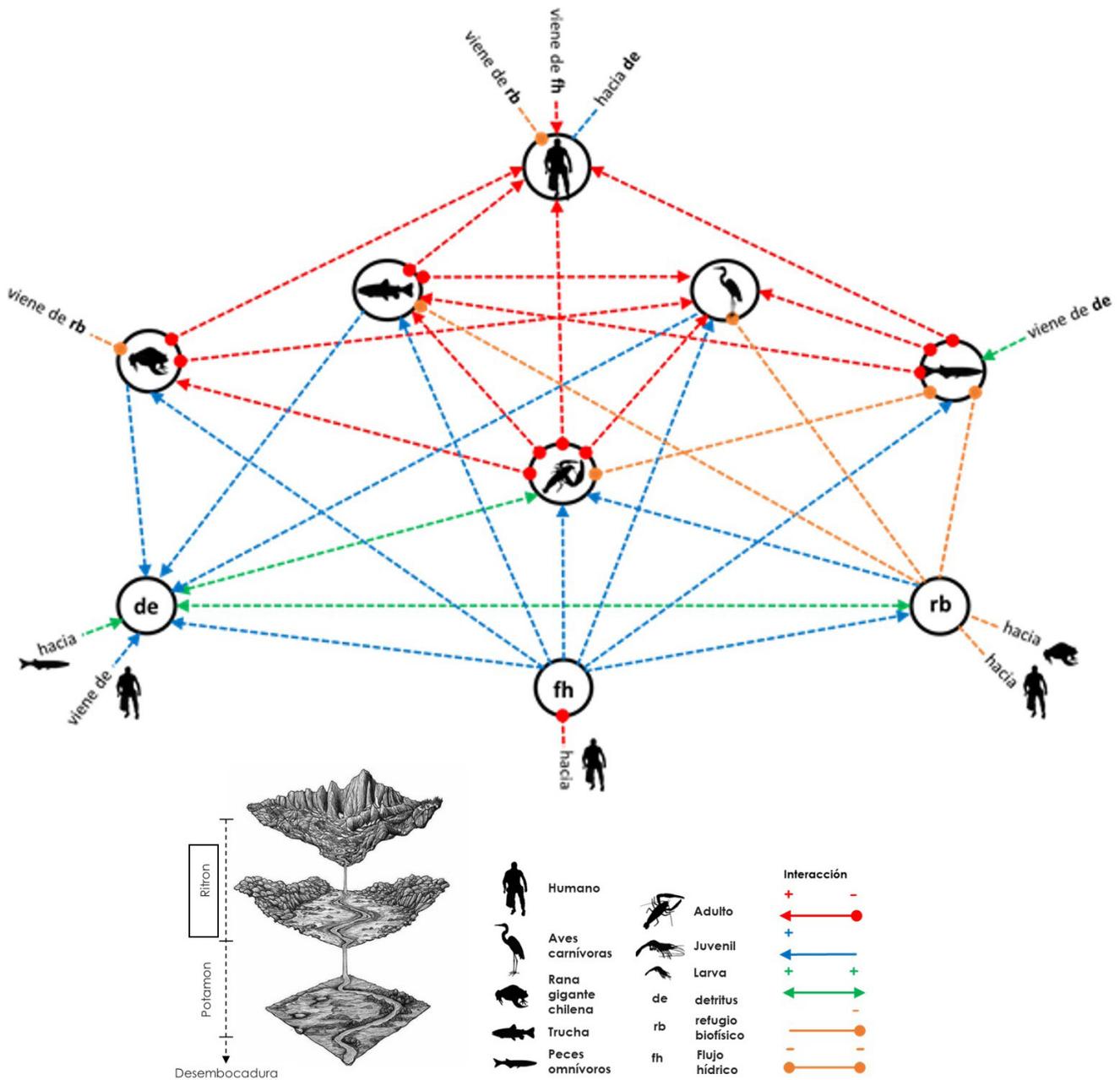


Figura 36. Dígrafo de las variables bióticas y abióticas que interactúan con los estadios adultos de *Cryphiops caementarius* en la zona ritrónica del río Choapa. Las especies que componen el gremio de aves carnívoras y peces omnívoros se indican en las **Tabla 3** y **Tabla 5**.

Tabla 6.
Escenarios propuestos de perturbación y la modificación de variables en la matriz comunitaria.

Escenario	Descripción
1) Extracción regulada (ER)	Autorretracción negativa en la variable humano
2) Estrés hídrico (EH)	Autorretracción positiva en la variable velocidad de flujo hídrico
3) Repoblación (R)	Autorretracción negativa en camarones juveniles en la desembocadura y potamon Autorretracción negativa en camarones adultos en ritron
4) ER + EH	Autorretracción negativa en la variable humano Autorretracción positiva en la variable velocidad de flujo hídrico
5) EH + R	Autorretracción positiva en la variable velocidad de flujo hídrico Autorretracción negativa en camarones juveniles en la desembocadura y potamon Autorretracción negativa en camarones adultos en ritron
6) ER + R	Autorretracción negativa en la variable humano Autorretracción negativa en camarones juveniles en la desembocadura y potamon Autorretracción negativa en camarones adultos en ritron
7) ER + EH + R	Autorretracción negativa en la variable humano Autorretracción positiva en la variable velocidad de flujo hídrico Autorretracción negativa en camarones juveniles en la desembocadura y potamon Autorretracción negativa en camarones adultos en ritron

Zona de la desembocadura o estuarina: Las variables que determinan los resultados de mayor estabilidad local (Criterio 1) y no oscilantes (Criterio 2) del modelo propuesto después de una perturbación son: el detritus, velocidad de flujo hídrico, peces omnívoros y camarones adultos. El detritus debe mantenerse en niveles altos y la velocidad de flujo hídrico en niveles bajos. En el caso de los peces omnívoros y camarones adultos, éstos deben mantenerse en altas abundancias respecto a la capacidad de carga en el sistema. El modelamiento también demostró una sensibilidad frente al estrés hídrico (EH), ya que, en escenarios de aumento en la velocidad de flujo

hídrico, mostró resultados oscilantes (Criterio 2) ante esta perturbación. Además, todas las variables biológicas deben presentar abundancias altas con respecto a la capacidad de carga del sistema, exceptuando la rana chilena que debería tener una baja abundancia respecto a la capacidad de carga del sistema. Estos resultados se replican en la combinación con los otros escenarios propuestos, concluyendo que la estabilidad de esta zona es más sensible a esta perturbación que a los otros escenarios modelados. Los escenarios con mayores resultados de estabilidad local y no oscilatorios son los de extracción regulada (ER) y repoblación (R) (**Tabla 7**).

Tabla 7.

Porcentajes de resultados según criterios de estabilidad local (Criterio 1) y oscilación (Criterio 2). ER = extracción regulada, EH = estrés hídrico, R = repoblación.

Modelo/zona	Escenarios	Estabilidad Local (Criterio 1)	Oscilación (Criterio 2)
Desembocadura	Inicial	0,06%	No oscilante
	ER	0,13%	No oscilante
	EH	0,01%	Oscilante
	R	0,12%	No oscilante
	ER+EH	0,03%	Oscilante
	ER+R	0,01%	No oscilante
	EH+R	0,01%	Oscilante
	ER+EH+R	0,04%	Oscilante
Potamon	Inicial	0,00%	No oscilante
	ER	0,01%	No oscilante
	EH	0,92%	No oscilante
	R	0,17%	No oscilante
	ER+EH	0,03%	No oscilante
	ER+R	0,02%	No oscilante
	EH+R	1,50%	Oscilante
	ER+EH+R	3,15%	Oscilante
Ritron	Inicial	0,18%	No oscilante
	ER	1,29%	No oscilante
	EH	1,34%	No oscilante
	R	1,29%	No oscilante
	ER+EH	2,50%	No oscilante
	ER+R	3,40%	No oscilante
	EH+R	3,80%	No oscilante
	ER+EH+R	7,13%	No oscilante

Zona potámica: Las variables: aves acuáticas, camarones adultos y refugio biofísico fueron más sensibles a la estabilidad local y la no oscilación luego de una perturbación. Para mantener la estabilidad local se deben mantener altos niveles de detritus, refugio biofísico y baja velocidad de flujo hídrico. Las poblaciones de aves y camarones adultos deben presentar altas abundancias con respecto a la capacidad de carga del sistema. Bajo un escenario de estrés hídrico (EH), todas las variables biológicas deben presentar altas abundancias respecto a la capacidad de carga del sistema. Los escenarios que incluyen el estrés hídrico solo presentan resultados estables (Criterio 1) y oscilantes (Criterio 2) ante una perturbación. Al igual que la zona estuarina, estos resultados se replican en la combinatoria con los otros escenarios propuestos. El escenario con mayores resultados de estabilidad y no oscilatorio es la repoblación (R) (Tabla 7).

Zona ritrónica: En el caso de la zona ritrónica las variables más sensibles a la estabilidad local luego de una perturbación fueron: los peces omnívoros y camarones adultos, además de las variables biofísicas de detritus y velocidad de flujo hídrico. Para mantener la estabilidad local, la abundancia de peces omnívoros y camarones adultos deben ser altas respecto a la capacidad de carga del sistema. Además, el detritus y la velocidad de flujo hídrico debe mantener niveles altos. Respecto a los escenarios con estrés hídrico (EH) no se observan diferencias en la dinámica de las variables analizadas. Sin embargo, los escenarios muestran mayor estabilidad cuando la velocidad de flujo hídrico es menor. En comparación con los modelos de las otras zonas, los resultados de estabilidad local en el ritron son mayores, esto se refleja en el mayor porcentaje de resultados de estabilidad cuando los tres escenarios se modelan

de manera conjunta. Todos los escenarios presentan resultados estables (Criterio 1) y no oscilantes (Criterio 2) (**Tabla 7**).

A partir de estos análisis, se concluye que las variables que determinan la estabilidad local de los sistemas son distintos en cada zona del río, el estrés hídrico afecta de distinta forma a los tres modelos, siendo más sensible en las zonas de la desembocadura y del potamon, y la zona ritrónica muestra resultados de mayor estabilidad frente a las perturbaciones.

4.1.2. Modelación bio-económica

Se evaluaron tres actividades productivas y de manejo a través de modelos bio-económicos: i) repoblación, ii) implementación de módulos de cultivo acuíponicos, y iii) instalación de cultivos tradicionales de engorda (*i.e.*, piletas).

i) Evaluación de la actividad de repoblación: El objetivo de esta evaluación fue mostrar el efecto que tiene la introducción de juveniles producidos en hatchery, sobre variables de desempeño tales como la biomasa del stock, el costo medio e ingreso per cápita anual, entre otras, considerando el aporte que los individuos repoblados hacen al stock reproductivo futuro del recurso. Así, se compararon los resultados de estas variables bajo tres escenarios: a) sin repoblación, b) repoblación de 25.000 juveniles en forma anual por un periodo de 6 años, y c) repoblando suficientes juveniles como para mantener un ingreso per cápita actual de MM\$ 4,5, obtenidos durante la última temporada de pesca. Tomando como referencia una captura anual estimada de 40 ton año⁻¹ y considerando los parámetros de historia de vida de la especie, se estimó una biomasa total inicial del stock de aproximadamente 95 ton.

Los resultados de la simulación indican que, a los niveles actuales de explotación, la repoblación de 25.000 individuos no produce un efecto relevante sobre el tamaño poblacional, manteniendo una tendencia a la baja que va desde las 95 ton. hasta las 69 ton. al cabo de seis años. Para mantener el nivel poblacional, de captura e ingreso per cápita actual, se requeriría realizar una repoblación de 600.000 juveniles anuales, lo que

significa aumentar en casi 24 veces la cantidad repoblada durante el programa. Considerando el costo que significa la producción de juveniles en hatchery, la repoblación anual con 600.000 juveniles se produciría a un costo medio cercano a los \$ 80.000 kg⁻¹, mientras que el costo medio por kilo de ejemplares de la población natural (no repoblado) capturado se mueve entre los \$ 3.000 kg⁻¹ y \$ 4.000 kg⁻¹. Lo anterior significa que, si bien se lograría el objetivo per cápita deseado, un kilo de camarón no repoblado es más de 20 veces más barato que un kilo de camarón repoblado y que es posteriormente capturado.

ii) Implementación de cultivos acuíponicos: El módulo acuíponico evaluado incluye el cultivo integrado de truchas, hortalizas y camarones, basados en un sistema de recirculación, con estanques en tierra. En este sistema, se evaluó el nivel de producción necesario para satisfacer un ingreso per cápita de \$ MM 3,5 durante el período que rige la veda extractiva del recurso. Los escenarios de simulación incluyen dos configuraciones distintas del módulo acuíponico; un módulo básico demostrativo como el que entrega el Programa, y un módulo piloto o productivo (full), el cual es sugerido para implementar una unidad productiva básica. Las simulaciones contemplaron cuatro niveles de escalamiento, por cada tipo de módulo (1, 2, 3 o 4 veces su tamaño original), considerando escenarios con 12, 18 y 24 personas beneficiarias. El propósito del escalamiento fue encontrar un tamaño de producción que satisficiera las necesidades de los socios involucrados. Los resultados de la simulación para la implementación y escalamiento de los módulos de cultivo acuíponicos (básico y full) se muestran en la **Tabla 8**.

Si se considera como referencia alcanzar el ingreso per cápita planteado como objetivo, los resultados indican que esto se cumpliría para 8 de las 24 combinaciones posibles (**Tabla 8**). De esta forma, el módulo básico sólo permitiría valores satisfactorios amplificando por cuatro la capacidad del cultivo siempre y cuando las personas beneficiarias sean 12 o 18 socios, mientras que en el modo full el objetivo se alcanza cuando se expande por tres y más, unidad productiva, para todos los números de socios considerados y para todas las combinaciones. La **Tabla 9** resume los montos de la inversión en distintos escalamientos productivos considerados.

Tabla 8.

Resultados de la simulación para la implementación-escalamiento de los módulos acuipónicos. Las cifras en rojos no cumplen el ingreso per cápita.

Número de socios	Módulo	1	2	3	4
12	Básico	\$-777.481	\$666.592	\$2.782.547	\$5.736.275
	Full	\$-231.763	\$2.782.547	\$7.262.788	\$13.564.840
18	Básico	\$-518.321	\$444.394	\$1.855.031	\$3.824.183
	Full	\$-154.509	\$1.855.031	\$4.841.858	\$9.043.227
24	Básico	\$-388.741	\$333.296	\$1.391.273	\$2.868.137
	Full	\$-115.881	\$1.391.273	\$3.631.394	\$6.782.420

Tabla 9.

Valores de inversión para los distintos tipos de módulos acuipónicos y sus escalamientos.

Módulo	1	2	3	4
Básico	\$8.954.424	\$17.908.848	\$26.863.272	\$35.817.696
Full	\$11.909.384	\$23.818.768	\$35.728.152	\$47.637.535

iii) Instalación de cultivos de engorda tradicionales:

Esta actividad, se evaluó considerando dos alternativas: a) un set de estanques, como los considerados en la transferencia del programa y b) la posibilidad de utilizar estanques de mayor tamaño que podrían ser construidos por los propios usuarios (piletas). Tal como los casos anteriores, se simuló un proceso de escalamiento productivo para realizar la evaluación. Considerando el tipo de estanque inicial, el costo medio de producción por kilo de camarón es de \$ 228.994 con una producción de 23 kg, por estanque. El escalamiento de este módulo no genera un cambio en el sentido de lograr un beneficio neto positivo, ni un costo de producción inferior al precio de venta del recurso.

Un escenario alternativo considerado, fue la construcción de dos piletas de 40 x 20 m (800 m²) administradas y disponibles para los camaroneros, donde se estima una producción de 228 kg por piletta. En este caso, los resultados muestran que el costo medio baja a \$ 6.569 kg⁻¹, lo que deja un margen de ganancia de \$ 8.431 lo que permite que el beneficio neto por ciclo productivo sea de \$ 3.073.252. Por tanto, un cambio en el diseño del cultivo de estanques a piletas genera un beneficio neto positivo a un menor costo para los camaroneros. Los resultados en términos de ingresos se muestran en la **Tabla 10**. En ella se muestran dos resultados posibles; a) ingreso per cápita (1), cuando la organización de camaroneros asume sólo los costos de la energía y de los juveniles y b) ingreso per cápita (2), cuando la organización de camaroneros no asume los costos y ellos son cubiertos por otro agente.

Tabla 10.

Resultados de ingresos per cápita (1) y (2).

Número de socios	Ingreso per cápita (1)	Ingreso per cápita (2)
12	\$512.209	\$911.331
18	\$341.472	\$607.554
24	\$256.104	\$455.665

4.2. Estrategia pesquera acuícola (EPA)

4.2.1. Acuicultura a pequeña escala (APE) en aguas continentales

Las propuestas para el desarrollo de APE y repoblación de *C. caementarius*, se basan en 2 pilares fundamentales.

i) El recurso hídrico y tecnologías de acuicultura para aguas continentales: Dada la situación hídrica del norte del país, el desarrollo de la acuicultura debe considerar modelos que se establezcan sobre la premisa de un uso eficiente del agua e incorporando el tratamiento de efluentes, el reúso del agua y/o la integración de sistemas. Es así que, entre las alternativas tecnológicas que pueden ser complementarias, se encuentran, la Tecnología con RAS, en que la base de la ingeniería del sistema productivo se establece en el tratamiento del efluente con biofiltros, en el que bacterias nitrificantes actúan reduciendo los componentes nitrificantes que son tóxicos para las especies hidrobiológicas. También la Tecnología Bio-Floc (TBF), considerada como una tecnología alternativa sostenible y eficaz en el uso del agua, donde se reduce a casi cero su uso; y en la cual los nutrientes generados por el sistema, pueden ser reciclados y reutilizados continuamente, dándose en la columna de agua una interacción compleja entre la materia orgánica y microorganismos. Este sistema en comparación a los sistemas tradicionales, no genera una descarga de componentes orgánicos e inorgánicos (e.g., amonio, fósforo, materia orgánica, carbono orgánico disuelto y sólidos suspendidos). Además, tiene la ventaja de ser una fuente de alimento para los organismos de cultivo. Una tercera alternativa se encuentra en los Sistemas Acuíponicos o Integrados, en que el agua utilizada se comparte de manera integrada para el cultivo de especies hidrobiológicas y vegetales de hoja o fruto. En estos sistemas, las plantas actúan como biofiltros de productos nitrogenados, generándose diversas reacciones químicas y físicas de los componentes nutricionales que son aprovechados en diferente forma por todas las especies integradas en el cultivo. Para esta última alternativa, el camarón de río, es factible de integrar con el cultivo de peces (truchas, carpas o lisas) y con vegetales (**Fig. 37**).

En todas las alternativas, el camarón de río es una especie candidata y ya evaluada en su desempeño, por ejemplo, parámetros zootécnicos (crecimiento, supervivencia, factor de conversión de alimento) así como parámetros

de bioingeniería (consumo de oxígeno, excreción de amonio, sólidos suspendidos totales generados). Si bien el agua dulce es un factor de mayor relevancia, no sería limitante debido a las tecnologías indicadas. Estas alternativas también plantean una sinergia con el sector agrícola, no sólo por el uso del agua, sino que los productos de desechos de estos sistemas acuícolas pueden ser utilizados como fertilizantes agrícolas, debido a alto contenido de nutrientes. Si bien estas tecnologías implican el uso de energía, son perfectamente compatibles con energía renovables como la fotovoltaica, para generar electricidad y colectores solares de paneles, para generar calor.

ii) Producción de juveniles de camarón de río: *Cryphiops caementarius*, es uno de los recursos hidrobiológicos nativos con gran potencial de desarrollo para acuicultura continental, que ya cuenta con una tecnología de cultivo desarrollada y validada por el grupo de investigación en crustáceos de la UCN. En la actualidad, se han implementado cultivos a escala piloto que permiten sustentar actividades de acuicultura y repoblación de pequeña escala (**Fig. 37**).

Entre los aspectos productivos ya validados están 1) el manejo de la reproducción en cautiverio, pudiendo obtener un 50 % de juveniles provenientes de hembras con huevos del medio natural y otro 50 % de hembras cuya reproducción fue generada en cautiverio, a su vez en dos modalidades: reproducción natural o inducida con control de la temperatura; 2) la producción de larvas y juveniles en laboratorio en sistemas tipo "batch", considerando 4 meses de cultivo, para la producción de juveniles de 10 mm de LC, factibles de ser diferenciados por cuenca hidrográfica de los parentales y con un uso para cultivo o repoblación; 3) alimentación para larvas, juveniles y adultos considerando el uso de alimento vivo (microalgas, rotíferos y artemias) y alimento formulado (pellet y flan); 4) control y manejo de sistemas de aire y agua (dulce y de mar) para el cultivo de larvas y adultos; 5) buenas prácticas de acuicultura basada en el bienestar animal, 6) existencia de protocolos para el marcaje y transporte de

juveniles y 7) implementación de sistemas integrados de cultivo que consideran la recirculación del agua

De manera complementaria, se proyecta el uso aplicado de marcadores moleculares (microsatélites) para selección de reproductores para generación de un stock de ejemplares con características notables que permitan una selección dirigida (e.g., según el tamaño) y

la evaluación de parentesco, considerando que para los camarones del río Choapa se cuenta ya con una biblioteca genética con muestras de las hembras que han dado origen a los juveniles que se repoblaron en dicha cuenca. La consolidación de nuevas líneas de investigación, como lo es la selección genética de reproductores, permitirá orientar actividades de repoblación que resguarden el patrimonio genético natural.



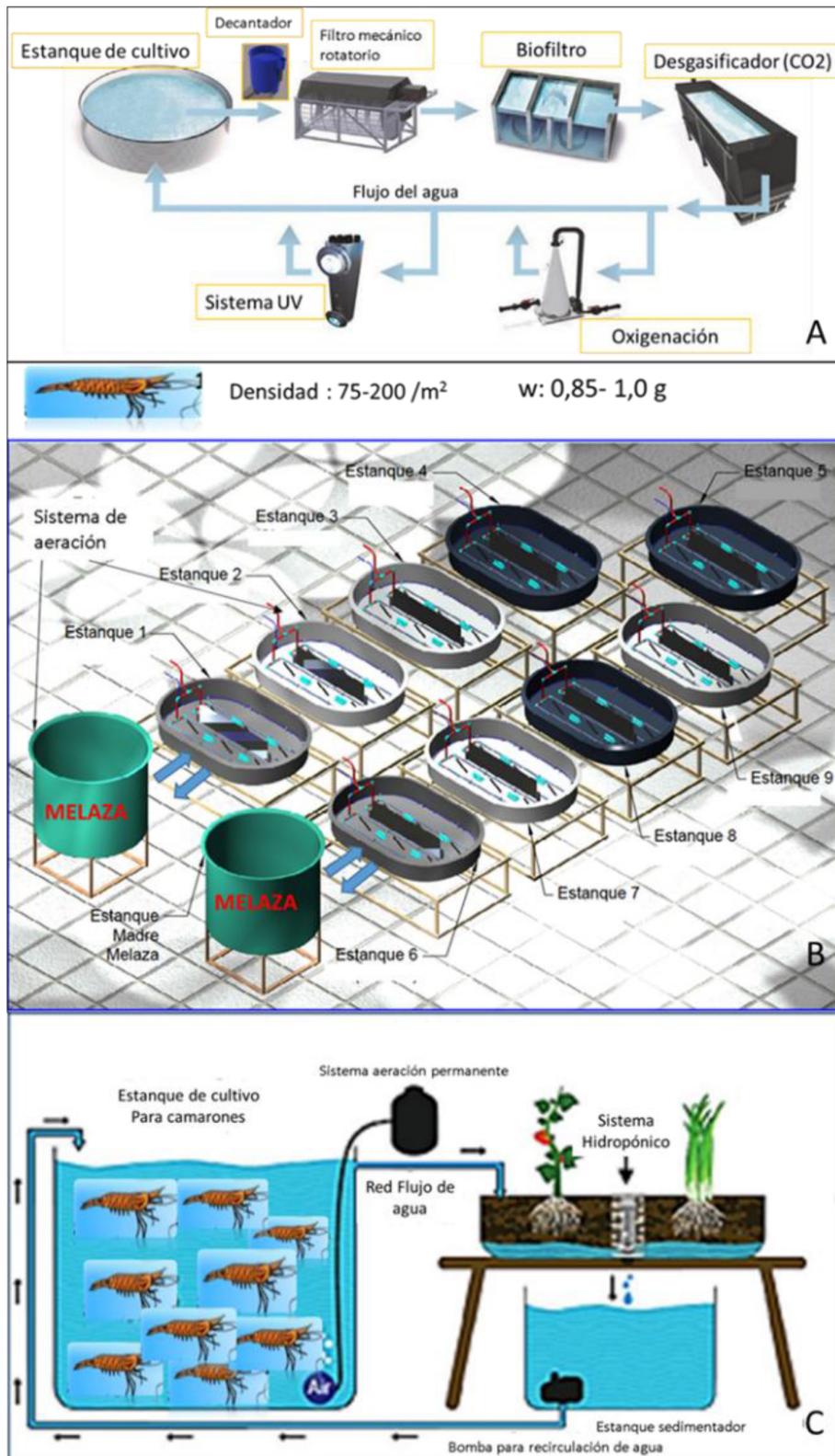


Figura 37. Esquemas de tecnologías aplicables a la acuicultura de *Cryphiops caementarius*. A) Tecnología RAS, B) TBF, C) Sistemas Acuíponicos o Integrados.

4.2.2. Repoblación de camarones en el río Choapa 2020-2021

En el marco del Programa, el objetivo principal de la repoblación de *C. caementarius* en el río Choapa, fue suministrar nuevos reclutas a las poblaciones naturales, como medida de mitigación a la continua amenaza que enfrenta la especie en la cuenca producto de la prolongada sequía que afecta la zona, y reducción y modificación del hábitat derivado de las diversas presiones antropogénicas (ver Secciones **2.2.1. Situación hídrica 2019-2021**, **2.4.3. Perturbaciones físicas del cauce fluvial**, **2.4.4. Fragmentación de hábitat**), que en consecuencia han reducido la abundancia y la distribución altitudinal de la especie hacia las zonas baja y media de la cuenca, donde hace ~ 40 años atrás llegaba hasta la zona alta de la cuenca, según relatan las organizaciones de camaroneros.

La selección de sitios candidatos a repoblar, fue realizado a través de un análisis multicriterio, cuyo objetivo principal fue identificar los sectores que presenten los requerimientos ambientales necesarios para el desarrollo óptimo de los ejemplares juveniles de camarón, de esta manera se busca incrementar las posibilidades de supervivencia hasta la etapa de madurez sexual y/o talla mínima comercial, asegurando su persistencia en el tiempo. En cada uno de los sitios de muestreo (ver **Fig. 7** y **Fig. 8**), se evaluaron de manera integrada seis criterios o elementos claves para los hábitos de vida de *C. caementarius* (ver Sección **2.2.2. Caracterización ambiental**).

Criterio A. Calidad de agua del hábitat fluvial: Este criterio evalúa la calidad de agua y grado de perturbación, mediante la aplicación del Índice Biótico de Familia de macroinvertebrados bentónicos. Según este criterio, todos los sitios presentaron condiciones de hábitat perturbados y calidad de agua desfavorable (ver **Fig. 11**). Bajo este criterio, se concluye no liberar juveniles en la zona alta de la cuenca, que es la que presenta los peores indicadores.

Criterio B. Calidad biofísica del hábitat fluvial: Este criterio evalúa la diversidad y heterogeneidad del hábitat (refugio, sustrato, condiciones hidrológicas), mediante la aplicación del Índice de Hábitat Fluvial. Según este criterio, todos los sitios presentaron condiciones de hábitat aceptables, que ofrecen buena calidad de habitabilidad (ver **Fig. 12**). Bajo este criterio, se concluye que todos los sitios son aptos para la liberación de juveniles.

Criterio C. Condiciones hidráulicas del hábitat fluvial: Este criterio evalúa las fluctuaciones hidráulicas del río, expresados en un valor (0 a 2), mediante la aplicación del Índice de Estrés Hidráulico. Sitios con valores altos (más cercanos a 2.0), implican un mayor gasto energético para individuos juveniles de camarón (ver **Fig. 13**). Bajo este criterio, los sitios de la zona baja de la cuenca aparecen como los candidatos idóneos para liberación de juveniles, en especial el sitio 3 (Puente Negro), que muestra una escasa variación estacional del flujo hídrico (ver **Fig. 13**).

Criterio D. Condiciones morfométricas del hábitat fluvial: Este criterio evalúa las fluctuaciones morfométricas del río (ancho y profundidad). Es muy importante que el sitio tenga un suministro hídrico espacio-temporal consistente, sin fluctuaciones abruptas. Esto es especialmente relevante considerando el escenario de sequía que afecta actualmente la cuenca del río Choapa. Bajo este criterio, se concluyó no liberar juveniles en la zona media de la cuenca, que es la que presentó las mayores fluctuaciones estacionales (ver **Tablas 1,2 y 3 en Material Suplementario**).

Criterio E. Distribución espacial y etaria de las poblaciones de camarón: Este criterio evalúa y caracteriza de manera representativa y general el patrón de distribución altitudinal de las poblaciones de camarón en la cuenca del Choapa. Bajo este criterio, los sitios de la zona baja presentaron las condiciones idóneas para acciones de repoblación, ya que concentran una mayor cantidad de individuos juveniles, en contraste con la zona media que es dominada por ejemplares de mayor tamaño y/o adultos; situación que potencialmente expondría a juveniles a la depredación intraespecífica (canibalismo), lo que claramente es una evidencia directa de las condiciones favorables para la persistencia de estos organismos.

Criterio F. Origen filogenético: Este criterio considera la liberación de camarones juveniles en el sector de origen de los adultos progenitores de dicha descendencia.

La adición de estos criterios por zona altitudinal de cuenca, indica que los sectores de la zona baja cumplen con la totalidad de los criterios requeridos (**Tabla 11**),

convirtiéndolos en sitios idóneos para acciones de repoblación.

Tabla 11.
Criterios de selección de sitios para repoblación de juveniles de *Cryphiops caementarius* en la cuenca del río Choapa. + = cumple el criterio.

Criterio	Zona baja	Zona media	Zona alta
A. Calidad de agua	+	+	
B. Calidad biofísica	+	+	+
C. Condiciones hidráulicas	+		
D. Condiciones morfométricas	+		+
E. Distribución del camarón	+		
F. Origen filogenético	+		
Nivel de cumplimiento	6	2	2

En el marco del Programa se realizaron dos eventos de repoblación de juveniles de camarón en conjunto con las organizaciones camaroneras, el primero, el 30 de octubre 2020 en los sectores de Puente Negro (~ 4000 ejemplares) y Los Loros (~ 2000 ejemplares), y el segundo, el 13 de mayo de 2021 en el sector de Puente Negro (~ 12000 ejemplares) (**Fig. 38**). Los ejemplares liberados fueron marcados con un implante visible de elastómero en el sector muscular del abdomen (**Fig. 39**), el cual diferencia a cada ejemplar por un color específico y facilita su seguimiento para evaluar persistencia en el tiempo [34]. Estas acciones se realizaron acorde al protocolo establecido por el Laboratorio de Cultivo de Crustáceos de la UCN, el cual consistió en cinco etapas: embalaje, transporte, apertura, aclimatación y liberación

(**Fig. 40**). Para el caso de juveniles menores de 10 mm de LC, el tiempo de transporte no debe superar las 24 hrs y debe ser en condiciones de agua saturada de oxígeno. Antes de ser liberados, éstos deben ser aclimatados previamente a la temperatura externa del río, para evitar estrés fisiológico (**Fig. 40**).

Posteriormente se realizaron actividades de seguimiento, tendientes a evaluar la ocurrencia de los juveniles (**Fig. 41, Fig. 42 y Fig. 43**). Esta evaluación se realizó mediante inspección visual y recolección de juveniles por parte de los camaroneros, en las riberas con presencia de macrófitas acuáticas que son utilizadas como refugio por *C. caementarius* (ver **Fig. 10, Fig. 41 y Fig. 42**).

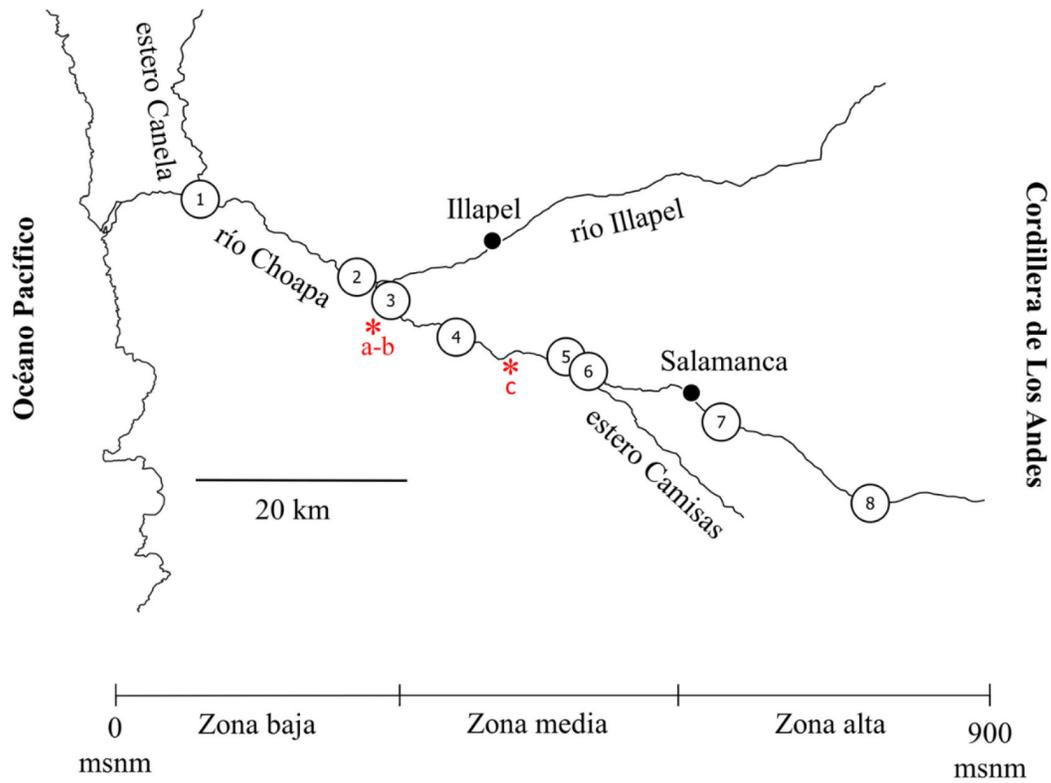


Figura 38. Sitios de repoblación de *Cryphiops caementarius* en la cuenca del río Choapa (asterisco rojo; a = octubre 2020, b = mayo 2021, c = octubre 2020). Ver sitios en **Fig. 8** y **Fig. 9**.



Figura 39. Ejemplar juvenil de *Cryphiops caementarius* capturado desde el río, con marcas de elastómero en el abdomen (color verde) observado con linterna UV.



Figura 40. Protocolo de liberación de juveniles de *Cryphiops caementarius*. 1 = embalaje y transporte, 2 = apertura, 3 = aclimatación, 4 = liberación.

Sector Puente Negro: Alcanzó una tasa de recaptura total de 1,72% después de ocho meses de transcurrida la repoblación. La mayor cantidad de ejemplares recapturados fue después de 24 horas de la liberación (1,15%), este número fue descendiendo a través de los meses. Los ejemplares estaban asociados a riberas o remansos con presencia de bolones y fango, distanciados de las zonas de rápidos (ver **Fig. 41**). Después de tres meses de transcurrida la liberación, se registró la presencia de tres hembras ovígeras (ver **Fig. 43**).

Sector Los Loros: Alcanzó una tasa de recaptura total de 1,05% después de seis meses de transcurrida la repoblación. La mayor cantidad de ejemplares recapturados fue después de un mes de la liberación (0,8%), este número fue descendiendo a través de los meses. Los ejemplares estaban asociados a riberas o remansos con presencia de vegetación ribereña, distanciados de las zonas rápidas (ver **Fig. 41**). Después de cuatro meses de transcurrida la liberación, se registró la presencia de una hembra ovígera (ver **Fig. 43**).

Los porcentajes de recaptura corresponden a seguimientos de ocurrencia y/o persistencia de especímenes en el lugar, no supervivencia, ya que esta última requiere un diseño experimental específico no compatible con el desarrollo del Programa. Para ambos sectores, la disminución en los patrones de recaptura, permite inferir al menos tres posibles escenarios, el primero de ellos es que los ejemplares liberados se mantienen un tiempo aproximado de un mes en el tramo fluvial, antes de dispersarse por el río. El segundo, es la mortalidad causada por los depredadores locales, y el tercero es la capacidad de extracción de los camaroneros, si bien es cierto se utilizó una metodología estandarizada, el número de juveniles recapturados está determinado por la capacidad de búsqueda del camaronero, ya que ellos acostumbran a extraer ejemplares adultos y en cada terreno, participaron personas diferentes.



Figura 41. Organizaciones de camaroneros realizando seguimiento de ocurrencia de camarones liberados en las riberas del río Choapa.



Figura 42. Seguimiento de ocurrencia de ejemplares juveniles de *Cryphiops caementarius* (flechas amarillas) recapturados después de 24 horas de liberados en las riberas del río Choapa.

En general, los ejemplares juveniles fueron encontrados en hábitats bentónicos alejados de zonas de rápidos y con presencia de refugios biofísicos (rocas y/o plantas acuáticas).

La velocidad de flujo hídrico y turbulencia presente en zonas de rápidos, ejerce un estrés sobre la capacidad natatoria de individuos de menor tamaño, y los refugios utilizados por los mismos, pueden diferir según las condiciones locales del hábitat fluvial, lo que demuestra la plasticidad de la especie en cuanto a búsqueda de refugio.



Figura 43. Ejemplares marcados de *Cryphiops caementarius* (círculos amarillos) recapturados después de 2, 3 y 4 meses de liberados en las riberas del río Choapa. Nótese la hembra ovígera marcada con presencia de huevos en la cavidad abdominal y línea blanca nupcial en la periferia de los segmentos del abdomen (flechas amarillas).

4.2.3. Propuesta de ordenamiento pesquero

La actividad extractiva de *C. caementarius*, es la principal pesquería de aguas terrestres desarrollada en la zona norte y centro norte del país. Corresponde a una actividad productiva ancestral, de pequeña escala y ejercida por comunidades ribereñas donde el recurso forma parte de la dieta tradicional y de la oferta gastronómica local

(Fig. 44). Si bien actualmente el recurso tiene medidas de administración vigentes, como Veda Biológica, Talla Mínima, Artes de Pesca Autorizados, entre otras (ver Sección 1.3. **Marco normativo vigente para la pesquería y acuicultura de camarones dulceacuícolas en Chile**), éstas en la práctica son escasamente fiscalizadas.

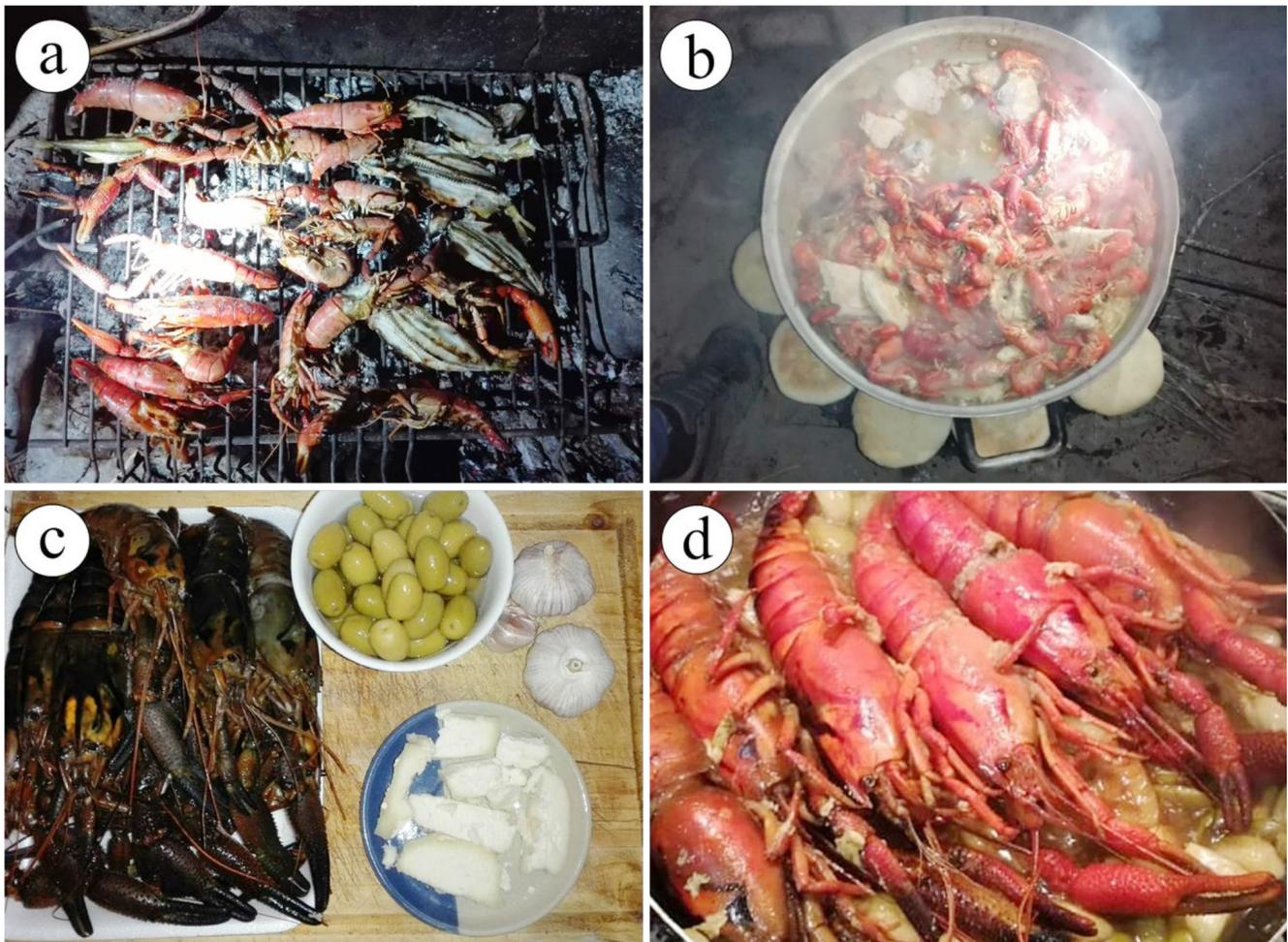


Figura 44. Productos gastronómicos derivados del camarón de río del norte en la provincia del Choapa. (a) parrilla tradicional de camarones y pejerreyes desarrollada durante las faenas de pesca, (b) discada tradicional de camarones con carne y tortillas, (c) y (d) camarones al ajillo salteado en aceitunas locales.

Lo anterior, puede ser explicado porque este recurso no forma parte de la nómina nacional de pesquerías artesanales de acuerdo con la R. Ex. N° 3115 de 2013, y por tanto no es considerado dentro de las políticas de ordenamiento y gestión pesquera sustentables por parte de la SUBPESCA. Esta situación fue también advertida por la FAO, el año 2016, cuando en el contexto de una solicitud de revisión de la LGPA, en términos generales recomendó al Estado de Chile, generar diagnósticos necesarios e incorporar en la legislación nacional la normativa pertinente respecto a los recursos de aguas continentales.

De este modo, el régimen de acceso de esta actividad extractiva es de libertad de pesca, sin registro de usuarios y donde cualquier persona tiene el derecho legal de explotarla. Una condición considerada por la ciencia pesquera como suficiente para llevar al recurso y su pesquería a la sobreexplotación y/o colapso, más aún cuando ésta se desarrolla en un medioambiente tan inestable y afectado por múltiples usos antrópicos que alteran significativamente su nicho ecológico, como la extracción de áridos, canalizaciones, entre otros, pero también por el alto grado de exposición a los efectos producidos por la mega-sequía que por doce años afecta las cuencas hidrográficas de esta región (ver secciones **2.2.1. Situación hídrica 2019-2021**, **2.4.3. Perturbaciones físicas del cauce fluvial** y **2.4.4. Fragmentación de hábitat**).

El principal efecto de no reconocer la actividad extractiva del recurso camarón de río como una pesquería, ni a los camaroneros como pescadores de pequeña escala es que estos usuarios ni el recurso, tienen la posibilidad de acceder a las políticas públicas que apuntan a la explotación sustentable, ni a acceder a la plataforma social y de fomento productivo que el Estado tiene para la pesca artesanal de recursos hidrobiológicos marinos.

En este contexto, el Programa generó una propuesta de modificación legal que tuvo sus bases legales en el propio mandato de la LGPA, donde en el Artículo 1° A Establece que "Los recursos hidrobiológicos y sus ecosistemas están sometidos a la soberanía del Estado de Chile en las aguas terrestres, aguas interiores (...) de acuerdo a las normas de derecho internacional y a las de la presente Ley". Por su parte, el Artículo 1° C: Establece principios que mandatan a la autoridad la "recopilación, verificación sistemática y oportuna, correcta y pública de la data referida a los recursos hidrobiológicos y sus ecosistemas".

Además, el DFL N° 5 de 1983, en sus Artículos 17° y 25° fijan competencias a la SUBPESCA y SERNAPESCA para asegurar un marco jurídico y administrativo eficaz a escala local y nacional para la conservación de los recursos.

En síntesis, la propuesta de ordenamiento consiste en:

1. Modificar LGPA para incorporar la figura de "pesca de pequeña escala de aguas terrestres".
2. Incorporar a la pesca de pequeña escala de aguas terrestres a la ley que crea el INDESPA, posibilitando así, a los usuarios de esta pesquería, acceder a los beneficios que esta ley contempla.
3. Establecer un Comité de Manejo y un Plan de Manejo por cuenca, considerando criterios biológicos-pesqueros, sociales y económicos, así como los criterios de mantención en la nómina (ej. días de operación), entre otros.
4. Establecer Requisitos de acceso a la pesquería.
5. Otorgar Permisos Temporales de Pesca a los usuarios que cumplan los requisitos establecidos (de máximo 2 años).
6. Autorización de extracción máxima y esfuerzo de pesca máximo, por cuenca.
7. Otorgar facultades a SERNAPESCA para nombrar fiscalizadores *adhonorem* de apoyo a la fiscalización.
8. Otras modificaciones menores requeridas, para cumplir el propósito de la propuesta.

Esta propuesta fue sociabilizada y validada con las organizaciones de camaroneros, y fue presentada y compartida en "términos jurídicos" a SUBPESCA,

SERNAPESCA y a la Senadora Adriana Muñoz, en su calidad de integrante de la Comisión de Intereses Marítimos, Pesca y Acuicultura del Senado.

Ordenamiento de la pesquería de camarón de río del norte: Propuesta de modificación de ley para *Cryphiops caementarius* en la cuenca del Choapa

Propuesta elaborada en marco del "Programa para la consolidación de la Estrategia Pesquero Acuícola (EPA) del camarón de río del norte (*Cryphiops caementarius*) en la cuenca hidrográfica del Río Choapa", proyecto código BIP 30480241-0, del Gobierno Regional de Coquimbo.

Región de Coquimbo, 2020

Propuesta de plan de manejo para *Cryphiops caementarius* en la cuenca del Choapa

Propuesta elaborada en marco del "Programa para la consolidación de la Estrategia Pesquero Acuícola (EPA) del camarón de río del norte (*Cryphiops caementarius*) en la cuenca hidrográfica del Río Choapa", proyecto código BIP 30480241-0, del Gobierno Regional de Coquimbo.

Región de Coquimbo, 2020

Logo: GOBIERNO REGIONAL REGIÓN DE COQUIMBO

Logo: IFOP INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Logo: CESSO

Logo: INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Logo: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

INFORME FINAL
PROYECTO UTF/CHI/042/CHI

"Asistencia para la revisión de la Ley General de Pesca y Acuicultura, en el marco de los instrumentos, acuerdos y buenas prácticas internacionales para la sustentabilidad y buena gobernanza del sector pesquero"

Biblioteca del Congreso Nacional de Chile / BCN

Asesoría Técnica Parlamentaria

Septiembre 2021

El Camarón de río del norte (*Cryphiops caementarius*) en Chile
Normativa y experiencia comparada.

Autores
Leonardo Arancibia Jeraldo
Email: larancibia@bcn.cl
Tel. : (56) 32 226 3197

Claudia Cuevas Saavedra
Email: ccuevas@bcn.cl

Documento elaborado en apoyo al PL Bolelín N° 13.756-02
N° SUP: 131851

Resumen

El Camarón de río del norte (*Cryphiops caementarius*) habita principalmente los ríos y quebradas que drenan las aguas de los contrafuertes altiplánicos y se distribuye en casi todos los ríos de las vertientes occidentales del centro sur, desde el Norte del Perú hasta la zona Central del Chile. La actividad extractiva en Chile es exclusivamente a nivel artesanal y se desarrolla desde el río Loa por el norte hasta el río Aconcagua en su límite sur.

Administrativamente, es un recurso con acceso abierto, que posee medidas de regulación, establecidas en el Decreto N° 145 del 25 de abril de 1986 donde se define la veda, el tamaño mínimo de captura y el sistema de captura y de transporte, aunque su actividad extractiva no está declarada como Pesquería. Por su parte, de acuerdo a lo establecido en el Decreto N° 52 de 2014 del Ministerio del Medioambiente, se encuentra en la Categoría de conservación Vulnerable.

En el caso peruano, período en que opera esta pesquería está regulado mediante la Resolución Ministerial N° 312-2006-PRODUCE que establece inicio y término de los periodos de libre pesca y de veda la cual señala que la prohibición de extracción, procesamiento, transporte, comercialización y utilización de esta especie, entre el 20 de diciembre y el 31 de marzo del año siguiente, periodos que pueden variar dependiendo del consejo científico junto con factores socioeconómicos.

Ecuador administra sus pesquerías de crustáceos mediante vedas extractivas y en el caso del cultivo, se deberá permitir el acceso y libre circulación en las orillas de manglares y caudales de agua (ríos, esteros), para lo cual será de carácter obligatorio la servidumbre de paso.

Finalmente, México con su Ley de Pesca y su Norma Oficial establecen las especificaciones técnicas, criterios y procedimientos para regular su pesca, desarrollando Planes de Manejo que definen las bases para la ordenación, conservación, protección, repoblación y aprovechamiento sustentable de los recursos, así como la protección y rehabilitación de los ecosistemas en los que se encuentran, a través de mecanismos establecidos para garantizar la seguridad alimentaria del país.

5. RECOMENDACIONES DE MITIGACIÓN FRENTE A OBRAS DE MEJORAMIENTO DE CAUCE ACTIVO EN EL RÍO CHOAPA 2021

En el marco de la ejecución del Programa, la DOH Provincial del Choapa solicitó en mayo de 2021 a IFOP y UCN, recomendaciones de mitigación para minimizar el impacto de la ejecución de obras de mejoramiento de cauce activo del río Choapa, respecto a la superposición espacial con los sitios claves para la pesquería y conservación de *C. caementarius*. En consideración de la urgencia de abastecimiento hídrico para consumo humano, derivado de la mega-sequía que afecta las cuencas de la zona centro-norte de Chile, las recomendaciones emitidas fueron de carácter *in situ* y atingentes a reducir el máximo posible el impacto de las obras sobre las poblaciones naturales de camarones, sin olvidar que en el río coexisten otras especies amenazadas

y protegidas por la legislación ambiental, como el pejerrey de río, la pancorita de río, la rana gigante chilena, y el coipo por mencionar algunos.

Esta es la primera vez que se considera formalmente dentro de las Especificaciones Técnicas Especiales (ETE) de la DOH (**Fig. 45**), criterios socio-ambientales como medidas de mitigación para reducir el impacto de obras de mejoramiento de cauce, frente a una especie hidrobiológica con problemas de conservación, constituyendo un avance significativo respecto a la ejecución de estrategias de conservación de biodiversidad en aguas continentales del norte de Chile, frente a perturbaciones antropogénicas locales.

Antecedentes claves a considerar:

1. El Reglamento de Clasificación de Especies del MMA, clasifica al camarón de río del norte en la categoría de Vulnerable, lo que significa que es una especie amenazada con una alta probabilidad de extinción en estado silvestre dentro de 100 años.
2. El camarón de río del norte, estuvo protegida durante largo tiempo por una veda total (D.S. N°1584 de 1934), y desde el año 1986 (D.S. N°145), se estableció una prohibición de extracción entre diciembre y abril y una prohibición de extracción indefinida para las hembras con huevos.
3. Las amenazas derivan principalmente de perturbaciones directas del cauce fluvial, como la extracción de áridos, canalizaciones y construcción de embalses de regadío, que alteran la dinámica hidrológica debido a la extracción desmedida de agua para uso agrícola, generando alteraciones y pérdida de hábitat y de la conectividad fluvial.
4. Esta especie es particularmente sensible a lo anteriormente expuesto, debido a la interrupción de las rutas migratorias en el río, causando mortandades e incrementando el riesgo de extinción de las poblaciones a escala local.

Recomendaciones para reducir el riesgo de mortandades de camarones:

1. No intervenir los sitios puntuales donde se realizó repoblación de camarones (ver Sección **4.2.2. Repoblación de camarones en el río Choapa 2020-2021**) (**Fig. 46** y **Fig. 47**).
2. Cada sitio de repoblación está representado por un tramo fluvial de aproximadamente 500 m, donde no se debe alterar el cauce en al menos 1 km aguas arriba y 1 km aguas abajo, otorgando de este modo, una zona de seguridad de 2 km de cauce fluvial por sitio.
3. En cada sitio de repoblación, se debe resguardar los patrones morfológicos del cauce natural, como canales, meandros, y transiciones del sistema.
4. Los tramos 2 y 3 albergan poblaciones naturales de camarón y corresponden a sectores de pesca utilizados por las organizaciones de camaroneros. Se recomienda trabajar en conjunto con ellos, ya que la experiencia de los mismos permitirá identificar sitios óptimos de resguardo de camarones *in situ* (**Fig. 48**).
5. Antes de la intervención con maquinaria pesada, evaluar si el trabajo puede ser ejecutado manualmente por las organizaciones de camaroneros (**Fig. 49**).
6. Si la utilización de maquinaria pesada es inevitable, esta debe maniobrar desde la periferia fluvial, sin ingresar al espejo de agua, evitando situaciones como la indicada en la **Figura 50**.
7. Si es pertinente, rescates y relocalizaciones de especímenes, estas requieren apoyo financiero gestionado por los ejecutores de las obras y autorizaciones asociadas a la extracción y transporte de camarones, otorgadas por SUBPESCA y SERNAPESCA.

ENCAUZAMIENTO SEQUIA, RIO CHOAPA, COMUNAS DE ILLAPEL Y SALAMANCA, AÑO 2021**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS ESPECIALES (ETE)****Mano de Obra**

Para la ejecución de los trabajos de encauzamiento del río choapa, se deberá considerar la contratación de un mínimo de mano de obra de 20 personas, consistente en 2 supervisores, 2 capataces y 16 personas no calificadas para el manejo de las especies de tipo camarón que existen en las zonas en que será intervenido el cauce. Para el cumplimiento de contratación de personal, el contratista deberá considerar la contratación de mano de obra lugareña.

Previo a los trabajos de encauzamiento, el personal contratado deberá realizar los trabajos de manejo en la extracción, control y reinserción del camarón en los sectores del cauce del río Choapa y en las áreas de repoblamiento que posee el proyecto y estudio que se encuentra ejecutando el IFOP en la cuenca del río Choapa, en conjunto con la Universidad Católica del Norte, y cuyos beneficiarios corresponden al Sindicato de Camaroneros y a la Asociación de Camaroneros del río Chopa.

El personal que trabajará en el manejo del camarón, deberá contar con movilización, vestuario, equipos de seguridad, y todo el equipamiento adecuado para realizar las labores de manejo del camarón, previo a los trabajos de mejoramiento del cauce activo.

El Supervisor deberá llevar una bitácora con anotaciones y registro de todas las actividades que se realicen en relación al manejo del camarón y con apoyo de registro fotográfico. La Asesoría y apoyo técnico será entregado por los profesionales del IFOP y de la Universidad Católica del Norte.

Figura 45. Especificaciones Técnicas Especiales de la DOH de la región de Coquimbo, para el encauzamiento sequía, río Choapa, para las comunas de Illapel y Salamanca, año 2021. Nótese las especificaciones indicadas en la sección "Mano de Obra".

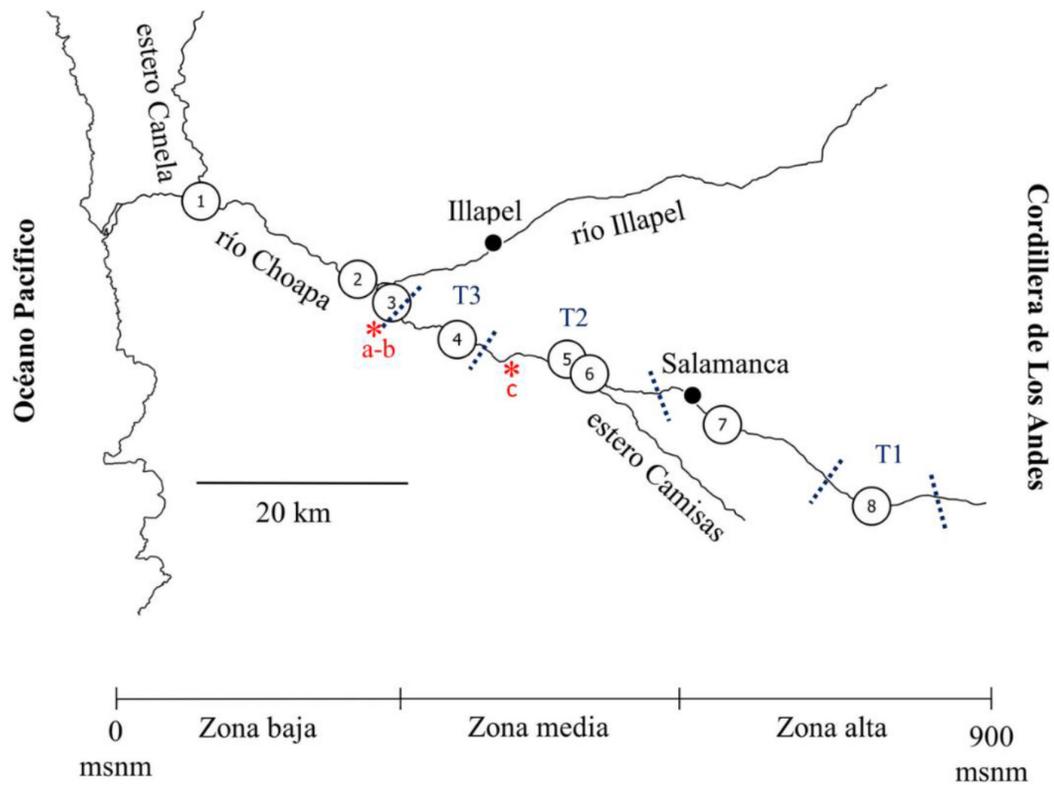


Figura 46. Superposición espacial entre los sitios de estudio del Programa (1 hasta 8), sitios de repoblación de camarón (asterisco rojo indica los eventos; a = octubre 2020, b = mayo 2021, c = octubre 2020) y áreas de canalización (T1 = tramo 1; ~ 6,5 km, T2 = tramo 2; ~ 15 km, T3 = tramo 3; ~ 6,75 km).



Figura 47. Señalética para la protección y cuidado de los sitios de repoblación de camarones 2020-2021.

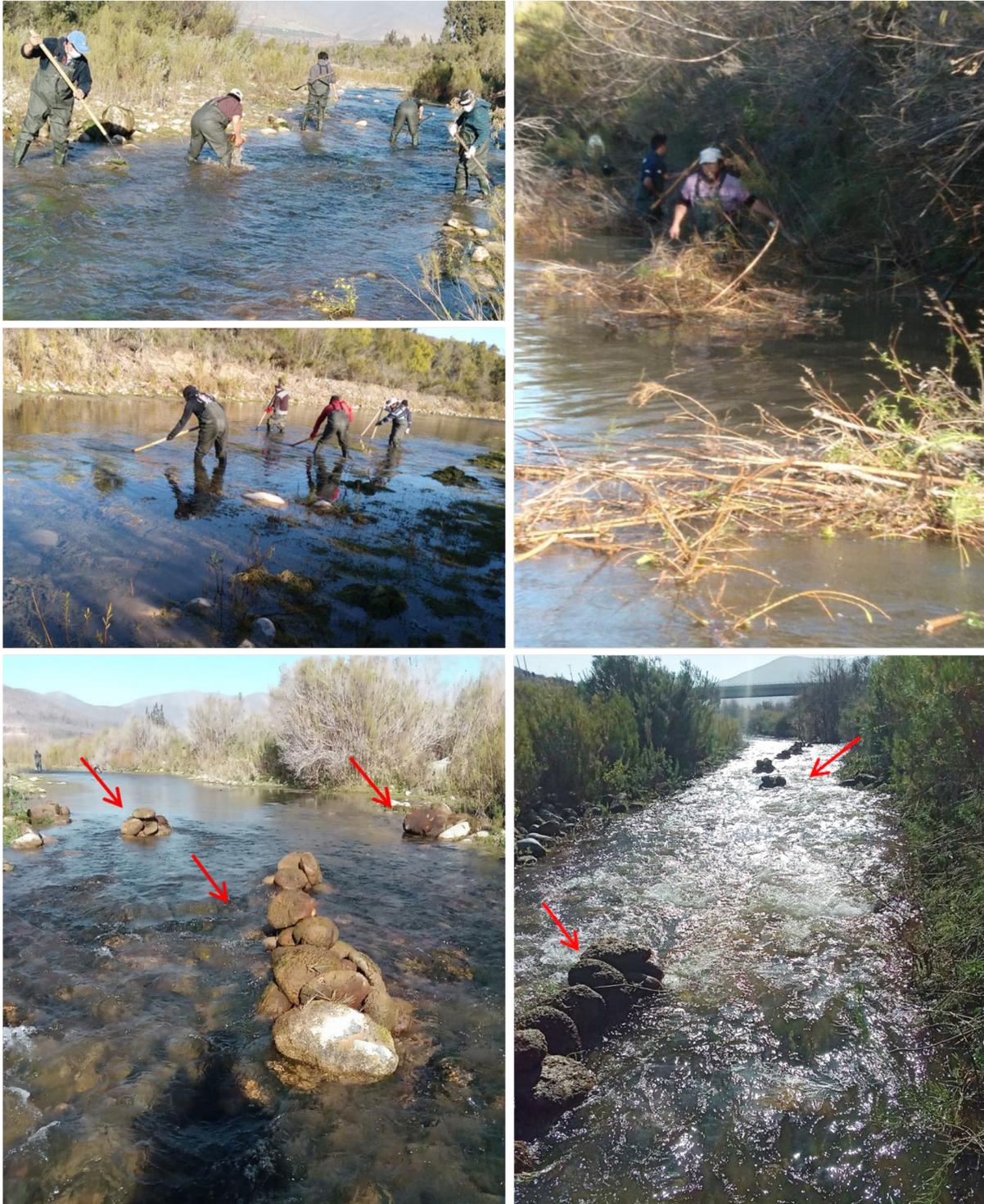


Figura 48. Trabajos de encauzamiento y manejo de camarones realizados por las organizaciones de camaroneros del Choapa en las áreas de intervención. Las flechas rojas indican los montículos de sustrato rocoso removido por los camaroneros, estos actúan como refugio provisorio para camarones.



Figura 49. Trabajos de encauzamiento y manejo de camarones realizados por las organizaciones de camaroneros del Choapa en las áreas de intervención. Nótese la homogenización del cauce fluvial después de la intervención manual de la obra.



Figura 50. Maquinaria pesada maniobrando directamente sobre el cauce activo del río Choapa.



Rescate de camarones en tramo fluvial canalizado en el sector de Tunga Norte, río Choapa – marzo 2020

6. RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES GENERALES

Finalmente, se entregan algunas conclusiones y recomendaciones que emanan del desarrollo del presente Programa y que refuerzan las metas, objetivos e

indicadores propuestos en las secciones **3. Propuesta de Plan de Manejo Integrado** y **4. Evaluación de Estrategias de Manejo**.

1) Respecto al **estado hídrico y ambiental de la cuenca del río Choapa**, se puede indicar, que actualmente esta cuenca, se encuentra en una fuerte crisis hídrica, producto de la alteración del régimen de precipitaciones derivadas del cambio climático y la sobreexplotación de los recursos hídricos para consumo humano. El escalamiento de estas perturbaciones, ha configurado hábitats altamente fragmentados con permanentes períodos de sequía, el cual repercute negativa y directamente sobre el caudal, y por consecuencia, sobre la cantidad y calidad de los hábitats disponibles para las poblaciones locales de *C. caementarius*. Según los indicadores bio-ecológicos aplicados durante el desarrollo del Programa, esta cuenca presenta un alto grado de intervención antrópica, con condiciones de hábitat perturbados y calidad de agua desfavorable. No obstante, presenta condiciones de idoneidad en cuanto a la diversidad de hábitat bentónicos presente en el río, que explicaría eventualmente, la persistencia de sus poblaciones en una cuenca altamente perturbada. **Se recomienda otorgar mayor resiliencia a las condiciones de habitabilidad fluvial frente a la crisis hídrica en la cuenca del río Choapa, a través de la protección de tramos fluviales claves (meandros, canales, diversidad de hábitats bentónicos, parches de macrófitas acuáticas) para la habitabilidad de camarones y la identificación de los tramos fluviales más susceptibles a la sequía.**

2) Respecto al **conocimiento tradicional sobre la biología, ecología y pesquería del camarón** que poseen los camaroneros del Choapa, éstos tienen un alto nivel de conocimiento tradicional en todos los ámbitos consultados, particularmente de las características ambientales que favorecen y desfavorecen su presencia en distintas localidades y sectores a lo largo del río. En general, los usuarios indican que la sequía, junto con las intervenciones irregulares y el mal manejo de las canalizaciones en el lecho del río, han generado una disminución en los caudales, lo que ha afectado fuertemente la abundancia del recurso y los rendimientos obtenidos en los sectores históricos de extracción. **Se recomienda que este conocimiento sea utilizado en el proceso de implementación de medidas de manejo.**

3) Respecto a la **distribución espacial de *C. caementarius***, se requiere determinar las causas de su ausencia en la zona altitudinal alta de la cuenca, ya que el indicador de hábitat fluvial desarrollados durante el Programa, indica que las condiciones de habitabilidad de esta zona no difieren de las zonas baja y media de la cuenca. Esto se sustenta por lo relatado por los camaroneros, que indican su presencia hace aproximadamente 40 años atrás. **Se recomienda un estudio específico que permita dilucidar las causas de su restricción altitudinal (fragmentación de hábitat, especies exóticas invasoras, y contaminación química de sus aguas) y de este modo, proporcione las bases para la implementación de planes de conservación, repoblación y manejo local.**

4) Respecto al paradigma de la **conducta migratoria anfídroma de *C. caementarius***, se debe estudiar y reevaluar esta conducta, ya que los estudios de amenazas y fragmentación de hábitat, indican que la continuidad del río Choapa está sometido a continuas perturbaciones físicas del cauce fluvial, que generan pérdida de conectividad fluvial e interrumpen las rutas migratorias, causando mortandades, alterando el ciclo de vida e incrementando el riesgo de extinción local de sus poblaciones. Por otra parte, los camaroneros indican que esta especie no necesariamente debe llegar a la desembocadura del río Choapa en Huentelauquén, para completar su ciclo de vida, ya que afirman que desovan en las zonas altitudinales baja y media de la cuenca. **Se recomienda profundizar en este aspecto para dilucidar sus patrones migratorios e identificar sectores claves para su conservación local, como áreas de desove, áreas de reclutamiento de juveniles, y áreas de reproducción.**

5) Respecto a la **condición poblacional de *C. caementarius***, existe un gradiente altitudinal en cuanto a la estructura de talla y densidad de las poblaciones, siendo en general, de menor tamaño y más abundantes en la zona altitudinal baja de la cuenca (específicamente en el sector de Mincha), y de mayor tamaño y menor abundancia en la zona altitudinal media (específicamente entre el sector de Mal Paso hasta Los Loros). Si bien es cierto, este estudio marca un precedente en cuanto al seguimiento estacional de las poblaciones del recurso, **es necesario extender su continuidad a través de un monitoreo anual, con el fin de precisar la relación entre los patrones poblacionales del recurso y las fluctuaciones estacionales de las variables hidrológicas (caudales hídricos y estrés hidráulico) y bio-ecológicas (condiciones de habitabilidad del río) de la cuenca del río Choapa.**

6) Respecto al **estado de la pesquería de *C. caementarius* en la cuenca del río Choapa**, se determinó que los sectores de la zona altitudinal baja (específicamente entre Tunga y Puente Negro), son importantes para la extracción del recurso, en cuanto al número de viajes realizados por los camaroneros, especialmente durante la época de primavera. Los viajes están relacionados con la proximidad de los lugares de residencia y puntos de acceso al río. En cuanto a la CPUE (kg h^{-1}), los sectores más importantes fueron entre Mincha y Puente Negro en la zona baja de la cuenca, y entre Choapa y Limahuida en la zona media, todos ellos con valores superiores a $0,6 \text{ kg h}^{-1}$. Por otra parte, existe una marcada diferencia en cuanto al tamaño promedio de los individuos capturados, es decir, en la zona baja, la captura promedio bajo la TML fue del 53,4 %, mientras que en la zona media fue de 5,95 %. **El registro pesquero realizado por los camaroneros es de suma importancia para el manejo local de la pesquería de camarones, por lo que se recomienda llevar un registro continuo de la actividad extractiva y precisar la metodología de recolección de datos, conjuntamente con las organizaciones, con el fin de obtener datos fidedignos y permanentes de la actividad pesquera en la cuenca del Choapa.** Por otra parte, es importante señalar que, en la zona baja de la cuenca se registró un importante porcentaje de captura de individuos bajo la TML, mientras que, en la zona altitudinal media, se registró la mayor captura de hembras, situaciones que van en contra de lo establecido en la normativa para la pesquería del recurso

7) Respecto a las **amenazas locales a la conservación y sostenibilidad de la pesquería de *C. caementarius***, la sequía y sobreexplotación de recursos hídricos, causan continuas alteraciones físicas sobre el cauce fluvial del río Choapa, causando mortandades de camarones, como las documentadas durante el verano de los años 2020-2021 en Tunga (zona baja) y Limahuida (zona media). Se advierte de la futura afectación del cauce natural del río entre los sectores de Puente Negro y Confluencia (zona altitudinal baja), por la construcción del "Embalse Canelillo", con el cual se perdería la conectividad fluvial, generando una fragmentación de hábitat entre las zonas altitudinales media y baja de la cuenca, tramo que alberga las poblaciones naturales de *C. caementarius*. **Se recomienda no intervenir zonas claves para el ciclo de vida de la especie y sectores de pesca del recurso. Cualquier tipo de intervención física en el río, requiere la implementación de medidas de mitigación pertinentes para el resguardo de la vida acuática.**

8) Inicialmente se identifican como **sitios claves o relevantes para la conservación y pesquería de *C. caementarius***, los sectores de las zonas baja y media de la cuenca, que representa un tramo de aproximadamente 40 km de eje fluvial. En las evaluaciones directas se registraron individuos juveniles en los sitios de Mincha (especialmente durante el verano), Confluencia (durante el invierno), Puente Negro (durante el verano), Pintacura y estero Camisas durante primavera. Estos antecedentes indican que los juveniles ocurren a lo largo de las zonas baja y media de la cuenca. **Se recomienda delimitar las áreas de desove, áreas de reclutamiento de juveniles, y áreas de reproducción, y definir medidas de manejo ajustadas a las zonas fluviales (desembocadura, potamon, ritron) y distribución etaria en las zonas altitudinales baja y media de la cuenca, que es donde se concentra la pesquería.**

9) Respecto a la **gobernanza asociada a la actividad camaronera**, se recomienda mantener y formalizar una instancia permanente, similar al comité o mesa multisectorial (regional-provincial-municipal) que integró la institucionalidad territorial, pesquera-acuícola, hídrica, y ambiental, y formada en el desarrollo del presente Programa, y que permita informar, otorgue facilidades y articulación para el desarrollo de actividades orientadas a la conservación manejo y explotación del camarón, así como las que las afecten. Una instancia complementaria será la formalización del comité de manejo, una vez reconocida y formalizada la pesquería de este recurso hidrobiológico.

10) Respecto al **desarrollo de la acuicultura de *C. caementarius***, se concluye que la producción de juveniles y engorda de camarones es una actividad técnicamente viable y validada, siendo una alternativa de relevancia para complementar y diversificar las economías locales y consecuentemente, disminuir la presión extractiva, además de disponer de juveniles para acciones de repoblación. **El escenario de escasez hídrica no sería un impedimento para su desarrollo, dado la disponibilidad de acceder a tecnologías que hacen un uso eficiente del agua. Por otro lado, se requiere invertir en desarrollos tecnológicos e ingenieriles que permitan el escalamiento de la producción.**

11) Respecto a la **modelación bio-económica del cultivo y repoblación de *C. caementarius***, se establece que, con los antecedentes disponibles, la simulación de los escenarios con y sin acciones de repoblación de camarón, no produce diferencias en las variables de desempeño evaluadas (capturas e ingresos). Para producir los efectos de recuperación poblacional de camarones en el río, eventualmente se requeriría de una baja significativa del esfuerzo pesquero en combinación con un aumento de individuos sembrados. Tal situación sería posible o viable solo en un contexto de implementación efectiva de un plan de manejo del recurso. En relación con el módulo de acuiponía contemplado en el proyecto, los resultados demuestran que efectivamente este módulo tiene una finalidad más bien demostrativa y de capacitación más que productiva a un nivel de generar rentabilidad económica. En este sentido habría que pensar en un nivel de producción tres veces superior al módulo descrito como "full". **Se recomienda reemplazar este módulo por un diseño de cultivo de engorda que está basada en piletas de cultivo de mayor tamaño.**

12) Respecto a las **acciones de repoblación de *C. caementarius***, se concluye que los individuos sembrados presentan capacidad de adaptación a las condiciones naturales del río. Esto se concluye por la recaptura de hembras ovígeras (marcadas en laboratorio) en los sitios de repoblación transcurrido tres meses desde la liberación. En general, los ejemplares recapturados fueron encontrados en zonas alejadas de rápidos (mayor velocidad de la corriente y turbulencia) y con presencia de refugios biofísicos (rocas y/o plantas acuáticas). Estos refugios pueden diferir según las condiciones locales del hábitat fluvial, lo que demuestra la plasticidad de la especie en cuanto a búsqueda de refugio y refuerza la importancia de la velocidad de la corriente en su distribución espacial en el río. **Se recomienda evaluar la metodología de seguimiento y considerar la continuidad de la misma a mediano y largo plazo, como un aspecto clave para determinar el impacto real de esta acción sobre el stock de las poblaciones naturales de camarones en el río, así como evaluar la capacidad de carga del río Choapa, para albergar los nuevos reclutas.**

13) Respecto a los resultados de la **modelación cualitativa del sistema ecológico de *C. caementarius***, se concluye profundizar en el conocimiento de las variables sensibles, es decir variables que según su comportamiento individual comprometen la estabilidad local del sistema frente a una perturbación determinada, en los escenarios de extracción regulada de camarones (fiscalización en período de veda), estrés hídrico (es decir disminución de la velocidad de la corriente hídrica) y acciones de repoblación para cada una de las tres zonas fluviales de la cuenca (desembocadura, potamon, ritron). Los escenarios propuestos afectan de forma distinta a la estabilidad local en cada una de estas zonas. Según los modelos propuestos, el estrés hídrico es determinante en estabilidad local de las zonas estuarial (desembocadura del río) y potámica (zona altitudinal baja de la cuenca). En comparación con los modelos de las otras zonas, los resultados de estabilidad local en el ritron son mayores. **Se recomienda determinar la condición de las variables biológicas y físicas que se relacionan con el recurso camarón en las distintas zonas fluviales de la cuenca, y considerar la condición hídrica del río Choapa, antes de iniciar acciones de repoblación y/o explotación del recurso. Este tipo de análisis es importante para conocer holísticamente el sistema que se está interviniendo con acciones antrópicas.**

14) Desde la perspectiva del **resguardo del patrimonio genético de *C. caementarius***, profundizar en el conocimiento de su genética poblacional y el efecto de los comportamientos migratorios, de apareamiento de la especie, así como las fluctuaciones ambientales y la presión pesquera, entre otros, son claves para mejorar la toma de decisiones respecto del desarrollo tanto de la acuicultura de esta especie, como el desarrollo de acciones de repoblación que resguarden la variabilidad genética. La investigación realizada en el presente Programa y otras complementarias realizadas por la UCN, indican que la diversidad genética en el río Choapa es baja. Patrón similar al documentado en poblaciones de otras especies de camarones de río, como *Macrobrachium nipponense* [35]. Por otra parte, se detectó una desviación significativa del equilibrio de Hardy-Weinberg (HWE), todos ellos con deficiencia de heterocigotos en todas las poblaciones estudiadas, situación que también ha sido descrito para otras especies de crustáceos decápodos como *Penaeus monodon* [36], lo que ha sido asociado a niveles de consanguinidad superior a lo esperado si la relación es 1 macho: 1 hembra.

Respecto al cultivo de juveniles en laboratorio se debe considerar dos tipos de estrategias considerando objetivos diferentes:

i) **Manejo genético:** considera el número de individuos o reproductores necesarios que permita los niveles de variabilidad genética teniendo en cuenta la estrategia reproductiva de esta especie, y la reducción de efectos genéticos deletéreos en la población receptora. Este tipo de estrategia corresponde a la producción de juveniles para repoblación. En la actualidad y de manera precautoria se recomienda: a) la producción de juveniles a partir de hembras ovígeras provenientes de zonas identificadas del río, que luego serán sembrados en las mismas zonas de captura de tal manera de preservar una posible micro diferenciación producto de su forma de apareamiento, y b) la producción de juveniles debe ser diferenciada por cuenca hidrográfica y la repoblación debe estar precedido por un estudio base de la población original, sembrando sólo juveniles provenientes de hembras del mismo río.

ii) **Mejora genética:** considera el manejo de la reproducción en condiciones de cautiverio y la selección de reproductores para la generación de un stock de ejemplares con características notables que permitan una mejora productiva, por ejemplo, según el tamaño. Este tipo de estrategia corresponde a la producción de juveniles para acuicultura hasta tamaño comercial.

15) Finalmente, **es urgente la implementación de las propuestas de ordenamiento pesquero y plan de manejo derivadas de la ejecución del Programa**. Su implementación implicará una instancia inédita en cuanto a su aplicación en un recurso de aguas continentales, considerando además su estado de conservación y el contexto de crisis hídrica que está enfrentado la actividad camaronera en la cuenca del río Choapa.

7. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a todas las personas e instituciones involucradas en el desarrollo del Programa, y que aportaron su conocimiento, experiencia y voluntades en diferentes instancias de encuentro presencial y virtual.

Particularmente, a las organizaciones de camaroneros del Choapa, su participación en los numerosos trabajos de terreno, planificación, capacitación, transferencia tecnológica y en compartir el vasto conocimiento que poseen del camarón y su hábitat.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Jara C, Rudolph EH, González E. (2006). Estado del conocimiento de los Malacostráceos dulceacuícolas de Chile. *Gayana*. 70:40–49.
- [2] Velásquez C, Henríquez-Antipa L, Torres-Avilés D, Wilson AE, Alanís Y, Cárcamo F. (2020). Knowledge status of predators of the freshwater prawn *Cryphiops caementarius* (Decapoda: Palaemonidae) in river systems along the North Western Andean region from Perú and Chile. *Revista de Biología Tropical*. 68:1062–1072.
- [3] Morales MC, Rivera M, Meruane J, Galleguillos C, Hosokawa H. (2006). Morphological characterization of larval stages and first juvenile of freshwater prawn *Cryphiops caementarius* (Molina 1782) (Decapoda: Palaemonidae) under laboratory conditions. *Aquaculture*. 261: 908–931.
- [4] Bauer RT. (2013). Amphidromy in shrimps: a life cycle between rivers and the sea. *Latin American Journal of Aquatic Research*. 41:633–650.
- [5] Morales MC, Meruane J. (2013). The northern river shrimp *Cryphiops caementarius* (Decapoda, Palaemonidae). Research chronology between 1958 and 2008, I: distribution, population status, biology and life cycle. *Crustaceana*. 86:1441–1451.
- [6] Bahamonde N, López MT. (1963). Decápodos de aguas continentales en Chile. *Investigaciones Zoológicas de Chile*. 10:123–149.
- [7] Bahamonde N, Vila, I. (1971). Sinopsis sobre la biología del camarón de río del norte. *Biología Pesquera*. 5:1–60.
- [8] Bahamonde N, Carvacho A, Jara C, López M, Ponce F, Retamal MA, Rudolph E. (1998). Categorías de conservación de decápodos nativos de aguas continentales de Chile. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural*. 47:91–100.
- [9] Romero H. (1985). *Climas*. Geografía de Chile, Tomo XI. Santiago: Instituto Geográfico Militar de Chile.
- [10] Niemeyer H, Cereceda P. (1985). *Hidrografía*. Geografía de Chile, Tomo XI. Santiago: Instituto Geográfico Militar de Chile.
- [11] Carranza DM, Varas-Belemmi K, De Veer D, Iglesias-Müller C, Coral-Santacruz D, Méndez FA, Torres-Lagos E, Squeo FA, Gaymer CF. (2020). Socio-environmental conflicts: An underestimated threat to biodiversity conservation in Chile. *Environmental Science & Policy*. 110:46–59.
- [12] Velásquez C, Alanís Y, Cárcamo F. (2022). "Camarón que se duerme, se lo lleva la corriente": mortandades de *Cryphiops caementarius* en el norte Semiárido de Chile. *Idesia*. Aceptado.
- [13] De los Ríos P, Adamowicz S, Witt J. (2010). Aquatic fauna in the driest desert on earth: first report on the crustacean fauna of the Loa River (Atacama Desert, Antofagasta region, Chile). *Crustaceana*. 83:257–266.
- [14] Tamayo T, Carmona A. (2019). *El negocio del agua. Cómo Chile se convirtió en tierra seca*. Santiago: Penguin Random House Grupo Editorial.
- [15] Garreaud RD, Boisier JP, Rondanelli R, Montecinos A, Sepúlveda HH, Veloso-Aguila D. (2020). The central Chile mega drought (2010–2018): A climate dynamics perspective. *International Journal of Climatology*. 40:421–439.
- [16] Muñoz AA, Klock-Barría K, Álvarez-Garretón C, Aguilera-Betti I, González-Reyes A, Lastra JA, Chávez RO, Barría P, Christie D, Rojas-Badilla M, LeQuesne C. (2020). Water crisis in Petorca Basin, Chile: The combined effects of a mega-drought and water management. *Water*. 12:648–664.
- [17] González A. (2000). Evaluación del recurso vegetal en la cuenca del río Budi, situación actual y propuesta de manejo. Tesis Licenciatura en Recursos Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Católica de Temuco, Chile.

- [18] **Ellenberg H. (1974)**. Indicator values of vascular plants in Central Europe. *Scripta Geobotanica*. 9:1–17.
- [19] **Figueroa R, Palma A, Ruíz V, Niell X. (2007)**. Análisis comparativo de índices bióticos utilizados en la evaluación de la calidad de las aguas en un río mediterráneo de Chile: río Chillán, VIII Región. *Revista Chilena de Historia Natural*. 80:225–242.
- [20] **Figueroa R, Valdovinos C, Araya E, Parra O. (2003)**. Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua del sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*. 76:275–285.
- [21] **Jáimez-Cuéllar P, Vivas S, Bonada N, et al. (2002)**. Protocolo GUADALMED (prece). *Limnética*. 21: 187–204.
- [22] **Palma A, Figueroa R, Ruíz, VH. (2009)**. Evaluación de ribera y hábitat fluvial a través de los índices QBR e IHF. *Gayana*. 73:57–63.
- [23] **Pardo I, Álvarez M, Casas J, et al. (2002)**. El hábitat de los ríos mediterráneos. Diseño de un índice de diversidad de hábitat. *Limnética*. 2:115–133.
- [24] **Statzner B, Gore J, Resh V. (1988)**. Hydraulic stream ecology: observed patterns and potential applications. *Journal of North American Benthological Society*. 7:307–360.
- [25] **Inglis JT. (1993)**. Traditional Ecological Knowledge: Concepts and Cases. Ottawa. International Development Research Centre.
- [26] **Tscherning K, Helming K, Krippner B. (2012)**. Does research applying the DPSIR framework support decision making?. *Land Use Policy*. 29:102–110.
- [27] **European Environment Agency. (1999)**. Environmental Indicators: Typology and Overview. Copenhagen: European Environment Agency, Technical report N°25.
- [28] **Martins JH, Camanho AS, Gaspar MB. (2012)**. A review of the application of driving forces–Pressure–State–Impact–Response framework to fisheries management. *Ocean and Coastal Management*. 69:273–281.
- [29] **Bradley P, Yee S. (2010)**. Using the DPSIR Framework to Develop a Conceptual Model: Technical Support Document. Narragansett, RI: US Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Atlantic Ecology Division.
- [30] **Doherty TS, Glen AS, Nimmo DG, Ritchie EG, Dickman CR. (2016)**. Invasive predators and global biodiversity loss. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 113:11261–11265.
- [31] **Hammerschlag N, Schmitz OJ, Flecker AS, et al. (2019)**. Ecosystem function and services of aquatic predators in the Anthropocene. *Trends in Ecology & Evolution*. 34:369–383.
- [32] **Ortiz M, Levins R. (2011)**. Re-stocking practices and illegal fishing in northern Chile (SE Pacific coast): a study case. *Oikos*. 120:1402–1412.
- [33] **Ortiz M, Levins R. (2017)**. Self-feedbacks determine the sustainability of human interventions in eco-social complex systems: Impacts on biodiversity and ecosystem health. *PLoS ONE*. 12(4): e0176163.
- [34] **Morales M, Méndez C, Moreno J, Álvarez C, Meruane J. (2015)**. Marcaje experimental de juveniles de camarón de río del norte (*Cryphiops caementarius*, Molina 1782) utilizando un implante de elastómero visible. Reporte Técnico UCN.
- [35] **Feng JB, Sun YN, Cheng X, Li JL. (2008)**. Sequence analysis of mitochondrial COI gene of *Macrobrachium nipponense* from the five largest freshwater lakes in China. *Journal of Fisheries China*. 32: 517–525.
- [36] **Xu Z, Primavera JH, de la Pena LD, Pettit P, Belak J, Alcivar-Warren A. (2001)**. Genetic diversity of wild and cultured black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) in the Philippines using microsatellites. *Aquaculture*. 199: 13–40.



MATERIAL SUPLEMENTARIO



Petroglifo correspondiente a la cuenca del Choapa. El motivo identificado corresponde a una figura zoomorfa asociada a un camarón de río. Según lo descrito por los camaroneros, a la izquierda se identifica una “cola” segmentada y en el centro, el “caparazón”. Foto gentileza de Tabita Cepeda y Hugo Araya – 2021

Tabla 1.

Caracterización ambiental de los sitios de muestreo en la zona baja de la cuenca del río Choapa (ver Fig. 8 y Fig. 9) durante el período 2019-2020. Para cada sitio se indica: hidrodinámica, morfometría, calidad de agua, intervención antrópica. O = otoño 2019, I = invierno 2019, P = primavera 2019, V = verano 2020. Valores corresponden al promedio de tres réplicas \pm desviación estándar. * = un solo dato.

Variable	Mincha (1)				Confluencia (2)				Puente Negro (3)			
	O	I	P	V	O	I	P	V	O	I	P	V
Hidrodinámica (m/s)												
Velocidad focal	0,20 \pm 0,20	0,60 \pm 0,20	1,27 \pm 0,85	0,27 \pm 0,31	0,77 \pm 0,55	2,0 \pm 0,89	1,10 \pm 1,04	0,33 \pm 0,31	0,47 \pm 0,31	0,90 \pm 0,36	0,63 \pm 0,59	0,53 \pm 0,61
Velocidad media	0,47 \pm 0,31	1,27 \pm 0,45	1,47 \pm 1,25	0,60 \pm 0,53	1,53 \pm 0,95	2,57 \pm 0,61	1,43 \pm 0,93	0,53 \pm 0,31	0,93 \pm 0,12	1,10 \pm 0,36	1,03 \pm 0,57	0,77 \pm 0,67
Velocidad superficial	0,73 \pm 0,31	1,83 \pm 0,50	1,60 \pm 1,47	0,97 \pm 0,68	1,80 \pm 0,95	2,80 \pm 0,75	1,70 \pm 1,04	0,93 \pm 0,12	1,33 \pm 0,15	1,53 \pm 0,49	1,33 \pm 0,64	0,97 \pm 0,67
Morfometría												
Pendiente	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
Ancho (m)	16,5 \pm 2,0	16,0 \pm 7,2	16,4 \pm 8,1	16,4 \pm 8,3	12,0 \pm 0,7	13,3 \pm 0,8	10,0 \pm 2,1	9,4 \pm 1,7	20,0 \pm 13,4	19,6 \pm 14,1	21,5 \pm 8,3	7,3 \pm 1,5
Profundidad (m)	0,34 \pm 0,08	0,35 \pm 0,15	0,28 \pm 0,06	0,23 \pm 0,08	0,33 \pm 0,08	0,33 \pm 0,12	0,21 \pm 0,05	0,12 \pm 0,02	0,32 \pm 0,10	0,36 \pm 0,16	0,28 \pm 0,14	0,18 \pm 0,05
Calidad de agua												
Temperatura (°C)	20,2*	15,5 \pm 0,0	18,2 \pm 0,0	26,6 \pm 0,7	18,5*	12,6 \pm 0,2	17,4 \pm 0,1	26,3 \pm 0,8	21,2*	14,4 \pm 0,2	18,3 \pm 0,2	24,1 \pm 0,0
pH	7,4*	8,8 \pm 0,1	7,7 \pm 0,4	6,9 \pm 1,3	7,5*	8,5 \pm 1,7	7,7 \pm 0,5	6,4 \pm 0,6	8,2*	7,9 \pm 2,5	8,2 \pm 0,9	6,2 \pm 1,6
Conductividad (μ s)	560,0*	601,2 \pm 2,0	579,0 \pm 10,4	394,3 \pm 172,0	620,0*	628,0 \pm 10,5	629,0 \pm 5,6	490,0 \pm 6,1	590,0*	545,0 \pm 73,7	574,3 \pm 31,5	215,3 \pm 16,1
Turbidez	17,3*	7,0 \pm 1,8	7,5 \pm 2,8	7,9 \pm 2,9	17,2*	13,3 \pm 0,1	10,5 \pm 2,7	21,9 \pm 1,2	17,6*	22,0 \pm 13,3	9,2 \pm 0,5	3,8 \pm 0,4
Intervención antrópica												
	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta

Tabla 2.

Caracterización ambiental de los sitios de muestreo en la zona media de la cuenca del río Choapa (ver Fig. 8 y Fig. 9) durante el período 2019-2020. Para cada sitio se indica: hidrodinámica, morfometría, sedimentos, calidad de agua e intervención antrópica. O = otoño 2019, I = invierno 2019, P = primavera 2019, V = verano 2020. Valores corresponden al promedio de tres réplicas \pm desviación estándar. * = un solo dato.

Variable	Pintacura (4)				Mal Paso (5)				Camisas (6)			
	O	I	P	V	O	I	P	V	O	I	P	V
Hidrodinámica (m/s)												
Velocidad focal	0,90 \pm 1,08	0,67 \pm 0,50	1,60 \pm 1,42	0,07 \pm 0,12	1,53 \pm 1,15	0,90 \pm 0,70	1,37 \pm 0,47	1,00 \pm 0,20	1,40 \pm 0,26	1,00 \pm 0,95	1,23 \pm 0,25	1,17 \pm 0,71
Velocidad media	2,37 \pm 2,20	1,47 \pm 1,05	2,37 \pm 2,10	0,07 \pm 0,12	2,17 \pm 0,83	2,23 \pm 0,31	2,63 \pm 0,58	1,60 \pm 0,61	1,67 \pm 0,38	2,0 \pm 1,45	1,73 \pm 0,55	1,67 \pm 0,85
Velocidad superficial	3,10 \pm 2,70	2,30 \pm 1,70	3,07 \pm 2,50	0,07 \pm 0,12	2,70 \pm 0,60	2,57 \pm 0,23	3,33 \pm 0,76	2,17 \pm 0,61	2,30 \pm 0,40	2,67 \pm 1,62	2,03 \pm 0,61	2,90 \pm 2,26
Morfometría												
Pendiente	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
Ancho (m)	16,0 \pm 0,0	15,4 \pm 4,0	6,1 \pm 1,1	6,7 \pm 5,0	17,2 \pm 3,1	15,0 \pm 2,2	13,1 \pm 2,7	11,4 \pm 2,4	17,0 \pm 3,2	9,8 \pm 1,0	8,1 \pm 0,3	9,1 \pm 3,4
Profundidad (m)	0,54 \pm 0,34	0,33 \pm 0,04	0,30 \pm 0,13	0,39 \pm 0,31	0,48 \pm 0,41	0,28 \pm 0,06	0,31 \pm 0,04	0,29 \pm 0,06	0,18 \pm 0,04	0,30 \pm 0,06	0,21 \pm 0,04	0,17 \pm 0,02
Calidad de agua												
Temperatura (°C)	15,4*	14,4 \pm 0,0	18,9 \pm 0,9	23,5 \pm 0,7	19,6*	13,6 \pm 0,0	19,2 \pm 0,7	24,8 \pm 0,8	19,9*	13,8 \pm 0,1	19,4 \pm 0,7	24,4 \pm 0,0
pH	9,0*	7,7 \pm 0,7	7,6 \pm 0,8	5,9 \pm 1,4	9,1*	9,3 \pm 0,2	7,6 \pm 0,1	9,8 \pm 0,3	7,5*	8,7 \pm 2,5	7,7 \pm 1,0	6,8 \pm 0,9
Conductividad (μ s)	505,0*	535,3 \pm 8,1	511,3 \pm 53,3	671,6 \pm 10,7	480,0*	516,7 \pm 4,9	500,7 \pm 6,6	437,0 \pm 2,0	480,0*	495,0 \pm 19,0	437,6 \pm 102,4	394,6 \pm 59,7
Turbidez	4,6*	11,6 \pm 3,3	8,6 \pm 2,2	6,6 \pm 2,7	8,3*	15,2 \pm 3,8	10,4 \pm 2,1	7,8 \pm 1,6	10,2*	13,7 \pm 0,6	11,5 \pm 1,6	8,6 \pm 1,8
Intervención antrópica												
	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta

Tabla 3.

Caracterización ambiental de los sitios de muestreo en la zona alta de la cuenca del río Choapa (ver Fig. 8 y Fig. 9) durante el período 2019-2020. Para cada sitio se indica: hidrodinámica, morfometría, sedimentos, calidad de agua e intervención antrópica. O = otoño 2019, I = invierno 2019, P = primavera 2019, V = verano 2020. Valores corresponden al promedio de tres réplicas \pm desviación estándar. * = un solo dato. SD = sin dato.

Variable	Higuerilla (7)				Coirón (8)			
	O	I	P	V	O	I	P	V
Hidrodinámica (m/s)								
Velocidad focal	0,93 \pm 0,31	1,30 \pm 0,75	0,40 \pm 0,35	0,13 \pm 0,23	1,33 \pm 0,35	1,03 \pm 0,57	0,47 \pm 0,23	0,20 \pm 0,20
Velocidad media	1,40 \pm 0,26	2,13 \pm 1,15	0,80 \pm 0,35	0,53 \pm 0,12	1,97 \pm 0,31	2,03 \pm 0,12	0,97 \pm 0,55	0,67 \pm 0,50
Velocidad superficial	1,83 \pm 0,31	2,50 \pm 1,0	1,40 \pm 0,26	0,73 \pm 0,12	2,43 \pm 0,23	2,43 \pm 0,23	1,60 \pm 0,98	1,23 \pm 0,97
Morfometría								
Pendiente	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta
Ancho (m)	15,0 \pm 0,0	10,0 \pm 1,9	8,2 \pm 0,2	9,9 \pm 0,3	9,5 \pm 0,5	9,8 \pm 2,5	9,8 \pm 0,4	7,5 \pm 0,5
Profundidad (m)	0,24 \pm 0,04	0,27 \pm 0,06	0,22 \pm 0,07	0,28 \pm 0,11	0,30 \pm 0,06	0,29 \pm 0,05	0,33 \pm 0,10	0,25 \pm 0,03
Calidad de agua								
Temperatura (°C)	15,7*	11,2 \pm 0,0	24,7 \pm 0,0	24,9 \pm 0,1	15,8*	8,6 \pm 0,1	21,1 \pm 0,2	21,0 \pm 1,2
pH	5,9*	6,5 \pm 0,5	SD	6,0 \pm 0,8	7,2*	8,5 \pm 0,5	8,5 \pm 0,6	8,0 \pm 0,2
Conductividad (μ s)	470,0*	382,3 \pm 128,6	458,0 \pm 5,2	354,0 \pm 117,7	460,0*	409,0 \pm 2,0	431,3 \pm 0,5	388,0 \pm 67,7
Turbidez	6,3*	8,8 \pm 1,0	15,6 \pm 0,4	7,8 \pm 1,5	12,4*	12,0 \pm 0,7	6,6 \pm 0,1	5,2 \pm 0,3
Intervención antrópica								
	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta

Tabla 4.

Resultados de las evaluaciones directas de *Cryphiops caementarius* en los sitios de muestreo de las zonas altitudinales baja y media de la cuenca del río Choapa. CTI = captura total de individuos, PTC = peso (g) total de captura.

Zona altitudinal	Sitio	Estación	fecha de muestreo	CTI	PTC
Zona Baja	(1) Mincha	otoño	09-04-2019	78	2055,5
		invierno	25-06-2019	74	1250,9
		primavera	03-09-2019	126	2278,7
		verano	23-01-2020	66	742,8
	(2) Confluencia	otoño	10-04-2019	24	512,9
		invierno	26-06-2019	44	796,0
		primavera	01-10-2019	20	740,2
		verano	22-01-2020	36	912,2
		otoño	10-04-2019	25	677,9
		invierno	26-06-2019	19	308,4
	(3) Puente Negro	primavera	01-10-2019	16	406,5
		verano	22-01-2020	30	588,6
Zona Media	(4) Pintacura	otoño	23-05-2019	22	800,1
		invierno	09-07-2019	25	954,1
		primavera	02-10-2019	17	589,7
		verano	20-01-2020	5	386,6
	(5) Mal Paso	otoño	11-04-2019	5	189,0
		invierno	27-06-2019	6	244,5
		primavera	03-10-2019	10	560,9
		verano	24-01-2020	4	284,8
		otoño	11-04-2019	29	1272,1
		invierno	27-06-2019	26	831,8
	(6) Camisas	primavera	03-10-2019	12	236,1
		verano	24-01-2020	14	935,7

Tabla 5.

Resultados del registro pesquero de *Cryphiops caementarius* en la cuenca del río Choapa. Para cada sector se indica: cantidad de viajes realizados por camaroneros (VR), horas promedio por viaje (HPV), metros promedio recorridos por viaje (MPV), captura promedio de kilogramos de camarones por viaje (KPV), y captura promedio de individuos por viaje (IPV).

Zona de la cuenca	Sector	VR	HPV	MPV	KPV	IPV
Baja	Mincha	29	3,2	348,0	2,2	71,7
	Tunga	105	2,8	352,6	1,5	46,9
	Doña Juana	89	2,5	392,7	1,1	34,1
	Coyuntagua	90	2,6	750,0	1,0	22,1
	Puente Negro	151	3,3	420,9	2,1	59,9
Media	Choapa	73	3,3	540,0	2,4	52,5
	Limahuida	15	2,4	300,0	1,8	24,8
	Los Loros	26	3,9	1740,0	2,4	45,1

Tabla 6.

Localización geográfica (UTM) de los tramos fluviales (inicio-fin) recorridos por los camaroneros en los sectores de pesca de *Cryphiops caementarius* cuenca del río Choapa durante el período 2019-2021.

SECTOR	INICIO	UTM X	UTM Y	FIN	UTM X	UTM Y
MINCHA	BADÉN ATELCURA	269257,000	6502343,000	LOS TAMBORES	270612,000	6502331,000
MINCHA	CALLEJÓN DE MINCHA	302069,652	6502182,175	BADÉN ATELCURA	269257,000	6502343,000
MINCHA	LOS TAMBORES	270612,000	6502331,000	LAS BARRERAS	272559,902	6500794,559
MINCHA	MEDIDOR DGA MINCHA	284982,621	6502770,000	POZA LA QUINTA	284982,621	6502561,000
MINCHA	MEDIDOR DGA MINCHA	284982,621	6502770,000	CALLEJÓN DE MINCHA	302069,652	6502182,175
MINCHA	MEDIDOR DGA MINCHA	284982,621	6502770,000	POZA LA QUINTA	284982,621	6502561,000
MINCHA	POZA LA QUINTA	284982,621	6502561,000	CALLEJÓN DE MINCHA	302069,652	6502182,175
TUNGA	EL CAMIÓN	294262,474	6498878,737	EL PARRA	266176,000	6498830,687
TUNGA	EL CAMIÓN	294262,474	6498878,737	LA NIÑA DE LOS DURAZNOS	288845,000	6496711,522
TUNGA	EL PARRA	266176,000	6498830,687	LA NIÑA DE LOS DURAZNOS	288845,000	6496711,522
TUNGA	EL PARRA	266176,000	6498830,687	EL RINCÓN DE TUNGA SUR	294259,573	6498390,364
TUNGA	GRUTA DE TUNGA SUR	267019,321	6499349,277	EL PARRA	266176,000	6498830,687
TUNGA	LAS BARRERAS	272559,902	6500794,559	EL CAMIÓN	294262,474	6498878,737
TUNGA	LAS BARRERAS	272559,902	6500794,559	EL PARRA	266176,000	6498830,687
TUNGA	LAS BARRERAS	272559,902	6500794,559	GRUTA DE TUNGA SUR	267019,321	6499349,277
TUNGA	RUNGUE	279718,570	6499074,567	EL RINCÓN DE TUNGA SUR	294259,573	6498390,364
TUNGA	SALIDA TUNGA SUR	279718,570	6498147,000	CALLEJÓN DE TUNGA NORTE	302069,652	6498103,220
DOÑA JUANA	CALLEJÓN DE DOÑA JUANA	292967,000	6495710,268	MEDIA LUNA DE TUNGA	290093,000	6495799,000
DOÑA JUANA	CALLEJÓN DE DOÑA JUANA	292967,000	6495710,268	TOMA LEYVA	277452,000	6495160,403
DOÑA JUANA	DESEMBOCADURA TUNGA SUR	271295,841	6496136,846	CALLEJÓN DE DOÑA JUANA	292967,000	6495710,268
DOÑA JUANA	LA NIÑA DE LOS DURAZNOS	288845,000	6496711,522	TOMA LEYVA	277452,000	6495160,403
DOÑA JUANA	LA NIÑA DE LOS DURAZNOS	288845,000	6496711,522	CALLEJÓN DE DOÑA JUANA	292967,000	6495710,268
DOÑA JUANA	LA NIÑA DE LOS DURAZNOS	288845,000	6496711,522	MEDIA LUNA DE TUNGA	290093,000	6495799,000
DOÑA JUANA	LA NIÑA DE LOS DURAZNOS	288845,000	6496711,522	DESEMBOCADURA TUNGA SUR	271295,841	6496136,846
DOÑA JUANA	LOS EUCALIPTUS	283408,000	6496692,000	LA NIÑA DE LOS DURAZNOS	288845,000	6496711,522
DOÑA JUANA	MEDIA LUNA DE TUNGA	290093,000	6495799,000	TOMA LEYVA	277452,000	6495160,403
DOÑA JUANA	TOMA SAN FRANCISCO	277452,000	6496795,000	MEDIA LUNA DE TUNGA	290093,000	6495799,000
DOÑA JUANA	TOMA SAN FRANCISCO	277452,000	6496795,000	CALLEJÓN DE DOÑA JUANA	292967,000	6495710,268
COYUNTAGUA	CALLEJÓN DE COYUNTAGUA	292967,000	6494914,178	ESCUELA DE COYUNTAGUA	286142,000	6494180,332
COYUNTAGUA	CALLEJÓN DE COYUNTAGUA	292967,000	6494914,178	PUENTE CONFLUENCIA	273284,424	6493666,000
COYUNTAGUA	CALLEJÓN DE COYUNTAGUA	292967,000	6494914,178	LA CADENA	294095,802	6494099,798
COYUNTAGUA	CALLEJÓN DE COYUNTAGUA	292967,000	6494914,178	PUENTE CONFLUENCIA	273284,424	6493666,000
COYUNTAGUA	CALLEJÓN DE COYUNTAGUA	292967,000	6494914,178	EL SAUCE	278584,859	6493917,857
COYUNTAGUA	EL SAUCE	278584,859	6493917,857	PUENTE CONFLUENCIA	273284,424	6493666,000
COYUNTAGUA	EL TRAPICHE DE TUNGA SUR	286142,000	6494511,000	CALLEJÓN DE COYUNTAGUA	292967,000	6494914,178
COYUNTAGUA	EL TUBO DE COYUNTAGUA	286142,000	6494682,000	CALLEJÓN DE COYUNTAGUA	292967,000	6494914,178
COYUNTAGUA	ESCUELA DE COYUNTAGUA	286142,000	6494180,332	PUENTE CONFLUENCIA	273284,424	6493666,000

COYUNTAGUA	GRUTA DE TUNGA SUR	267019,321	6499349,277	RINCÓN DE TUNGA SUR	274345,670	6498390,360
COYUNTAGUA	LA CADENA	294095,802	6494099,798	PUENTE CONFLUENCIA	273284,424	6493666,000
COYUNTAGUA	TOMA LEYVA	277452,000	6495160,403	ESCUELA DE COYUNTAGUA	286142,000	6494180,332
COYUNTAGUA	TOMA LEYVA	277452,000	6495160,403	CALLEJÓN DE COYUNTAGUA	292967,000	6494914,178
PUENTE NEGRO	CALETONES DE PUENTE NEGRO	285209,717	6492721,564	PUENTE NEGRO	277918,536	6491624,629
PUENTE NEGRO	CALETONES DE PUENTE NEGRO	285209,717	6492721,564	LAS DOS POZAS	291237,610	6487789,245
PUENTE NEGRO	LA HIGUERILLA	288845,000	6492426,312	PUENTE NEGRO	277918,536	6491624,629
PUENTE NEGRO	LAS DOS POZAS	291237,610	6487789,245	PUENTE BLANCO	273284,424	6489179,250
PUENTE NEGRO	LAS DOS POZAS	291237,610	6487789,245	LOS BARRANCOS	283408,000	6490412,000
PUENTE NEGRO	POZA LA M	284982,621	6490198,000	PUENTE BLANCO	273284,424	6489179,250
PUENTE NEGRO	POZA LA M	284982,621	6490198,000	PUENTE MÁQUINA	275192,000	6488778,000
PUENTE NEGRO	PUENTE CONFLUENCIA	273284,424	6493666,000	CALETONES DE PUENTE NEGRO	285209,717	6492721,564
PUENTE NEGRO	PUENTE CONFLUENCIA	273284,424	6493666,000	PUENTE NEGRO	277918,536	6491624,629
PUENTE NEGRO	PUENTE CONFLUENCIA	273284,424	6493666,000	LOS BARRANCOS	283408,000	6490412,000
PUENTE NEGRO	PUENTE CONFLUENCIA	273284,424	6493666,000	PUENTE BLANCO	273284,424	6489179,250
PUENTE NEGRO	PUENTE NEGRO	277918,536	6491624,629	LAS DOS POZAS	291237,610	6487789,245
PUENTE NEGRO	PUENTE NEGRO	277918,536	6491624,629	PUENTE BLANCO	273284,424	6489179,250
PUENTE NEGRO	PUENTE NEGRO	277918,536	6491624,629	LOS BARRANCOS	283408,000	6490412,000
PUENTE NEGRO	PUENTE NEGRO	277918,536	6491624,629	POZA LA M	284982,621	6490198,000
PUENTE NEGRO	PUENTE NEGRO	277918,536	6491624,629	POZA LOS MAQUIS	291956,500	6488957,000
PUENTE NEGRO	PUENTE NEGRO	277918,536	6491624,629	PUENTE MÁQUINA	275192,000	6488778,000
CHOAPA	CALLEJÓN DE CHOAPA	302038,508	6488917,018	PUENTE MÁQUINA	275192,000	6488778,000
CHOAPA	CANCHA DE CHOAPA	302069,652	6487618,000	EL CARRO DE LIMÁHUIDA	266176,000	6486231,017
CHOAPA	CANCHA DE CHOAPA	302069,652	6487618,000	QUEBRADA DEL QUIQUE	279718,570	6487012,500
CHOAPA	CANCHA DE CHOAPA	302069,652	6487618,000	LA CACHIMBA DEL AGUA	294095,802	6486060,849
CHOAPA	CHOAPA CENTRO	279681,000	6488004,000	CANCHA DE CHOAPA	302069,652	6487618,000
CHOAPA	CHOAPA CENTRO	279681,000	6488004,000	EL CARRO DE LIMÁHUIDA	266176,000	6486231,017
CHOAPA	LOS PUELMAS	290093,000	6486979,000	EL CARRO DE LIMÁHUIDA	266176,000	6486231,017
CHOAPA	POZA LOS MAQUIS	291956,500	6488957,000	LOS PUELMAS	290093,000	6486979,000
CHOAPA	POZA LOS MAQUIS	291956,500	6488957,000	PUENTE MÁQUINA	275192,000	6488778,000
CHOAPA	PUENTE MÁQUINA	275192,000	6488778,000	CANCHA DE CHOAPA	302069,652	6487618,000
CHOAPA	PUENTE MÁQUINA	275192,000	6488778,000	CHOAPA CENTRO	279681,000	6488004,000
CHOAPA	PUENTE MÁQUINA	275192,000	6488778,000	POZA PIEDRA GRANDE	291956,500	6487792,540
CHOAPA	QUEBRADA DEL QUIQUE	279718,570	6487012,500	LOS PUELMAS	290093,000	6486979,000
CHOAPA	QUEBRADA DEL QUIQUE	279718,570	6487012,500	EL CARRO DE LIMÁHUIDA	266176,000	6486231,017
LIMÁHUIDA	EL CARRO DE LIMÁHUIDA	266176,000	6486231,017	PUENTE LIMÁHUIDA	275192,000	6485747,769
LIMÁHUIDA	EL CARRO DE LIMÁHUIDA	266176,000	6486231,017	LIMÁHUIDA	283408,000	6485094,000
LIMÁHUIDA	LIMÁHUIDA	283408,000	6485094,000	LOS LOROS	283408,000	6484851,041
LIMÁHUIDA	POZA LOS ÁLAMOS	291956,500	6486423,079	PUENTE LIMÁHUIDA	275192,000	6485747,769
LIMÁHUIDA	PUENTE LIMÁHUIDA	275192,000	6485747,769	LIMÁHUIDA	283408,000	6485094,000
LOS LOROS	BOCATOMA CANAL PINTACURA	302915,846	6486174,000	MAL PASO	302069,652	6485736,788
LOS LOROS	ESTERO CAMISAS	267019,321	6483992,374	CALLEJÓN DE CHUCHINI	267028,182	6483435,000
LOS LOROS	LAS MAJADAS	287157,344	6485262,215	ESTERO CAMISAS	267019,321	6483992,374
LOS LOROS	LAS MAJADAS	287157,344	6485262,215	LOS LOROS	283408,000	6484851,041
LOS LOROS	LAS MAJADAS	287157,344	6485262,215	CALLEJÓN DE CHUCHINI	267028,182	6483435,000
LOS LOROS	LAS MAJADAS	287157,344	6485262,215	MAL PASO	302069,652	6485736,788
LOS LOROS	LOS LOROS	283408,000	6484851,041	ESTERO CAMISAS	267019,321	6483992,374
LOS LOROS	MAL PASO	302069,652	6485736,788	LOS LOROS	283408,000	6484851,041
LOS LOROS	MAL PASO	302069,652	6485736,788	CALLEJÓN DE CHUCHINI	267028,182	6483435,000
LOS LOROS	MAL PASO	302069,652	6485736,788	ESTERO CAMISAS	267019,321	6483992,374





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