



GENERANDO
CONOCIMIENTO Y
SUSTENTABILIDAD

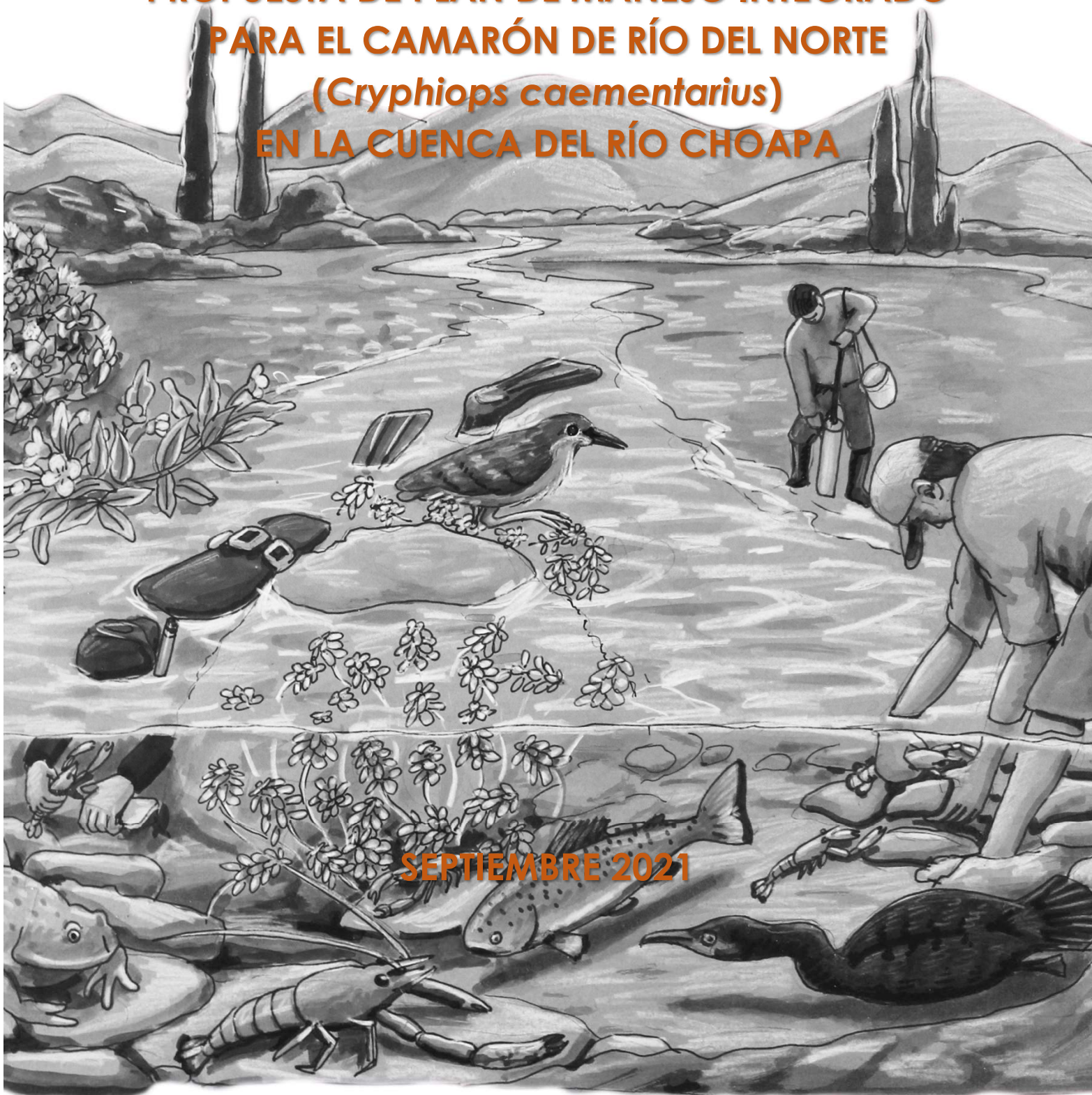


INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO ★ CHILE



GOBIERNO REGIONAL
REGION DE COQUIMBO

PROPUESTA DE PLAN DE MANEJO INTEGRADO PARA EL CAMARÓN DE RÍO DEL NORTE (*Cryphiops caementarius*) EN LA CUENCA DEL RÍO 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, 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
Álvaro Wilson
Denisse Torres
Yeriko Alanís
Luís Henríquez
Alejandro Dal Santo
Francisco Cárcamo

Universidad Católica del Norte – UCN

María Cristina Morales
Germán Merino
Claudia Cárcamo

Centro de Estudios de Sistemas Sociales – CESSO

Carlos Tapia

Citar como:

Velásquez, C., A. Wilson, D. Torres, Y. Alanís, L. Henríquez, A. Dal Santo, F. Cárcamo, M. Morales, G. Merino, C. Cárcamo, C. Tapia (2021). 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. 96 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 Acuicola (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 (IFOP, 2021) y considerando las múltiples dimensiones que afectan a la especie y/o recurso y condicionan su conservación, manejo y sostenibilidad de la pesquería (i.e., enfoque ecosistémico). Adicionalmente, se propone un programa de investigación asociada a reducir las brechas existentes sobre el conocimiento científico y técnico requerido para un mejor manejo del recurso. La propuesta corresponde a un documento de orientación y consulta para los tomadores de decisiones cuyas acciones impactan al recurso camarón de río del norte, así como, de divulgación y transferencia para las comunidades locales del Choapa y público en general. El plan corresponde a una "propuesta" dado que no ha sido sometido a procesos de validación bajo algún tipo de marco normativo o regulatorio, sin embargo, se construye con una visión de futuro, donde puede ser insumo central para un instrumento de gestión incorporado dentro la normativa pesquera, hídrica y ambiental.

OBJETIVO DE LA PROPUESTA

Contribuir desde el conocimiento científico y técnico 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 antrópicas y ambientales.

ASPECTOS METODOLÓGICOS

Metodológicamente, se recopiló información para la elaboración de la propuesta a través de numerosas instancias participativas grupales (e.g., talleres, actividades de terreno, capacitación tecnológica y organizacional) e individuales (e.g., entrevistas, encuestas) con los múltiples actores sociales involucrados (e.g., pescadores, servicios públicos, comunidades, académicos) y que abordaron múltiples dimensiones (e.g., conocimiento tradicional, pesquería, acuicultura, gobernanza). La recopilación de información primaria, se complementó con revisión bibliográfica y análisis de datos obtenidos en el marco de ejecución del Programa, lo que incluye estudios bioecológicos del camarón, caracterización hídrica ambiental, evaluación poblacional, producción de juveniles en hatchery, modelación económica y ambiental, entre otras (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 del camarón en la cuenca del río Choapa, con la consecuente identificación de problemáticas y alternativas de solución, la que se ha construido de acuerdo a lo indicado anteriormente.

INDICE

CONTEXTO y ALCANCE.....	3
OBJETIVO DE LA PROPUESTA.....	3
ASPECTOS METODOLÓGICOS	3
INDICE	4
1. EL CAMARÓN DE RÍO EN LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS DEL NORTE DE CHILE	6
1.1. HISTORIA NATURAL	6
1.2. ESTADO DE CONSERVACIÓN.....	8
1.3. MARCO NORMATIVO VIGENTE PARA LA PESQUERÍA Y ACUICULTURA DE CAMARONES DULCEACUÍCOLAS EN CHILE.....	9
2. DIAGNÓSTICO	11
2.1. ACTORES DEL SISTEMA RELACIONADOS CON LA ACTIVIDAD CAMARONERA DEL CHOAPA.....	11
2.1.1. ORGANIZACIONES DE CAMARONEROS	11
2.1.2. GOBERNANZA MULTISECTORIAL DEL PROGRAMA.....	12
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	24
2.3.1. CONOCIMIENTO TRADICIONAL	24
2.3.2. ECOLOGÍA POBLACIONAL	26
2.3.3. GENÉTICA POBLACIONAL.....	34
2.3.4. CARACTERIZACIÓN DE LA PESQUERÍA	34
2.3.5. DEPRDADORES NATIVOS	40
2.4. AMENAZAS PARA LA CONSERVACIÓN	40
2.4.1. MODELO CONCEPTUAL BASADO EN LA PERCEPCIÓN DE ACTORES SOCIALES.....	41
2.4.2. ESPECIES EXÓTICAS INVASORAS	42
2.4.3. PERTURBACIONES FÍSICAS DEL CAUCE FLUVIAL.....	43
2.4.4. FRAGMENTACIÓN DE HÁBITAT	46
3. PROPUESTA DE PLAN DE MANEJO INTEGRADO	50
3.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	50
3.2. PROPÓSITO GENERAL	51
3.2.1. COMPONENTE 1. DIMENSIÓN AMBIENTAL.....	52
3.2.2. COMPONENTE 2. DIMENSIÓN BIO-PESQUERA.....	53
3.2.3. COMPONENTE 3. DIMENSIÓN ECONÓMICA	57

3.2.4. COMPONENTE 4. DIMENSIÓN SOCIO-CULTURAL.....	58
3.2.5. COMPONENTE 5. DIMENSIÓN INSTITUCIONAL.....	60
3.2.6. COMPONENTE 6. DIMENSIÓN CIENTÍFICA	61
3.3. PROPUESTA DE MODELO DE GOBERNANZA	64
3.4. PROGRAMA DE APOYO A LA FISCALIZACIÓN	67
4. EVALUACIÓN DE ESTRATEGIAS DE MANEJO	68
4.1. MODELACIÓN DE ACCIONES Y ESCENARIOS DE MANEJO INTEGRADO.....	68
4.1.1. MODELACIÓN CUALITATIVA DEL SISTEMA ECOLÓGICO.....	68
4.1.1. MODELACIÓN BIO-ECONÓMICA.....	74
4.2. ESTRATEGIA PESQUERA ACUÍCOLA	76
4.2.1. ACUICULTURA A PEQUEÑA ESCALA (APE) EN AGUAS CONTINENTALES	76
4.2.2. REPOBLACIÓN DE CAMARONES EN EL RÍO CHOAPA 2020-2021.....	78
4.2.3. PROPUESTA DE ORDENAMIENTO PESQUERO	83
5. CASO DE MANEJO: RECOMENDACIONES DE MITIGACIÓN FRENTE A OBRAS DE MEJORAMIENTO DE CAUCE ACTIVO EN EL RÍO CHOAPA 2021.....	85
6. RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES GENERALES	89
8. AGRADECIMIENTOS	93
9. LITERATURA CITADA	94

1. EL CAMARÓN DE RÍO EN LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS DEL NORTE DE CHILE

1.1. HISTORIA NATURAL

Rango de distribución geográfico: El camarón de río del norte *Cryphiops caementarius* (Fig. 1) es un malacostráceo endémico de los ecosistemas fluviales del noroeste de la región Andina de Perú y Chile. En Chile, es el único representante de la Familia Palaemonidae [1] y su rango de distribución latitudinal 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].



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

Patrones de distribución altitudinal: El límite de distribución altitudinal de *C. caementarius* en una cuenca hidrográfica está determinada por variables locales, la primera de ellas son las condiciones hidrológicas, ecológicas y biológicas del hábitat fluvial en cada una de sus zonas (i.e., desembocadura, potamon, ritron), y la segunda es la segregación espacial de los distintos estadios ontogénicos (i.e., larva, juvenil, y adulto) (Fig. 3) [2].

Conducta migratoria: La segregación espacial de los grupos etarios, refleja la conducta migratoria anfídroma de esta especie, donde las hembras ovígeras migran desde la precordillera (hábitat fluvial) hacia la desembocadura de los ríos (hábitat estuarino) durante fines de primavera y verano, para que ocurra la eclosión de los huevos, desarrollo larval y el posterior retorno de los juveniles hacia el hábitat fluvial, para integrarse a la fracción adulta, y de este modo completar su ciclo de vida [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].

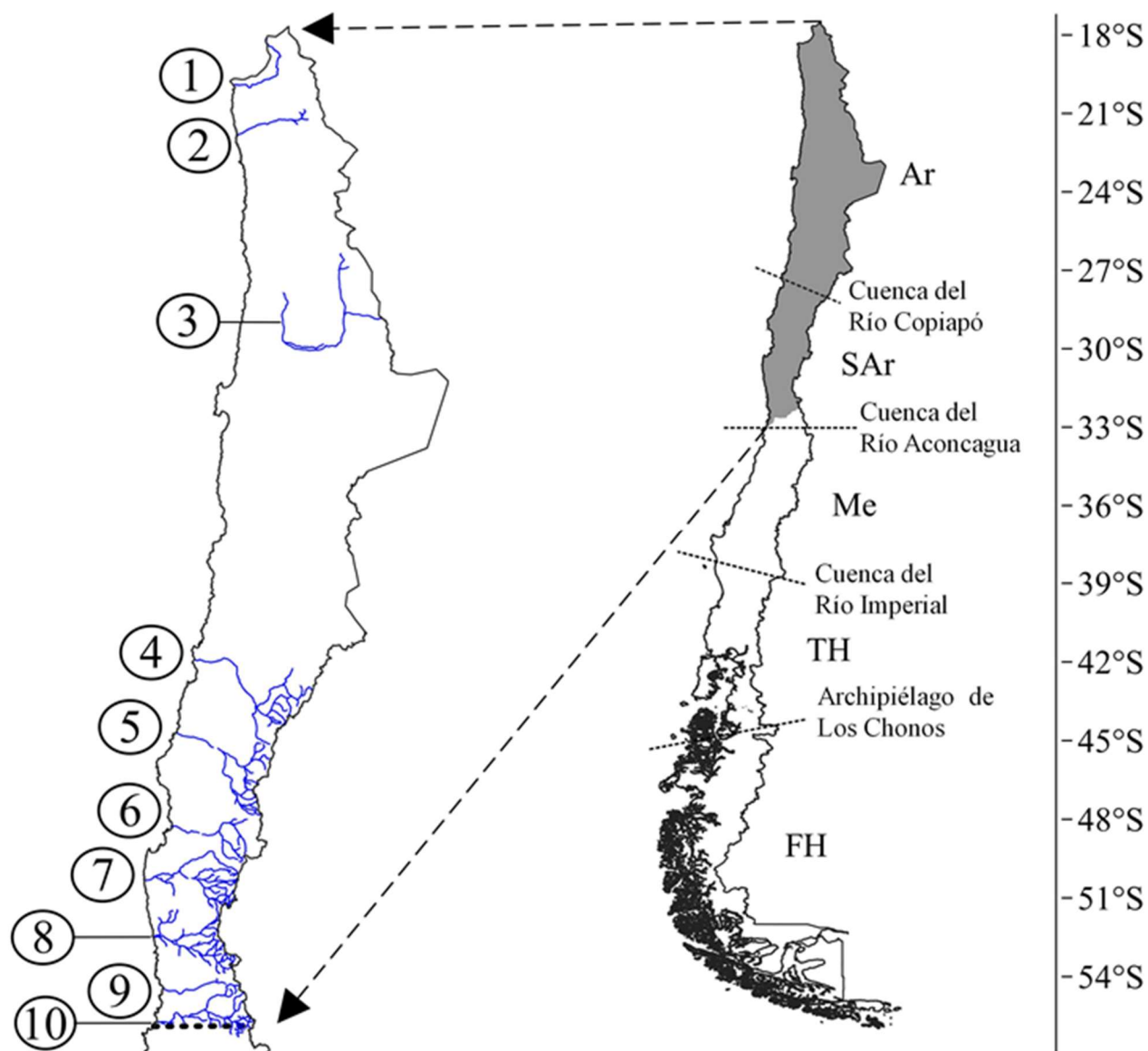


Figura 2. Rango de distribución geográfica y climática de *Cryphiops caementarius* en Chile continental (área gris) [sensu 1, 2, 5, 6, 7, 8]. Regiones climáticas e hidrográficas de Chile [sensu Instituto Geográfico Militar – IGM; 9,10]. Ar = Árido, SAR = Semiárido, Me = Mediterráneo, TH = Templado Húmedo, FH = Frío Húmedo. Las líneas punteadas indican la cuenca hidrográfica que delimita las regiones climáticas. A la izquierda se indican las principales cuencas hidrográficas donde ocurren las poblaciones de *Cryphiops caementarius* en el norte de Chile. 1 = río Lluta, 2 = quebrada Camarones, 3 = río Loa, 4 = río Copiapó, 5 = río Huasco, 6 = río Elqui y estero el Culebrón, 7 = río Limarí, 8 = río Choapa, 9 = río La Ligua, 10 = río Aconcagua.

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 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 locales [2].

Debido a todo lo anterior, esta especie no solo tiene un rol relevante en la estructura trófica fluvial en el norte de Chile, sino también, otorga servicios ecosistémicos para el bienestar social, atributos claves para su puesta en valor de conservación, por lo que resulta indispensable continuar ampliando el conocimiento sobre su historia natural en Chile, así como de las amenazas a las que está expuesta.

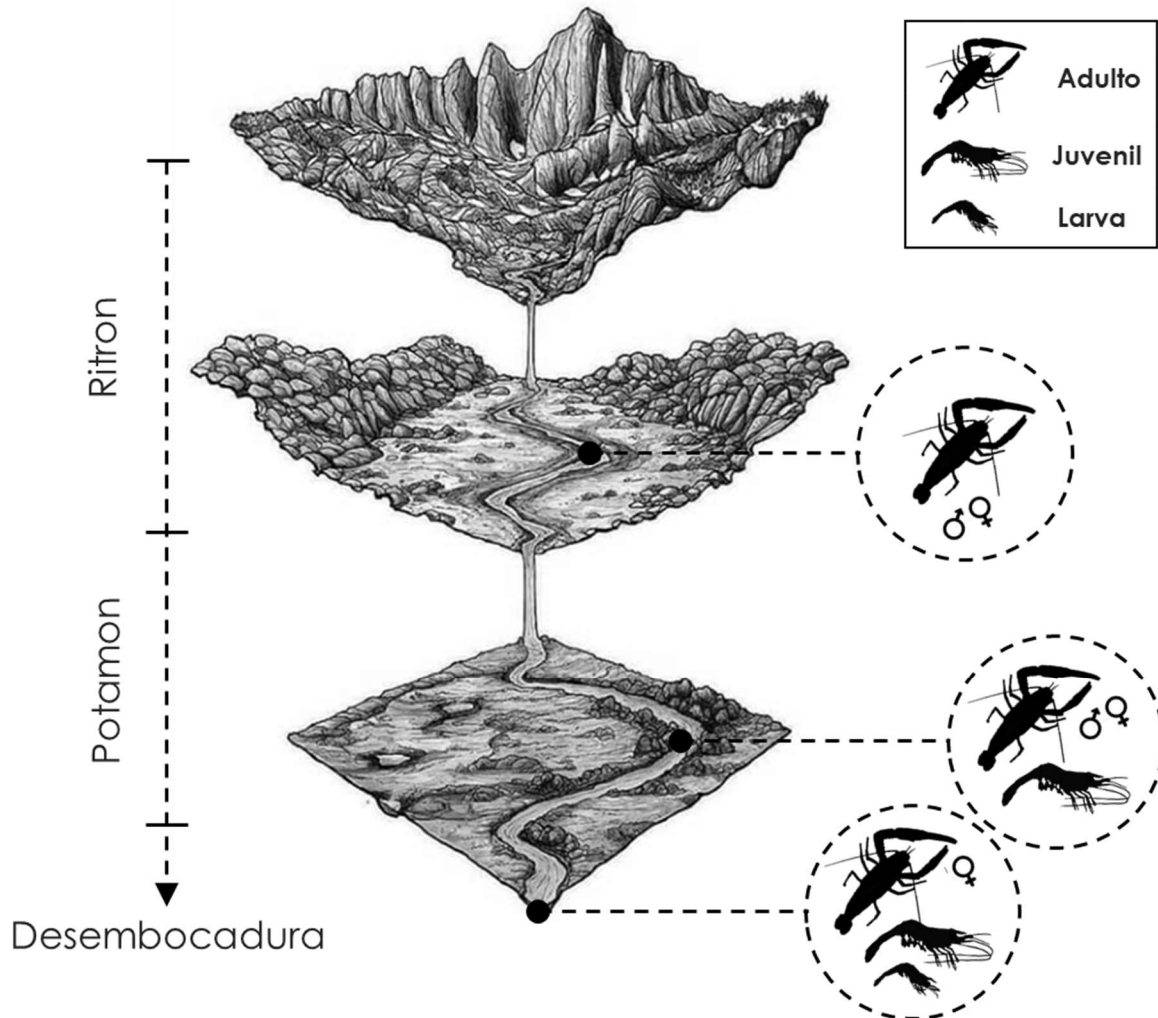


Figura 3. Patrones de distribución altitudinal de los estadios ontogénicos de *Cryphiops caementarius* en diferentes zonas fluviales de una cuenca representativa de una zona árida (ilustración de cuenca adaptada; www.blazesyska.com).

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 ($\sim 18^{\circ}\text{S}$; región de Arica y Parinacota), quebrada Camarones ($\sim 19^{\circ}\text{S}$; región de Arica y Parinacota), Huasco ($\sim 29^{\circ}\text{S}$; región de Atacama), Limarí ($\sim 30^{\circ}\text{S}$; región de Coquimbo) y Choapa ($\sim 31^{\circ}\text{S}$; 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 llevado prácticamente a su desaparición, 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 Ministerio de Medio Ambiente (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: En la actualidad su pesquería se puede clasificar como de libre acceso, aunque no es reconocido como tal y de acuerdo a los términos legales de la Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA). Por otro lado, su extracción es regulada mediante el D.S. N° 145 de 1986, el cual ajustó el periodo de veda desde el 01 de diciembre hasta el 30 de abril, periodo 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, las cuales deben ser devueltas al agua, aunque tengan la talla mínima. Respecto a las artes de pesca, se permite la caña, atarraya y la captura manual. Para los efectos de control de la talla de extracción, el recurso debe transportarse y comercializarse entero, lo cual se debe acreditar mediante una guía de libre tránsito, otorgada por el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (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 Reglamento Ambiental para la Acuicultura (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 Resolución de Calificación Ambiental (RCA). Respecto del último requisito, la Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente N° 19.300 y el Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (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, acuaponía, o sistemas tradicionales, estos tipos de cultivos por sus dimensiones y niveles productivos proyectados no requerirían someterse al SEIA.

Es importante indicar que en la actualidad se encuentra en fase final de tramitación, el Reglamento de Acuicultura de Pequeña Escala (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 ambiental, sanitaria, entrega de información y operación mínima, y registro APE.

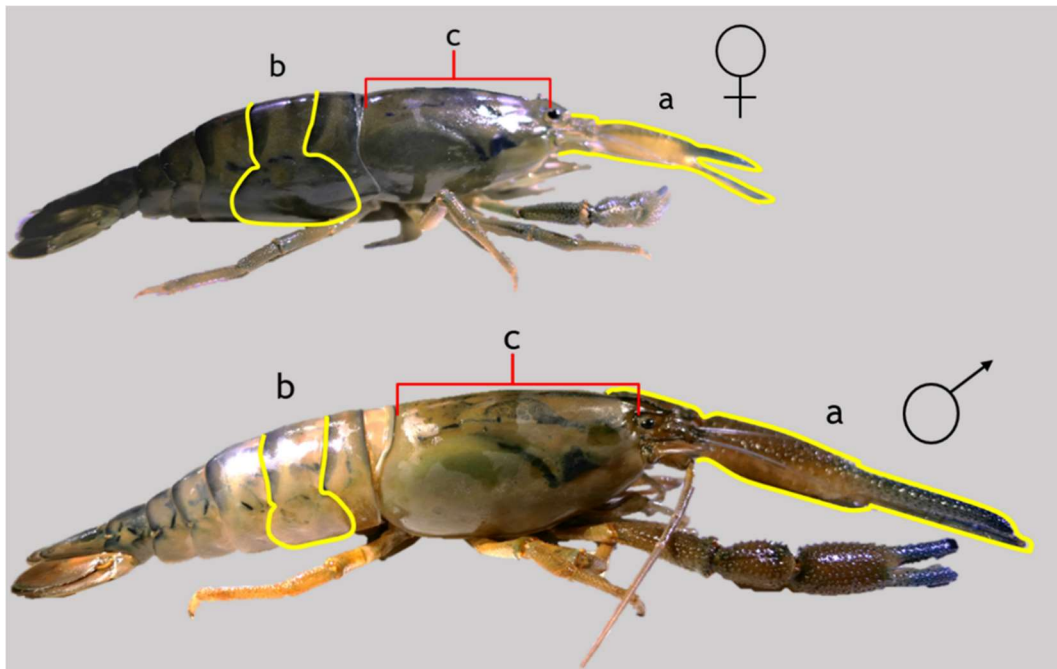


Figura 4. Morfología externa de especímenes hembra y macho de *Cryphiops caementarius*. Caracteres diagnósticos: a = quela, b = 2do segmento de abdomen. Nótese la cavidad abdominal amplia del ejemplar hembra para transportar los huevos. Nótese el desarrollo de una quela más grande en el ejemplar macho, que dice relación con su conducta agonística. Talla de extracción: c = largo del cefalotórax, desde la órbita ocular derecha hasta el extremo posterior del cefalotorác.

2. DIAGNÓSTICO

2.1. ACTORES DEL SISTEMA RELACIONADOS CON LA ACTIVIDAD CAMARONERA DEL CHOAPA

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

2.1.1. ORGANIZACIONES DE CAMARONEROS

Actualmente los camaroneros de la provincia del Choapa están agrupados en dos organizaciones centralizadas, el Sindicato de Trabajadores Independientes Camaroneros del Choapa (37 socios) y la Asociación Gremial de Productores y Extractores de Recursos Dulceacuícolas del Choapa A.G (25 socios) (**Fig. 5**), 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. Organizaciones de camaroneros del Choapa. Foto superior: Sindicato de Trabajadores Independientes Camaroneros del Choapa, foto inferior: Asociación Gremial de Productores y Extractores de Recursos Dulceacuícolas del Choapa A.G.

2.1.2. GOBERNANZA MULTISECTORIAL DEL PROGRAMA

En el marco del Programa se propuso articular 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 integra la institucionalidad territorial, pesquera-acuícola, hídrica, y ambiental, indicadas a continuación:

ÁMBITO TERRITORIAL

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 en la Región de Coquimbo.

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.

Municipalidad de Illapel: Responsable del desarrollo económico y social sustentable de la comuna de Illapel.

ÁMBITO PESQUERO Y ACUÍCOLA

Instituto de Fomento Pesquero (IFOP): Encargada de asesorar la toma de decisiones de la institucionalidad de pesca y acuicultura.

Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA) y Dirección Zonal de Pesca y Acuicultura (Atacama y Coquimbo): Encargada de regular y administrar la actividad pesquera y acuicultura.

Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SERNAPESCA): Encargada de la fiscalización y gestión sanitaria de los recursos hidrobiológicos.

Universidad Católica de Norte (UCN): Encargada del desarrollo científico- técnico y transferencia tecnológica para la acuicultura del camarón

ÁMBITO HÍDRICO

Dirección de Obras Hidráulicas (DOH): Encargada del aprovechamiento y protección de los recursos hídricos en cuencas hidrográficas.

Dirección General de Aguas (DGA): Encargada de la gestión y administración de los recursos hídricos en cuencas hidrográficas.

Junta de Vigilancia del Choapa: Encargada de la administración y distribución de las aguas superficiales de acuerdo a los derechos de aprovechamiento hídrico de los usuarios en el río Choapa.

ÁMBITO AMBIENTAL

Ministerio de Medio Ambiente (MMA): Encargada de la protección y conservación de la diversidad biológica y de los recursos naturales renovables e hídricos.

2.2. ESTADO AMBIENTAL DE LA CUENCA DEL RÍO CHOAPA

2.2.1. SITUACIÓN HÍDRICA 2019-2021

La cuenca del río Choapa se localiza en la región semiárida de 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 caudal medios mensuales, como los registrados durante el año 2019, donde se registró una mínima de 0,10 m³/s en enero-febrero (verano), y una máxima de 1,55 m³/s en junio (invierno). Mientras que el año 2020, los caudales fluctuaron con una mínima extrema de 0,01 m³/s en noviembre (primavera) y una máxima de 1,18 m³/s en julio (invierno) (ver **Fig. 6**).

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 Ministerio de Obras Públicas (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 isoterma 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].

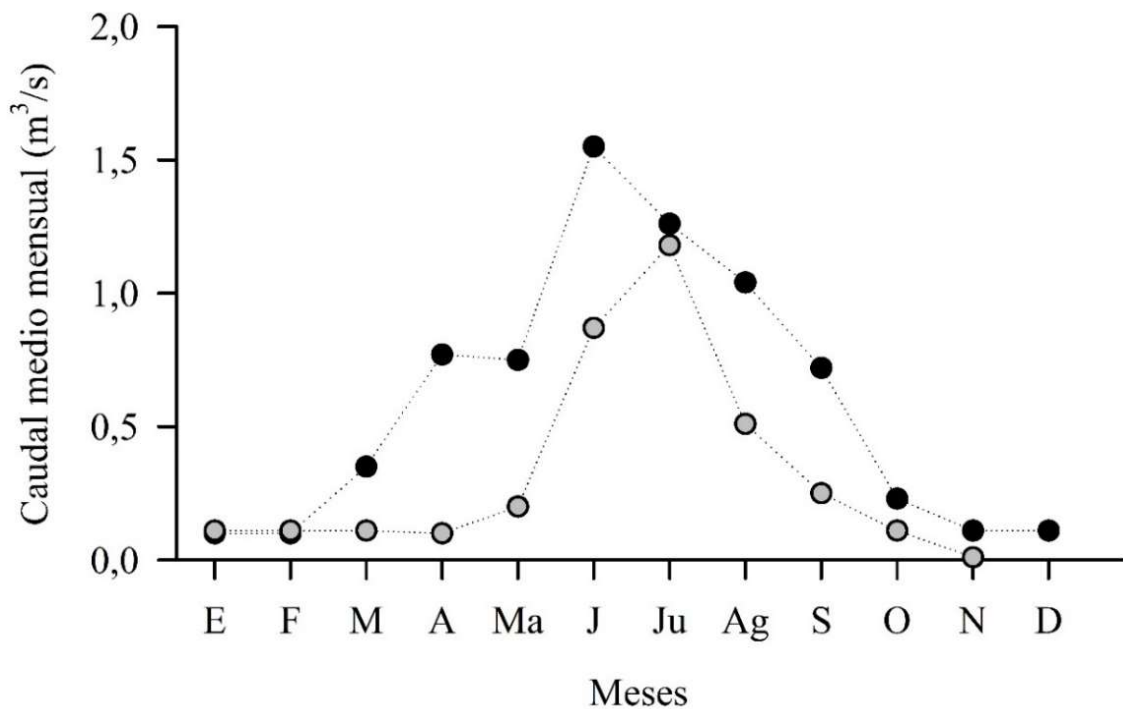


Figura 6. Variación espacio-temporal de caudal hídrico(m³/s) en el río Choapa durante el período 2019-2020. Círculos negros = 2019, círculos grises = 2020. (Fuente: estación fluviométrica Puente Negro, Dirección General de Aguas - DGA; ver <https://www.dga.mop.gob.cl/>).

2.2.2. CARACTERIZACIÓN FLUVIAL

Al igual que todos los ecosistemas, los ríos se caracterizan según su estructura (e.g., características del hábitat fluvial y las 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 en la zona baja (sitios 1, 2 y 3; ca., 0-250 msnm), zona media (sitios 4, 5 y 6; ca., 250-500 msnm) y zona alta (sitios 8 y 9; ca., 500-800 msnm) (**Fig. 7** y **Fig. 8**), durante otoño (abril 2019), invierno (julio 2019), primavera (octubre 2019) y verano (enero 2020). 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. 4**). Estos antecedentes fueron proporcionados por las organizaciones de camaroneros locales, prospecciones del área de estudio y recopilación de antecedentes técnicos y científicos del lugar. 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 mesohábitats (e.g., zonas de rápidos, remansos, riberas) para mejor representatividad del ambiente fluvial.

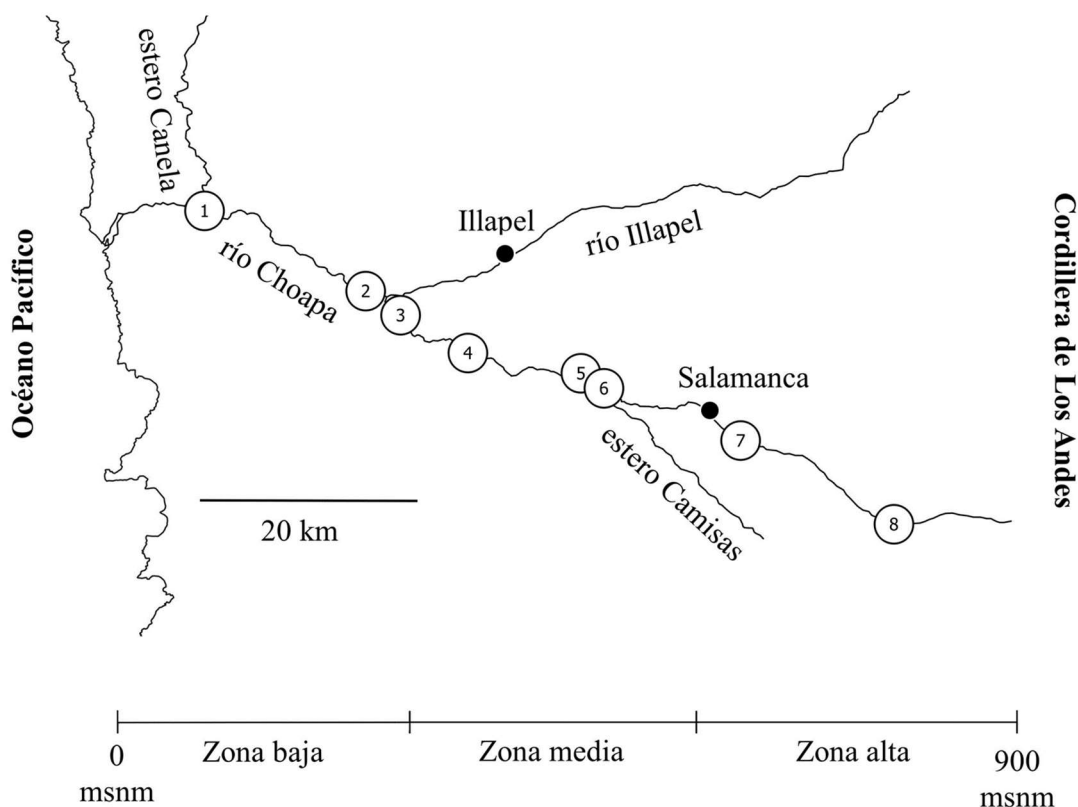


Figura 7. Localización geográfica de los sitios de muestreo en la cuenca del río Choapa. 1 = Mincha, 2 = Confluencia, 3 = Puente Negro, 4 = Pintacura, 5 = Mal Paso, 6 = Camisas, 7 = Higuera, 8 = Coirón.

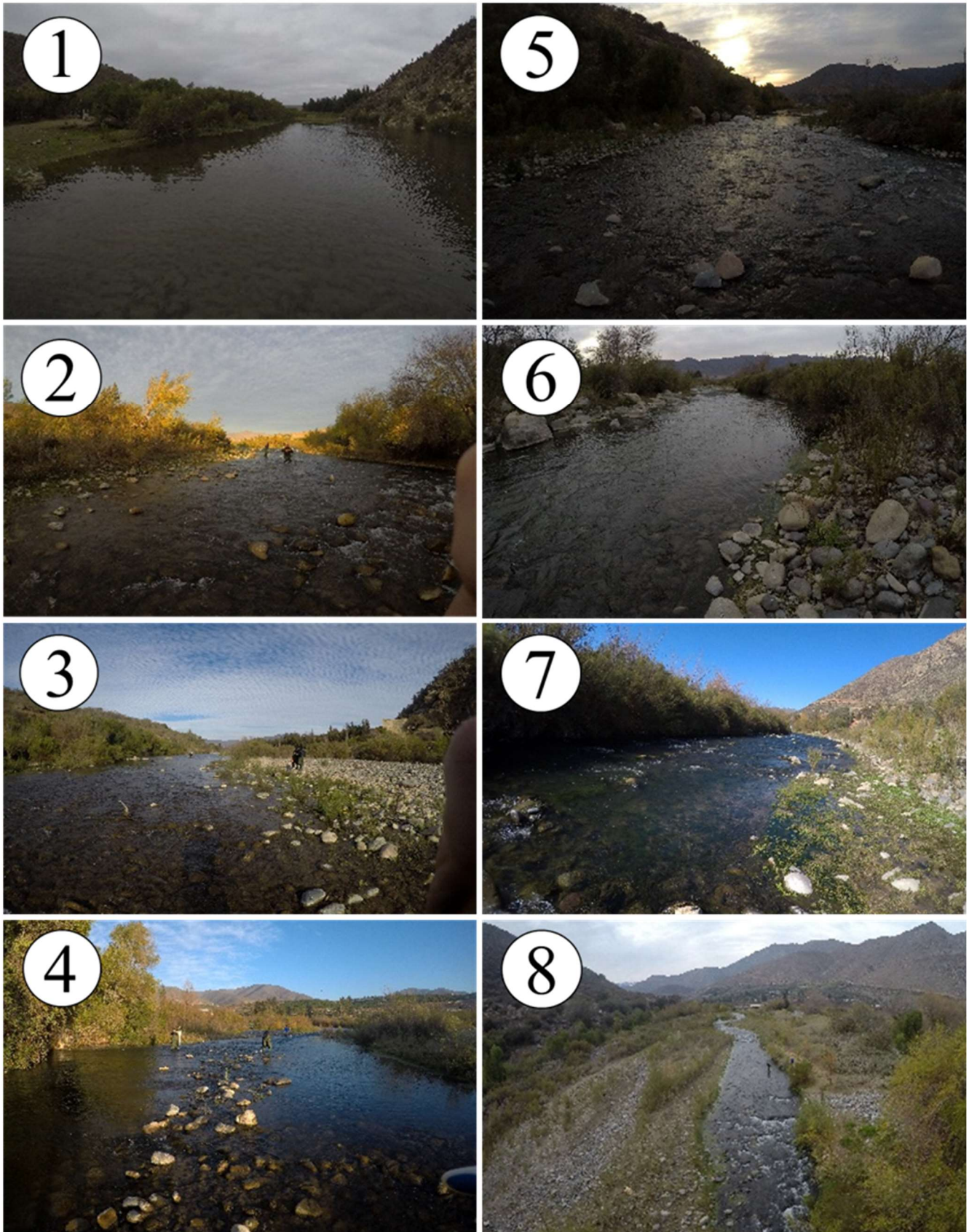


Figura 8. Ambiente fluvial de los sitios de muestreo. 1 = Mincha, 2 = Confluencia, 3 = Puente Negro, 4 = Pintacura, 5 = Mal Paso, 6 = Camisas, 7 = Higuerilla, 8 = Coirón.

Caracterización de la hidrodinámica: En cada uno de los sitios de muestreo se midió con un flujómetro digital la velocidad del flujo hídrico (m/s) en tres profundidades diferentes, 0,8, 0,6, y 0,2 veces la magnitud de la profundidad total del espejo de agua; estudiar la velocidad cerca del lecho del río (focal; 0,2) es importante debido a los hábitos bentónicos de *C. caementarius* (Tablas 1, 2 y 3). La variabilidad estacional de la hidrodinámica se condice con los patrones de caudales hídricos del río Choapa (ver Sección 2.2.1. Situación hídrica 2019-2021). La velocidad del flujo hídrico incrementa altitudinalmente hacia las zonas más altas de la cuenca, producto del incremento altitudinal de la pendiente.

Caracterización de la morfología fluvial: Esta caracterización se realizó a través de la estimación visual de las siguientes variables morfométricas: a) pendiente del tramo fluvial (categoría: muy alta = < 30°, alta = 30°-20°, moderada = 20°-10°, baja = >10°), b) ancho (m) del tramo fluvial y c) profundidad (m) del espejo de agua (Tablas 1, 2 y 3).

Los rangos de pendientes de los sitios se clasifican en bajos, altos y muy altos (Tabla 1, 2 y 3). El ancho del tramo fluvial y las profundidades de la columna de agua presentaron notorias fluctuaciones estacionales que dicen relación con los hidroperíodos del río Choapa (ver Sección 2.2.1. Situación hídrica 2019-2021). En general, los sitios localizados en las zonas baja y media de la cuenca, mostraron una notoria disminución durante la época de verano (Tabla 1, 2 y 3).

Caracterización física y química de la columna de agua: A lo largo de su curso, el río Choapa está bajo la influencia de diferentes actividades antrópicas que repercuten sobre la calidad de sus aguas, por lo que en cada sitio de muestreo se realizaron mediciones de temperatura (°C), potencial de Hidrogeno (pH), conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$), turbidez (presencia de elementos orgánicos e inorgánicos); mediante la utilización de una sonda multiparamétrica. Estudios indican que la mayoría de los parámetros arriba mencionados, están directamente relacionados con el desarrollo poblacional de *C. caementarius* en su hábitat fluvial [17,18] (Tablas 1, 2 y 3).

En general, los valores de temperatura del río Choapa mostraron un incremento sostenido desde la época invernal hacia la época estival, con valores que fluctuaron con una mínima de $8,6 \pm 0,1^\circ\text{C}$ en invierno (Coirón; zona alta de la cuenca) hacia una máxima de $26,6 \pm 0,7^\circ\text{C}$ en verano (Mincha; zona baja de la cuenca). En cuanto a los valores de pH del agua, estos mostraron una disminución paulatina hacia la época de verano, y una tendencia hacia la acidez (valores entre $5,9 \pm 1,4$ y $6,9 \pm 1,3$) en contraste con la basicidad (valores entre 7,2 y $9,8 \pm 0,3$) presentada entre otoño y primavera. La conductividad del agua presentó un gradiente altitudinal, cuyos valores disminuyeron desde la zona baja hasta la zona alta de la cuenca, con una notoria disminución durante la época de verano, en contraste con invierno y primavera. Patrón similar presentó la turbidez del agua, con excepción de los sitios de la zona baja de la cuenca.

Índice Fitobiológico de macrófitas acuáticas: Este índice evalúa la intervención antrópica del cuerpo de agua, a través de la riqueza de especies de macrófitas acuáticas, el rango de proporción de especies introducidas [19] y el valor indicador de tolerancia de nitrógeno en el sustrato donde crece las plantas [20]. 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* (Tablas 1, 2 y 3). Las riberas del río Choapa, están dominadas por algas verdes filamentosas (lama), *Baccharis* spp. (chilca), *Myriophyllum aquaticum* (pinito de

agua), *Nasturtium officinale* (berro de agua), *Hydrocotyle ranunculoides* (hierba de la plata) y *Ludwigia peploides* (clavito de agua). 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 predilecto de *C. caementarius*, en especial para los estadios juveniles.

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 [21, 22]. 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. 9).

Índice de Hábitat Fluvial: Este índice valora la capacidad del ambiente fluvial para albergar biota acuática [23,24,25], a través de la evaluación y asignación de puntaje de 7 variables fluviales: 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 presentan condiciones de hábitat aceptables, cuya vegetación ribereña y heterogeneidad de sustratos ofrecen una buena calidad de habitabilidad; clase I y II (Fig. 10).

Índice de Estrés Hidráulico: En cada sitio de muestreo se seleccionaron tres mesohábitats que representen la heterogeneidad del tramo fluvial. Posteriormente, en cada uno 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) [26], 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 de muestreo, presentaron una drástica disminución 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. 11 y Fig. 12). Valores más altos implican que los camarones están expuesto a un mayor estrés hidráulico.

Tabla 1. Caracterización ambiental de los sitios de muestreo en la zona baja de la cuenca del río Choapa (ver Fig. 7 y Fig. 8) 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 (µs)	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 antropica												
	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. 7 y Fig. 8) 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. 6 y Fig. 7) 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

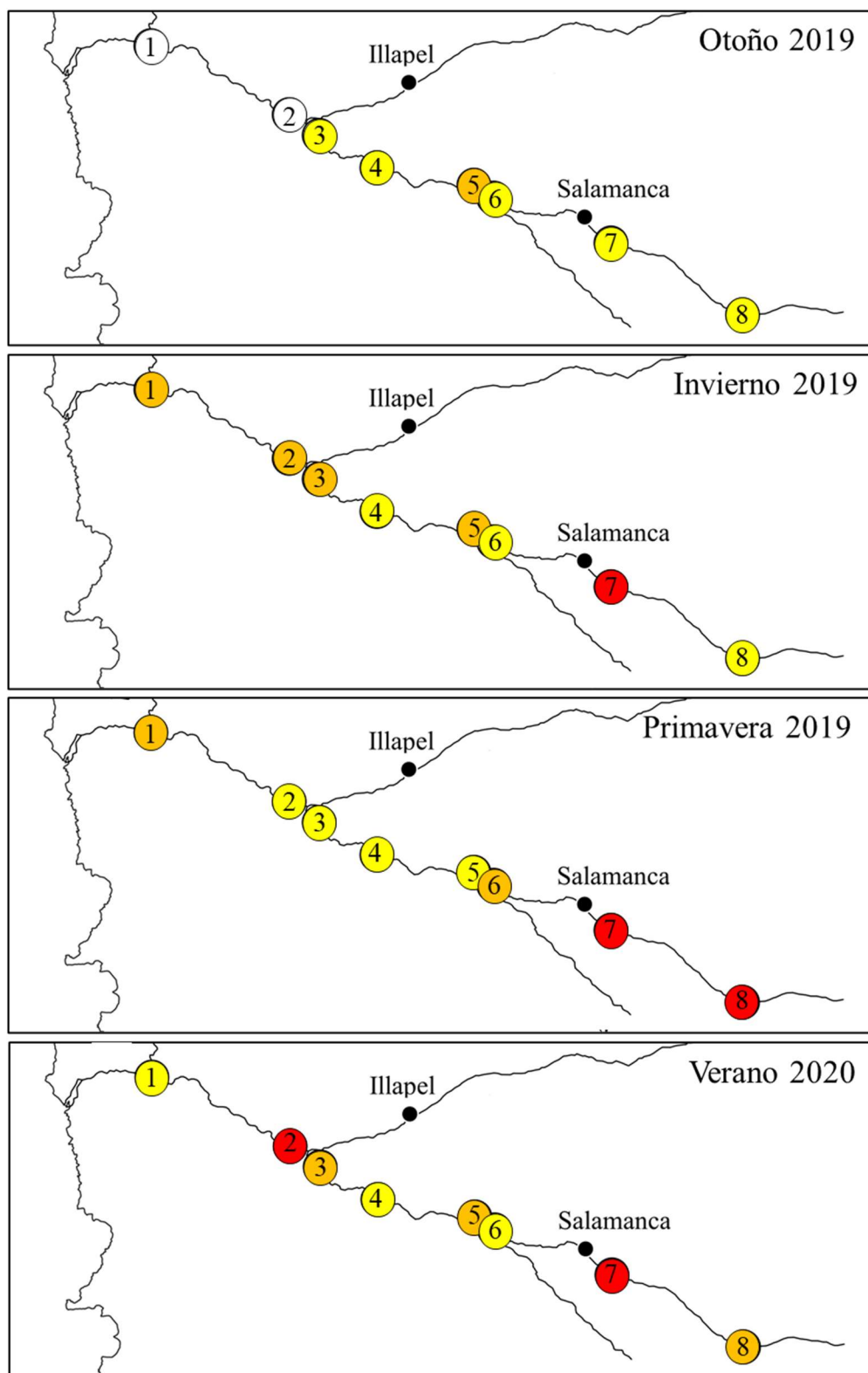


Figura 9. Variación espacio-temporal del Índice Biótico de Familia en los sitios de muestreo de la cuenca del río Choapa durante el período 2019-2020. ver sitios en **Fig. 7** y **Fig. 8**. Simbología: amarillo = regular/perturbado, naranja = malo/muy perturbado, rojo = muy malo/fuertemente perturbado, blanco = sin dato.

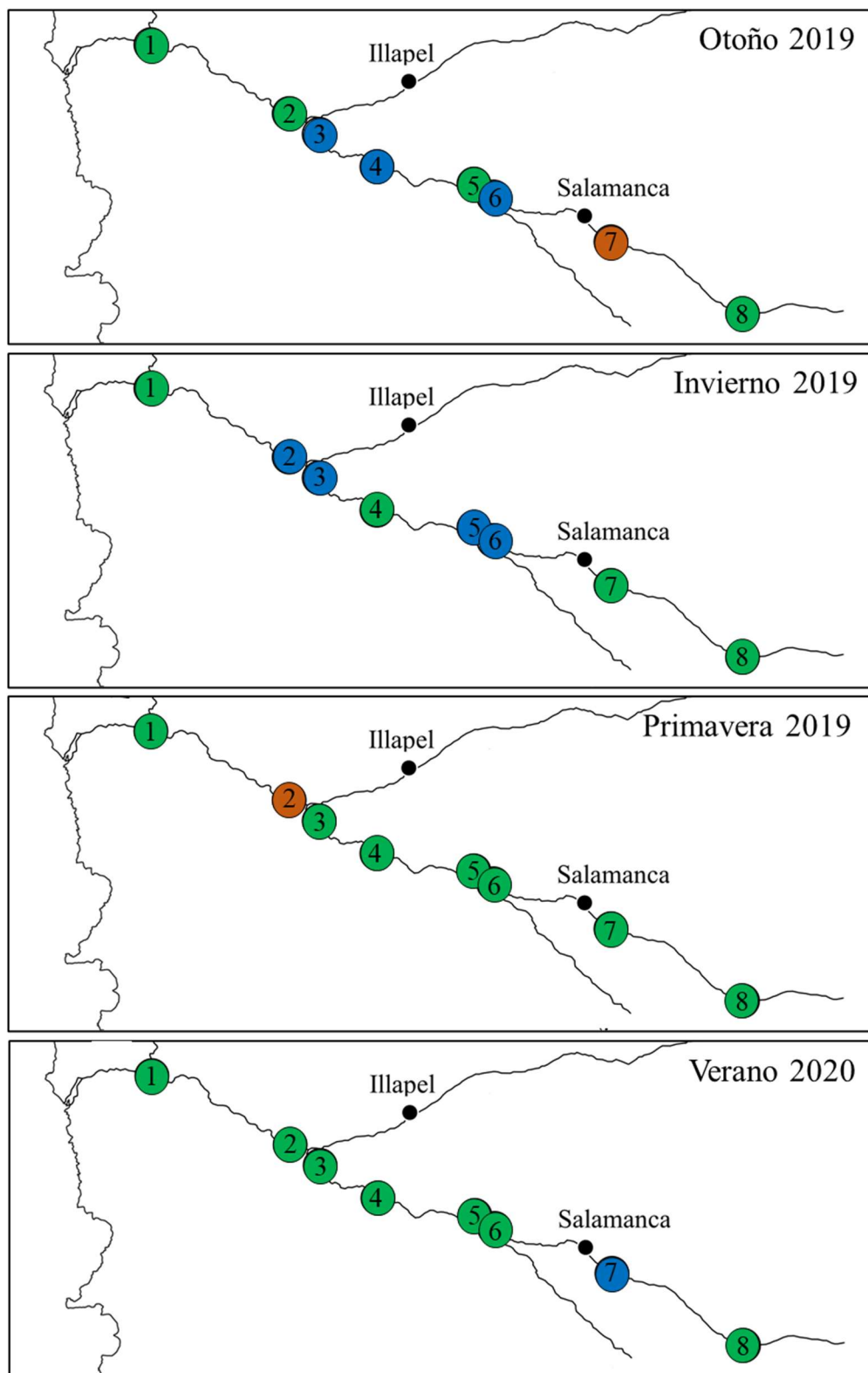


Figura 10. Variación espacio-temporal del Índice de Hábitat Fluvial en los sitios de muestreo de la cuenca del río Choapa durante el período 2019-2020. Ver sitios en **Fig. 6** y **Fig. 7**. Simbología: azul = muy bueno/heterogéneo, verde = bueno/relativamente heterogéneo, café = regular/homogéneo.

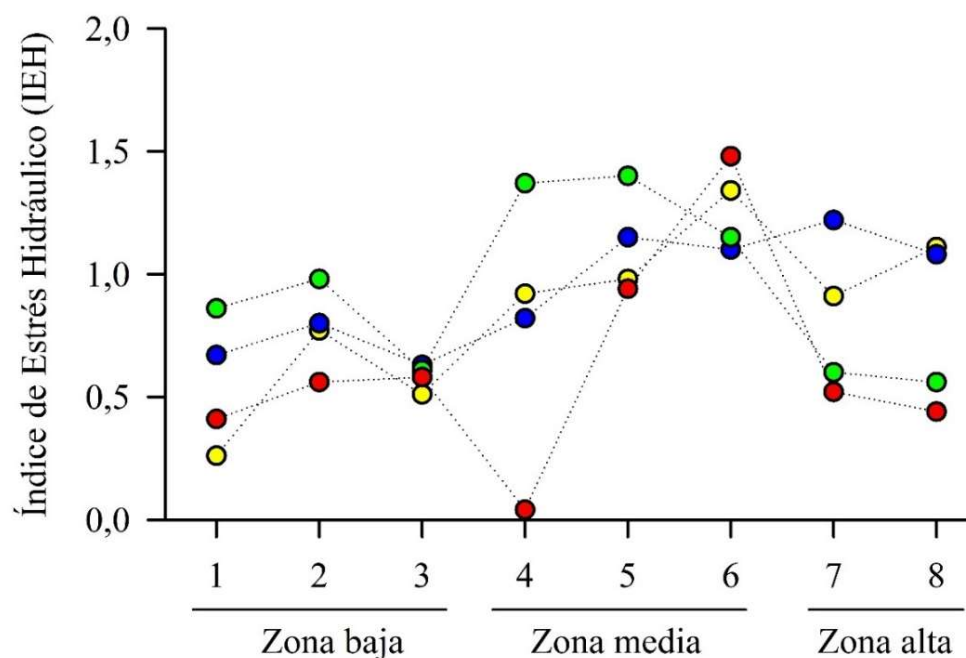


Figura 11. Variación espacio-temporal del Índice de Estrés Hidráulico en los sitios de muestreo de la cuenca del río Choapa durante el período 2019-2020. ver sitios en **Fig. 7** y **Fig. 8**. Simbología: amarillo = otoño 2019, azul = invierno 2019, verde = primavera 2019, rojo = verano 2020. Nótese la escasa variación estacional en el sitio 3, en contraste con los otros sitios.

Sitio 2 – Confluencia



Sitio 4 – Pintacura



Figura 12. Variación estacional del espejo de agua en dos sitios de muestreo del río Choapa. Compárese con la magnitud de valores del IEH presentados en la **Fig. 11**.

2.3. ECOLOGÍA Y PESQUERÍA DEL CAMARÓN DE RÍO 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. Para recoger y poner en valor este tipo de conocimiento, se elaboraron y aplicaron entrevistas semiestructuradas a camaroneros (**Fig. 13**), 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 4**), y la segunda, relacionada con los aspectos poblacionales y pesqueros (**Tabla 5**).



Figura 13. Jornadas de recopilación de conocimiento tradicional junto a organizaciones de camaroneros del Choapa.

Tabla 4. 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.	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 5. 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 sequia 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 PESQUERIA	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: Higuerrilla, 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 patos).		
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. ECOLOGÍA POBLACIONAL

Prospecciones realizadas en conjunto con los camaroneros durante el 2019, desde los 0 hasta los 1200 msnm por los ríos Illapel y Choapa, indicaron que *C. caementarius* solo está presente en las zonas baja y media del río Choapa, específicamente hasta los 468 msnm (ca. sector Los Loros) (Fig. 14).

Se estudiaron los parámetros poblacionales de *C. caementarius* a través de la metodología de evaluaciones directas descrita por Wasiw y Yépez (2015) [18] para las cuencas costeras del Perú, no obstante, se readapto a las cuencas semiáridas de Chile, debido que estas últimas se

encuentran afectadas por una fuerte sequía. Estas evaluaciones se realizaron estacionalmente y simultáneas a la caracterización fluvial descrita anteriormente.

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 de las organizaciones a través de dos métodos; "garceo" e inspección visual, recolectando todos los camarones que le fueron posible capturar (**Fig. 15**). Una vez terminado el recorrido, se registró el tiempo de duración y se depositaron los individuos capturados en recipientes previamente asignados a cada camaronero. Para cada individuo recolectado se estimó el peso (gr), sexo y se midió su longitud cefalotorácica (LC) (mm) (**Fig. 15**). Con esta información se graficaron histogramas de frecuencia para visualizar la composición de tallas y determinar la proporción relación hembra/macho. Para cada sitio de muestreo se estimó la superficie de barrido multiplicando los metros lineales muestreados (200 m) por el promedio de tres mediciones de ancho del tramo fluvial (m) (ver Sección **2.2.2. Caracterización fluvial**). A partir de estos resultados se estimó la densidad (ind/m²) y biomasa (g/m²) y la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) en kilogramos e individuos capturados por hora por camaronero.

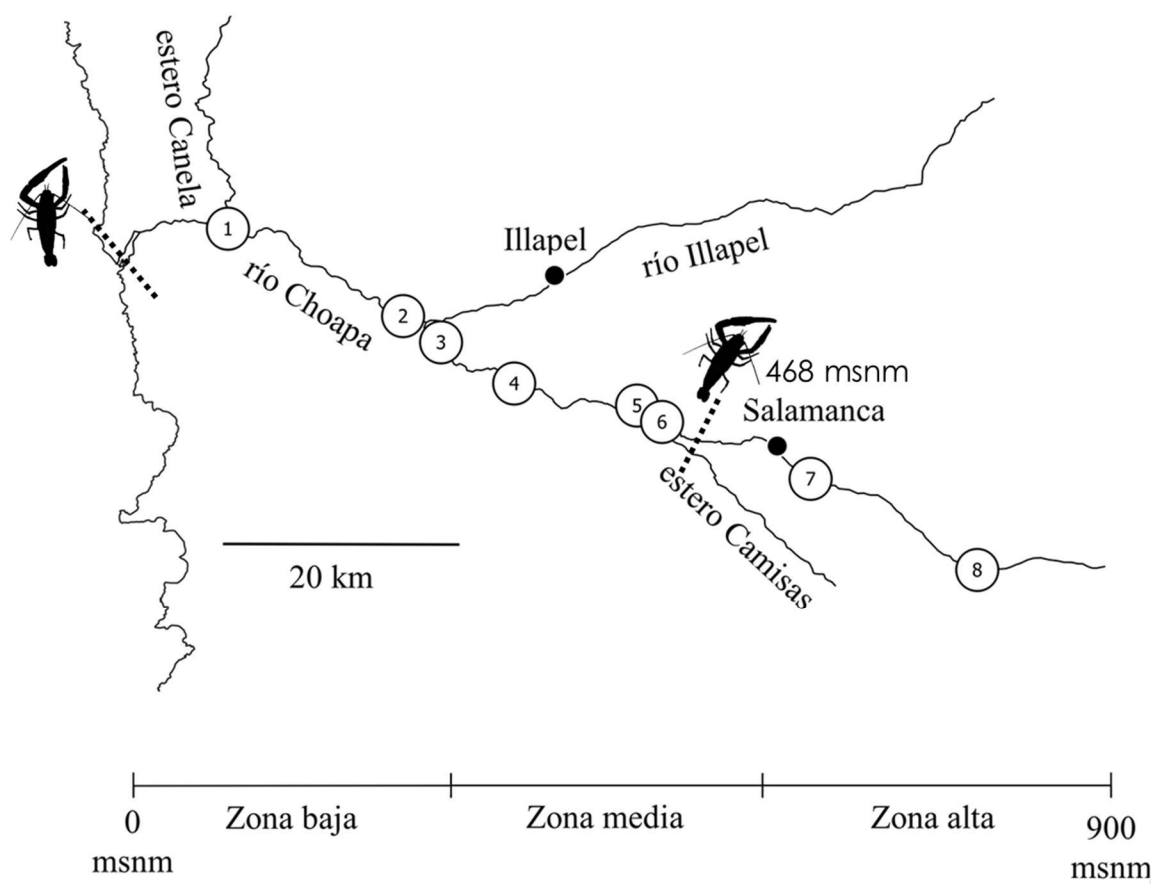


Figura 14. Rango de distribución altitudinal de *Cryphiops caementarius* en la cuenca del río Choapa. Nótese su presencia restringida a las zonas altitudinales baja y media de la cuenca.



Figura 15. Extracción de camarones a través del método diurno de inspección visual (A) y método nocturno de buceo o “garceo” (D). Para ambos casos los camaroneros recorrieron transectos (líneas blancas) paralelas al eje fluvial (B y E). Posteriormente se realizaron las mediciones morfométricas de los individuos capturados (C y F).

De los 8 sitios muestreados, en Higuerilla y Puente Coirón no hubo captura en ninguna estación del año. Las mayores capturas en términos total de individuos y peso total fueron en el sitio de Mincha. En tanto las capturas menores fueron registradas en Mal paso (**Tabla 6**). Los resultados no muestran diferencias significativas en cuanto al factor "estación del año", no obstante, mostraron diferencias significativas en cuanto al factor "sitio" excepto en el estimador CPUE (Kg/h) que no mostró diferencias para ningún factor. Los registros de longitud total y cefalotorácica (mm) muestran dos grupos significativamente distintos relacionados con la altitud. Las tallas significativamente menores se encontraron en los sitios Mincha, Puente confluencia y Puente Negro y los sitios significativamente mayores fueron Pintacura, Malpaso y Estero Camisa. Respecto al peso promedio (g), resultaron 5 grupos significativamente distintos, relacionados con el gradiente altitudinal, siendo menores los valores de Mincha y mayores los valores de Malpaso (**Figura 16**). La biomasa resultó ser significativamente menor en Malpaso. Respecto a los estimadores de densidad y CPUE (Ind/h) se encontraron 5 grupos, siendo Mincha el sitio significativamente mayor en ambos estimadores y Malpaso, el menor (**Figura 17**).

La mayor proporción de hembras durante las cuatro estaciones del año muestreadas se registró en Puente Confluencia y durante el verano en Mincha (**Figura 18**). La mayor frecuencia relativa de camarones de rango de talla entre 13.1 y 19.5 mm de longitud cefalotorácica se registró en verano en el sitio de Mincha con un 31.8% (21 individuos) de las capturas. Se registraron individuos de este mismo rango de talla durante el verano en Pintacura y Estero Camisa y, durante el invierno, en Puente Negro. En Estero Camisa durante el otoño se registró la captura de mayor talla con una longitud cefalotorácica 77,8 mm (**Figura 19**).

Tabla 6. 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
	(3) Puente Negro	otoño	10-04-2019	25	677,9
		invierno	26-06-2019	19	308,4
		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
	(6) Camisas	otoño	11-04-2019	29	1272,1
		invierno	27-06-2019	26	831,8
		primavera	03-10-2019	12	236,1
		verano	24-01-2020	14	935,7

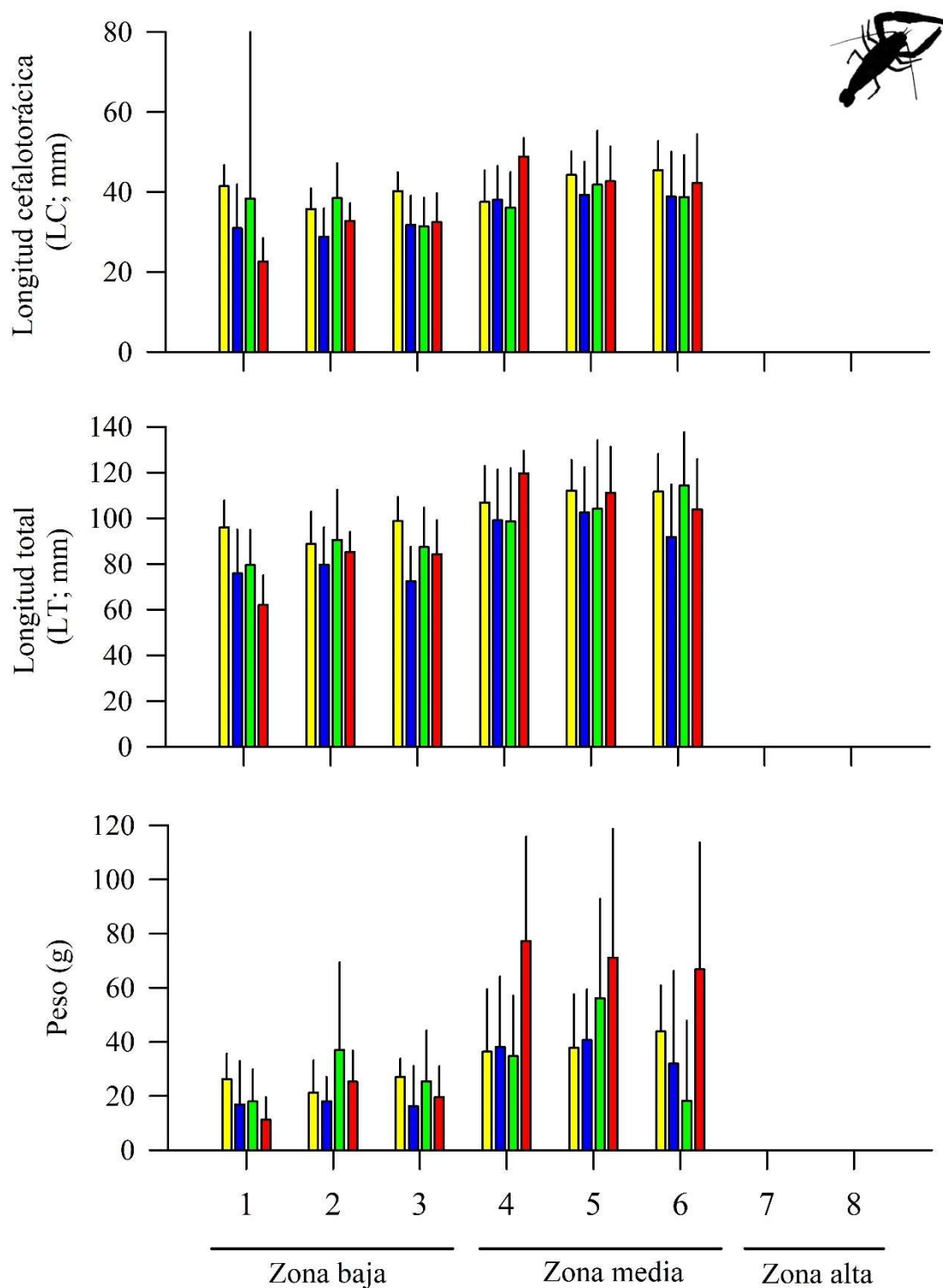


Figura 16. Longitud cefalotorácica (mm), longitud total (mm) y peso (g) de *Cryphiops caementarius* registradas estacionalmente en los sitios de muestreos de las zonas altitudinales baja y media de la cuenca del río Choapa (ver sitios en **Fig. 7** y **Fig. 8**). barra amarilla = otoño, barra azul = invierno, barra verde = primavera, barra roja = verano. Valores representan el promedio (+d.e).

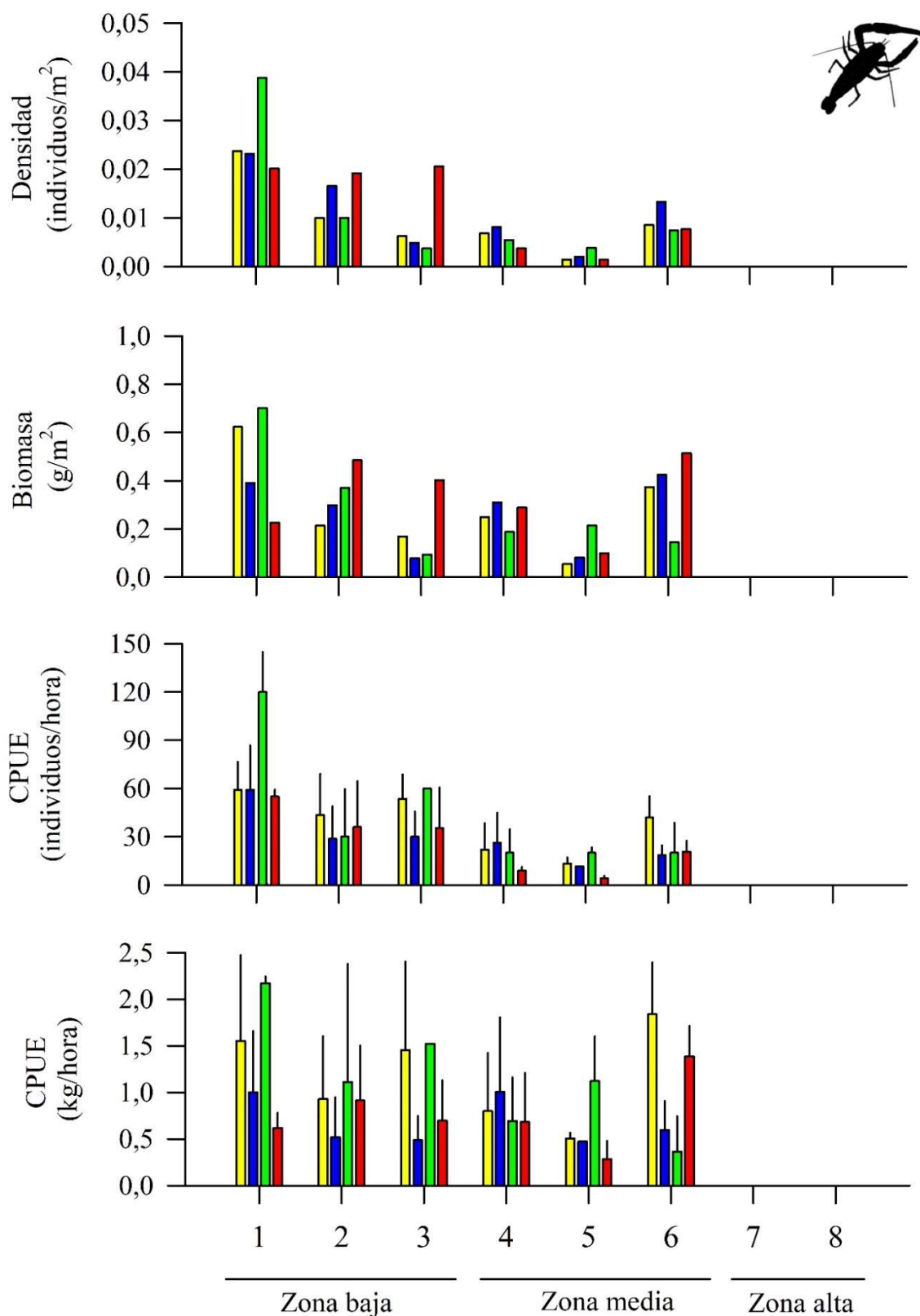


Figura 17. Densidad (individuos/m²), biomasa (g/m²) y captura por unidad de esfuerzo (CPUE; individuos/hora; kg/hora) de *Cryphiops caementarius* registradas estacionalmente en los sitios de muestreo de las zonas altitudinales baja y media de la cuenca del río Choapa (ver sitios en **Fig. 7** y **Fig. 8**). barra amarilla = otoño, barra azul = invierno, barra verde = primavera, barra roja = verano. Valores representan el promedio (+d.e).

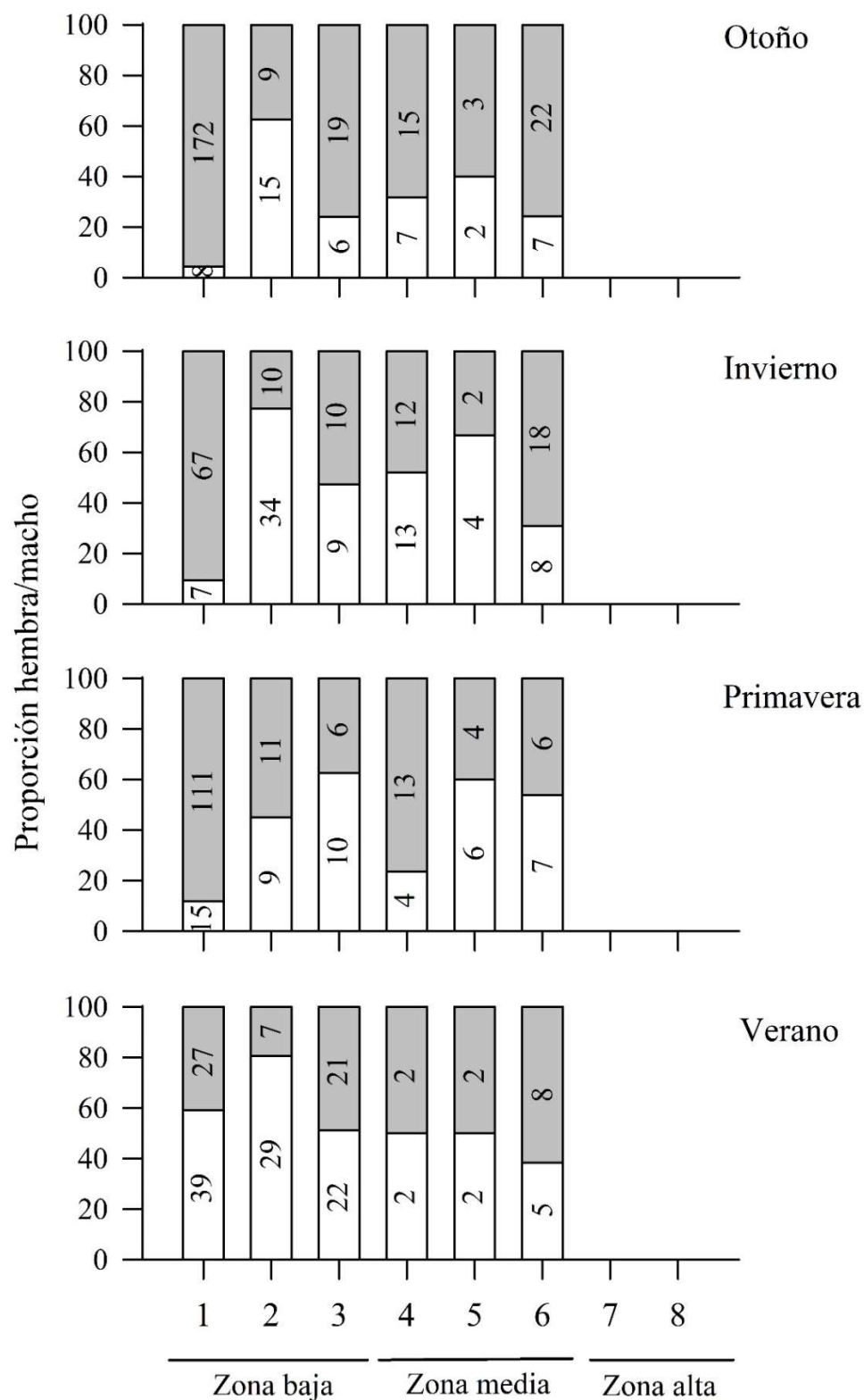


Figura 18. Proporción (%) macho/hembra de *Cryphiops caementarius* registradas estacionalmente en los sitios de muestreos de las zonas altitudinales baja y media de la cuenca del río Choapa (ver sitios en Fig. 7 y Fig. 8). Barra gris = macho, barra blanca = hembra. Al interior de cada barra se indica el número total de camarones extraídos. La zona alta no tiene presencia de camarones.

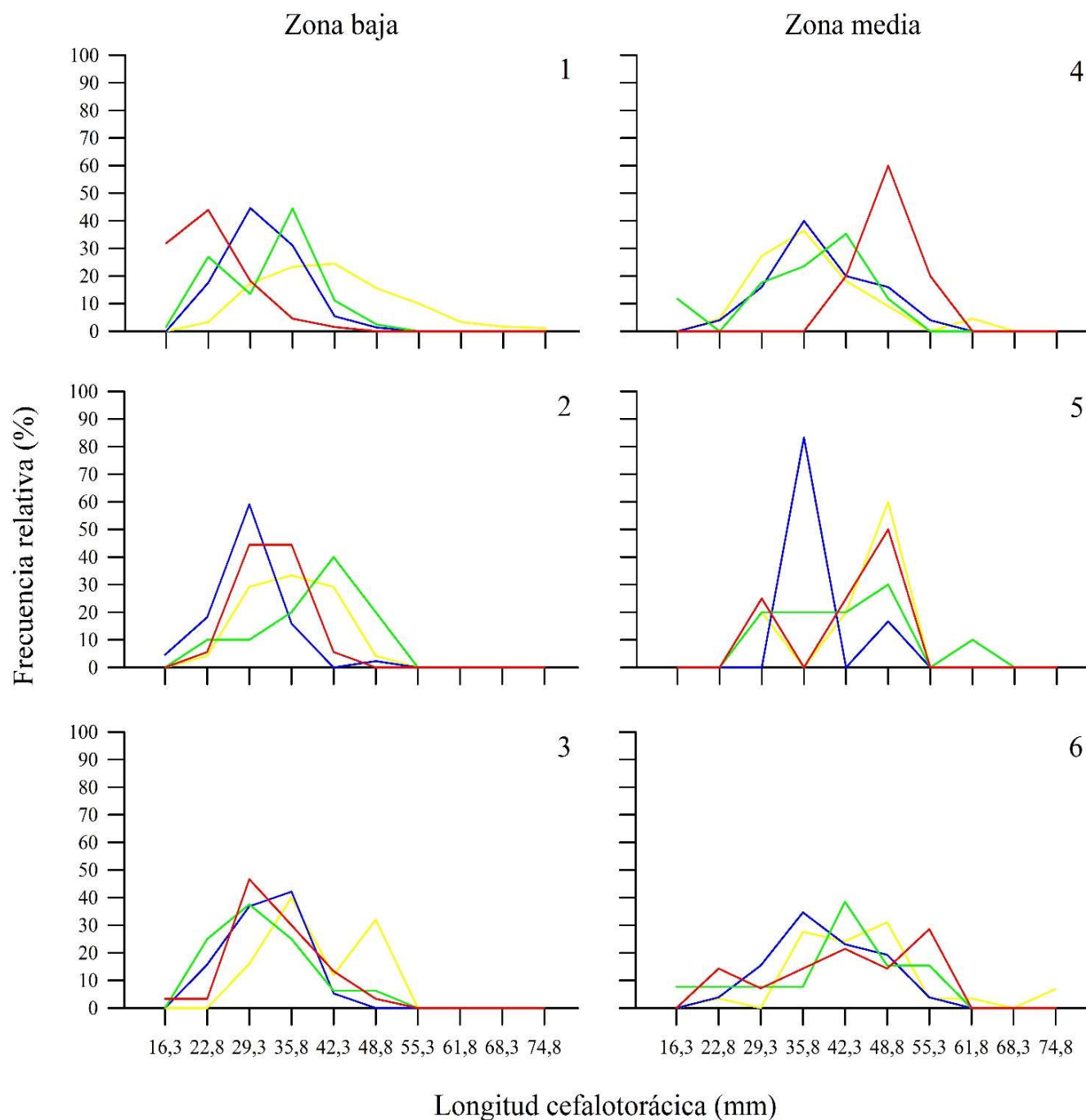


Figura 19. Estructuras de tallas de *Cryphiops caementarius* registradas estacionalmente en los sitios de muestreos de las zonas altitudinales baja y media de la cuenca del río Choapa (ver sitios en **Fig. 7** y **Fig. 8**). línea amarilla = otoño, línea azul = invierno, línea verde = primavera, línea roja = verano. Para fines prácticos se utiliza gráficos de líneas.

2.3.3. GENÉTICA POBLACIONAL

El conocimiento de la genética poblacional de *C. caementarius* es relevante para un manejo responsable y el resguardo de su patrimonio genético natural. La investigación realizada en el presente Programa y otras complementarias realizadas por la Universidad Católica del Norte (UCN), indican que la diversidad genética en el río Choapa es baja. Patrón similar se ha documentado en poblaciones de otras especies de camarones de río, como *Macrobrachium nipponense* [27] y *M. rosenbergii* [28]. 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 en el río Choapa, situación que también ha sido descrito para otras especies de crustáceos decápodos como *Pleuroncodes monodon monodon* [29,30] y *Litopenaeus stylirostris* [31], lo que ha sido asociado a niveles de consanguinidad superior a lo esperado si la relación es 1 macho: 1 hembra [32,33,34]. Análisis realizado en otras cuencas cercanas al Choapa, como el Limarí y Huasco, muestran valores que no difieren significativamente de las observadas en río Choapa.

Profundizar en el conocimiento de la 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 genética poblacional de camarones dulceacuícolas de Chile ha sido escasamente estudiada, por lo tanto, los antecedentes obtenidos de los estudios poblacionales de *C. caementarius* en la cuenca del río Choapa, lo posicionan como el río mayormente estudiado en el país, pudiendo convertirse en un modelo de aplicación y validación de estrategias pesqueras y acuícolas que pudieran replicarse luego en otras cuencas hidrográficas del norte del país.

2.3.4. CARACTERIZACIÓN DE LA PESQUERÍA

La caracterización de la pesquería de camarones, se realizó a través de información recopilada por los camaroneros durante sus faenas de trabajo (viajes al río). En cada una de ellas, registraron los sectores visitados, el tiempo de pesca, la cantidad total y kilogramos de individuos capturados, peso (g), longitud total (LT), longitud cefalotorácica (LC), y sexo para cada uno de los camarones. Este registro pesquero permite zonificar espacialmente la pesquería en la cuenca, determinar la captura por unidad de esfuerzo (CPUE; individuos y kilogramos por hora) y dimensionar la cantidad de usuarios.

Durante el período 2019-2020 se registró un total de 578 viajes realizados por 33 camaroneros en 8 sectores de pesca (Tabla 7 y Fig. 20), distribuidos altitudinalmente en las zonas baja (5 sectores) y media (3 sectores) del río Choapa (Fig. 21). En general, la faena de trabajo de un camaronero en el río dura aproximadamente entre 2 y 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 7), zona que concentra la mayor CPUE de individuos de camarones por hora, en contraste con la zona media (Fig. 22). Esta última, en especial el sector de Los Loros, concentra la mayor CPUE de kilogramos de camarones por hora, en contraste con la zona baja (Fig. 23).

La época donde se registraron más viajes de camaroneros, fue en primavera (421 viajes) e invierno (128 viajes), por el contrario, las menos concurridas fueron las épocas de verano (17 viajes) y otoño (12 viajes). Invierno fue la época que concentró las mayores cantidades y kilogramos de

camarones capturados en todas las zonas de pesca (excepto en Coyuntagua) (cf., IFOP, 2021) [35].

En síntesis, la actividad camaronera se realiza primordialmente durante la época de primavera y se ejerce exclusivamente en las zonas altitudinales bajas y media de la cuenca; lo que se condice con la distribución espacial actual del recurso.

Tabla 7. Cantidad de viajes realizados por camaroneros (VR) en la cuenca del río Choapa. Para cada sector se indica: 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



Figura 20. 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.

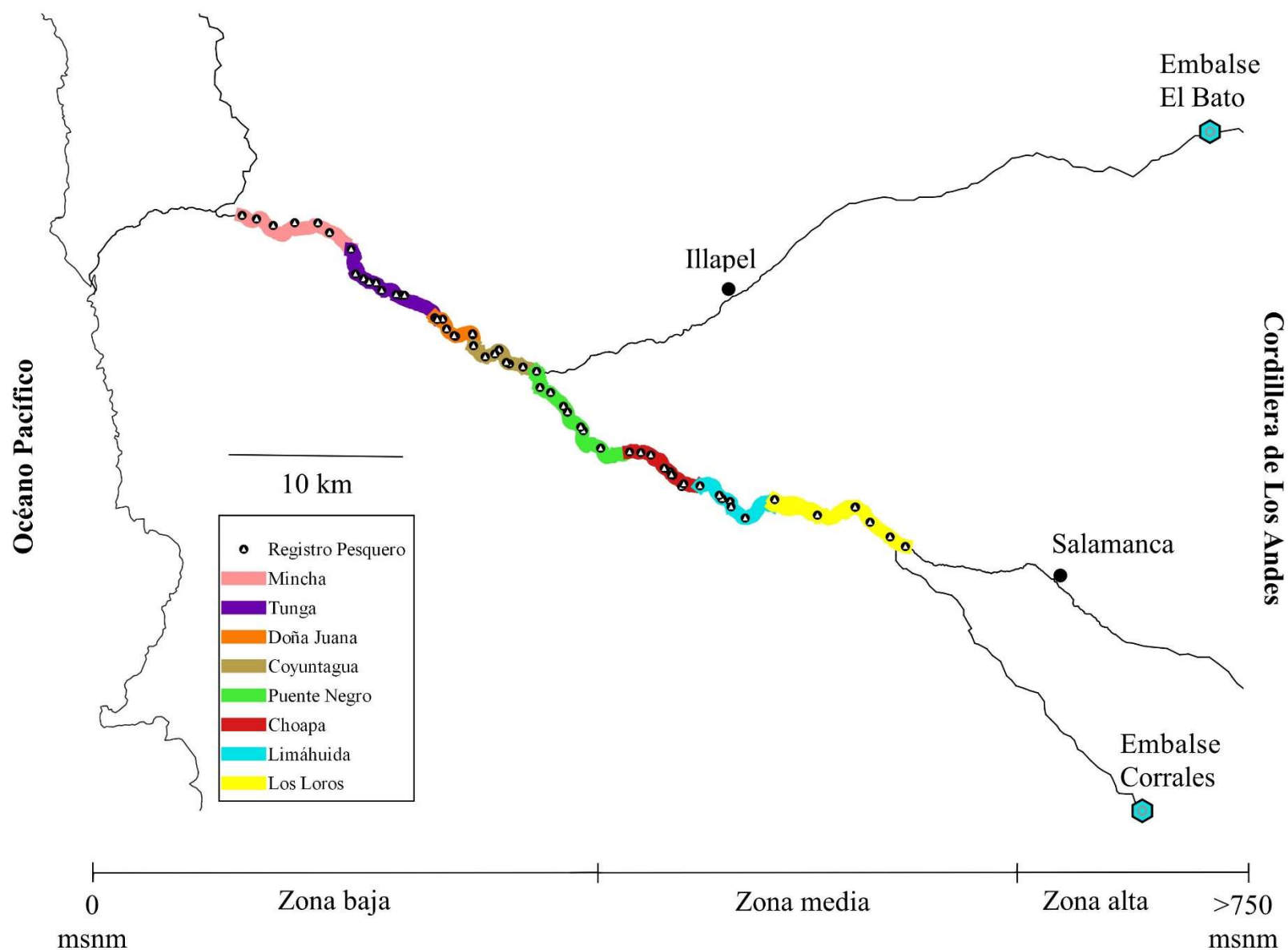


Figura 21. Zonificación espacial de la actividad extractiva de *Cryphiops caementarius* en ocho sectores de la cuenca del río Choapa. Los círculos negros corresponden a sitios donde los camaroneros registraron sus capturas. Nótese que la extracción está concentrada en la zona baja y media, lo que se condice con la distribución altitudinal de *C. caementarius* en la cuenca (ver Fig. 14), y ratifica su ausencia en la zona alta.

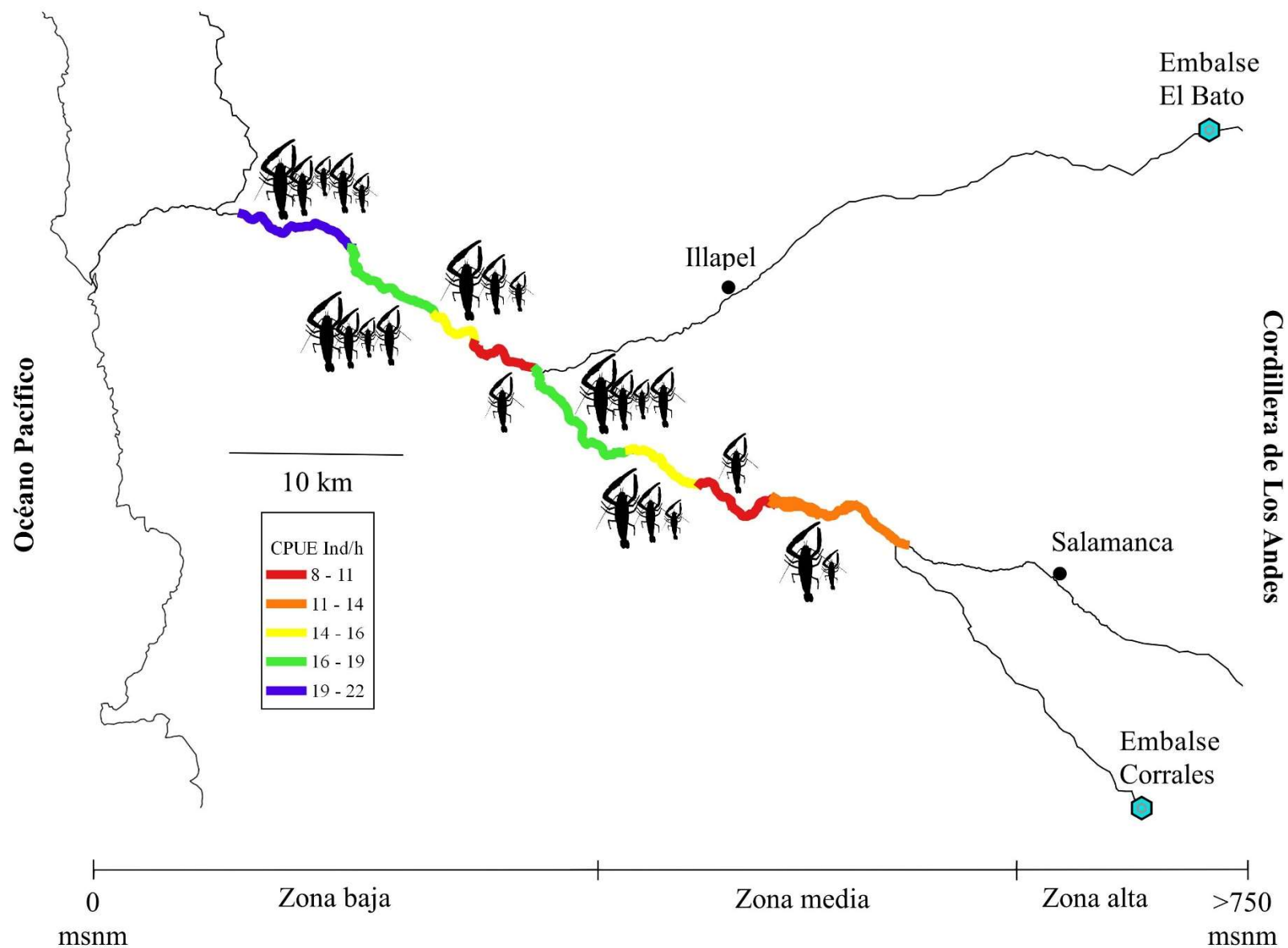


Figura 22. Zonificación espacial de la pesquería de *Cryphiops caementarius* en ocho sectores de la cuenca del río Choapa (ver Fig. 21). Las siluetas de camarón corresponden a la magnitud de CPUE (individuos/hora) por parte de los camaroneros.

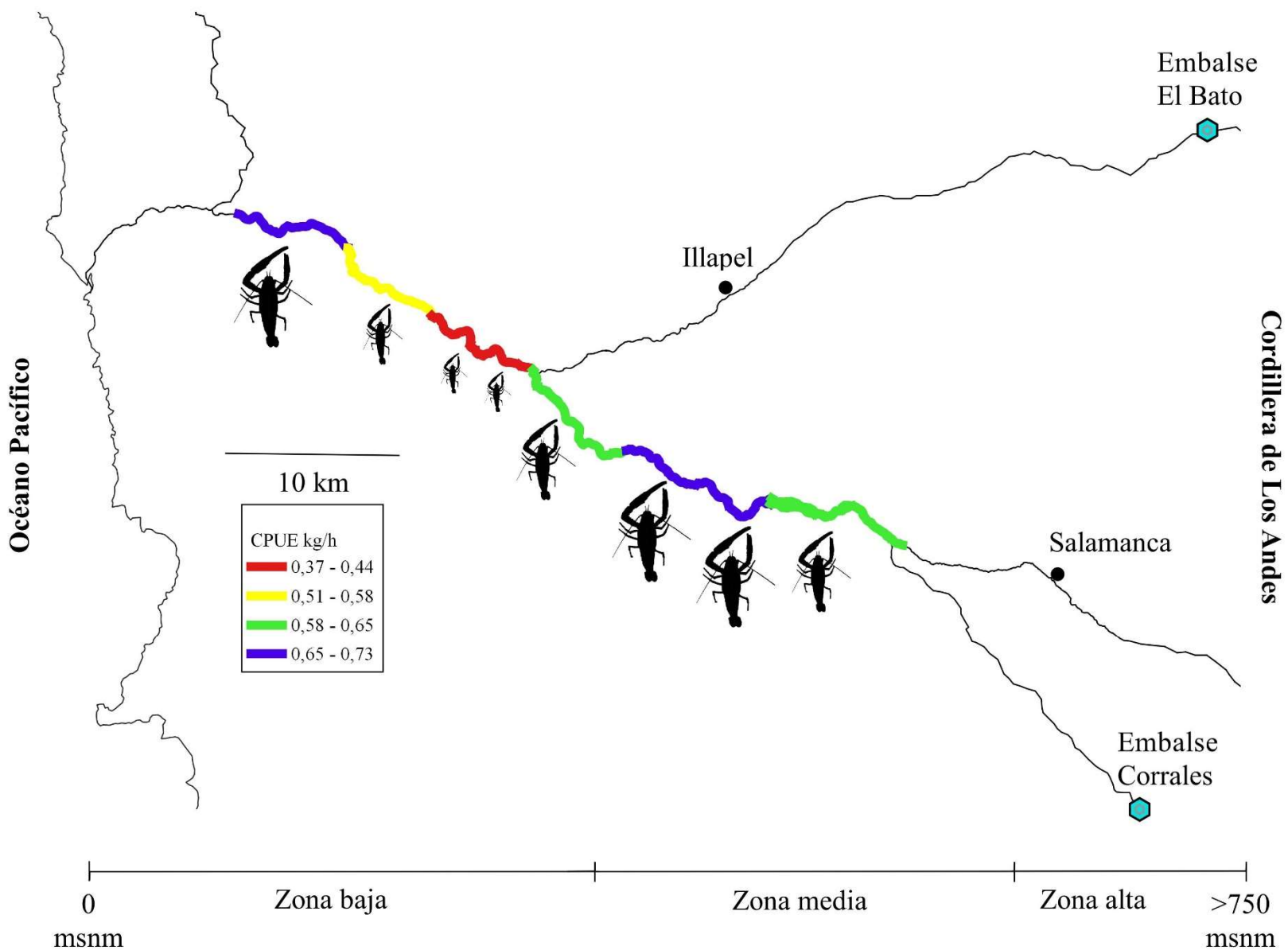


Figura 23. Zonificación espacial de la actividad extractiva de *Cryphiops caementarius* en ocho sectores de la cuenca del río Choapa (ver Fig. 21). Las siluetas de camarón corresponden a la magnitud de CPUE (kilogramos/hora) por parte de los camaroneros.

2.3.5. DEPRIDADORES NATIVOS

En las diferentes zonas fluviales del río Choapa, *C. caementarius* es depredado por siete carnívoros y cuatro omnívoros, de hábitos oportunistas. A su vez, estos 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 8**).

Tabla 8. Composición taxonómica de las especies 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). * = depredación intraespecífica.

Gremio de depredadores / Familia / Especie	Nombre común	GFT	AF	ZC			
Camarones							
Palaemonidae							
<i>Cryphiops caementarius</i> *	Camaron 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

2.4. AMENAZAS PARA LA CONSERVACIÓN

Las amenazas para la conservación de *C. caementarius*, derivan principalmente de perturbaciones antropogénicas directas, como: a) la sobreexplotación 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, y e) alteración de la dinámica hidrológica debido a la extracción desmedida de agua para uso agrícola, generando alteraciones y pérdida de hábitat y de la conectividad fluvial [1,2,5,6,7,8,12].

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 9) 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 [36].

Tabla 9. Componentes y descripción del Marco DPSIR [36,37,38,39,40,41].

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.

En la Figura 24 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: i) revisión de literatura disponible, y ii) entrevista a informantes claves y expertos regionales (usuarios directos, académicos e investigadores, y servicios públicos con injerencia en la gestión del río).

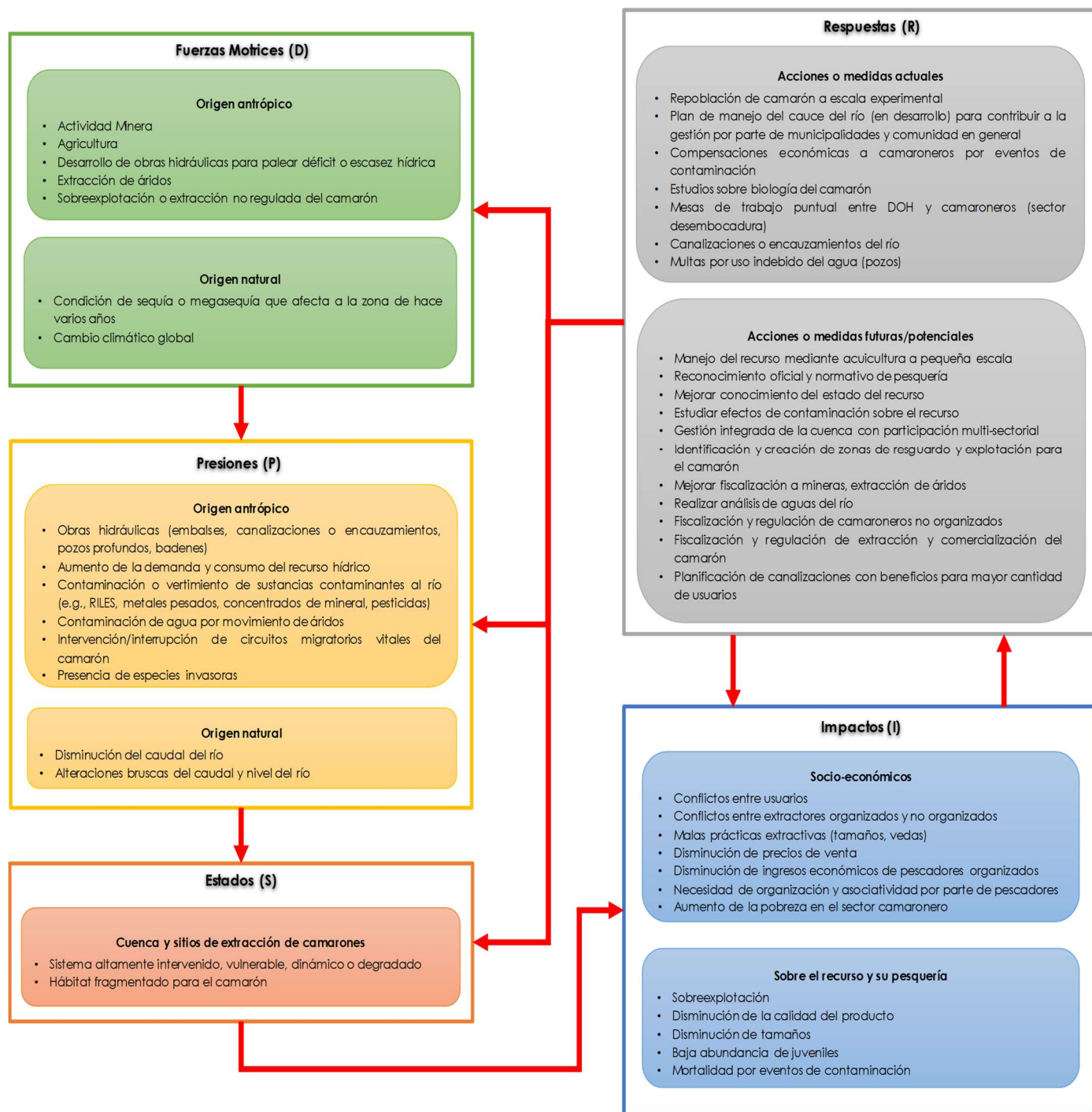


Figura 24. Modelo y flujo de los componentes DPSIR para *Cryphiops caementarius* en la cuenca del río Choapa.

2.4.2. ESPECIES EXÓTICAS INVASORAS

Cryphiops caementarius es depredado por la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) y la carpa común (*Cyprinus carpio*) (Tabla 10). 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 10. 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 [42]. 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 [43].

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 de camarón (Fig. 25), 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 de camarón (Fig. 25). Ambos eventos fueron producto de la ejecución de obras de canalización y extracción de agua, como medidas de mitigación frente a la escasez hídrica (Fig. 26) (ver Sección 2.2.1. Situación hídrica 2019-2021).

Estos casos también fueron documentados en otros ríos del norte de Chile, como en las localidades de Doña Juana (río Choapa) durante agosto de 2014, el sector San Pedro (río Copiapó) durante septiembre de 2018, y el sector de Freirina (río Huasco) durante noviembre 2018. En los tres casos, la cuantificación de ejemplares no fue clara, ya que no existió un estudio técnico asociado, y muchas veces las cifras 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 a que la cantidad de agua disponible para el desarrollo de actividades económicas, consumo humano y conservación de la naturaleza es marcadamente menor que en otras áreas del país. *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 alteran el ciclo de vida de la especie e incrementa el riesgo de extinción local de sus poblaciones [cf., 12].

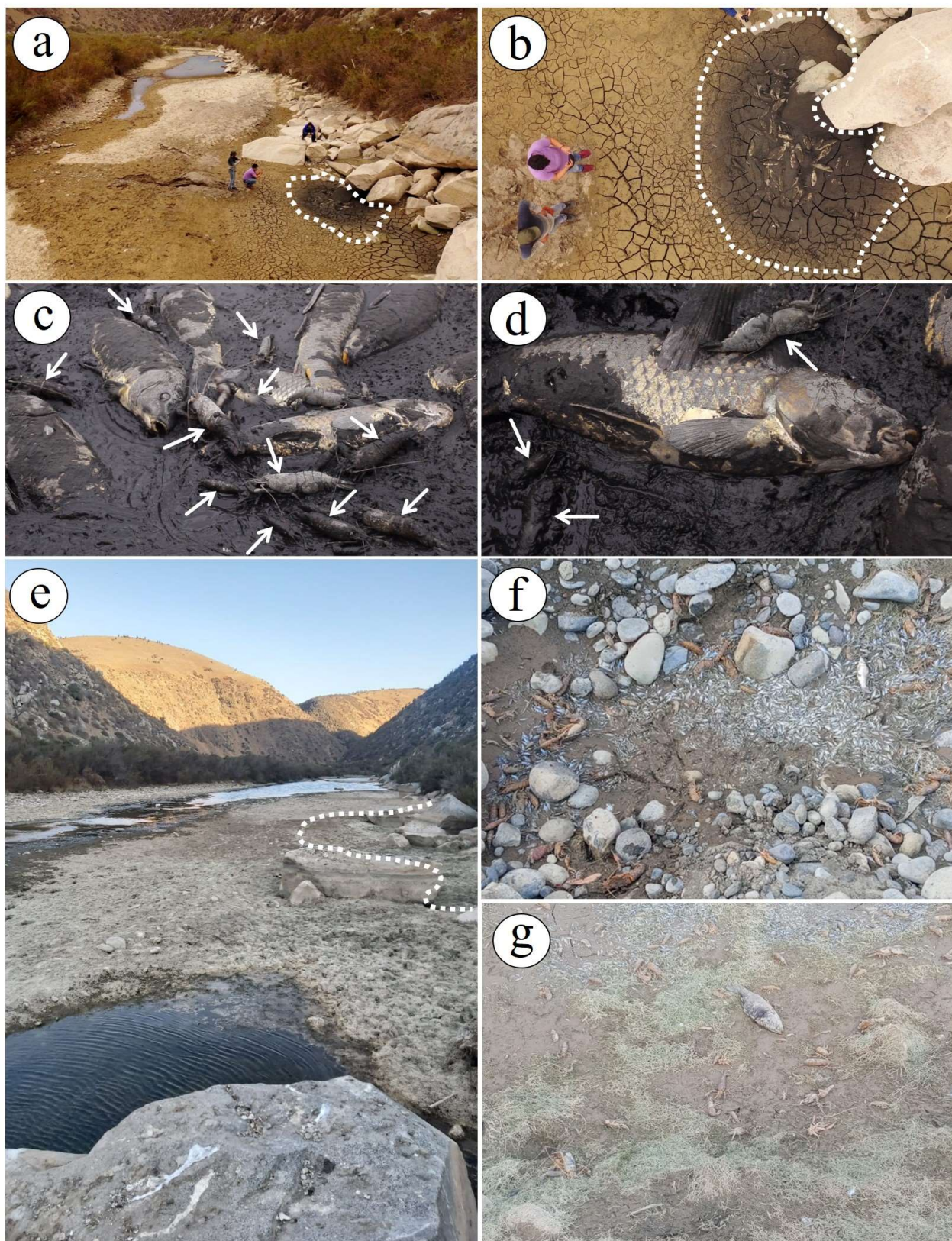


Figura 25. Registros de mortandad de especímenes de *Cryphiops caementarius* en el río Choapa. (a) y (b) tramo fluvial drenado en localidad de Tunga Norte (línea punteada indica el lugar donde los especímenes fueron encontrados), (c) y (d) especímenes moribundos y muertos de camarón (flechas blancas) y carpas, (e) tramo fluvial drenado en localidad de Limahuida (línea punteada indica el lugar donde los especímenes fueron encontrados), (f) y (g) especímenes muertos de camarón y pejerreyes.



Figura 26. Perturbaciones antropogénicas directas sobre el habitat fluvial de *Cryphiops caementarius* en el río Choapa. (a) canalización del tramo fluvial utilizando maquinaria pesada, (b) tramo fluvial canalizado, (c) instalación de geomembranas utilizando maquinaria pesada, (d) tramo fluvial con geomembrana instalada, (e) extracción de agua para consumo humano, utilizando camión aljibe (f) bomba extracción de agua para riego de cultivo de paltos.

2.4.4. FRAGMENTACIÓN DE HÁBITAT

Durante el período 2019-2021 se identificó que en la cuenca del río Choapa, particularmente 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 que conectan transversalmente la 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 pastoreo de animales domésticos (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 consecuente afectación del nicho ecológico de *C. caementarius* en el río Choapa.

Entre las actividades antrópicas con mayor impacto local, destacan: a) las obras de canalización y recubrimiento con polipropileno del cauce del río en algunos sectores de la zona baja de la cuenca, b) las obras de encauzamiento denominadas “mejoramiento del cauce”, las que dejaron una importante mortalidad 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 importantes afloramientos de agua subterránea, modificando las características vegetacionales del entorno.

Estas presiones repercuten directamente sobre la dinámica poblacional de *C. caementarius* debido a la pérdida de conectividad fluvial, la cual se ve reflejada en la presencia de tramos fluviales sin agua o tramos secos, que durante el período 2010-2021 alcanzó un total de 14,9 km de eje fluvial, lo que representa un 25 % del río Choapa entre las localidades de Mincha y Los Loros, siendo las principales localidades afectadas Mincha y Tunga con 5,7 km y 3,8 km, respectivamente.

Durante este período se identificó un total de 13 sectores de extracción de áridos, donde la zona más afectada corresponde a la localidad de Los Loros (**Fig. 27**), 8 sitios de extracción de agua (no asociados al sistema de la DGA) destacando la bomba aledaña al sector de Puente Negro (**Fig. 27**), 47 accesos vehiculares que llegan al lecho del río, concentrados mayoritariamente en la zona baja, particularmente en los tramos secos (**Fig. 28**), y 24 balnearios distribuidos a lo largo de la cuenca (**Fig. 28**).

Respecto a las zonas de uso agrícola y tomas de agua para canales de regadío, estas se concentran primordialmente entre la desembocadura y la zona media de la cuenca (**Fig. 29**). Es importante señalar, que frente a los tramos secos existen canales de regadío tanto hacia el sector norte y sur de las riberas del Choapa, y que suministran agua a pequeños 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. caso de aplicación: recomendaciones de mitigación frente a obras de mejoramiento de cauce activo en el río Choapa 2021**).

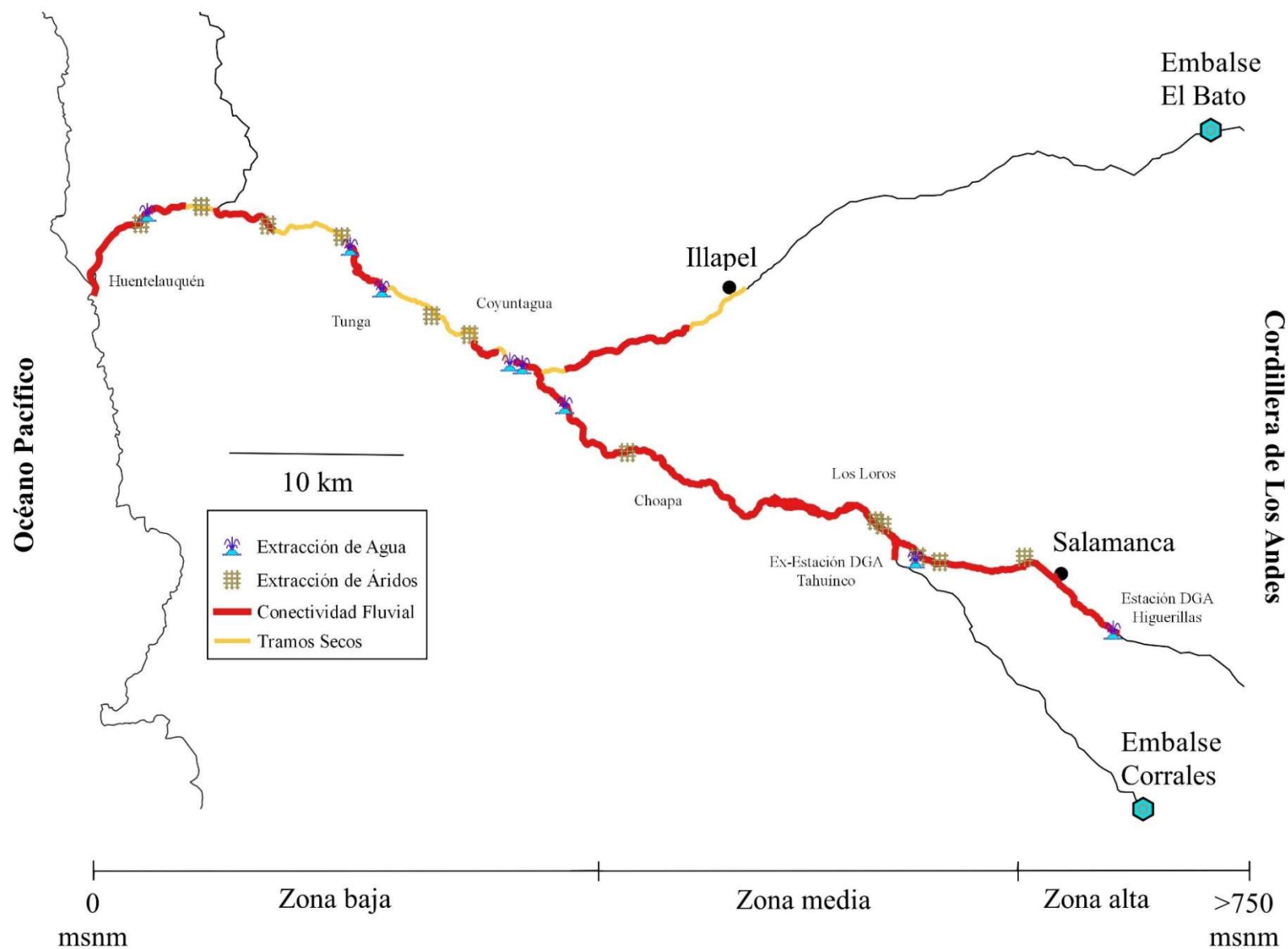


Figura 27. Fragmentación de hábitat derivada de la extracción de áridos y aguas ejercidas en el cauce del río Choapa durante el período 2020-2021. El alcance espacial dice relación con la distribución altitudinal de *Cryphiops caementarius* (ver Fig. 14). Nótese la superposición espacial entre los tramos secos y la extracción de áridos en la zona baja de la cuenca.

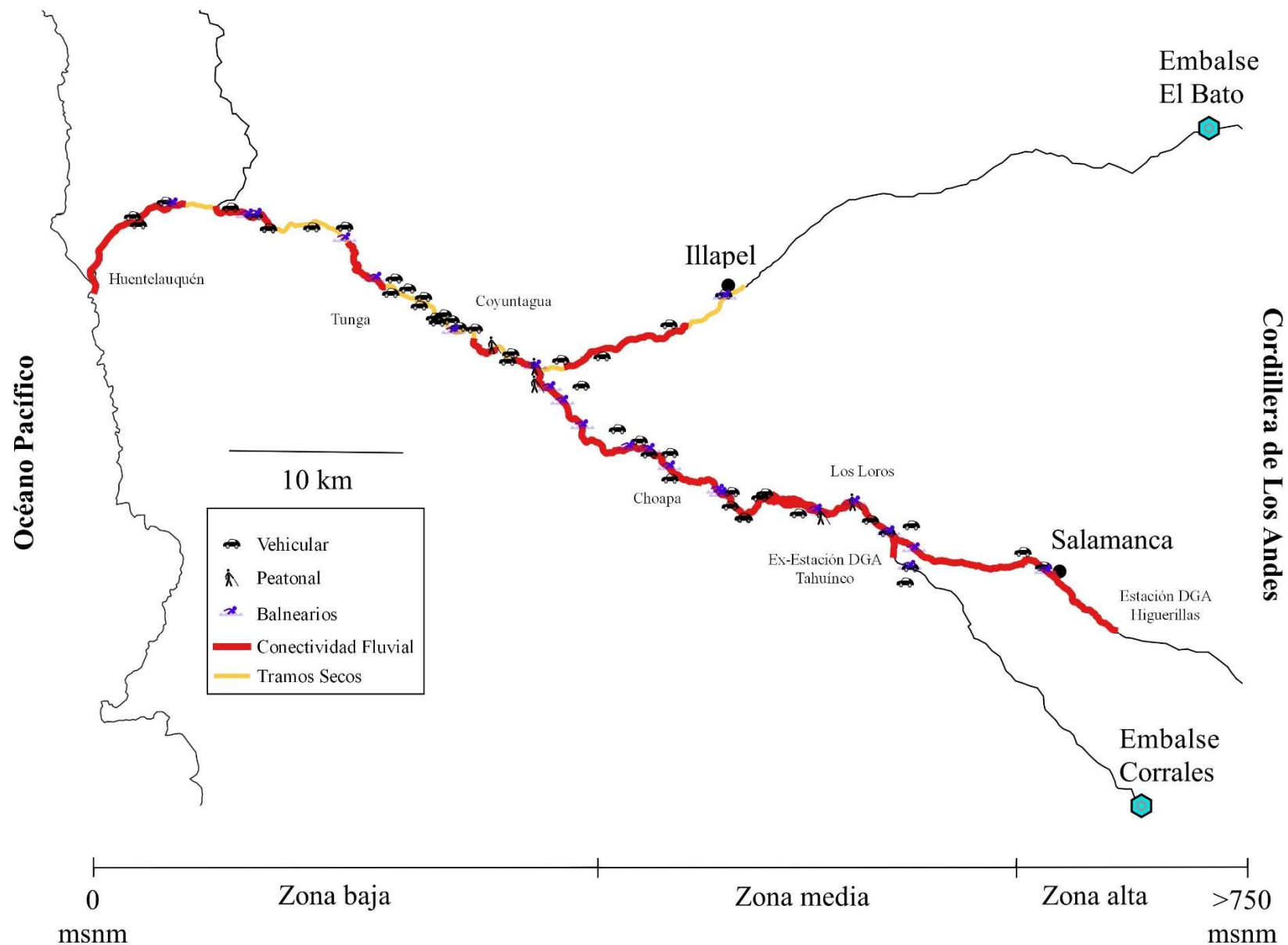


Figura 28. Fragmentación de hábitat derivada de accesos vehiculares y bañerios en el cauce del río Choapa durante el período 2020-2021. El alcance espacial dice relación con la distribución altitudinal de *Cryphiops caementarius* (ver Fig. 14). Nótese la ocurrencia mayoritaria de accesos vehiculares en tramos secos de la zona baja de la cuenca.

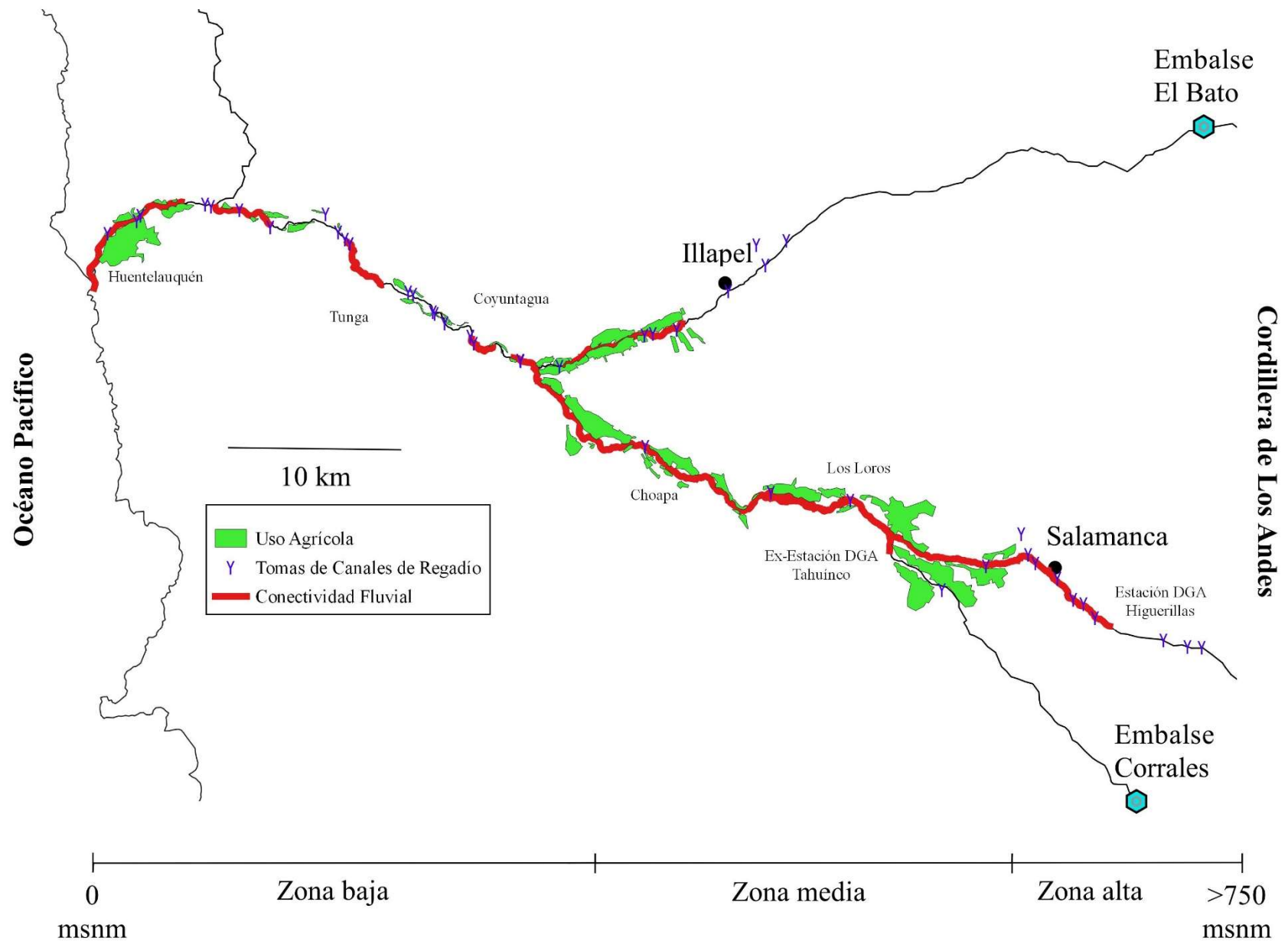


Figura 29. Fragmentación de hábitat derivada de la actividad agrícola asociada al cauce del río Choapa durante el período 2020-2021. El alcance espacial dice relación con la distribución altitudinal de *Cryphiops caementarius* (ver Fig. 14). Nótese la superposición espacial entre la conectividad fluvial 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 *Cryphiops caementarius* en la cuenca del río Choapa, estructurado principalmente en 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 la pesquería 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**: El 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.145, 1986).
- 5) **P5**: La falta de coordinación interinstitucional entre los organismos que intervienen en la cuenca del río Choapa.
- 6) **P6**: Desconocimiento e incumplimiento de las normas vigentes (D.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, PDI, 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 en los actores de 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**, identificar acciones de mitigación y/o compensación cuando corresponda como se indica en la Sección **5. Caso de manejo: 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 y que oriente la toma de decisión respecto a la conservación de la especie *C. caementarius* y a 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 la Acuicultura a Pequeña Escala (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	Indicador	Acción(es)	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	Diseñar e implementar un programa de monitoreo ambiental permanente de la cuenca del río Choapa	1.- Diseño del programa 2.- Obtención de financiamiento 3.- Ejecución del programa 4.- Base de datos con información levantada 5.- Informes anuales de resultados del programa	- Diseñar el programa de monitoreo - Presentar programa para obtención de financiamiento - Ejecutar el programa de monitoreo - Tabulación y validación de información levantada - Informes anuales del programa de monitoreo	IFOP, Universidades Regionales (indicadores 1,3,4,5) GORE Coquimbo, MINECON, MMA (indicador 2)
	Proteger la estructura y funcionamiento del ambiente fluvial	6.- Indicadores de calidad ambiental (índices ecológicos, biológicos e hidrológicos) 7.- Indicadores de fragmentación y degradación de hábitat	- Identificar zonas claves para la habitabilidad de camarones - Identificar perturbaciones antropogénicas	IFOP, MMA, UCN, ULS, CEAZA (indicador 6, 7, 8) DGA, DOH, Junta de Vigilancia del Choapa (indicador 7) SERNAPESCA, SAG (indicador 8)

		8.- Registro de especies exóticas invasoras	- Identificar zonas vulnerables a la sequía - Determinar la distribución espacial - Establecer un plan de control (conservación de depredadores nativos, extracciones locales)	
	Establecer protocolos de mitigación frente a intervenciones del cauce fluvial	9.- Diseño de medidas según requerimiento de la intervención 10.- Ejecución de medidas	- Establecer un plan de trabajo colaborativo con los actores sociales y autoridades sectoriales	IFOP, UCN, organizaciones de camaroneros (indicador 9,10) DGA, DOH, Junta de Vigilancia del Choapa (indicador 10)

3.2.2. COMPONENTE 2. DIMENSIÓN BIO-PESQUERA

Meta	Objetivos	Indicador	Acción(es)	Institución(es) involucrada(s) y/o responsable(s)
Potenciar la conservación de la especie y la sostenibilidad de la pesquería	Diseñar e implementar un programa de monitoreo permanente de la pesquería	1.-Diseño del programa 2.-Obtención de financiamiento	- Diseñar el programa de monitoreo - Presentar programa para obtención de financiamiento	IFOP (indicadores 1,3,4,5) GORE Coquimbo, MINECON, SUBPESCA, MMA (indicador 2)

		3.-Ejecución del programa 4.- Base de datos con información levantada 5.- Informes anuales de resultados del programa	- Ejecutar el programa de monitoreo - Tabulación y validación de información levantada - Informes anuales del programa de monitoreo	Organizaciones de camaroneros (indicador 3)
	Mejorar el cumplimiento de las medidas administrativas vigentes sobre el recurso	6.- Número de fiscalizaciones anuales realizadas por SERNAPESCA y fiscalizadores <i>ad-honorem</i> 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)	- Realizar fiscalizaciones en base a programa de fiscalización - Difusión y capacitación de veda biológica, devolución de hembras ovígeras, talla mínima de extracción, artes de pescas autorizadas, y obligatoriedad de declaración de desembarque - Levantamiento y análisis de datos, derivados del programa de monitoreo	SERNAPESCA (indicador 6,7,8) Organizaciones de camaroneros (indicador 6) IFOP (indicador 8)

	Proteger el ciclo de vida de la especie (reproducción, desove y reclutamiento) y resguardar la sostenibilidad de la pesquería	9.- Indicadores demográficos (estructura de tallas, abundancia, densidad, captura por unidad de esfuerzo) 10.- Condiciones bio-físicas del hábitat fluvial	-Ajustar y validar anualmente la veda extractiva - Evaluar incremento de la talla mínima de extracción - Autorizar la extracción manual, como único arte de pesca - Identificar zonas claves para la reproducción, desove y reclutamiento	SERNAPESCA, SUBPESCA (indicador 9) IFOP (indicador 10)
	Establecer protocolos de preservación y recuperación	11.- Estado de conservación de la especie 12.- Grado de intervención antrópica del hábitat fluvial	- Evaluación periódica de factibilidad y pertinencia para acciones de repoblación con individuos producidos en hatchery y en base a modelos de capacidad de carga ambiental. - Evaluación periódica, factibilidad y pertinencia para acciones de relocalización de poblaciones silvestres	IFOP, UCN (indicadores 11,12,13) MMA (indicador 12) SUBPESCA, SERNAPESCA, Organizaciones de camaroneros (indicador 13)

		13.- Número de acciones de repoblación, relocalización y conservación <i>ex situ</i>	- Evaluación periódica, factibilidad y pertinencia para acciones de conservación <i>ex situ</i> mediante bancos de germoplasma, colecta biológica y rescates - Realizar acciones según los protocolos de preservación	
	Implementar propuesta de ordenamiento y plan de manejo de la pesquería del camarón de río del norte	14.- Modificación LGPA 15.- Comité y Plan de Manejo Pesquero implementado	- Realizar gestiones políticas-administrativas para incorporar y modificar LGPOA en términos del ordenamiento de la pesquería del camarón - Formalizar un comité de manejo pesquero y desarrollar el plan de manejo de la pesquería de acuerdo a normativa vigente y actualizada.	GORE Coquimbo, SUBPESCA, Dirección Zonal de Pesca y Acuicultura, IFOP, Congresistas (indicador 14) Dirección Zonal de Pesca y Acuicultura, SUBPESCA, SERNAPESCA, Organizaciones de camaroneros (indicador 15)

3.2.3. COMPONENTE 3. DIMENSIÓN ECONÓMICA

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

3.2.4. COMPONENTE 4. DIMENSIÓN SOCIO-CULTURAL

Meta	Objetivos	Indicador	Acción(es)	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	Lograr una distribución equitativa de las capturas entre los camaroneros	1.- Índice de Herfindahl-Hirschman Normalizado (IHN) 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	- Límites de extracción diaria (u otra escala temporal) - Cantidad de días operados a la semana	SUBPESCA SERNAPESCA INDESPA Organizaciones de camaroneros
	Contribuir a la obtención salarial producto de la extracción de camarones	2.- Ingreso promedio mensual individual (IPMI) en base anual	- Definición de criterios para la estimación del esfuerzo pesquero máximo cada dos años	SUBPESCA SERNAPESCA INDESPA Organizaciones de camaroneros

	Potenciar la valoración biocultural de la actividad camaronera	3.- Circuito de actividades de intereses especiales asociados a la actividad camaronera (tradiciones históricas y gastronómicas) 4.- Número de instancias de divulgación de la actividad camaronera	- Identificación de servicios ecosistémicos que brindan el camarón y la consecuente actividad extractiva - Definición de zonas claves para las actividades - Realización de actividades de difusión y jornadas participativas dirigidos a usuarios y comunidades locales	GORE Coquimbo Municipios del Choapa SERCOTEC FOSIS MMA (Fondo Protección Ambiental) Organizaciones de camaroneros
	Incluir los módulos acuipónicos como unidades de aprendizaje técnico-profesional de estudiantes locales	5.- Diseño de contenidos educativos 6.- Número de visitas a módulos de acuiponía	- Desarrollo de jornadas educativas participativas - Control y gestión de visitas a las unidades	Municipios del Choapa UCN Organizaciones de camaroneros

3.2.5. COMPONENTE 5. DIMENSIÓN INSTITUCIONAL

Meta	Objetivos	Indicador	Acción(es)	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	Diseñar y poner en marcha un consejo de gestión multisectorial del Choapa	1.- Número de reuniones ejecutadas / N° reuniones programadas (en base anual) 2.- Número de conflictos resueltos / Número total de conflictos	- Reuniones de trabajo de la instancia creada - Informes anuales del consejo de gestión de la cuenca del Choapa	Delegación Provincial del Choapa GORE Coquimbo MINECON MMA Municipios del Choapa Organizaciones de camaroneros Junta de Vigilancia del Choapa DGA DOH Universidades regionales IFOP SUBPESCA (Dirección Zonal de Pesca y Acuicultura) SERNAPESCA

3.2.6. COMPONENTE 6. DIMENSIÓN CIENTÍFICA

Meta	Objetivos	Indicador	Acción(es)	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	Diseñar e implementar líneas de estudios que aborden aspectos escasamente estudiados sobre los hábitos de vida del camarón en condiciones naturales (patrones migratorios, conducta reproductiva, ecología poblacional, entre otros)	1.- Diseño del estudio 2.- Obtención de financiamiento 3.- Ejecución del estudio 4.- Base de datos con información levantada 5.- Informes con resultados del estudio	- Diseñar el estudio - Presentar estudio para obtención de financiamiento - Ejecutar el estudio - Tabulación y validación de información levantada - Generación de informes	IFOP, UCN (indicadores 1,3,4,5) GORE Coquimbo, MINECON, MMA, ANID (indicador 2)
	Generar el escalamiento productivo para la producción de juveniles de camarón con fines de acuicultura y repoblación	6.- Diseño proyecto y obtención de financiamiento 7. Hatchery comercial implementado	- Diseñar proyecto - Presentar y ejecutar proyecto - Obtención permisos sectoriales	GORE Coquimbo, ANID, Privados, CORFO (indicador 6) UCN, Acuicultores, Organizaciones de camaroneros (indicadores 7, 8)

		8. Producción masiva y venta de juveniles	- Implementación hatchery	
	Desarrollar un plan de selección genética orientado a la acuicultura y a la conservación del camarón	9.- Diseño proyecto y obtención de financiamiento 10. 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 11. Plan de manejo genético, que considera el número de individuos o reproductores necesarios que permita los niveles de variabilidad	- Diseñar el estudio - Presentar estudio para obtención de financiamiento - Ejecutar el estudio - Tabulación y validación de información levantada - Generación de Informes	- GORE Coquimbo, ANID, Privados, CORFO (indicador 9) - UCN (indicadores 10, 11)

		genética teniendo en cuenta la estrategia reproductiva de esta especie, y la reducción de efectos genéticos deletéreos en la población receptora (<i>i.e.</i> , en el caso de repoblación)		
--	--	---	--	--

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 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 camareros 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 de manejo integrado 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 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.

Actor	Rol	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 camareros 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 camareros en acciones de monitoreo de la pesquería
Camaroneros no organizados	Integrante permanente	- Incorporar el conocimiento e intereses de los camareros 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>i.e.</i>, 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

Junta de vigilancia del 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
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

En relación con la frecuencia de las sesiones ordinarias del Comité de Manejo, se sugiere que al menos sean bimensuales. En cuanto a las actas de cada sesión, se recomienda que estas 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 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.

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)

4. EVALUACIÓN DE ESTRATEGIAS DE MANEJO

4.1. MODELACIÓN DE ACCIONES Y ESCENARIOS DE MANEJO INTEGRADO

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, como medida de sostenibilidad [44,45].

En este dígrafo cada variable se representa 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 [44]. La dinámica de una variable se representa por su autorretroacción, si es independiente, es positiva y si es dependiente, negativa. Posteriormente, los resultados del dígrafo pasan a una matriz comunitaria, en la cual se traducen las interacciones en “-1”, “0” y “1”, dependiendo del efecto 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 del sistema ideales 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 respaldado por literatura especializada [2,5,7,12,17,18,35] 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 de mantiene en estabilidad local.

Para este caso, 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. 30)**, **b) potamon (presencia de juveniles y adultos de camarón) (Fig. 31)**, y **c) ritron (presencia de adultos de camarón) (Fig. 32)**. Para cada uno de ellas se establecieron escenarios de: **a) estrés hídrico**, **b) regulación de la actividad extractiva de camarones**, **c) repoblación de camarones**, y la combinación cruzada de las tres (Tabla 11).

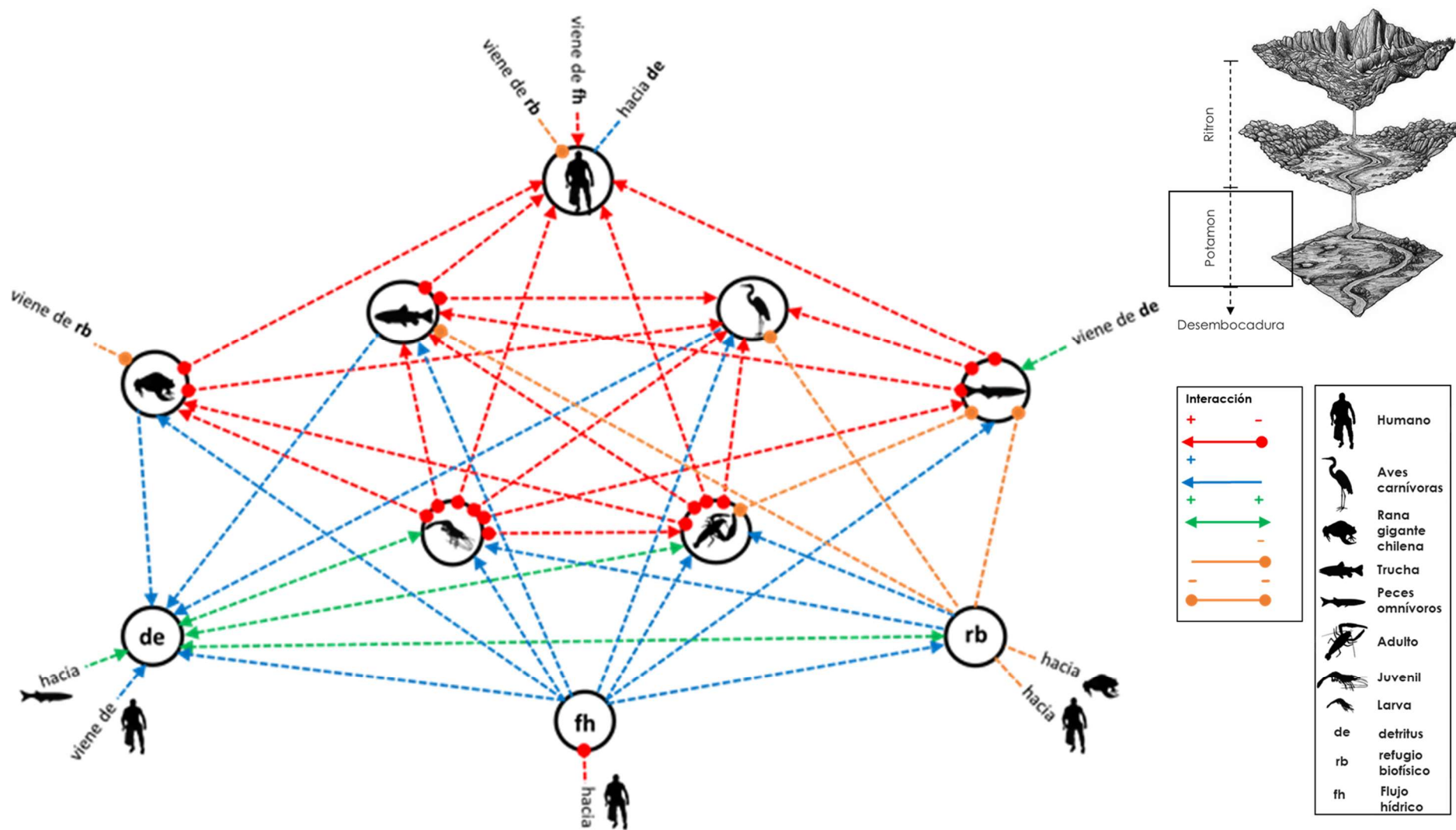


Figura 31. Representación esquemática de las variables bióticas y abióticas que interactúan con los estadios juveniles y adultos de *Cryphiops caementarius* en la zona potámica del río Choapa.

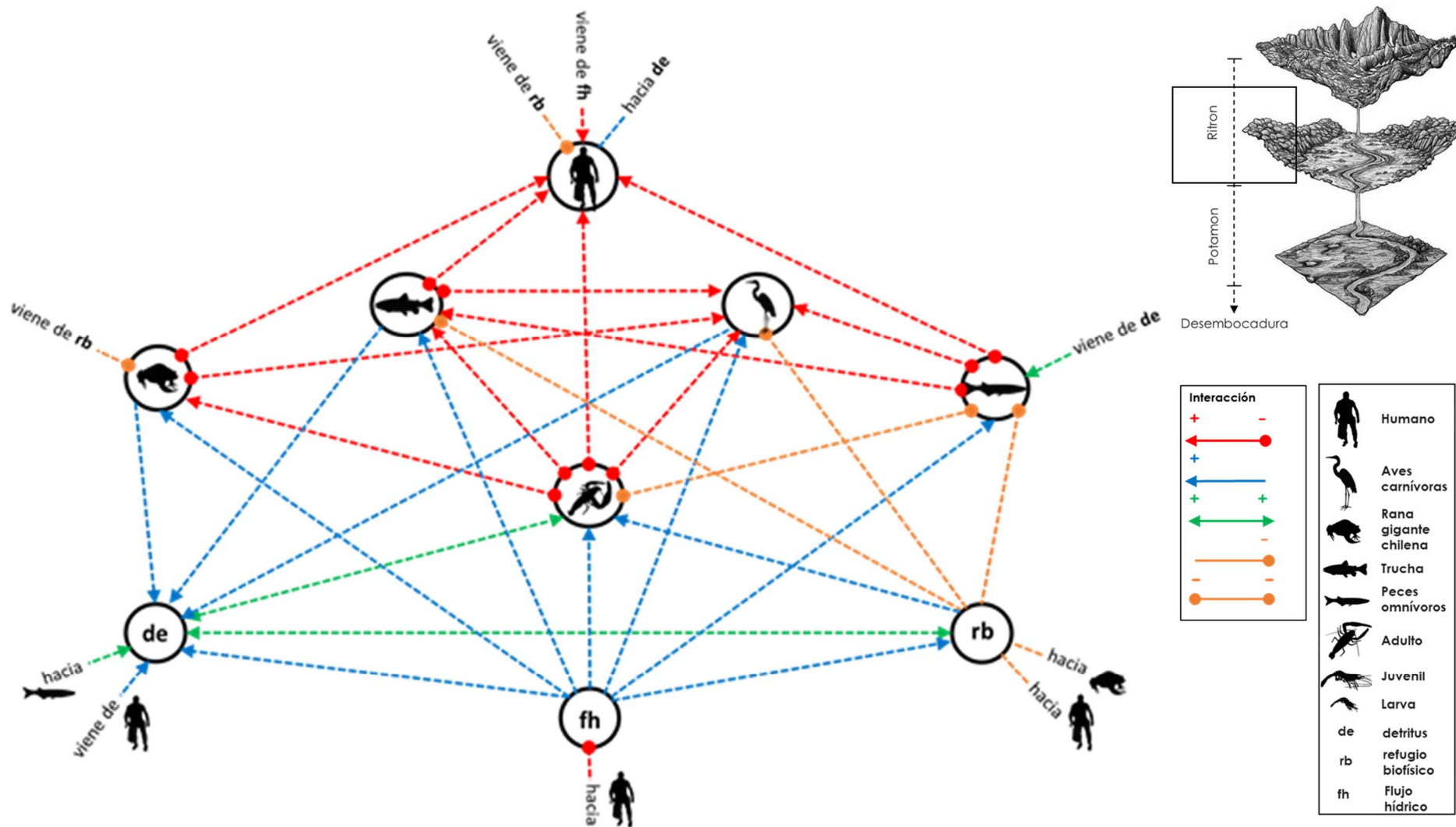


Figura 32. Representación esquemática de las variables bióticas y abióticas que interactúan con los estadios adultos de *Cryphiops caementarius* en la zona rítrónica del río Choapa.

Tabla 11. 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 deben mantenerse en altas abundancias, es decir entre $K/2$ y K que es la capacidad de carga del 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 abundancia entre 0 y $k/2$. 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 12).

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 (entre $k/2$ y K , o en $k/2$). 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 12).

Zona ritrónica

En el caso de la zona ritrónica las variables más sensibles a la estabilidad local luego de una perturbación fueron las poblaciones de 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 (entre $K/2$ y K). 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 12).

Tabla 12. Porcentajes de resultados según criterios de estabilidad local (1) y oscilación (2).

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

A partir de estos análisis, se concluye que los estados de estabilidad en las tres zonas de la cuenca están marcados por los siguientes aspectos: **a) variables sensibles, b) Estrés hídrico afecta de distinta forma a los tres modelos, siendo más sensible en las zonas de la desembocadura y del potamon, y c) presentan distintos porcentajes en los resultados de estabilidad, siendo más estable la zona rítrónica.** Por lo tanto, **los resultados de estabilidad local, frente a las perturbaciones propuestas, son distintas en las tres zonas estudiadas.**

4.1.1. MODELACIÓN BIO-ECONÓMICA

Se evaluaron tres actividades productivas y de manejo a través de modelos bioeconómicos, la primera de ellas asociada a actividades de repoblación, la segunda, implementación de módulos de cultivo acuapónicos, y la tercera, instalación de cultivos tradicionales de engorda (i.e., piletas).

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 biomasa del stock, costo medio e ingreso per cápita anual, entre otras. 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 el 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 toneladas.

Los resultados de la simulación indican que, a los niveles actuales de explotación, el repoblamiento 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, el repoblamiento 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.

Implementación de cultivos acuapónicos

El módulo acuapónico 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 acuapónico; un módulo básico demostrativo basado en el que entrega el programa, y un módulo 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 acuapónicos (básico y full) se muestran en la **Tabla 13**.

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 13). 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 14 resume los montos de la inversión en distintos escalamientos productivos considerados.

Tabla 13. 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 14. Valores de inversión para los distintos tipos de módulos acuapónicos 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

Instalación de cultivos de engorda tradicionales

Esta actividad, se evaluó considerando dos alternativas: a) un set de estanques considerados en la transferencia del programa y b) la posibilidad de utilizar estanques de mayor tamaño que podrían ser contruidos 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 15. 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 15. 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

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.

PILAR 1. 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 Recirculación de Agua (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. 33**). 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.

PILAR 2. 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. 33**). 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 repoblamiento; **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; y **6) existencia de protocolos** para el marcaje y transporte de juveniles.

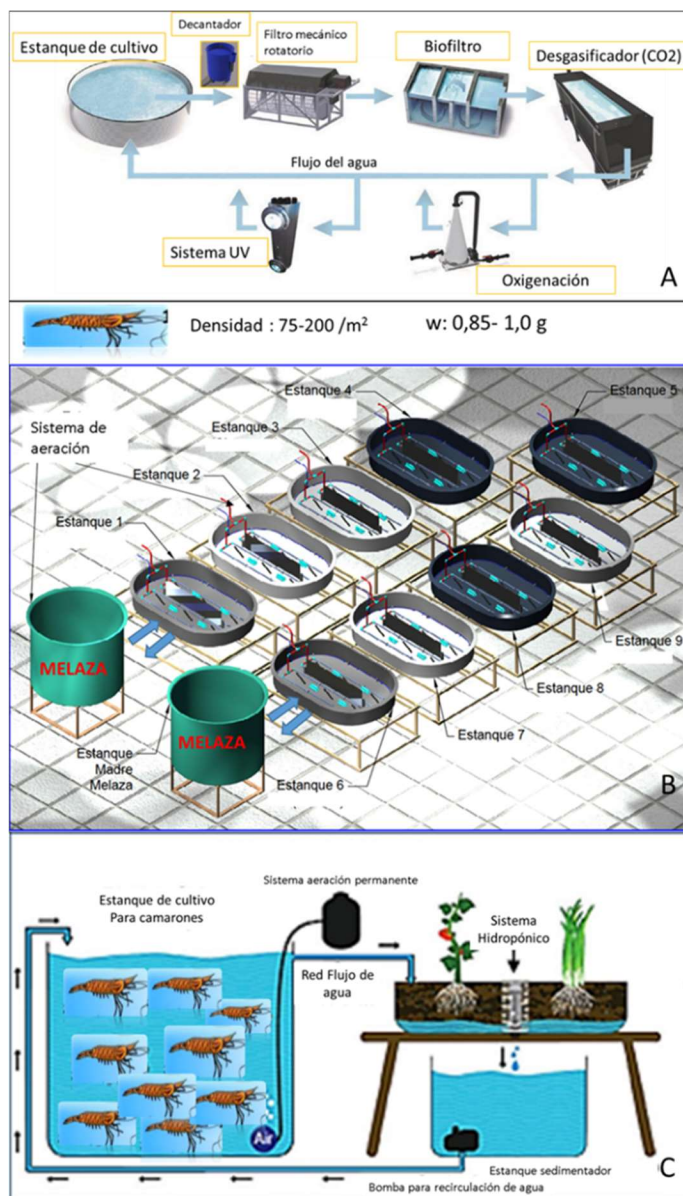


Figura 33. Esquemas de tecnologías aplicables a la acuicultura de *Cryphiops caementarius*. A) Tecnología con Recirculación de Agua (RAS), B) Tecnología Bio-Floc (TBF), C) Sistemas Acuípónicos o Integrados.

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.

4.2.2. REPOBLACIÓN DE CAMARONES EN EL RÍO CHOAPA 2020-2021

El objetivo principal de la repoblación de *C. caementarius* en la cuenca del río Choapa, es suministrar de nuevos reclutas a las poblaciones naturales, como medida de mitigación a la continua amenaza que enfrenta la especie en la cuenca, por 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 es 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. Estructura y funcionamiento**).

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 Macroinvertebrados Bentónicos. Según este criterio, todos los sitios presentan condiciones de hábitat perturbados y calidad de agua desfavorable (ver **Fig. 9**). 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 presentan condiciones de hábitat aceptables, que ofrecen buena calidad de habitabilidad (ver **Fig. 10**). 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. 11**). 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. 11**).

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 concluye no liberar juveniles en la zona media de la cuenca, que es la que presenta las mayores fluctuaciones estacionales (ver **Tablas 1,2 y 3**).

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 presentan 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 16**), convirtiéndolos en sitios idóneos para acciones de repoblación.

Tabla 16. 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 camarones, el primera de ellas fue el 30 de octubre 2020 en los sectores de Puente Negro (4000 ejemplares) y Los Loros (2000 ejemplares), y la segunda fue el 13 de mayo 2021 en el sector de Puente Negro (12000 ejemplares) (**Fig. 34**). Es importante señalar que la liberación de ejemplares en el sector de Los Loros (zona media de la cuenca), correspondió a individuos adultos. Estas acciones se realizaron acorde al protocolo establecido por el Laboratorio de Cultivo de Crustáceos de la Universidad Católica del Norte, la cual consistió en cinco etapas (embalaje, transporte, apertura, aclimatación y liberación). Para el caso de juveniles menores de 10 mm de longitud cefalotorácica el tiempo de transporte no debe superar las 24 hrs y debe ser en condiciones de agua saturada de oxígeno. Antes de ser liberados, estos deben ser aclimatados previamente a la temperatura externa del río, para evitar estrés fisiológico (**Fig. 35**). Posteriormente se realizaron actividades de seguimiento, tendientes a evaluar la supervivencia de los juveniles después de un día, una semana, y un mes de liberados. Esta evaluación se realiza 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 Sección **2.2.2. Estructura y funcionamiento**) (**Fig. 36 y Fig. 37**).

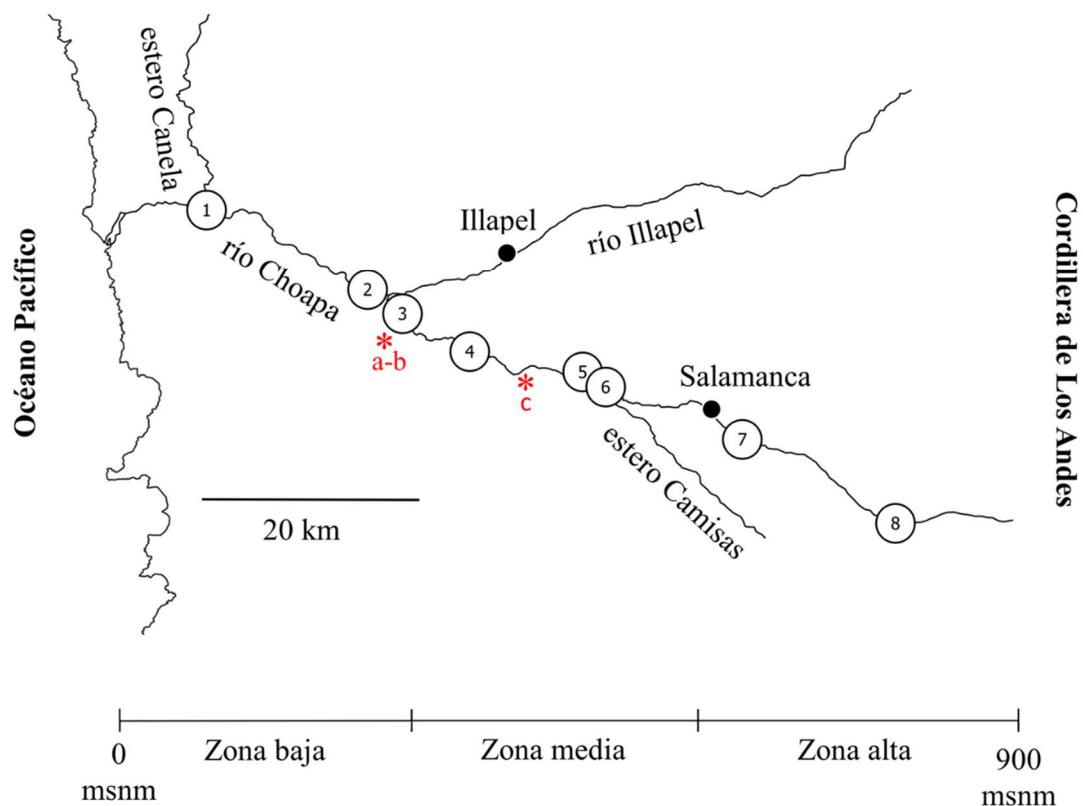


Figura 34. Sitios de repoblación de *Cryphiops caementarius* en la cuenca del río Choapa (asterisco rojo; a = octubre 2020, b = mayo 2021, c = octubre 2020). Ver sitios en **Fig. 7** y **Fig. 8**.



Figura 35. Protocolo de liberación de juveniles de *Cryphiops caementarius*. 1 = embalaje y transporte, 2 = apertura, 3 = aclimatación, 4 = liberación.

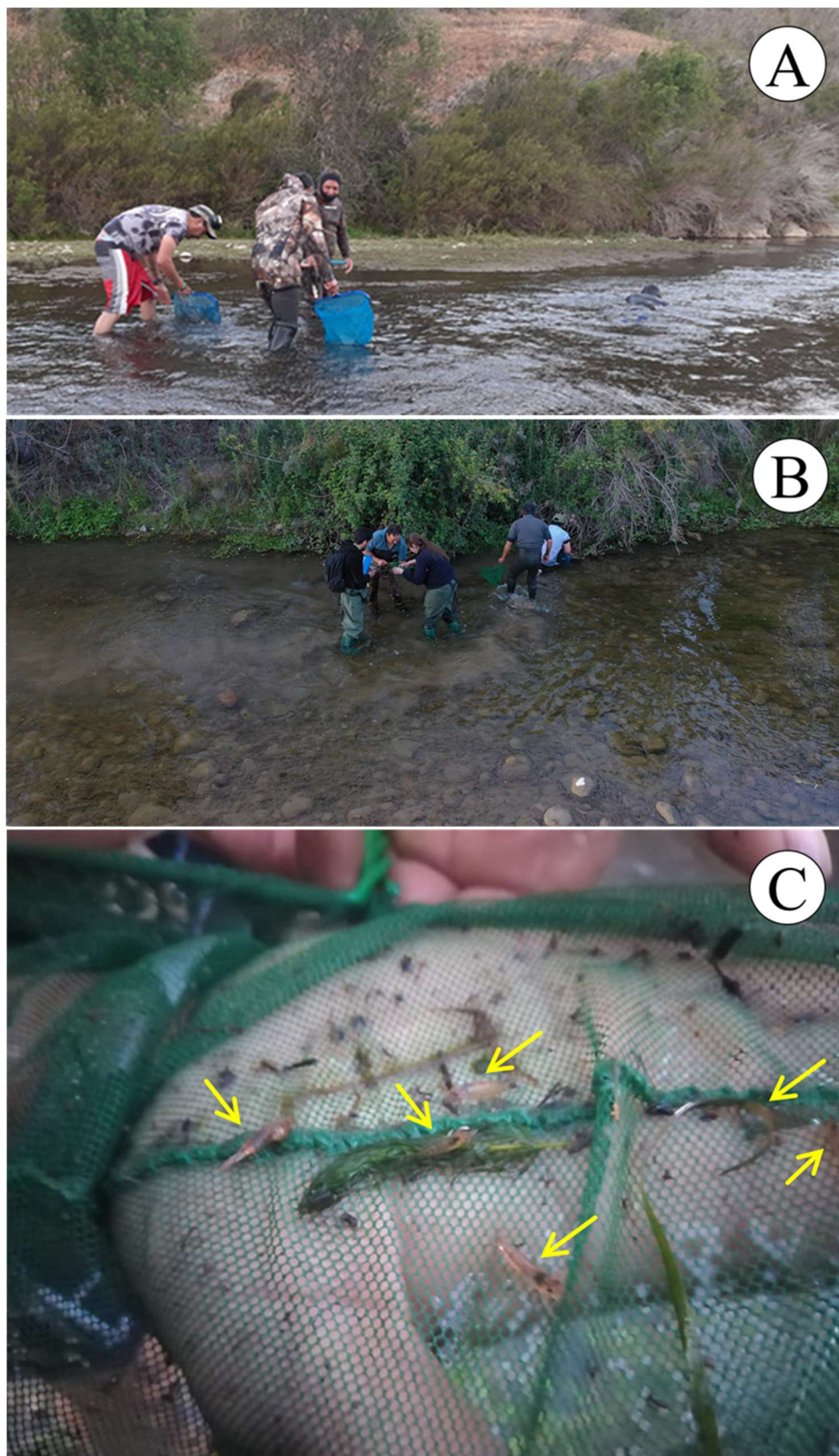


Figura 36. Seguimiento de supervivencia de camarones liberados en el río Choapa. A y B = camaroneros realizando captura manual de ejemplares en las riberas de Puente Negro y Las Majadas, respectivamente, C = juveniles recapturados después de 24 hrs de liberados (indicados en flechas amarillas).

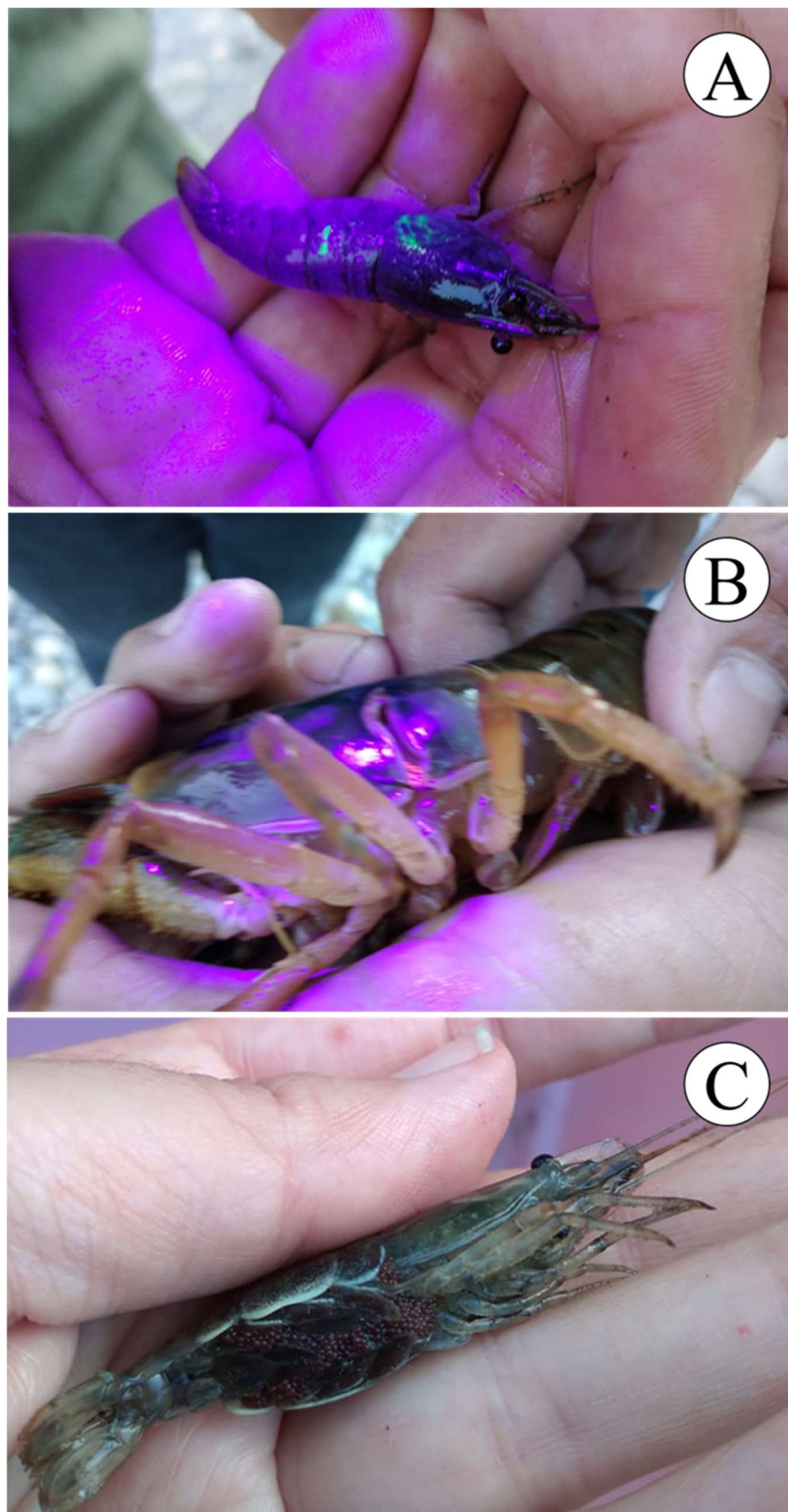


Figura 37. Seguimiento de supervivencia de camarones liberados en el río Choapa. A y B = ejemplares recapturados después de 3 y 5 meses, respectivamente, C = recaptura de hembra ovígera (nótese los huevos en la cavidad abdominal y línea blanca nupcial en la periferia de los segmentos).

4.2.3. PROPUESTA DE ORDENAMIENTO PESQUERO

La actividad extractiva del camarón de río *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. 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.

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 al colapso, más aún cuando esta se desarrolla en un medio ambiente tan inestable y que depende de múltiples usos antrópicos que alteran significativamente su nicho ecológico, como 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 las regiones de Atacama y Coquimbo, período en que sus caudales han disminuido a registros históricos.

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 plataforma social y de fomento productivo que el estado tiene para la pesca artesanal de recursos 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 extracción máxima y esfuerzo de pesca máximo, por cuenca.
7. Otorgar facultades a SERNAPESCA para nombrar fiscalizadores *ad-honorem* de apoyo a la fiscalización.
8. Otras modificaciones menores requeridas, para cumplir el propósito de la propuesta.

Finalmente, cabe señalar que esta propuesta fue sociabilizada y validada con las organizaciones de camaroneros, y ha sido 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.

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

En el marco de las secciones **2.2.1. Situación hídrica 2019-2021** y **2.4.3. Perturbaciones físicas del cauce fluvial**, la DOH Provincial del Choapa solicitó 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 conservación y extracción de *C. caementarius* (**Fig. 38**). Las recomendaciones emitidas fueron de carácter *in situ* y atinentes a reducir el máximo posible el impacto de las obras, sin olvidar que en el río habitan otras especies amenazadas y protegidas por la legislación ambiental. Las medidas fueron las siguientes:

1. No intervenir los sitios puntuales donde se realizó liberaciones de camarones.
2. No alterar el eje fluvial en al menos 1 km aguas arriba y 1 km aguas abajo por cada sitio de liberación, otorgando una zona de seguridad de 2 km de eje fluvial por sitio.
3. Los tramos 2 y 3 albergan poblaciones naturales de camarón que son extraídos 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*.
4. Antes de la intervención con maquinaria, preliminarmente el trabajo debe ser ejecutado manualmente por las organizaciones de camaroneros (**Fig. 39** y **Fig. 40**).
5. La maquinaria debe maniobrar desde la periferia fluvial, sin ingresar al espejo de agua.
6. Si es pertinente medidas de mayor escala, como rescates y relocalizaciones, estos requieren apoyo financiero y autorizaciones otorgadas por las entidades gubernamentales competentes.

Esta es la primera vez que se considera formalmente dentro de las Especificaciones Técnicas Especiales (ETE) de la DOH (**Fig. 41**), criterios socio-ambientales como medidas de mitigación para reducir el impacto de obras 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, frente a perturbaciones antropogénicas locales.

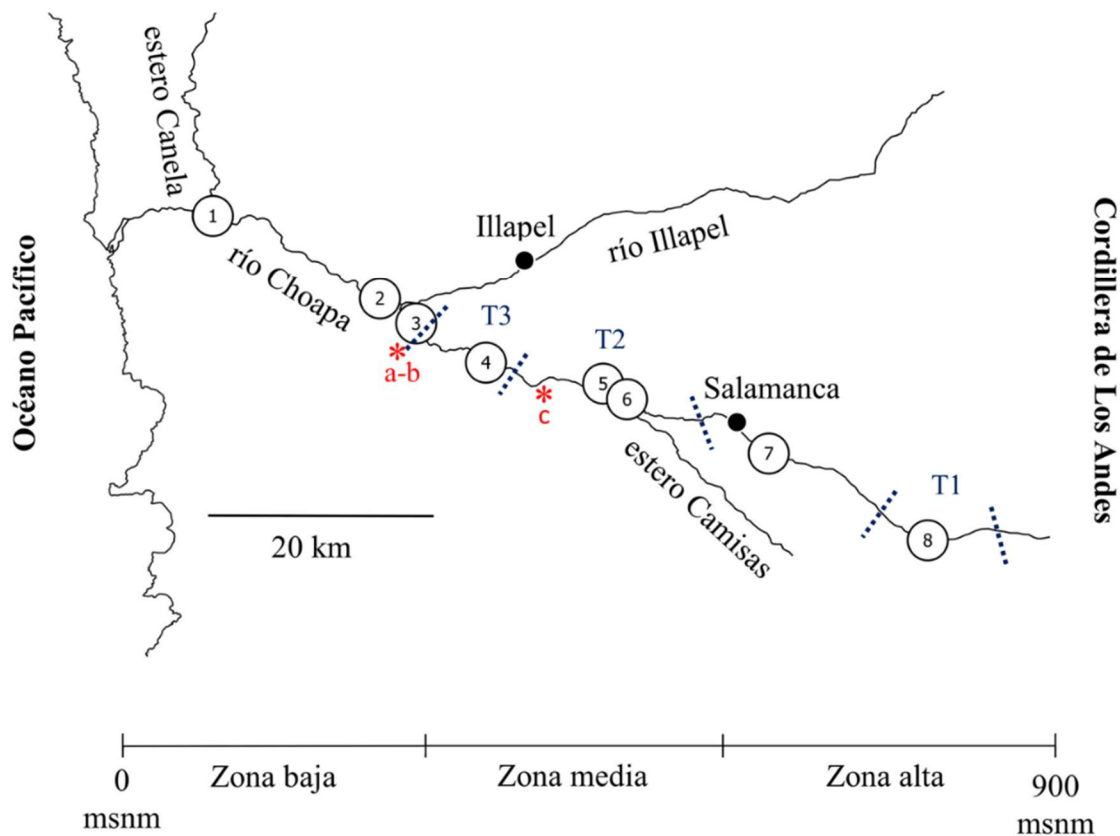


Figura 38. Superposición espacial entre los sitios de estudio del programa (1 hasta 8), sitios de repoblación de camarón (asterisco rojo; a = octubre 2020, b = mayo 2021, c = octubre 2020), y áreas de canalización (T1 = tramo 1; ~6,5 km, T2 = tramo 2; ~15 km, T3 = tramo 3; ~6,75 km) en el río Choapa.



Figura 39. Trabajos de encauzamiento y manejo de camarones realizados por las organizaciones de camaroneros del Choapa en las áreas de intervención (A y B). Las flechas blancas indican los montículos de sustrato rocoso removido por los camaroneros, estos actúan como refugio provisorio para camarones (C).



Figura 40. Trabajos de encauzamiento y manejo de camarones realizados por las organizaciones de camaroneros del Choapa en las áreas de intervención. Nótese la homogenización del hábitat biofísico (rocas y macrófitas acuáticas), después de la intervención manual de la obra.

ENCAUZAMIENTO SEQUIA, RIO CHOAPA, COMUNAS DE ILLAPEL Y SALAMANCA, AÑO 2021

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS ESPECIALES (ETE)

I. GENERALIDADES.

Las presentes Especificaciones Técnicas Especiales, formarán parte exclusivamente del contrato que celebre la Dirección de Obras Hidráulicas IV Región, denominado “Encauzamiento sequía, río Choapa, comunas de Illapel y Salamanca, Año 2021”. Los trabajos se ejecutarán ajustándose íntegramente a lo indicado en las Especificaciones de Construcción, Manual de Carreteras, en adelante MC, en todos los aspectos pertinentes salvo aquellos que sean expresamente modificados, ampliados o complementados por las presentes Especificaciones Técnicas Especiales.

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 41. Especificaciones Técnicas Especiales (ETE) de la Dirección de Obras Hidráulicas 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”.

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 ambiental de la cuenca del Choapa y su situación hídrica**, se puede indicar, que actualmente esta cuenca 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, condición que además ha sido acentuada por los cambios ambientales de gran escala producto del cambio climático, como las alteraciones en el régimen de precipitaciones. Dichos factores repercuten negativa y directamente sobre el caudal hídrico, y por consecuencia, sobre la cantidad y calidad de los hábitats para las poblaciones locales del recurso camarón. Por otra parte, 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, y pese a lo anterior, esta cuenca presenta condiciones de idoneidad en cuanto a la diversidad de microhábitat presente en el río, condición que explicaría su resiliencia en una cuenca de alta perturbación. **Se recomienda otorgar mayor resiliencia a las condiciones de habitabilidad fluvial frente a la crisis hídrica en la cuenca del Choapa, a través de la protección de tramos fluviales claves para la habitabilidad de camarones y la identificación de los tramos más susceptibles a la sequía.**
2. Respecto al **conocimiento tradicional sobre la biología, ecología y pesquería de *C. caementarius*** que poseen los camaroneros, éstos tienen un alto nivel de conocimiento tradicional en todos los ámbitos consultados, particularmente de las características ambientales que favorecen y desfavorecen la presencia del recurso en distintas localidades a lo largo del río. **En general, los usuarios indican que la sequía, junto con las intervenciones irregulares y un mal manejo del tema de las canalizaciones en el lecho del río, han traído como consecuencia un menor caudal del río, lo que ha afectado fuertemente la abundancia del recurso y a 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 **ecología poblacional de *C. caementarius***, se requiere determinar las causas de su ausencia en la zona altitudinal alta de la cuenca, ya que los resultados del presente estudio indican que las condiciones de habitabilidad fluvial no difieren de la zona media. Esto se sustenta por lo relatado por las organizaciones de camaroneros, que indican su presencia hace aproximadamente 40 años atrás. Se requiere 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. De manera complementaria, y respecto al paradigma de la **conducta migratoria anfídroma de *C. caementarius***, se debe estudiar y reevaluar esta conducta, ya que los resultados indican que el río Choapa está sometido a continuas perturbaciones físicas del cauce fluvial, que generan pérdida de conectividad fluvial e interrumpen las rutas migratorias de *C. caementarius*, causando mortalidades, alterando el ciclo de vida e incrementando el riesgo de extinción local de sus poblaciones. Por otra parte, las organizaciones de camaroneros, indican que los camarones 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 preservación (áreas de desove, reclutamiento de juveniles, y áreas de reproducción).

4. Respecto al **estado 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 en los sectores de la zona baja, específicamente en Mincha y de mayor tamaño y menos abundantes en la zona alta, específicamente entre el sector de Mal Paso hasta Los Loros. Si bien es cierto, este estudio marca un precedente en cuanto al monitoreo estacional de las poblaciones del recurso, **es necesario extender su continuidad a través de un seguimiento 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 Choapa.**
5. Respecto al **estado actual de la pesquería de *C. caementarius*** en la cuenca del Choapa, se determinó que los sectores de Tunga y Puente Negro (zona baja de la cuenca), son importantes para la extracción del recurso, en cuanto al número de viajes realizados por los camaroneros, especialmente durante la época de primavera, esto dice relación con la proximidad de los lugares de residencia y puntos de acceso al río. En cuanto a la captura por unidad de esfuerzo (CPUE; k/h), los sectores más importantes fueron Mincha y Puente Negro en la zona baja de la cuenca, y Choapa y Limahuida en la zona media de la cuenca, todos ellos con valores superiores a 0,6 k/h. Por otra parte, existe una marcada diferencia en cuanto al tamaño promedio de los individuos capturados, es decir, en la zona media del río la captura promedio bajo la TML fue del 53,4%, mientras que en la zona alta fue de 5,95%. Es importante señalar, que este registro estuvo sujeto a las restricciones derivadas de la contingencia sanitaria, lo que eventualmente repercute sobre la recopilación de datos por parte de los camaroneros. **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 de la actividad pesquera en la cuenca del Choapa.**
6. Respecto a las **principales amenazas 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 recomienda no intervenir zonas claves para el ciclo de vida del recurso y sectores de pesca de camarones. Cualquier tipo de intervención física en el río, requiere la implementación de medidas de mitigación pertinentes para el resguardo de la vida acuática.** Se advierte de la futura afectación del cauce natural del río entre los sectores de Puente Negro y Confluencia (zona baja de la cuenca), 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*. Esto afectaría gravemente la continuidad migratoria de la especie, situación que debiera ser considerada entre las medidas de mitigación adoptadas por el estado. **Es importante señalar que no se pudo obtener información respecto a la pesca por parte de camaroneros esporádicos y/o no pertenecientes a las organizaciones de camaroneros locales, por lo que no se puede determinar el volumen de extracción real de este recurso. En este sentido, es primordial la incorporación de extractores de *C. caementarius* al registro de pesca artesanal.**

7. Inicialmente se identifican como **sitios claves o relevantes para la conservación y pesquería de *C. caementarius***, los sectores de las zonas altitudinales 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 Camisas durante la primavera. Estos antecedentes indican que estos sectores son relevantes para el reclutamiento de juveniles de *C. caementarius*. Los sectores más concurridos para la actividad camaronera son Mincha y Puente Negro (zona baja de la cuenca). Es importante señalar que, en la zona media de la cuenca, se registró la mayor captura de hembras y un importante porcentaje de captura de individuos bajo la TML. **Se recomienda identificar las zonas de reclutamiento e implementar medidas de mitigación frente a las continuas perturbaciones físicas del cauce fluvial y evaluar la medida de TML de extracción.**
8. Desde la perspectiva del **manejo local de las poblaciones de *C. caementarius***, se recomienda definir medidas ajustadas a las condiciones fluviales y distribución etaria de *C. caementarius* en las zonas altitudinales baja y media de la cuenca, que es donde se concentra la pesquería.
9. Respecto a la **gobernanza en torno a la conservación y manejo de *C. caementarius***, 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 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 técnicos que permitan el escalamiento de la producción.**
11. Respecto a los resultados de la **modelación bioeconómica del cultivo y repoblación de *C. caementarius***, se establece que, con los antecedentes disponibles, la simulación de los escenarios con y sin programa de repoblamiento 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 acuíponía contemplado en el proyecto, los resultados demuestran que efectivamente este módulo tiene una finalidad más bien educativa 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. Finalmente, el módulo de engorda propuesta originalmente en el Proyecto no constituye un proyecto

económicamente rentable para los camaroneros ya que no genera los ingresos esperados. **Al respecto 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 los resultados de **las acciones de repoblación de *C. caementarius***, realizadas en este estudio, 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 dos 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. Sin embargo, las tasas de recapturas realizada por parte de los camaroneros, fueron disminuyendo gradualmente en el tiempo, esta situación permite inferir al menos tres posibles explicaciones, 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, como truchas, garzas y carpas, y el tercero es la capacidad de exploración de los camaroneros en el río, si bien es cierto se utilizó una metodología estandarizada, el número de juveniles extraídos está determinado por la capacidad de búsqueda y extracción del camaronero, ya que ellos acostumbran a extraer ejemplares adultos y en cada terreno, participaron personas diferentes. **De esta forma, la repoblación con camarones producidos en laboratorio, es una alternativa viable para conservar o incrementar el stock poblacional. 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, estrés hídrico (es decir disminución de la velocidad de la corriente hídrica) y acciones de repoblación para cada una de las tres zonas altitudinales de la cuenca (zona baja, media y alta). 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 baja de la cuenca). **Se recomienda determinar la condición de las variables biológicas y físicas que se relacionan con el recurso camarón en las distintas zonas del río, y considerar la condición hídrica del río Choapa, antes de iniciar acciones de repoblación y/o la 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***, el cultivo de juveniles en laboratorio 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: i) 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 ii) 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.** Desde la perspectiva de la **vulnerabilidad ambiental del Choapa** derivado de la crisis hídrica (sobrexplotación de recursos hídricos y cambio climático), **se recomienda (como se hizo en las canalizaciones del 2021) seguir considerando a este recurso y sus usuarios directos (organizaciones de camaroneros) dentro de las medidas de mitigación que están siendo adoptadas en el marco del manejo de la emergencia**, pero entendiendo también, que en el río existen otras especies amenazadas y protegidas por la legislación ambiental.
- 16.** 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 escasez hídrica y cambio climático que está enfrentado la actividad camaronera en esta zona.

8. AGRADECIMIENTOS

Se agradece 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 los 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.

9. LITERATURA CITADA

- [1] Jara C, Rudolph EH, González E. Estado del conocimiento de los Malacostráceos dulceacuícolas de Chile. Gayana. 2006; 70:40–49.
- [2] Velásquez C, Henríquez-Antipa L, Torres-Avilés D, et al. 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. Rev. Biol. Trop. 2020; 68:1062–1072.
- [3] Morales MC, Meruane J, Galleguillos C, et al. Morphological characterization of larval stages and first juvenile of freshwater prawn *Cryphiops caementarius* (Molina 1782) (Decapoda: Palaemonidae) under laboratory conditions. Aquaculture. 2006; 261: 908–931.
- [4] Bauer RT. Amphidromy in shrimps: a life cycle between rivers and the sea. Lat. Am. J. Aquat. Res. 2013; 41:633–650.
- [5] Morales MC, Meruane J. The northern river shrimp *Cryphiops caementarius* (Decapoda, Palaemonidae). Research chronology between 1958 and 2008, I: distribution, population status, biology and life cycle. Crustaceana. 2013; 86:1441–1451.
- [6] Bahamonde N, López MT. Decápodos de aguas continentales en Chile. Invest. Zool. Chil. 1963; 10:123–149.
- [7] Bahamonde N, Vila, I. Sinopsis sobre la biología del camarón de río del norte. Biol. Pesq. 1971; 5:1–60.
- [8] Bahamonde N, Carvacho A, Jara C, et al. Categorías de conservación de decápodos nativos de aguas continentales de Chile. Bol. Mus. Nac. Hist. Nat. 1998; 47:91–100.
- [9] Romero H. Climas. Geografía de Chile, Tomo XI. Santiago: Instituto Geográfico Militar de Chile; 1985.
- [10] Niemeyer H, Cereceda P. Hidrografía. Geografía de Chile, Tomo XI. Santiago: Instituto Geográfico Militar de Chile; 1985.
- [11] Carranza DM, Varas-Belemmi K, De Veer D, et al. Socio-environmental conflicts: An underestimated threat to biodiversity conservation in Chile. Environ. Sci. Policy. 2020; 110:46–59.
- [12] Velásquez C, Alanís Y, Cárcamo F. "Camarón que se duerme, se lo lleva la corriente": mortandades de *Cryphiops caementarius* en el norte Semiárido de Chile. Neotrop. Biodivers. 2021; In review.
- [13] De los Ríos P, Adamowicz S, Witt J. Aquatic fauna in the driest desert on earth: first report on the crustacean fauna of the Loa River (Atacama Desert, Antofagasta region, Chile). Crustaceana. 2010; 83:257–266.
- [14] Tamayo T, Carmona A. El negocio del agua. Cómo Chile se convirtió en tierra seca. Santiago: Penguin Random House Grupo Editorial; 2019.
- [15] Garreaud RD, Boisier JP, Rondanelli R, et al. The central Chile mega drought (2010–2018): A climate dynamics perspective. Int. J. Climatol. 2020; 40:421–439.
- [16] Muñoz AA, Klock-Barría K, Álvarez-Garretón C, et al. Water crisis in Petorca Basin, Chile: The combined effects of a mega-drought and water management. Water. 2020; 12:648–664.
- [17] Viacava M, Aitken R, Llanos J. Estudio del camarón en el Perú. Bol. Inst. Mar Perú. 1978; 3:165–232.
- [18] Wasiw J, Yépez V. Evaluación poblacional del camarón *Cryphiops caementarius* en ríos de la costa sur del Perú. Rev. Investig. Vet. Perú. 2015; 26: 166–181.
- [19] González A. Evaluación del recurso vegetacional 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; 2000.
- [20] Ellenberg H. Indicator values of vascular plants in Central Europe. Scripta Geobotanica. 1974; 9:1–17.

- [21] **Figueroa R, Palma A, Ruíz V, et al.** 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. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 2007; 80: 225–242.
- [22] **Figueroa R, Valdovinos C, Araya E, et al.** Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua del sur de Chile. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 2003; 76: 275–285.
- [23] **Jáimez-Cuéllar P, Vivas S, Bonada N, et al.** Protocolo GUADALMED (prece). *Limnética*. 2002; 21: 187–204.
- [24] **Palma A, Figueroa R, Ruíz, VH.** Evaluación de ribera y hábitat fluvial a través de los índices QBR e IHF. *Gayana*. 2009; 73: 57–63.
- [25] **Pardo I, Álvarez M, Casas J, et al.** El hábitat de los ríos mediterráneos. Diseño de un índice de diversidad de hábitat. *Limnética*. 2002; 2:115–133.
- [26] **Statzner B, Gore J, Resh V.** Hydraulic stream ecology: observed patterns and potential applications. *J. North Am. Benthol. Soc.* 1988; 7: 307–360.
- [27] **Feng J, Sun Y, Cheng X, et al.** Sequence analysis of mitochondrial COI gene of *Macrobrachium nipponense* from the five largest freshwater lakes in China. *J. Fish. Sci. China*. 2008; 32: 517–525.
- [28] **Chand V, De-Bruyn M, Mather P.** Microsatellite loci in the eastern form of the giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). *Mol. Ecol. Notes*. 2005; 5(2): 308–310.
- [29] **Xu Z, Primavera JH, Pena L. et al.** Genetic diversity of wild and cultured black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) in the Philippines using microsatellites. *Aquaculture*. 2001; 199:13–40.
- [30] **Supungul P, Sootanan P, Klinbunga S. et al.** Microsatellite polymorphism and the population structure of the black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) in Thailand. *Mar. Biotechnol.* 2000; 2:339–347.
- [31] **De la Rosa-Velez J, Escobar-Fernández R, Correa F.** Genetic structure of two commercial penaeids (*Penaeus californiensis* and *P. stylirostris*) from the Gulf of California, as revealed by allozyme variation. *Fish. Bull.* 2000; 98: 674–683.
- [32] **Freitas P, Jesus C, Galetti Jr.** Isolation and characterization of new microsatellite loci in the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* and cross-species amplification in other penaeid species. *Mol. Ecol.* 2007; 7(2): 324–326.
- [33] **Lima A, Silva S, Oliveira K.** Genetics of two marine Shrimp hatcheries of the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) in Pernambuco, Brazil. *Ciênc. Rural*. 2010; 2(40): 325–331.
- [34] **Rojas, R., Morales, M., Rivadeneira, M. et al.** Male morphotypes in the Andean river shrimp *Cryphiops caementarius* (Decapoda: Caridea): morphology, coloration and injuries. *J. Zool.* 2002; 288: 21–32.
- [35] **Instituto de Fomento Pesquero.** Programa para la consolidación de la Estrategia Pesquero Acuicola (EPA) del camarón de río del norte (*Cryphiops caementarius*) en la cuenca del Río Choapa. Coquimbo: Instituto de Fomento Pesquero de Chile, Informe Técnico; 2021.
- [36] **Tscherning K, Helming K, Krippner B.** Does research applying the DPSIR framework support decision making?. *Land Use Policy*. 2012; 29:102–110.
- [37] **European Environment Agency.** Environmental Indicators: Typology and Overview. Copenhagen: European Environment Agency, Technical report N°25; 1999.
- [38] **Maxim L, Spangenberg JH, O'Conner M.** An analysis of risks for biodiversity under the DPSIR framework. *Ecol. Econ.* 2009; 69: 12–23.
- [39] **Atkins JP, Burdon D, Elliott M et al.** Management of the marine environment: integrating ecosystem services and societal benefits with the DPSIR framework in a systems approach. *Mar. Pollut. Bull.* 2011; 62: 215–226.
- [40] **Martins JH, Camanho AS, Gaspar MB.** A review of the application of driving forces–Pressure–State–Impact–Response framework to fisheries management. *Ocean Coast. Manag.* 2012; 69:273–281.
- [41] **Bradley P, Yee S.** 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; 2010.

- [42] Doherty TS, Glen AS, Nimmo, DG, et al. Invasive predators and global biodiversity loss. PNAS. 2016; 113: 11261–11265.
- [43] Hammerschlag N, Schmitz OJ, Flecker AS, et al. Ecosystem function and services of aquatic predators in the Anthropocene. Trends Ecol. Evol. 2019; 34:369–383.
- [44] Ortiz M, Levins R. Re-stocking practices and illegal fishing in northern Chile (SE Pacific coast): a study case. Oikos. 2011; 120: 1402–1412.
- [45] Ortiz M, Levins R. Self-feedbacks determine the sustainability of human interventions in eco-social complex systems: Impacts on biodiversity and ecosystem health. PLoS ONE. 2017; 12(4): e0176163.