

ORIGINAL RESEARCH

# Camarones, camaroneros y escasez hídrica: desafíos para la sostenibilidad pesquera de *Cryphiops caementarius* en la cuenca del río Choapa, Chile (2019-2021)

CARLOS VELÁSQUEZ<sup>\*1</sup>, YERIKO ALANÍS<sup>1</sup>, DENISSE TORRES-AVILÉS<sup>1</sup>, ÁLVARO E. WILSON<sup>2</sup> y P. FRANCISCO CÁRCAMO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Repoblación y Cultivo, Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Dr. Marín 340, Coquimbo, Chile. <sup>2</sup>Sección Áreas de Manejo, Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Dr. Marín 340, Coquimbo, Chile. ORCID Carlos Velásquez  <https://orcid.org/0000-0002-5726-5136>, Yeriko Alanis  <https://orcid.org/0000-0002-4740-8164>, Denisse Torres-Avilés  <https://orcid.org/0000-0003-4452-2823>, Álvaro E. Wilson  <https://orcid.org/0000-0002-9564-5762>, P. Francisco Cárcamo  <https://orcid.org/0000-0002-9087-2210>.



**RESUMEN.** *Cryphiops caementarius* es un camarón anfídromo nativo de relevancia ecológica y pesquera en cuencas hidrográficas del norte de Chile. Esta especie representa un componente importante de la identidad cultural de las comunidades de camaroneros que subsisten de ella, otorgando servicios ecosistémicos para el bienestar social. Actualmente, las poblaciones se encuentran altamente amenazadas, principalmente por la escasez hídrica y modificación de hábitat producto de la peor sequía de los últimos 10 años en la zona centro-norte de Chile y la consecuente sobreexplotación de los recursos hídricos para usos humanos. Si bien existen medidas de administración vigentes para la actividad extractiva de camarones, como talla mínima de extracción y veda biológica, esta actividad no es reconocida formalmente por la institucionalidad pesquera nacional, existiendo desconocimiento de aspectos básicos de su funcionamiento, como la cantidad de camaroneros asociados, estado actual de sus poblaciones y sectores históricos de pesca. En este contexto, el objetivo principal del presente estudio fue caracterizar en conjunto con las organizaciones de camaroneros de la cuenca del río Choapa, el sistema socio-ecológico en cual subyace la pesquería de *C. caementarius*, durante el período 2019–2021, a través de: i) la recopilación del conocimiento tradicional de las organizaciones de camaroneros, ii) un seguimiento de la pesquería a través de registros recopilados por los camaroneros durante sus faenas de pesca, y iii) la construcción de un modelo conceptual basado en la percepción de los actores del sistema relacionados con la actividad camaronera local. A partir de estos resultados, se presentan recomendaciones para la implementación de plan(es) de conservación y manejo que apoye(n) la sostenibilidad de la pesquería de *C. caementarius* en la cuenca del río Choapa. Se discute una probable extinción local de sus poblaciones en la zona altitudinal alta de la cuenca y en ríos tributarios, y una posible conducta migratoria facultativa por la severa fragmentación y degradación del hábitat fluvial. Se concluye, que es necesario diseñar y desarrollar en conjunto con los actores sociales, acciones de conservación y manejo orientadas a apoyar la toma de decisiones locales y otorgar mayor resiliencia a la especie y a la pesquería en un contexto de gran vulnerabilidad ambiental dado el actual escenario de escasez hídrica que afecta a esta cuenca y a otras del norte de Chile.



\*Correspondence:  
cfvelasque@gmail.com

Received: 1 March 2022  
Accepted: 28 March 2022

ISSN 2683-7595 (print)  
ISSN 2683-7951 (online)

<https://ojs.inidep.edu.ar>

Journal of the Instituto Nacional de  
Investigación y Desarrollo Pesquero  
(INIDEP)



This work is licensed under a Creative  
Commons Attribution-  
NonCommercial-ShareAlike 4.0  
International License

**Palabras claves:** Anfídromía, crustáceos dulceacuícolas, fragmentación de hábitat, pesquería de camarones, sequía.

**Prawns, prawn fishers and water scarcity: challenges for fishery sustainability of *Cryphiops caementarius* in the Choapa river basin, Chile (2019-2021)**

**ABSTRACT.** *Cryphiops caementarius* is a native amphidromous prawn of ecological and fishing relevance in hydrographic basins of northern Chile. This

species represents an important component of the cultural identity for prawn fishers' communities that subsist from it, providing ecosystem services for social wellbeing. Currently, these populations are highly threatened, mainly due to water scarcity and habitat modification as a result of the worst drought seen in the last 10 years in the north-central zone of Chile and the consequent overexploitation of water resources for human uses. Although there are management measures in force for the extractive activity of prawn, such as minimum extraction size and biological closure, this activity is not formally recognized by the national fishing institutions, being a lack of knowledge of basic aspects of its operation, such as the number of associated prawns, the current status of their populations and their historical fishing sectors. In this context, the main objective of the present study was to characterize, together with the fishers' organizations of the Choapa river basin, the socio-ecological system in which the *C. caementarius* fishery underlies, during the 2019–2021 period throughout: i) the compilation of the traditional knowledge of prawn fishers' organizations, ii) the tracking of the fishery through the records compiled by the fishers during fishing activities, and iii) the construction of a conceptual model based on the perception of the stakeholders related to the local prawn activity. From the results obtained, recommendations are presented for the implementation of conservation and management plan(s) that support the sustainability of the *C. caementarius* fishery in the Choapa river basin. A probable local extinction of its populations in the high-altitude zone of the basin and in tributary rivers is discussed, as well as a possible facultative migratory behavior due to the severe fragmentation and degradation of the fluvial habitat. It is then remarked the need to design and develop, together with stakeholders, further conservation and management actions aiming at supporting local decision-making and granting greater resilience to the species and fishery in a context of great environmental vulnerability, given the current scenario of water scarcity that affects this and other basins in northern Chile.

**Key words:** Amphidromy, freshwater crustacean, habitat fragmentation, prawn fisheries, drought.

---

## INTRODUCCIÓN

---

El camarón de río del norte *Cryphiops caementarius* es una palaemónido endémico de las cuencas hidrográficas de la región Andina de Perú y norte de Chile. En Chile, su rango de distribución geográfica abarca desde la cuenca del río Lluta (~18 °S) hasta la cuenca del río Aconcagua (~33 °S) (Velásquez et al. 2020) (Figura 1A). En estas cuencas, el rango de distribución altitudinal de sus poblaciones está determinada por las condiciones biofísicas del ambiente fluvial (régimen hidrológico, diversidad de hábitats bentónicos, presencia de meandros y canales), el grado de intervención antrópica del cauce (alteración de la dinámica hidrológica, presencia de barreras físicas), y la segregación espacial de los estadios ontogénicos (larvas, juveniles y adultos) en las diferentes zonas limnéticas del sistema (hábitat estuarino: desembocadura; hábitat fluvial: potamon y ritron) (Velásquez et al. 2022a). Esta segregación espacial refleja la conducta migratoria anfídroma de la especie, donde las hembras ovígeras migran río abajo durante la época de primavera y verano, desde los hábitats fluviales hacia el hábitat estuarino, para que ocurra la eclosión de los huevos, desarrollo larval y el posterior retorno de los juveniles río arriba para completar su ciclo de

vida e incorporarse a la fracción adulta (Bauer 2013).

En gran parte de su rango de distribución en el norte de Chile, *C. caementarius* se encuentra sometido a una fuerte presión extractiva con fines comerciales, especialmente en las cuencas de los ríos Lluta, Quebrada Camarones, Huasco, Limarí y Choapa (Bahamonde y Vila 1971; Morales y Meruane 2013a; Velásquez et al. 2022a) (Figura 1B), donde a la fecha no existe un manejo y regulación efectiva para esta actividad. La extracción se desarrolla en hábitats altamente fragmentados con permanentes períodos de sequía, producto de la alteración del régimen de las precipitaciones derivadas del cambio climático (Garreaud et al. 2020), sobreexplotación de los recursos hídricos (Nicolas-Artero 2021) y permanentes conflictos socio-ambientales con la industria minera y agrícola (Carranza et al. 2020), constituyendo una severa amenaza para la viabilidad de las poblaciones de *C. caementarius*, ocasionando en algunos casos mortandades masivas como las reportadas en las cuencas de los ríos Copiapó, Huasco y Choapa durante los años 2014, 2018, 2020 y 2021 (Figura 1B) (Velásquez et al. 2022b). Desde el año 2013, el Ministerio de Medio Ambiente de Chile (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 los próximos 100 años.

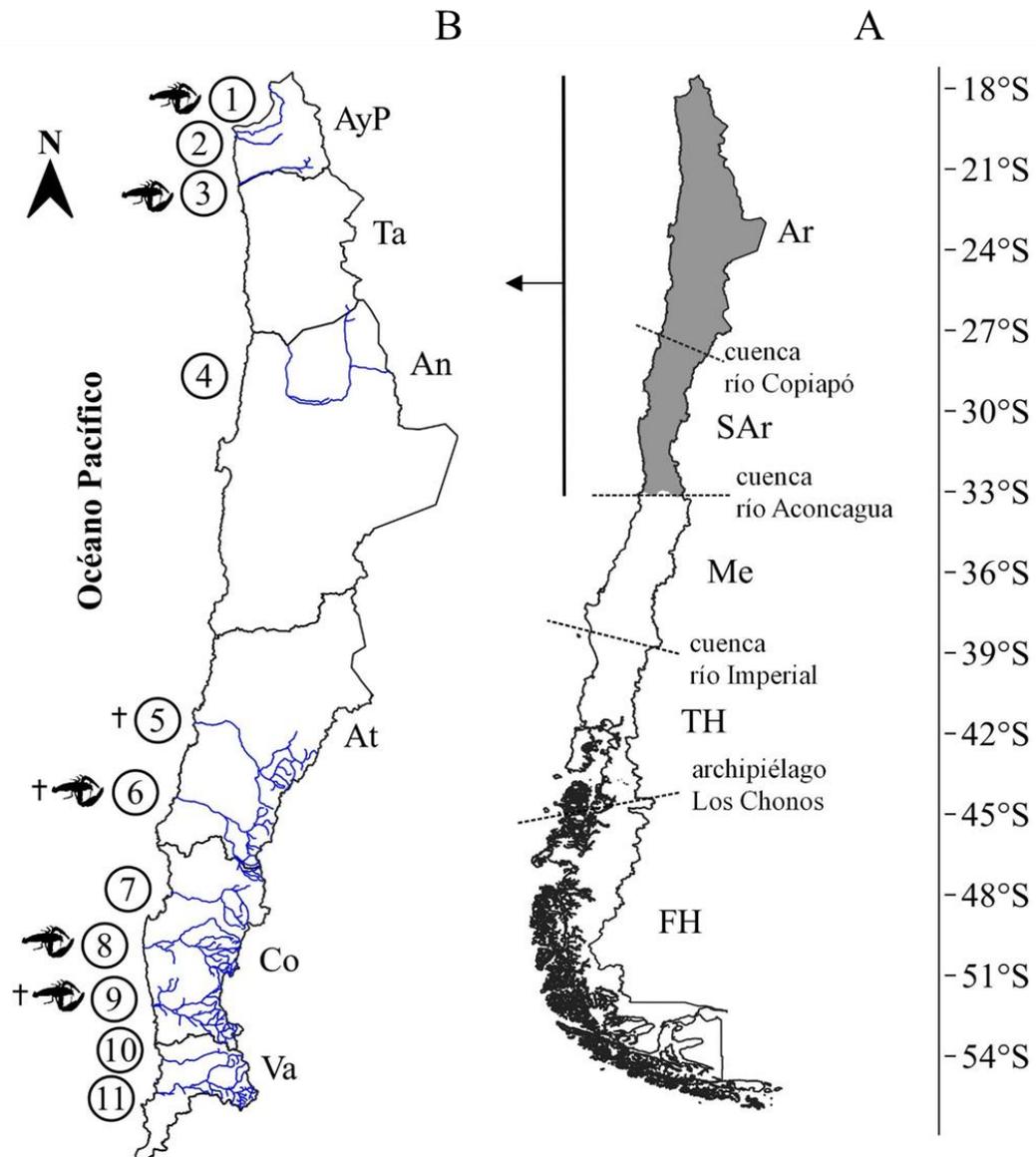


Figura 1. Sinopsis biogeográfica de *Cryphiops caementarius* en Chile Continental (*sensu* Bahamonde y López 1963; Bahamonde y Vila 1971; Bahamonde et al. 1998; Jara et al. 2006; Dennenmoser et al. 2010; Morales y Meruane 2013a; Velásquez et al. 2020). (A) Rango de distribución geográfica en el norte de Chile (área gris). Regiones climáticas e hidrográficas de Chile (Romero 1985; Niemeyer y Cereceda 1985). Ar = Árido, SAr = Semiárido, Me = Mediterráneo, TH = Templado Húmedo, FH = Frío Húmedo. (B) Cuencas que albergan las principales poblaciones. 1 = río Lluta, 2 = Quebrada Azapa, 3 = Quebrada Camarones, 4 = río Loa, 5 = río Copiapó, 6 = río Huasco, 7 = río Elqui y estero El Culebrón, 8 = río Limarí, 9 = río Choapa, 10 = río La Ligua, 11 = río Aconcagua. Regiones administrativas. AyP = Arica y Parinacota, Ta = Tarapacá, An = Antofagasta, At = Atacama, Co = Coquimbo, Va = Valparaíso. Siluetas de camarón = pesquería. Cruces = registros de mortandades por escasez hídrica (*sensu* Velásquez et al. 2022b).

Figure 1. Biogeographic synopsis of *Cryphiops caementarius* in Continental Chile (*sensu* Bahamonde and López 1963; Bahamonde and Vila 1971; Bahamonde et al. 1998; Jara et al. 2006; Dennenmoser et al. 2010; Morales and Meruane 2013a; Velásquez et al. 2020). (A) Geographic distribution range in northern Chile (gray outline). Climatic and hydrographic regions of Chile (Romero 1985; Niemeyer and Cereceda 1985). Ar = Arid, SAr = Semi-arid, Me = Mediterranean, TW = Temperate Wet, CW = Cold Wet. (B) Basins that host the main populations. 1 = Lluta river, 2 = Quebrada Azapa, 3 = Quebrada Camarones, 4 = Loa river, 5 = Copiapó river, 6 = Huasco river, 7 = Elqui river and El Culebrón stream, 8 = Limarí river, 9 = Choapa river, 10 = La Ligua river, 11 = Aconcagua river. Administrative regions. AyP = Arica and Parinacota, Ta = Tarapacá, An = Antofagasta, At = Atacama, Co = Coquimbo, Va = Valparaíso. Prawn's outline = fishery. Crosses = records of mortality due to water scarcity (*sensu* Velásquez et al. 2022b).

Actualmente, la pesquería de *C. caementarius* es de libre acceso, pero no está incluida en la nómina de pesquerías artesanales de acuerdo a los términos legales de la Ley General de Pesca y Acuicultura de Chile (LGPA). Por otra parte, su extracción es regulada mediante el D.S. N° 145 de 1986, el cual ajustó el período de veda desde el 1 de diciembre hasta el 30 de abril, período en el cual se prohíbe su extracción, tenencia, posesión, industrialización, comercialización y transporte. Respecto a la talla mínima de extracción (TME), ésta corresponde a 30 mm de longitud cefalotorácica (LC) tomada desde la órbita ocular derecha hasta el extremo posterior del cefalotórax. También quedan vedadas indefinidamente las hembras ovígeras, las cuales deben ser devueltas al agua, aunque tengan la TME. Respecto a las artes de pesca, se permite la caña, atarraya y la captura manual. Para los efectos de control de la TME, esta especie debe transportarse y comercializarse entera, lo cual se debe acreditar mediante una guía de libre tránsito otorgada por el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura de Chile (SERNAPESCA). De esta forma, si bien esta especie cuenta con medidas de administración vigente, la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura de Chile (SUBPESCA) no reconoce formalmente la actividad extractiva como pesquería (Res. Ex. 3115) ni a sus usuarios como actores del sistema pesquero de Chile.

El problema principal que enfrenta *C. caementarius* en las cuencas chilenas es que presenta una explotación pesquera escasamente regulada y un alto riesgo de conservación, cuyo conjunto de problemas incluye: (1) no reconocimiento legal de esta pesquería, (2) condición de pesquería de libre acceso, (3) bajo conocimiento del estado poblacional y de explotación del recurso con un estado de conservación vulnerable, (4) escasa fiscalización para controlar el cumplimiento de la normativa vigente, (5) falta de coordinación inter-institucional entre los actores del sistema que intervienen en las cuencas, (6) desconocimiento e incumplimiento de la normativa vigente, (7) falta de registro y estadísticas oficiales de extracción de esta pesquería, (8) fragmentación y degradación del hábitat fluvial, y (9) presencia de especies exóticas invasoras (Velásquez et al. 2022a). En parte, estos aspectos son considerados en las recomendaciones emitidas por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) al Estado Chileno en relación con la elaboración de una legislación específica para regular pesquerías continentales (al cual

pertenece *C. caementarius*) en el marco de la LGPA, tomando en cuenta la Declaración de Roma sobre Pesca Continental responsable (FAO 2016).

En Chile, son escasas las organizaciones formalizadas de camaroneros, y las que cumplen esta condición están concentradas principalmente en la región semiárida del país (Figura 1A, B) (Morales y Meruane 2013a), siendo la cuenca del río Choapa una de las más representativas por su dimensión de usuarios y trayectoria en experiencias de manejo de camarones (Cárcamo et al. 2021; Velásquez et al. 2022a). En este contexto, el objetivo principal del presente estudio fue caracterizar, en conjunto con las organizaciones de camaroneros de la cuenca del río Choapa, el sistema socio-ecológico en cual subyace la pesquería de *C. caementarius* durante el período 2019-2021 a través de: i) la recopilación del conocimiento tradicional de las organizaciones de camaroneros, sobre aspectos poblacionales y pesqueros de *C. caementarius*, ii) un seguimiento de la pesquería de *C. caementarius* a través de registros recopilados por los camaroneros durante sus faenas de pesca, y iii) la construcción de un modelo conceptual basado en la percepción de los actores del sistema relacionados con la actividad camaronera local.

A partir de estos resultados se presentan recomendaciones para la implementación de plan(es) de conservación y manejo que apoye(n) la sostenibilidad de la pesquería de *C. caementarius* en la cuenca del río Choapa, considerando que esta especie otorga servicios ecosistémicos de provisión económica y gastronómica a través de su pesquería, soporte ecológico por sus patrones migratorios y posición intermedia en la trama trófica fluvial, y valoración biocultural como componente de la identidad patrimonial de las comunidades del norte de Chile (IFOP 2022).

---

## MATERIALES Y MÉTODOS

---

### Condición hídrica y actividad camaronera en el área de estudio

La cuenca del río Choapa se localiza en la región de Coquimbo, norte semiárido de Chile (Figura 1A, B) y está fuertemente influenciada por sequías prolongadas durante verano y otoño, y un período de precipitaciones concentrada en invierno (Niemeyer y Cereceda 1985; Romero

1985). El contraste de estos hidroperíodos genera una alta variabilidad de los caudales medios mensuales, como los registrados durante el año 2019 en donde se registró una mínima de  $0,10 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  en enero (verano), y una máxima de  $1,55 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  en junio (invierno); mientras que en 2020 los caudales fluctuaron con una mínima de  $0,01 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  en diciembre (verano) y una máxima de  $1,18 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  en julio (invierno) (DGA 2022).

La cuenca del río Choapa enfrenta una megasequía que se ha prolongado desde el año 2010 en gran parte de la zona centro-norte de Chile (Garreaud et al. 2020), y que ha generado continuos problemas para asegurar el suministro hídrico para consumo humano y actividades agrícolas. Por este motivo, el Ministerio de Obras Públicas de Chile (MOP) decretó a esta cuenca como zona de escasez hídrica (DGA 2022). Este decreto permite al MOP entregar soluciones para mitigar en el corto plazo los daños derivados de la megasequía a través de intervenciones físicas de cuerpos naturales de agua, como canalizaciones y extracción de aguas. No obstante, la ejecución de estas obras representa un riesgo permanente para la biota acuática nativa de la cuenca, ya que ha generado mortandades de especímenes de *C. caementarius* y pejerreyes (*Basilichthys microlepidotus*) durante los años 2014, 2020 y 2021 (Figura 1B) (Velásquez et al. 2022b).

En esta cuenca, los camaroneiros están agrupados en dos organizaciones centralizadas, la Asociación Gremial de Productores y Extractores de Recursos Dulceacuícolas del Choapa A.G (25 socios; 5 mujeres y 20 hombres), y el Sindicato de Trabajadores Independientes Camaroneiros del Choapa (37 socios; 6 mujeres y 31 hombres). Ambas están conformadas por socios provenientes de la comuna de Illapel y las localidades de Tunga, Doña Juana, Choapa Viejo y Limahuida (Figura 2), y cuyo rango etario varía entre 29 y 81 años de edad.

### Distribución altitudinal de *Cryphiops caementarius*

Durante las épocas de verano e invierno de 2019, se realizaron muestreos en conjunto con las organizaciones de camaroneiros para conocer el rango de distribución altitudinal (metros sobre el nivel medio del mar; msnm) de *C. caementarius* en la cuenca del río Choapa. Se realizaron prospecciones exploratorias en los principales

cursos fluviales de la cuenca cercanas a la naciente en la precordillera de Los Andes ( $\sim 1.000$  msnm) hasta el afluente en el Océano Pacífico (Sitio Ramsar Salinas de Huentelauquén), recorriendo específicamente desde los ríos Illapel y Choapa, pasando por los esteros Camisas y Canela, hasta la desemboca-dura del río Choapa (Figura 2). Simultáneamente, se recorrieron áreas aledañas a las principales presiones antropogénicas locales de la cuenca, como zonas urbanas (comunales de Illapel y Salamanca), sitios de extracción permanente de áridos, embalses de aguas (El Bato en el río Illapel; Corrales en el estero Camisas) y actividad minera a gran escala (Figura 2). Esta prospección permitió definir los sitios de muestreo para determinar la ocurrencia espacial y temporal de *C. caementarius* en la cuenca del río Choapa. Para esto, se realizaron muestreos estacionales (verano y otoño 2019) de presencia/ausencia en 8 sitios estratificados altitudinalmente en tres zonas de la cuenca: baja ( $\sim 0$ – $250$  msnm; sitios 1, 2, 3), media ( $\sim 250$ – $500$  msnm; sitios 4, 5, 6) y alta ( $\sim 500$ – $1.000$  msnm; 7, 8) (Figura 2).

### Conocimiento tradicional de las organizaciones de camaroneiros

El conocimiento tradicional de los camaroneiros de la cuenca del río Choapa se recopiló a través de la aplicación de entrevistas semi-estructuradas a cuatro grupos de informantes calificados (N total = 17) durante marzo de 2019 (Figura 3A, B). Se consideraron informantes calificados a los camaroneiros que tenían una experiencia de al menos diez años en la actividad. El grupo etario de los entrevistados varió entre 29 y 65 años e incluyó a 6 mujeres (35,3 %) y 11 hombres (64,7 %), quienes respondieron las siguientes preguntas relacionadas a los aspectos poblacionales y pesqueros de *C. caementarius* en la cuenca del río Choapa: i) ¿Cuáles son las zonas y épocas del año donde se ha registrado la mayor presencia de camarones juveniles y adultos?, ii) ¿Qué factores naturales y/o antrópicos cree usted han afectado, positiva o negativamente la supervivencia y/o accesibilidad que tiene los camarones ante la pesquería?, iii) ¿Qué sabe usted sobre la migración de los camarones en el río? Las respuestas de los informantes fueron indicadas según la representatividad y consenso grupal del discurso.

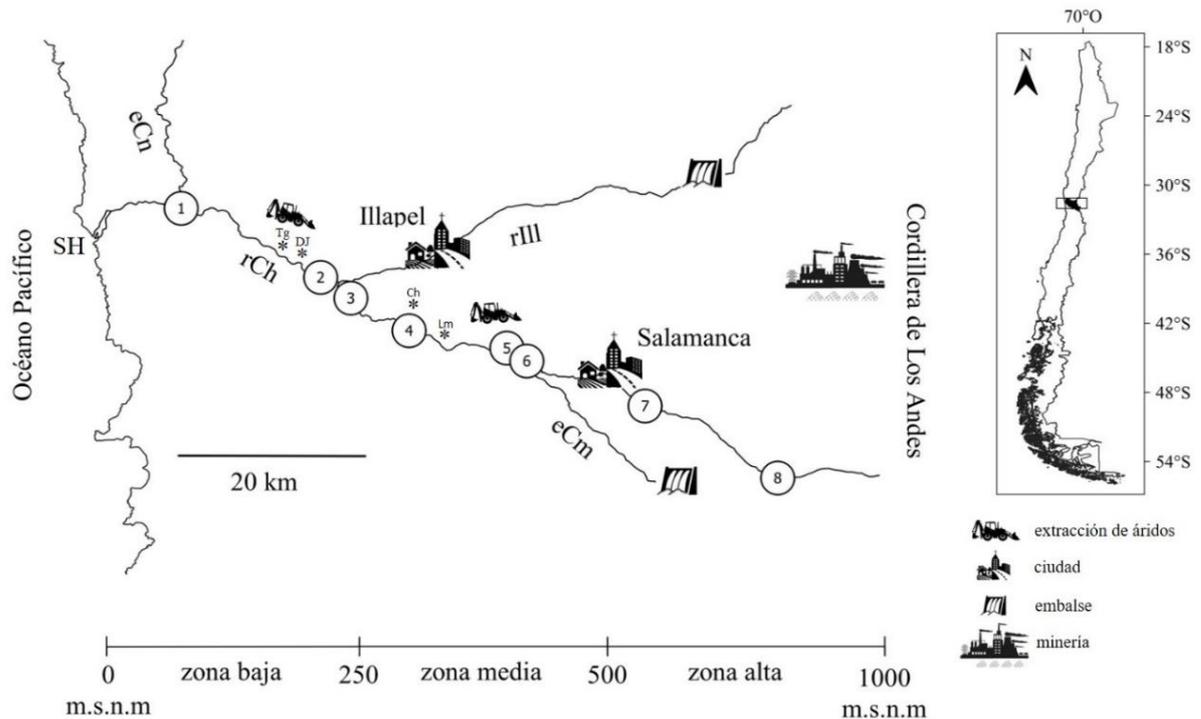


Figura 2. Estratificación altitudinal de los cursos fluviales prospectados y sitios de estudio para la distribución espacial de *Cryphiops caementarius* en la cuenca del río Choapa. Cursos fluviales. rIll = río Illapel, rCh = río Choapa, eCm = estero Camisas, eCn = estero Canela, SH = Sitio Ramsar Salinas de Huentelauquén. Los sitios (1 al 8) corresponden a los lugares de muestreo de presencia/ausencia. Los asteriscos indican las localidades de procedencia de los camaroneros. Tg = Tunga, DJ = Doña Juana, Ch = Choapa Viejo, Lm = Limahuida.

Figure 2. Altitudinal stratification of surveyed fluvial courses and study sites for the spatial distribution of the *Cryphiops caementarius* in the Choapa river basin. Fluvial courses. Illr = Illapel river, Chr = Choapa river, Cms = Camisas stream, Cns = Canela stream, SH = Ramsar Site Salinas de Huentelauquén. The sites (1 to 8) correspond to the presence/absence sampling places. Asterisks indicate origin localities of the prawn fishers. Tg = Tunga, DJ = Doña Juana, Ch = Choapa Viejo, Lm = Limahuida.

## Registro pesquero

Durante el período 2019–2021, se realizó un seguimiento de la pesquería de *C. caementarius* en la cuenca del río Choapa, en conjunto con las organizaciones de camaroneros. Estos registros se realizaron a través de información recopilada por los camaroneros durante sus faenas habituales de pesca (buceo “garceo” nocturno y/o recolección diurna dirigida) en el río (Figura 3C, D), donde se registraron: i) fecha de faena, ii) inicio y final del tramo fluvial recorrido (asignado con nombres de referencia, conocido por los camaroneros), iii) hora(s) de faena, y iv) la cantidad total de individuos (ind) y kilogramos (kg) de camarones capturados. A partir de esta información, se determinó: i) la cantidad de usuarios camaroneros que extraen el recurso, ii)

las temporadas de pesca (estaciones del año), iii) los sectores de pesca a lo largo de la cuenca, y iv) la Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE; ind  $h^{-1}$  y kg  $h^{-1}$  de camarones capturados por camaronero) como indicador directo del esfuerzo pesquero e indirecto de la abundancia de camarones.

La clasificación de los sectores de pesca se realizó acorde a la concurrencia de los camaroneros a los tramos fluviales recorridos durante sus faenas. Una vez identificados, se calcularon los promedios de CPUE (ind  $h^{-1}$ ; kg  $h^{-1}$ ) para cada sector y se georreferenciaron para su representación espacial en mapas cartográficos temáticos. Esta representación se realizó a través de un modelo de elevación digital mediante la extensión hidrografía del programa QGIS.



Figura 3. Conocimiento tradicional de las organizaciones de camaroneiros. (A) y (B) aplicación de entrevistas semi-estructuradas. Extracción de camarones por parte de camaroneiros. (C) captura nocturna a través de buceo o “garceo”, (D) captura diurna a través de recolección dirigida, (E) ejemplares capturados de talla comercial, (F) ejemplares congelados para comercialización.

*Figure 3. Traditional knowledge prawn fishers' organizations. (A) and (B) semistructured interviews. Prawn extractions by the prawn fishers. (C) Nocturnal capture through diving or “garceo”, (D) diurnal capture through directed recollection, (E) specimens captured of commercial size, (F) frozen specimens for commercialization.*

### Modelo conceptual basado en la percepción de actores sociales

Para representar la red de actividades humanas y presiones, y cómo éstas impactan a *C. caementarius* en la cuenca del río Choapa, desde la percepción de actores claves se desarrolló un modelo conceptual basado en el marco “Driver-Pressure-State-Impact-Response” (DPSIR; Causa o Fuerza Motriz-Presión-Estado-Impacto-Respuesta) (EEA 1999). Este marco de evaluación ambiental describe un enfoque para evaluar las causas, consecuencias y respuestas al cambio de manera

holística y sistémica, y ha sido utilizado en estudios de problemáticas ambientales, incluyendo manejo costero y pesquero (Atkins et al. 2011; Martins et al. 2012). Para la identificación de características claves (componentes y relaciones) en cada uno de los 5 componentes/ módulos del modelo DPSIR, se utilizaron dos fuentes de información: i) revisión de literatura disponible, y ii) entrevista a informantes claves y expertos regionales.

Se emplearon preguntas del tipo abiertas que sirvieron de guion de la entrevista para identificar

los componentes (Tabla 1). Diez entrevistas se aplicaron durante los meses de mayo a agosto de 2019, incluyendo a informantes que representaron a 3 usuarios directos de la cuenca (camaroneros), 2 investigadores que han trabajado en la zona, y 5 servicios públicos con injerencia en el manejo y fiscalización de la cuenca. Una vez identificados y caracterizados los componentes, un modelo conceptual basado en DPSIR fue construido usando el software IHMC Cmap Tools (Cañas et al. 2004).

## RESULTADOS

### Distribución altitudinal de *Cryphiops caementarius*

El rango de distribución altitudinal de *C. caementarius* se extiende desde Las Salinas de Huentelauquén en la desembocadura del río Choapa, hasta el sector de Tahuinco (~402 msnm) en la zona media de la cuenca, a través de ~40 km de eje fluvial. En cuanto a los muestreos de presencia/ausencia, éstos indicaron que los especímenes fueron registrados durante verano y otoño 2019 en las zonas bajas (sitios 1,2, 3) y media del río Choapa (sitios 4,5, 6) (Figura 2).

### Conocimiento tradicional de las organizaciones de camaroneros

Las entrevistas grupales arrojaron los siguientes resultados: i) los camarones de menor tamaño (juveniles) ocurren principalmente en la época de otoño e invierno en la zona baja de la cuenca, mientras que los camarones de mayor tamaño (machos adultos) ocurren en la época de verano principalmente en la zona media de la cuenca, ii) la abundancia de *C. caementarius* y su pesquería se ha visto afectada por la permanente sequía que enfrenta la cuenca, la extracción permanente de áridos, las intervenciones físicas del cauce fluvial, la contaminación química de las aguas por actividades mineras y agrícolas, la presencia de embalses de agua, y el cierre perimetral de propiedades privadas de uso agrícola colindantes con el cauce del río, lo que dificulta o imposibilita el acceso a sectores históricos de extracción del recurso que hace ~30 años atrás se extendía hasta la zona alta de la

cuenca. Ellos indican que estas perturbaciones son las causantes de la desaparición de sus poblaciones en la zona alta de la cuenca, iii) los camaroneros indican que esta especie no necesariamente debe llegar a la desembocadura del río Choapa (Salinas de Huentelauquén) para completar su ciclo de vida, ya que afirman que desovan en diferentes áreas y/o sectores a lo largo de la cuenca, según las condiciones hídricas y ambientales locales.

### Registro Pesquero

Se registró un total de 578 faenas de pesca realizadas por 33 camaroneros en 8 sectores de pesca distribuidos altitudinalmente en la zona baja (5 sectores) y media (3 sectores) de la cuenca del río Choapa, específicamente desde ~36 hasta 402 msnm (Figura 4). Las faenas se realizaron en las épocas de otoño (12 faenas; 01 de mayo–19 de junio 2019), invierno (128 faenas; 22 de junio–20 de septiembre 2019), primavera (421 faenas; 22 de septiembre–29 de noviembre 2019 / contingencia sanitaria COVID-19 / 1–21 de diciembre de 2020), y verano (17 faenas; 22 de diciembre de 2020–28 de enero de 2021).

Los sectores con mayor cantidad de faenas de pesca fueron Tunga (sector 2; 105 faenas) y Puente Negro (sector 5; 151 faenas) en la zona baja de la cuenca, mientras que los sectores con menor faenas fueron Los Loros (sector 8; 26 faenas) y Limahuida (sector 7; 15 faenas) en la zona media de la cuenca (Tabla 2). El promedio total de horas efectivas de faena fue de  $3,01 \pm 0,52$  h, con un valor máximo de  $3,92 \pm 1,48$  h en Los Loros (sector 8) y un valor mínimo de  $2,44 \pm 0,79$  h en Limahuida (sector 7) (Tabla 2). La cantidad promedio de camarones capturados fluctuó entre  $71,69 \pm 21,39$  ind en Mincha (sector 1) y  $22,06 \pm 28,92$  ind en Coyuntagua (sector 4) (Tabla 2), con un promedio total de  $44,63 \pm 17,11$  ind. El peso promedio de la captura fluctuó entre  $2,44 \pm 1,28$  kg en Los Loros (sector 8) y  $0,97 \pm 1,28$  kg en Coyuntagua (sector 4), con un promedio total de  $1,81 \pm 0,57$  kg (Tabla 2).

La CPUE (ind h<sup>-1</sup>) fluctuó entre 22,24 ind h<sup>-1</sup> en Mincha (sector 1) y 8,37 ind h<sup>-1</sup> en Coyuntagua (sector 4), con un promedio total de 16,67 ind h<sup>-1</sup> (Tabla 2, Figura 5). Por otra parte, la CPUE (kg h<sup>-1</sup>) fluctuó entre 0,73 kg h<sup>-1</sup> en Choapa (sector 6) y Limahuida (sector 7) y 0,37 kg h<sup>-1</sup> en Coyuntagua (sector 4), con un promedio total de 0,59 kg h<sup>-1</sup> (Tabla 2, Figura 5).

Tabla 1. Preguntas guías para identificar y caracterizar los diversos componentes del Marco DPSIR aplicado a *Cryphiops caementarius* en la cuenca del río Choapa.

Table 1. Guiding questions to identify and characterize the various components of the DPSIR Framework applied to *Cryphiops caementarius* in the Choapa river basin.

COMPONENTE	PREGUNTAS GUÍA
Impactos (I)	¿Qué cambios (impactos) usted conoce o ha percibido en la calidad de la pesca del camarón y en la calidad ambiental del lugar del río donde se ejecuta la actividad? ¿Qué impactos identifica en la situación socio-económica del sector camaronero del río Choapa? ¿los impactos identificados los califica como negativos o positivos?
Estados (S)	¿Cómo es el estado del lugar donde se ejecuta la pesca del camarón o el lugar donde viven los camarones?
Presiones (P)	¿Cuáles son las causas inmediatas (presiones) que usted identifica como explicativas para esta situación o estado? ¿en qué lugar (geográfico) usted las identifica u ocurren?
Fuerzas Motrices (D)	¿Cuáles son las actividades humanas o eventos (condiciones) naturales que causan esas presiones? ¿en qué lugar (geográfico) usted las identifica u ocurren?
Respuestas (R)	¿Sabe si se han implementado acciones o medidas de manejo, mitigación, compensación u otra para disminuir, corregir los impactos? ¿Han tenido efectos? ¿Qué acciones o medidas adicionales implementaría usted? ¿Quién debería implementar estas acciones o medidas?

Tabla 2. Registro pesquero de *Cryphiops caementarius* en la cuenca del río Choapa. Para cada sector se indica: cantidad de viajes realizados por camaroneros (v), promedio de horas de viajes (h), promedio de cantidad de camarones capturados (ind), promedio de kilogramos camarones capturados (kg), captura por unidad de esfuerzo (CPUE; ind h<sup>-1</sup> y kg h<sup>-1</sup>).

Table 2. Fishing record of *Cryphiops caementarius* in the Choapa river basin. For each sector, the following is indicated: number of travels made by fishers (v), mean of travel time (h), mean number of captured prawns (ind), mean kilograms of captured prawns (kg), catch per unit of effort (CPUE; ind h<sup>-1</sup> and kg h<sup>-1</sup>).

SECTOR DE PESCA	v	h	ind	kg	ind h <sup>-1</sup>	kg h <sup>-1</sup>
Zona baja						
Mincha (1)	29	3,22 ± 0,83	71,69 ± 21,39	2,18 ± 0,69	22,24	0,68
Tunga (2)	105	2,79 ± 0,78	46,92 ± 36,67	1,53 ± 1,20	16,84	0,55
Doña Juana (3)	89	2,47 ± 0,89	34,06 ± 37,25	1,09 ± 1,17	13,76	0,44
Coyuntagua (4)	90	2,63 ± 1,18	22,06 ± 28,92	0,97 ± 1,28	8,37	0,37
Puente Negro (5)	151	3,34 ± 0,89	59,93 ± 31,06	2,15 ± 0,96	17,93	0,64
Zona media						
Choapa (6)	73	3,30 ± 1,07	52,5 ± 47,61	2,39 ± 1,28	32,54	0,73
Limahuida (7)	15	2,44 ± 0,79	24,80 ± 22,04	1,77 ± 1,39	10,17	0,73
Los Loros (8)	26	3,92 ± 1,48	45,08 ± 30,31	2,44 ± 1,28	11,51	0,62

### Modelo conceptual basado en la percepción de actores sociales

El modelo conceptual construido en base a entrevistas a actores claves relaciona los flujos de los distintos componentes del modelo DPSIR para *C. caementarius* en la cuenca del río Choapa (Figura 6). Respecto a los Impactos

(I), existió coincidencia en cuanto a una percepción negativa en la evolución temporal del recurso y su pesquería. Dentro de los principales impactos identificados por los actores se encuentran: la sobreexplotación, disminución de la calidad del producto y tamaños, baja abundancia de juveniles, y mortalidad por eventos de contaminación. Si bien, la ocurren-

cia de estos impactos se identifica desde hace más de 20 años, se percibe una mayor intensidad en los últimos 10 años. A su vez estos impactos sobre el recurso generan impactos socioeconómicos, como por ejemplo, conflic-

tos entre usuarios y entre camaroneros organizados y no organizados, malas prácticas extractivas (incumplimiento de TME y veda), y disminución de precios de venta e ingresos económicos de camaroneros organizados.



Figura 4. Sectores de pesca de *Cryphiops caementarius* 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.

Figure 4. Fishing sectors of *Cryphiops caementarius* in the Choapa river basin. Lower zone: 1 = Mincha, 2 = Tunga, 3 = Doña Juana, 4 = Coyuntagua, 5 = Puente Negro. Middle zone: 6 = Choapa, 7 = Limahuida, 8 = Los Loros.

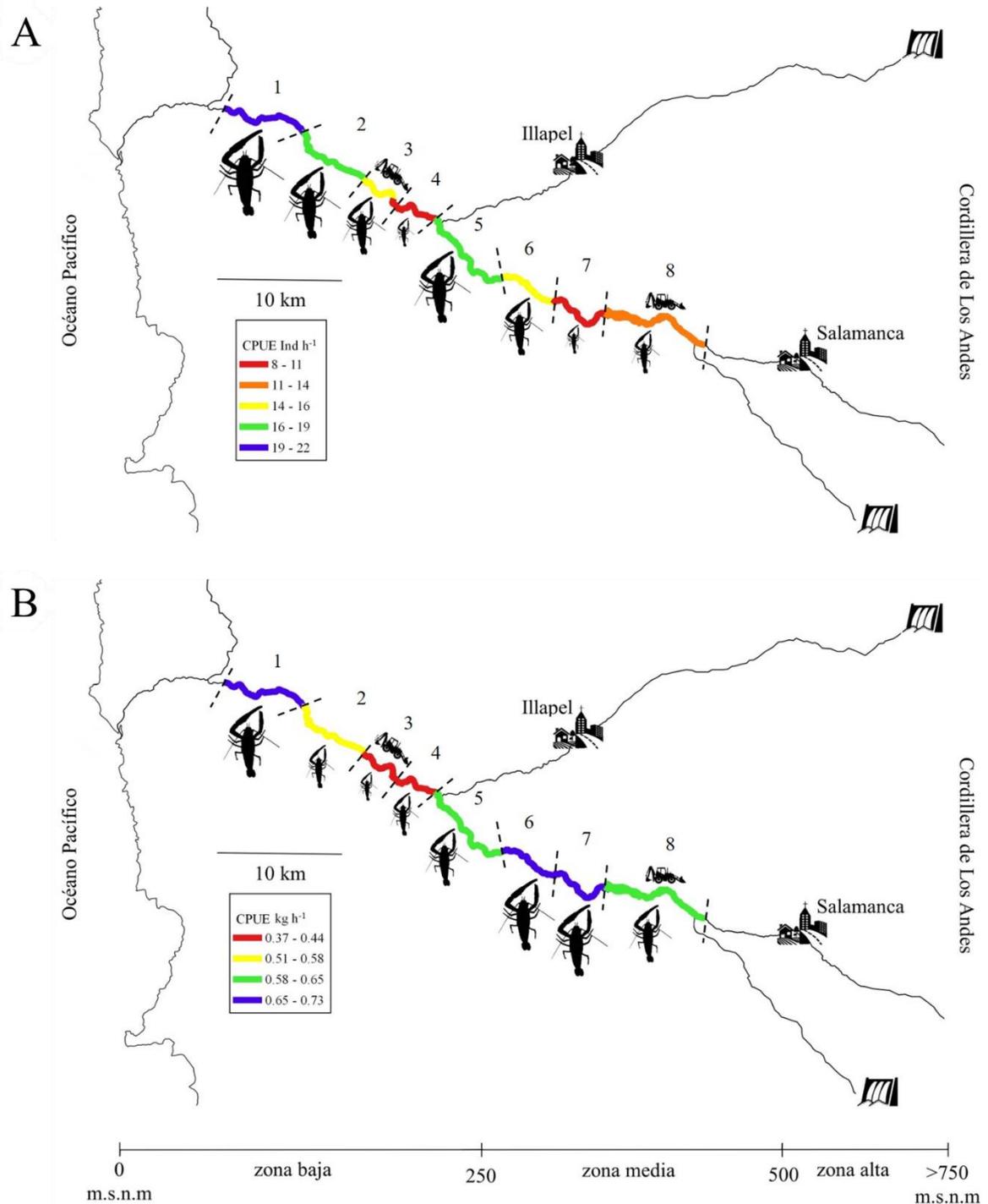


Figura 5. Zonificación espacial de los sectores de pesca de *Cryphiops caementarius* en la cuenca del río Choapa. (A) CPUE ind h<sup>-1</sup>. (B) kg h<sup>-1</sup>. Tamaño de las siluetas de camarones son proporcionales a la magnitud de capturas. Ver sectores en Figura 4.

Figure 5. Spatial zoning of the *Cryphiops caementarius* fishing sectors in the Choapa river basin. (A) CPUE ind h<sup>-1</sup>. (B) CPUE kg h<sup>-1</sup>. Size of the prawn outline are proportional to the captured magnitude. See sectors in Figure 4.

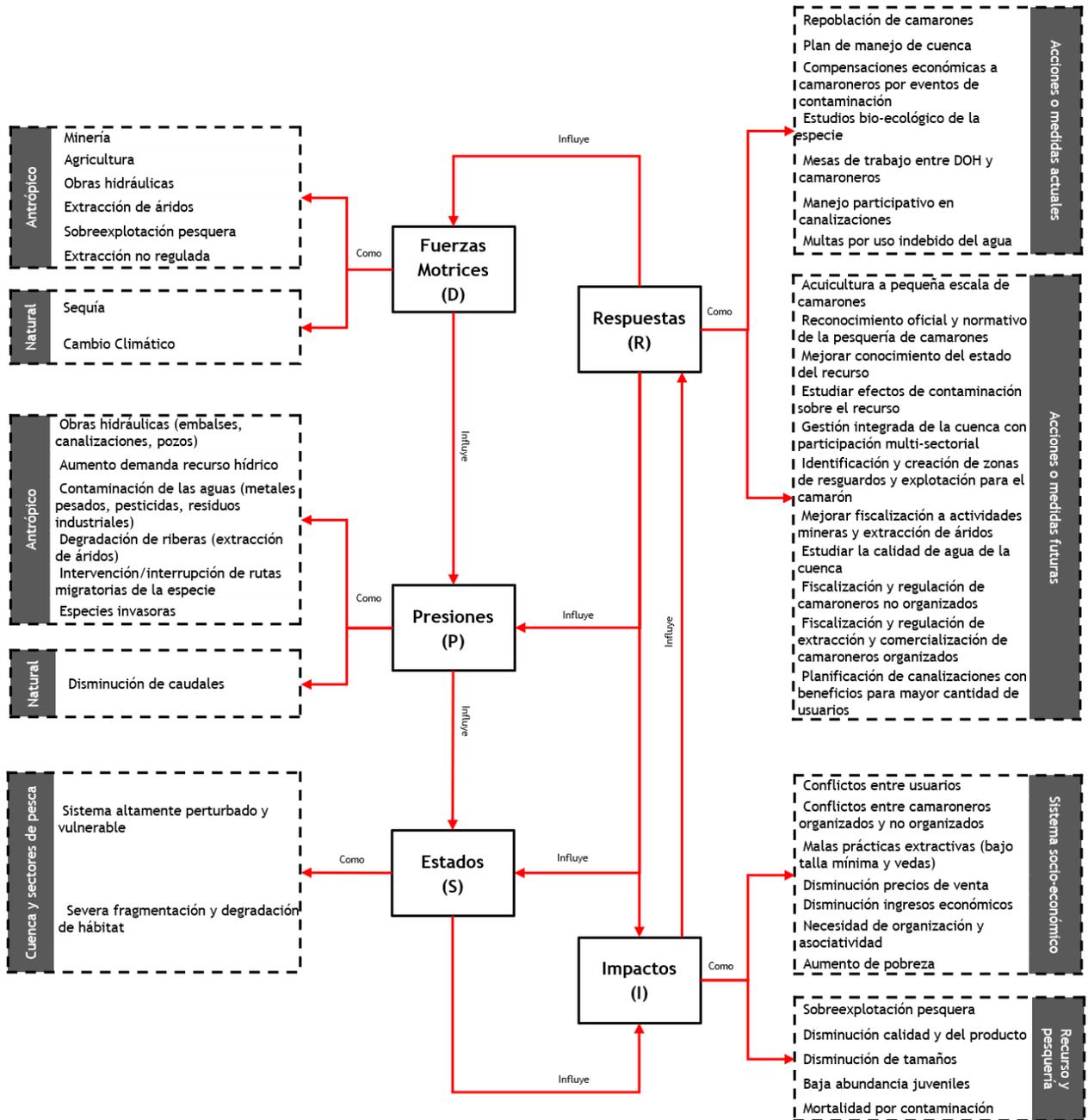


Figura 6. Modelo y flujo de los componentes DPSIR para *Cryphiops caementarius* en la cuenca del río Choapa.

Figure 6. Model and flow of DPSIR components for *Cryphiops caementarius* in the Choapa river basin.

Respecto a la percepción del Estado Ambiental (S) de la cuenca y sectores de extracción, se reconoce como un sistema altamente perturbado y vulnerable, además de presentar una severa fragmentación y degradación del hábitat fluvial de *C. caementarius*, producto principalmente de alteraciones en el caudal hídrico por la disminución en el régimen de precipitaciones y perturbaciones antropogéni-

cas sobre el cauce fluvial. Los camaroneros señalan la existencia de eventos de vertimiento y presencia de elementos contaminantes como metales pesados y pesticidas.

Dentro de las Presiones (P) de origen antrópico, indicadas como causas del estado ambiental del río, se identificaron de manera coincidente por los diversos actores: obras hidráulicas (embalses, canalizaciones, y pozos),

aumento de la demanda del recurso hídrico, vertimiento de contaminantes (residuos industriales líquidos, metales pesados, pesticidas), degradación de riberas por movimiento de áridos, intervención/ interrupción de rutas migratorias de *C. caementarius* y presencia de especies invasoras. Estas presiones son identificadas principalmente en las zonas media y alta de la cuenca. Dentro de las presiones de origen natural, se identificaron para toda la cuenca la disminución y alteración drástica en la dinámica hidrológica (caudales y nivel de agua). Las actividades humanas identificadas como las principales Fuerzas Motrices (D), causantes de estas presiones sobre las zonas media y alta de la cuenca fueron: minería, agricultura, desarrollo de obras hidráulicas, extracción de áridos, y la sobreexplotación o extracción no regulada de *C. caementarius*. Las fuerzas motrices identificadas como naturales de origen regional y global fueron la sequía y el cambio climático, respectivamente.

Entre las acciones o medidas de manejo, mitigación, y compensación para disminuir o corregir los impactos identificados (Respuestas, R) reconocidas como ya implementadas, se encuentran: repoblación de *C. caementarius* a escala experimental, planes de gestión hídrica, compensaciones económicas a camaroneros por eventos de contaminación, estudios biológicos, mesas de trabajo, obras de canalizaciones y multas por uso indebido del agua.

En cuanto a las acciones o medidas de manejo identificadas como adicionales o a implementar en el futuro, se encuentran: manejo de *C. caementarius* mediante acuicultura de pequeña escala, reconocimiento oficial y normativo de la pesquería, mejoramiento del conocimiento bioecológico y efectos de la contaminación sobre *C. caementarius*, gestión integrada de la cuenca, identificación y creación de zonas de resguardo y explotación, mejoramiento de la fiscalización a mineras y zonas de extracción de áridos, implementación de monitoreo de calidad del agua, fiscalización y regulación de camaroneros no organizados y de la extracción y comercialización, y planificación de canalizaciones con beneficios para mayor cantidad de usuarios de la cuenca.

---

## DISCUSIÓN

---

Históricamente, el fomento y marco regulatorio de las pesquerías chilenas ha estado orientado hacia el territorio marítimo y costero

(Castilla 2010), relegando las pesquerías de especies nativas de aguas continentales a un nivel secundario, muy poco estudiado y regulado (FAO 2016). Esta carencia de estudios pesqueros y ecológicos básicos dificultan la toma de decisión respecto a la conservación y pesquerías de pequeña escala como la de *C. caementarius*. Este tipo de pesquerías son claves para la alimentación local y mundial, proporcionando, además, numerosos medios de vida en países en vía de desarrollo (Short et al. 2021). En el caso de *C. caementarius*, su pesquería posee una fuerte componente socio-cultural que requieren ser incorporada en la planificación de su manejo en cuencas, por lo que el reconocimiento del saber tradicional y la percepción de los actores locales, sobre todo de comunidades rurales como los camaroneros, corresponde a un insumo de relevancia en el desarrollo participativo de enfoques de manejo y co-manejo de cuencas y pesquerías de pequeña escala, así como también, para avanzar en el reconocimiento formal y normativo de la pesquería de *C. caementarius* en Chile. Existen ejemplos de la incorporación de dichos conocimiento y percepciones para mejorar el conocimiento y el manejo efectivo de pesquerías de pequeña escala de aguas continentales de peces y crustáceos (Gebremedhin et al. 2018; Nunes et al. 2019; Silvano y Hallwass 2020). Sin embargo, procesos de transición desde actividades pesqueras tradicionales y no formales al desarrollo de un sector profesional y regulado puede encontrar obstáculos, como la pesca ilegal, sobreexplotación y conflictos sociales (Villasante et al. 2022), impactos que fueron identificados por los actores sociales asociados a la actividad camaronesa del Choapa.

Los camaroneros de la cuenca del río Choapa demostraron poseer un alto nivel de conocimiento respecto a la distribución, migración y sectores históricos de pesca de *C. caementarius*, particularmente de las características ambientales que favorecen y desfavorecen su presencia en distintas zonas y/o sectores a lo largo de la cuenca. Ellos indican que la sequía, junto con el mal manejo de las canalizaciones, son las causantes de la disminución de los caudales, lo que ha afectado fuertemente la abundancia del recurso y los rendimientos de los sectores históricos de extracción. Por otra parte, el modelo DPSIR mostró ser una herramienta útil como primera aproximación sistémica de la cuenca y la pesquería desde la percepción de los actores sociales asociados a la actividad camaronesa. El análisis DPSIR permitió visualizar parte de las

relaciones que se establecen entre los sistemas sociales y ecológicos asociados a *C. caementarius*, sin embargo, es probable que otras relaciones y vínculos más complejos no sean evidentes y/o requieran de profundizar en el desarrollo de investigación e indicadores semi o cuantitativos (Santos-Martín et al. 2013). A este respecto, como ejemplo se puede señalar la necesidad de establecer las causas de la ausencia de *C. caementarius* en la zona alta de la cuenca del río Choapa y el potencial impacto de las canalizaciones y otro tipo de intervenciones sobre los patrones migratorios de la especie. Esta ausencia de *C. caementarius* en la zona alta del río Choapa y los cursos fluviales del río Illapel, esteros Canela y Camisas, indican una aparente extinción local de las poblaciones, que encontraría sustento en lo indicado por los camaroneros, quienes afirman que hasta la década de los 90's las poblaciones se distribuían en todos los cursos fluviales de la cuenca hasta ~1.000 msnm. La restricción altitudinal de sus poblaciones hacia las zonas baja y media del río Choapa sugiere probablemente poblaciones relictas, producto de la severa fragmentación de hábitat que afecta el área, derivada de la sequía, continuas perturbaciones físicas de los cauces fluviales y la presencia de los embalses El Bato en el río Illapel y Corrales en el estero Camisas (Velásquez et al. 2022a, 2022b). Este tipo de amenazas incrementa la vulnerabilidad de las poblaciones locales debido a la interrupción de las rutas migratorias de hembras ovígeras (Velásquez et al. 2022b), situación que según los camaroneros, condiciona a las hembras a desovar en diferentes zonas y/o sectores a lo largo del sistema fluvial de la cuenca y no necesariamente requiere llegar a las condiciones estuarinas de la desembocadura (Salinas de Huentelauquén) para completar su ciclo de vida, como se describe tradicionalmente para esta especie (Bahamonde y Vila 1971; Rivera y Meruane 1994). Si bien esta conducta facultativa eventualmente le otorgaría resiliencia a la conservación de *C. caementarius*, se requiere conocer cuáles son los efectos en los procesos de crecimiento, mortalidad y reclutamiento de individuos que completan su ciclo de vida en hábitats fluviales.

Independiente de lo anterior, y acorde a lo indicado por los actores, para la conservación de *C. caementarius* y su pesquería es necesario la implementación de medidas orientadas a mantener la calidad del hábitat fluvial y las rutas de migración que han sido alteradas por la

escasez y demanda hídrica. Países como Nueva Zelanda, han promovido la inclusión de medidas y soluciones tecnológicas para mejorar la conectividad fluvial, facilitando las rutas migratorias de peces anfidromos (Franklin y Gee 2019). Por otra parte, Kikkert et al. (2009) y Verástegui et al. (2017) proponen diseños de corredores biológicos para mitigar los efectos del funcionamiento de las represas en Puerto Rico y Perú sobre las rutas migratorias de camarones anfidromos, entre los cuales se encuentra *C. caementarius*.

La pesquería de *C. caementarius* en el río Choapa está concentrada en las zonas bajas y media de la cuenca hasta ~402 msnm, y se realiza principalmente durante la época de primavera (72,83 % de las faenas totales de pesca). En esta época, los caudales del río Choapa empiezan a disminuir, las temperaturas de las aguas son más cálidas (Velásquez et al. 2022a) y las hembras de camarón empiezan su proceso migratorio río arriba para reproducirse con los machos (Bahamonde y Vila 1971; Rivera y Meruane 1994), propiciando las condiciones idóneas para la actividad camaronera local. El área de pesca coincide con el rango de distribución altitudinal de la especie, y está restringida río abajo de los embalses de la cuenca, similar a lo descrito para las cuencas de los ríos Huasco y Limarí, cuya pesquería se ejerce río abajo de los embalses Santa Juana y La Paloma, respectivamente (GESAM 1997).

Respecto a la cantidad total de camarones capturados, existe un patrón en relación al escalamiento altitudinal de la cuenca, ya que las mayores capturas se encuentran en la zona baja del río Choapa, y a medida que ascienden hacia la zona media, éstas disminuyen. Por el contrario, se observó un patrón inverso en el peso total de los camarones capturados, el cual disminuye gradualmente desde la zona media hacia la zona baja de la cuenca, similar a lo descrito por Rivera y Meruane (1994) y UCN (2014) para la misma cuenca. Estos patrones altitudinales también fueron descritos para camarones capturados en las cuencas de los ríos Huasco (Acuña et al. 2003) y Limarí (Rivera y Meruane 1994). Si bien no existen mayores registros previos para la cuenca del río Choapa, los resultados obtenidos en este estudio pueden ser referidos a estudios poblaciones y pesqueros en las cuencas costeras del sur del Perú para la misma especie, cuya pesquería se ejerce hasta ~800 msnm y las CPUE ( $\text{kg h}^{-1}$ ) mostraron valores promedio anuales de  $2,36 \text{ kg h}^{-1}$

en el río Majes-Camaná y 4,31 kg h<sup>-1</sup> en el río Ocoña (Campos et al. 2017), magnitudes entre 4 y 7 veces más grandes que la registrada en el río Choapa.

Durante los períodos de sequía, la demanda de aguas disponibles de la cuenca del río Choapa se incrementa por los regantes del sector agrícola local, especialmente en las zonas altitudinales baja y media, que albergan los sectores de pesca utilizados por los camarones. Esta situación conduce a una evidente alteración de tramos fluviales, repercutiendo negativamente sobre la extracción del recurso (Velásquez et al. 2022a, 2022b). Si la megasequía se prolonga más tiempo, las áreas de habitabilidad y colonización de camarones podrían verse críticamente afectadas, más de lo que está actualmente. En este contexto, medidas que estén orientadas a la acuicultura de *C. caementarius* se identifica como una medida para complementar los medios de vida de los camarones, disminuir la presión de pesca y el aporte de juveniles para iniciativas de repoblación. En Chile, por más de 20 años se han realizado investigaciones para controlar el ciclo de vida en ambiente controlado de esta especie (Morales y Meruane 2013b), lo que ha permitido que en la actualidad la acuicultura de pequeña escala sea una alternativa productiva que ayude a potenciar economías locales y mitigar la sobreexplotación pesquera en zonas con escasez hídrica en el norte de Chile.

---

## CONCLUSIONES

---

A partir del conocimiento científico y tradicional existente para *C. caementarius* y su sistema socio-ecológico en la cuenca del río Choapa, se proponen las siguientes medidas generales orientadas a su conservación biológica y dar sostenibilidad a su pesquería.

- 1) Implementar una propuesta de ordenamiento de la pesquería de *C. caementarius* que incluya una modificación legal para incorporar la figura de “pesca de pequeña escala de aguas terrestres” en la LGPA. La implementación implicará una instancia inédita en cuanto a su aplicación en aguas continentales en Chile.
- 2) Crear una gobernanza asociada a la actividad camaronesa, a través de la formalización de un comité o mesa multisectorial, integrada por las organizaciones de camarones y actores provenientes de la institucionalidad territorial, pesquera-acuícola, hídrica, ambiental, y académica con injerencia en la provincia del Choapa y región de Coquimbo, que permita informar, otorgar facilidades y articular instancias para el desarrollo de actividades orientadas a la conservación y manejo de la especie.
- 3) Integrar el conocimiento tradicional de las organizaciones de camarones con el conocimiento científico, para direccionar apropiadamente estrategias de conservación y manejo acorde al ciclo de vida y pesquería de *C. caementarius*, como la implementación de medidas de mitigación frente a amenazas naturales (megasequía) y antropogénicas (canalizaciones y sobreexplotación de recursos hídricos), y la evaluación de los patrones migratorios (paradigma de la migración anfídroma) de las poblaciones locales.
- 4) Determinar la(s) causa(s) de ausencia de *C. caementarius* en la zona alta del río Choapa y en los cursos fluviales del río Illapel, y esteros Canela y Camisas. Dilucidar las forzantes que gatillaron la aparente extinción local de las poblaciones en estos cursos, permitirá comprender, prevenir y mitigar las presiones ambientales que enfrenta *C. caementarius* en las zonas baja y media de la cuenca.
- 5) Identificar y zonificar las áreas de reproducción de adultos, desove de hembras, y reclutamiento de juveniles de *C. caementarius* en las zonas baja y media de la cuenca, para promover la conectividad entre áreas y potenciar la persistencia local de la especie.
- 6) Implementar conjuntamente con las organizaciones de camarones, un programa de seguimiento anual de la pesquería de *C. caementarius*, para contar con información consistente en el tiempo de los volúmenes de captura y esfuerzo de pesca por parte de los camarones.
- 7) Implementar medidas de mitigación frente a las continuas perturbaciones físicas del cauce del río Choapa derivadas de la megasequía, que integre a los actores del sistema y las organizaciones de camarones, para el resguardo de áreas claves para el ciclo de vida de *C. caementarius*, sectores históricos y temporadas de pesca.
- 8) Otorgar mayor resiliencia a las condiciones de habitabilidad fluvial frente a la escasez hídrica, a través de la protección de tramos fluviales claves para la habitabilidad de biota

acuática nativa y la identificación de los tramos fluviales más susceptibles a la megasequía.

---

## AGRADECIMIENTOS

---

Estudio apoyado por el “Programa para la consolidación de la Estrategia Pesquero Acuicola (EPA) del camarón de río del norte (*Cryphiops caementarius*) en la cuenca del río Choapa”, financiado por el Gobierno Regional de Coquimbo (Código BIP: 30480241-0). Agradecemos a todas las personas e instituciones involucradas en el desarrollo del estudio, y que aportaron su conocimiento, experiencia y voluntades en diferentes instancias. Particularmente a los camaroneros del Choapa, su participación en los numerosos trabajos de terreno, planificación y en compartir el vasto conocimiento que poseen de la historia natural del camarón.

---

## REFERENCIAS

---

- ACUÑA E, ARANEDA M, BODINI A. 2003. Estudio de áreas disponibles para el manejo y explotación acuícola del recurso camarón de río *Cryphiops caementarius* en la Cuenca del Río Huasco, como alternativa de diversificación productiva para pequeños agricultores y recolectores. Informe Final. Coquimbo: Universidad Católica del Norte. 74 p.
- ATKINS JP, BURDON D, ELLIOTT M, GREGORY AJ. 2011. Management of the marine environment: integrating ecosystem services and societal benefits with DPSIR framework in a systems approach. *Mar Pollut Bull.* 62 (2): 215-226.
- BAHAMONDE N, LÓPEZ MT. 1963. Decápodos de aguas continentales en Chile. *Inv Zool Chile.* 10: 123-149.
- BAHAMONDE N, VILA I. 1971. Sinopsis sobre la biología del camarón de río del norte. *Biol Pesq.* 5: 1-60.
- BAHAMONDE N, CARVACHO A, JARA C, LÓPEZ M, PONCE F, RETAMAL M.A, RUDOLPH E. 1998. Categorías de conservación de decápodos nativos de aguas continentales de Chile. *Bol Mus Nac Hist Nat Santiago de Chile.* 47: 91-100.
- BAUER RT. 2013. Amphidromy in shrimps: a life cycle between rivers and the sea. *Lat Am J Aquat Res.* 41 (4): 633-650.
- CARRANZA DM, VARAS-BELEMME K, DE VEER D, IGLESIAS-MÜLLER C, CORAL-SANTACRUZ D, MÉNDEZ FA, TORRES-LAGOS E, SQUEO FA, GAYMER CF. 2020. Socio-environmental conflicts: An underestimated threat to biodiversity conservation in Chile. *Environ Sci Policy.* 110: 46-59.
- CÁRCAMO F, HENRÍQUEZ-ANTIPA L, GALLEGUILLOS F, FIGUEROA-FÁBREGA L, TAYLOR MD. 2021. Marine stocking in Chile: A review of past progress and future opportunities for enhancing marine artisanal fisheries. *Bull Mar Sci.* 97 (4): 729-748.
- CASTILLA JC. 2010. Fisheries in Chile: Small Pelagics, Management, Rights and Sea Zoning. *Bull Mar Sci.* 86 (2): 221-234.
- CAMPOS-LEÓN S, PINAZO K, GUTIÉRREZ P, QUIROZ-RUIZ M. 2017. Monitoreo biológico poblacional del recurso “camarón de río” *Cryphiops caementarius* (Molina, 1782) en los ríos Majes-Camaná y Ocoña. 2015. *Inf Inst Mar Perú.* 44 (3): 442-448.
- CAÑAS AJ, HILL G, CARFF R, SURI N, LOTT J, GOMEZ G, ESKRIDGE TC, ARROYO M, CARVAJAL R. 2004. CmapTools: A Knowledge Modeling and Sharing Environment. In: CAÑAS AJ, NOVAK JD, GONZÁLEZ FM, editors. *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology. Proceedings of the First International Conference on Concept Mapping.* Pamplona: Universidad Pública de Navarra. p. 125-133.
- DENNENMOSER S, THIEL M, SCHUBART D. 2010. High genetic variability with no apparent geographic structuring in the mtDNA of the amphidromous river shrimp *Cryphiops caementarius* (Decapoda: Palaemonidae) in northern-central Chile. *J Crust Biol.* 30 (4): 763-767.
- [DGA] DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS. 2022. Santiago (Chile): Ministerio de Obras Públicas [update 2022 March; accessed 2022 March 29] <https://www.dga.mop.gob.cl/>.
- [EEA] EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. 1999. Environmental Indicators: Typology and Overview. EEA Tech Report. 25. Copenhagen: European Environment Agency. 19 p.
- [FAO] FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. 2016.

- Asistencia para la revisión de la Ley General de Pesca y Acuicultura, en el marco de los instrumentos, acuerdos y buenas prácticas internacionales para la sustentabilidad y buena gobernanza del sector pesquero. Technical Report UTF/CHI/042/CHI. Santiago: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 132 p.
- FRANKLIN P, GEE E. 2019. Living in an amphidromous world: perspectives on the management of fish passage from an island nation. *Aquat Conserv.* 29 (9): 1424-1437.
- GEBREMEDHIN S, GETAHUN A, ANTENEH W, BRUNEEL S, GOETHALS P. 2018. A Drivers-Pressure-State-Impact-Responses Framework to Support the Sustainability of Fish and Fisheries in Lake Tana, Ethiopia. *Sustainability.* 10 (8): 2957.
- GARREAUD RD, BOISIER JP, RONDANELLI R, MONTECINOS A, SEPÚLVEDA HH, VELOSO-AGUILA D. 2020. The central Chile mega drought (2010–2018): A climate dynamics perspective. *Int J Climatol.* 40 (1): 421-439.
- GESAM. 1997. Caracterización de la actividad de recolección de camarón de río del norte en la III y IV regiones. Informe Final FIP-IT/97-43. Valparaíso: Fondo de Investigación Pesquera. 287 p.
- [IFOP] INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO. 2022. Valparaíso (Chile): Instituto de Fomento Pesquero. [update 2022 March; accessed 2022 March 29] <http://www.ifop.cl/programa-camaron-choapa/>.
- JARA C, RUDOLPH E, GONZÁLEZ E. 2006. Estado del conocimiento de los Malacostráceos dulceacuícolas de Chile. *Gayana.* 70 (1): 40-49.
- KIKKERT DA, CROWL TA, COVICH AP. 2009. Upstream migration of amphidromous shrimps in the Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico: temporal patterns and environmental cues. *J North Am Benthol Soc.* 28 (1): 233-246.
- MARTINS JH, CAMANHO AS, GASPAS MB. 2012. A review of the application of driving forces – Pressure – State – Impact – Response framework to fisheries management. *Ocean Coast Manage.* 69: 273-281.
- MORALES MC, MERUANE J. 2013a. The northern river shrimp *Cryphiops caementarius* (Decapoda, Palaemonidae). Research chronology between 1958 and 2008, I: distribution, population status, biology and life cycle. *Crustaceana.* 86 (12): 1441-1451.
- MORALES MC, MERUANE J. 2013b. The Northern river shrimp *Cryphiops caementarius* (Decapoda, Palaemonidae). Research chronology between 1958 and 2008, II: aquaculture research and development in Northern Chile. *Crustaceana.* 86 (12): 1452-1467.
- NIEMEYER H, CERECEDA P. 1985. Hidrografía. Geografía de Chile. Tomo VIII. Santiago: Instituto Geográfico Militar. 320 p.
- NICOLAS-ARTERO C. 2021. Ensuring access to water in an emergency context: Towards an overexploitation and contamination of water resources? *Soc Leg Stud.* 09646639211031626.
- NUNES MUS, HALLWASS G, SILVANO RAM. 2019. Fishers' local ecological knowledge indicate migration patterns of tropical freshwater fish in an Amazonian river. *Hydrobiologia.* 833 (1): 197-215.
- RIVERA M, MERUANE J. 1994. Proyecto evaluación y manejo de las poblaciones de Camarón de río en la IV Región. Informe Final CORFO-FONTEC. Coquimbo: Universidad Católica del Norte. 54 p.
- ROMERO H. 1985. Climas. Geografía de Chile. Tomo XI. Santiago: Instituto Geográfico Militar. 105 p.
- SANTOS-MARTÍN F, MARTÍN-LÓPEZ B, GARCÍA-LLORENTE M, AGUADO M, BENAYAS J, MONTES C. 2013. Unraveling the relationships between ecosystems and human wellbeing in Spain. *PLoS one.* 8 (9): e73249.
- SILVANO RAM, HALLWASS G. 2020. Participatory research with fishers to improve knowledge on small-scale fisheries in tropical rivers. *Sustainability.* 12 (11): 4487.
- SHORT RE, GELCICH S, LITTLE DC, MICHELI F, ALLISON EH, BASURTO X, BELTON B, BRUGER C, BUSH SR, CAO L, ET AL. 2021. Harnessing the diversity of small-scale actors is key to the future of aquatic food systems. *Nat Food.* 2 (9): 733-741.
- [UCN] UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL NORTE. 2014. Estudio poblacional y de actividad extractiva del camarón de río del norte *Cryphiops caementarius* en las cuencas hidrográficas de las regiones de Atacama y Coquimbo. Reporte Técnico SUBPESCA 2013-78-DAP-17. Coquimbo: Universidad Católica del Norte. 41 p.
- VELÁSQUEZ C, HENRÍQUEZ-ANTIPA L, TORRES-AVILÉS D, WILSON AE, ALANÍS Y, CÁRCAMO F. 2020. Knowledge status of predators of the freshwater prawn *Cryphiops caementarius* (Decapoda: Palaemonidae) in river systems along the North Western Andean region from

- Perú and Chile. *Rev Biol Trop.* 68 (4): 1062-1072.
- VELÁSQUEZ C, WILSON AE, TORRES-AVILÉS D, ALANÍS Y, CÁRCAMO F, MORALES MC, TAPIA C. 2022a. Propuesta de plan de manejo integrado para el camarón de río del norte (*Cryphiops caementarius*) en la cuenca del Río Choapa. Coquimbo: Instituto de Fomento Pesquero. 108 p.
- VELÁSQUEZ C, ALANÍS Y, CÁRCAMO F. 2022b. Mortandades masivas del camarón de río *Cryphiops caementarius* causadas por la crisis hídrica en el norte Semiárido de Chile. *Neotrop Biodivers.* 8 (1): 151-155.
- VERÁSTEGUI AS, MEJÍA JA, GOYBURO A. 2017. Design of a biological corridor for migration of freshwater prawn over a dam in the southwestern slopes of Los Andes, Perú. *JWRHE.* 6 (1):1-8.
- VILLASANTE S, GIANELLI I, CASTREJÓN M, NAHUELHUAL L, ORTEGA L, SUMAILA UR, DEFEO O. 2022. Social-ecological shifts, traps and collapses in small-scale fisheries: Envisioning a way forward to transformative changes. *Mar Policy.* 136: 104933.