

## **Anexo 1**

**Programa de selección de sitios y  
seguimiento de repoblación de juveniles de  
camarón de río del norte *Cryphiops*  
*caementarius* en el río Choapa y sus efectos  
en el ambiente fluvial**



**PROGRAMA DE SELECCIÓN DE SITIOS Y SEGUIMIENTO DE REPOBLACIÓN DE JUVENILES DE  
CAMARÓN DE RÍO DEL NORTE *Cryphiops caementarius* EN EL RÍO CHOAPA Y SUS EFECTOS  
EN EL AMBIENTE FLUVIAL**

**Instituto de Fomento Pesquero  
División de Investigación en Acuicultura  
Departamento de Repoblación y Cultivo  
Mayo 2020**



## 1. Antecedentes

En el marco de la reciente solicitud de SUBPESCA respecto a proponer un Programa de Seguimiento de la liberación y de sus efectos en el ambiente, según lo señalado en el Artículo 7° del Reglamento Ambiental para la Acuicultura (RAMA), y de manera complementaria a la "Solicitud para la actividad de repoblación con juveniles de camarón de río del norte *Cryphiops caementarius*, en la cuenca del Río Choapa", ingresada a SUBPESCA el 7 de agosto del 2019 (N° Ingreso 10011) y sus respectivos Términos Técnicos de Referencia, se presenta la siguiente propuesta de Programa de Monitoreo y Seguimiento.

## 2. Ejemplares de cultivo y los eventos de liberación

Los ejemplares a liberar han sido producidos en el Laboratorio de Crustáceos de la Universidad Católica del Norte (UCN) siguiendo estrictos protocolos y consideraciones sanitarias y de índole genética. Esto último refiere al origen de los parentales, que para el presente proyecto corresponden a la misma cuenca. Se debe considerar que la solicitud se enmarca en el proyecto "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", ejecutado por IFOP y financiado por el Gobierno Regional de Coquimbo, y que tiene dentro de sus objetivos y actividades generar una base de datos genéticos para esta especie en la cuenca del Choapa y un procedimiento genético para el seguimiento de los juveniles liberados, así como el estudio de variabilidad genética poblacional con el uso de marcadores microsatélites. De esta forma el riesgo de alteración del status genético de la población receptora es muy bajo.

Respecto de la acción de repoblación, que en la propuesta inicial contemplaba dos eventos o liberaciones, noviembre del 2019 y julio 2020, y considerando: i) la no autorización de la solicitud a la fecha, ii) las diversas restricciones consecuencia de la actual contingencia sanitaria, y iii) la duración y cumplimiento de objetivos del proyecto en comento, se propone realizar un solo evento de liberación, el cual debería realizarse a partir del mes de agosto del 2020. En dicho evento se liberarán 15.000 ejemplares juveniles marcados, de acuerdo a protocolo de liberación, y de al menos 10 mm de longitud cefalotorácica

## 3. Selección de sitios

### 3.1. Análisis Multicriterio de Selección de Sitios (AMS)

El objetivo principal del presente análisis fue identificar los sitios claves de la cuenca del Choapa, que presenten los requerimientos ambientales necesarios para la liberación y desarrollo óptimo de los juveniles de camarón. De esta manera se busca incrementar las posibilidades de sobrevivencia hasta la etapa de madurez sexual y/o talla mínima comercial, asegurando, su persistencia en el tiempo. El AMS, incluyó 6 criterios o elementos claves para los hábitos de vida de camarones dulceacuícolas:

**Criterio A.** Condiciones físicas del hábitat fluvial

**Criterio B.** Condiciones hidráulicas del hábitat fluvial

**Criterio C.** Condiciones morfométricas del hábitat fluvial

**Criterio D.** Calidad de agua del hábitat fluvial

**Criterio E.** Distribución espacial y etaria de las poblaciones naturales de camarón

**Criterio F.** Origen filogenético de juveniles

El estudio se realizó en ocho sitios de muestreo distribuidos en la zona baja (3 sitios), zona media (3 sitios) y zona alta (2 sitios) de la cuenca del río Choapa (**Fig. 1**), durante otoño, invierno, primavera del 2019 y verano de 2020.



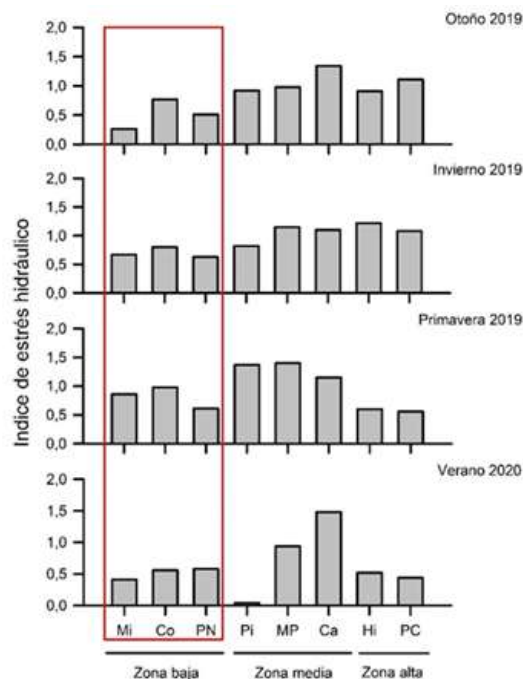
**Figura 1.** Sitios de estudio en la cuenca del Río Choapa.

Criterio A. Condiciones físicas del hábitat fluvial. Este criterio evalúa la variación espacio-temporal de la heterogeneidad física del hábitat (refugio, sustrato, condiciones hidrológicas), mediante la aplicación del Índice de Hábitat Fluvial (Pardo *et al.*, 2012). Según este criterio, todos los sitios presentan condiciones de hábitat aceptables, cuya vegetación ribereña y heterogeneidad de sustratos ofrecen una calidad relativamente buena de habitabilidad, aunque en algunos sitios estas condiciones mostraron variaciones estacionales. **Simbología:** Azul (Muy bueno/Heterogéneo); Verde (Bueno/Relativamente heterogéneo); Amarillo (Regular/Homogéneo); Naranja (Malo/Muy homogéneo).

Zona	Sitio	Otoño 2019	Invierno 2019	Primavera 2019	Verano 2020	Promedio
Baja	Mincha	62	70	70	71	68
	Puente Negro	68	84	55	70	69
	Confluencia	83	86	78	69	79
Media	Pintacura	81	79	66	68	74
	Mal Paso	79	86	70	77	78
	Camisa	81	91	77	84	83
Alta	Higuerilla	50	62	67	71	63
	Coirón	69	65	72	68	69

**Criterio B. Condiciones hidráulicas hábitat fluvial.** Este criterio evalúa la variación espacio-temporal de las fluctuaciones hidráulicas del río, expresados en un valor (0 a 2.0), mediante la aplicación del Índice de Estrés Hidráulico (Statzner *et al.*, 1988). Sitios con valores altos (más cercanos a 2.0), implican un mayor gasto energético para individuos juveniles de camarón. Bajo este criterio, los sitios de la zona baja de la cuenca (Mincha, Confluencia y Puente negro) aparecen como los candidatos idóneos para repoblación de juveniles, por lo que son prioritarios para el manejo y persistencia de esta especie (**Fig. 2**).

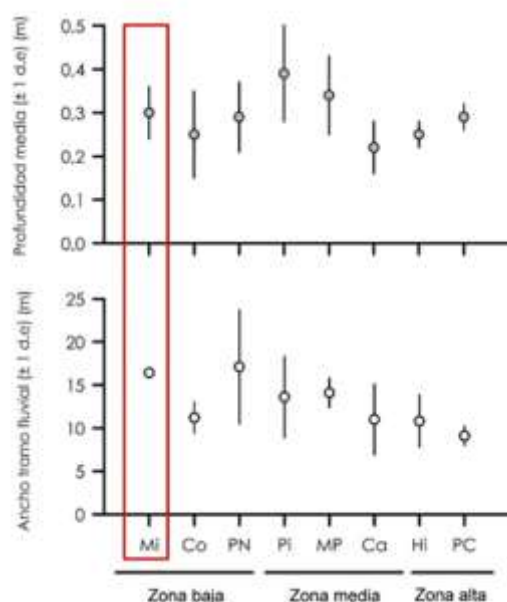
**Criterio C. Condiciones morfométricas del hábitat fluvial.** Este criterio evalúa la variación espacio-temporal promedio de las fluctuaciones morfométricas del río. Es muy importante que el sitio tenga un suministro hídrico espacio-temporal consistente, sin fluctuaciones abruptas. Esto es especialmente relevante considerando el escenario de sequía que afecta actualmente la cuenca del río Choapa. Bajo este criterio, Mincha es un candidato idóneo. (**Fig. 3**).



**Figura 2.** Variación estacional (2019-2020) del Índice de estrés hidráulico obtenidos en los sitios de estudio de la cuenca del Choapa. El recuadro rojo indica la zona potencial seleccionada para la repoblación. Mi = Mincha, Co = Confluencia, PN = Puente Negro, Pi = Pintacura, MP = Mal Paso, Ca = Camisa, Hi = Higerilla, PC = Coirón.



GENERANDO  
CONOCIMIENTO Y  
SUSTENTABILIDAD



**Figura 3.** Variación espacial promedio de la profundidad (m) y ancho (m) del tramo fluvial obtenidos en los sitios de estudio de la cuenca del Choapa. El recuadro rojo indica el sitio idóneo para repoblación. Mi = Mincha, Co = Confluencia, PN = Puente Negro, Pi = Pintacura, MP = Mal Paso, Ca = Camisa, Hi = Higuera, PC = Coirón.

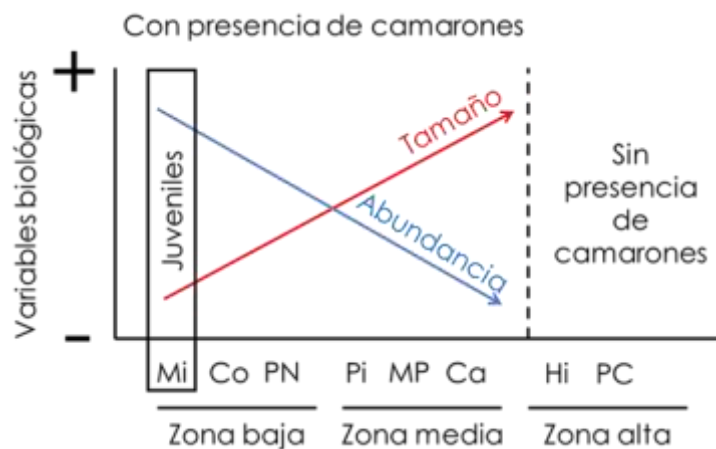
Criterio D. Calidad de agua del hábitat fluvial. Este criterio evalúa la variación espacio-temporal de la calidad de agua y grado de intervención antrópica, mediante la aplicación del índice Biótico de Familia (IBF) de macroinvertebrados bentónicos (Figuroa *et al.*, 2007). Según este criterio, todos los sitios presentan condiciones de hábitat perturbados y calidad de agua desfavorable. Se sugiere no liberar juveniles en las zonas marcadas con rojo, especialmente en la zona alta de la cuenca. **Simbología:** Azul (Muy bueno/No perturbado); Verde (Bueno/Moderadamente perturbado); Amarillo (Regular/Perturbado); Naranja (Malo/Muy perturbado); Rojo (Muy malo/Fuertemente perturbado). SD = sin dato.

Zona	Sitio	Otoño 2019	Invierno 2019	Primavera 2019	Verano 2020	Promedio
Baja	Mincha	SD	6,57	6,83	5,98	6,46
	Confluencia	SD	6,39	5,73	7,68	6,60
	Puente Negro	5,57	6,48	5,24	6,29	5,89
Media	Pintacura	4,85	4,99	5,20	5,64	5,17
	Mal Paso	6,62	6,48	5,67	6,74	6,38
	Camisa	5,31	4,83	6,29	6,06	5,62
Alta	Higuera	5,87	7,45	7,55	7,60	7,12
	Coirón	5,19	4,72	7,45	7,00	6,09

Criterio E. Distribución espacial y etaria de las poblaciones naturales de camarón. Este criterio evalúa y caracteriza de manera representativa y general el patrón de distribución de las poblaciones de camarón a lo largo de la cuenca del Choapa (IFOP, 2020). 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 de menor tamaño, en contraste con la zona media que es dominada por ejemplares de mayor tamaño; situación



que potencialmente expondría a juveniles a la depredación intraespecífica (canibalismo). Es importante considerar que Mincha es el único sitio en la cuenca con presencia de juveniles, lo que claramente es una evidencia directa de condiciones locales favorables para la persistencia de estos organismos (**Fig. 4**).



**Figura 4.** Esquema que relaciona la distribución espacial y el tamaño (proxy de grupo etario) del camarón de río en la cuenca del Choapa. Mi = Mincha, Co = Confluencia, PN = Puente Negro, Pi = Pintacura, MP = Mal Paso, Ca = estero Camisa, Hi = Higuerilla, PC = Coirón.

Criterio F. Origen filogenético de juveniles. Este criterio considera el origen filogenético de los juveniles de camarones, obtenidos a partir de adultos reproductores de la zona baja de la cuenca del río Choapa (IFOP, 2020).

### 3.2. Zona seleccionada para liberación de juveniles

En consideración de los criterios arriba mencionados, la repoblación de juveniles se realizará en la zona baja de la cuenca (**Fig. 5**).



**Figura 5.** Potencial zona de repoblación juveniles de camarón (en amarillo).

#### 4. Seguimiento de la repoblación y monitoreo ambiental

##### 4.1. Efecto de la liberación en el ambiente fluvial

Al igual que la mayoría de las especies de camarones dulceacuícolas, el camarón de río del norte es una especie omnívora y oportunista que presenta un amplio espectro trófico, incorporando desde detritus y microalgas bentónicas hasta presas móviles y carroña en su alimentación; al mismo tiempo es un componente trófico en la dieta de vertebrados mayores, como anfibios y aves, y además sostiene una presión extractiva importante por parte de pescadores locales (Velásquez et al. en revisión). Debido a lo anterior, esta especie tiene un rol relevante en la estructura trófica fluvial, por lo que es un recurso hidrobiológico clave en las cuencas del norte de Chile (IFOP, 2020). Considerando estos antecedentes, la liberación de ejemplares juveniles de camarón al río Choapa, no debiese generar un efecto negativo sobre el ambiente fluvial. No obstante, se realizará un seguimiento tendiente a conocer las potenciales implicancias de la liberación sobre la estructura y funcionamiento del río, que se detalla a continuación:

Aplicación del Índice de Hábitat Fluvial (IHF): Este índice valora la capacidad del hábitat físico para albergar biota acuática, es decir a una mayor heterogeneidad y diversidad de estructuras físicas del hábitat, mayor diversidad de las comunidades biológicas (Pardo et al., 2012). El IHF contempla la evaluación de 7 variables fluviales: a) inclusión de rápidos y sedimentación en pozas, b) frecuencia de rápidos, c) composición del sustrato, d) profundidad de la columna de agua y velocidad de flujo hídrico, e) porcentaje de sombra en el cauce, f) elementos de heterogeneidad y g) cobertura y diversidad de plantas acuáticas. Cada una de estas variables presenta diferentes puntuaciones, y la suma total de las mismas no puede superar los 100 puntos. Los rangos de calidad del IHF están categorizados en cuatro clases: Malo/Muy homogéneo = entre 0 y 40 puntos,





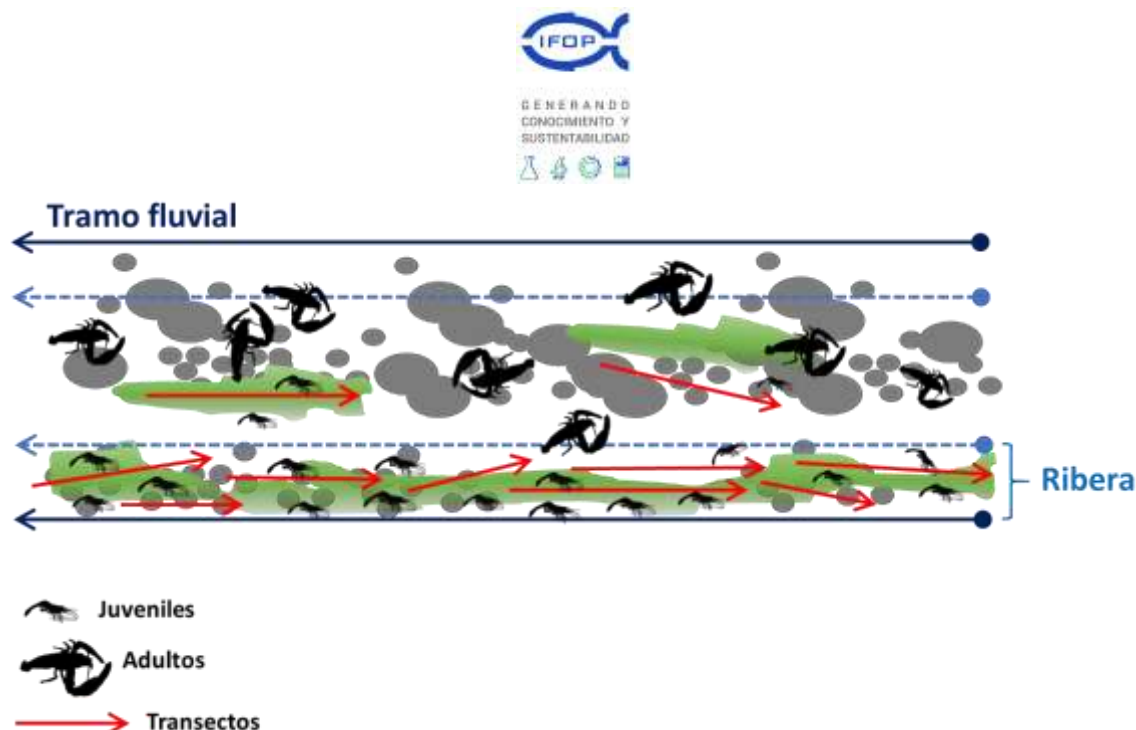
Regular/Homogéneo = entre 41 y 60 puntos, Bueno/Relativamente homogéneo = entre 61 y 80 puntos, Muy Bueno/Heterogéneo = entre 81 y 100 puntos.

Aplicación del Índice de Estrés Hidráulico (IEH): Se seleccionarán tres hábitats que representan la heterogeneidad del tramo fluvial (sitios de rápidos, remansos y pozones). Posteriormente, en cada uno de estos hábitats se medirá la profundidad total de la columna de agua (cm) y la velocidad de flujo hídrico (m/s) a tres profundidades diferentes (0,2, 0,6 y 0,8 veces la magnitud de la profundidad total). Para ambas mediciones se utilizará un flujómetro digital (molinete) graduado con escala milimétrica. La velocidad de flujo media y la profundidad media serán utilizadas para calcular el promedio del número de Froude (FROU) (Statzner *et al.*, 1988), que corresponde a la razón entre fuerzas inerciales y gravitacionales, es decir  $FROU = U / (g D)^{0.5}$ , donde U = velocidad media de la corriente hídrica, g = fuerza gravitacional ( $9,8 \text{ m s}^{-2}$ ) y D = profundidad media del agua.

Monitoreo físico y químico de la columna de agua: Se medirá temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), potencial de Hidrógeno (unidades de pH), conductividad ( $\mu\text{S/cm}$ ), saturación de oxígeno disuelto (mg/L y %, respectivamente) y turbidez (presencia de elementos orgánicos e inorgánicos); mediante la utilización de una sonda multiparamétrica y en tres puntos en el sitio de liberación.

#### **4.2. Seguimiento de juveniles repoblados**

El seguimiento de los ejemplares repoblados es clave para la determinación de la sobrevivencia de los juveniles en el medio natural. Una experiencia previa (UCN 2012), indicó que en un mes hubo un desplazamiento de 1200 m río abajo desde el punto de liberación. Por otra parte, a la hora, se observó que el 92 % de los individuos liberados permaneció en la zona de liberación, de los cuales un 77 % estaban asociadas a plantas acuáticas, en otras palabras, la conducta innata de los juveniles consistió en la búsqueda inmediata de refugio. Replicando el mecanismo arriba mencionado, se monitorearán los juveniles a la hora, día, semana y mes de liberación. La extracción de individuos se realizará mediante barrido de red en 10 tramos paralelos al eje fluvial (**Fig. 6**). Esta metodología consiste en recorrer el fondo de las orillas ribereñas (en una unidad de tiempo determinada) con una red semicuantitativa de mano ( $250 \mu\text{m}$  de abertura de malla), poniendo especial énfasis en las riberas con macrófitas acuáticas; refugio predilecto de camarones juveniles. La recolección de los individuos será ejecutada desde aguas abajo hacia aguas arriba del tramo de río seleccionado, situando la red en contra de la corriente. Una vez recolectado los individuos, se cuantificarán y se examinarán con linternas UV incluidas en el kit del VIE (Marca de elastómero) para identificar y registrar las marcas. Esta actividad será realizada en horas del atardecer, en conjunto con las organizaciones camaroneras del lugar.



**Figura 6.** Representación esquemática de barrido por transectos para cuantificación de camarones.

## 5. Cronograma de Monitoreo

El cronograma de monitoreo estará determinado por la fecha de liberación, la que en el actual escenario se proyecta para agosto del 2020, y también por la duración del proyecto. De esta forma se propone el siguiente cronograma de monitoreo.

	Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre			
Actividad Monitoreo	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Índice de Hábitat Fluvial		X				x				x				X		
Índice de Estrés Hidráulico		X				x				x				X		
Monitoreo físico-químico columna agua		X				X				x				x		
Seguimientos juveniles liberados		x	x			x				x				x		

## 6. Referencias

- Figuerola R, Palma A, Ruíz V y Niell X. (2007). Análisis comparativo de índices bióticos utilizados en la evaluación de la calidad de las aguas en un río mediterráneo de Chile: río Chillán, VIII Región. *Revista chilena de historia natural*, 80(2): 225-242.
- Instituto de Fomento Pesquero. (2020). 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. 5to. Informe de Avance, Instituto de Fomento Pesquero-Gobierno Regional de Coquimbo. 168pp.
- Universidad Católica del Norte. (2012). Una nueva estrategia pesquera-acuícola para el camarón de río del norte (*Cryphiops caementarius*): Bases para la generación de un programa de manejo sustentable del recurso. Fondef D0811104.



- Pardo I, Álvarez M, Casas J, Moreno J. L, Vivas S y Bonada N. (2002). El hábitat de los ríos mediterráneos. Diseño de un índice de diversidad de hábitat. *Limnética*, 21(3-4): 115-133.
- Statzner B, Gore J y Resh V. (1988). Hydraulic stream ecology: observed patterns and potential applications. *Journal of the North American Benthological Society*, 7: 307-360.
- Velásquez C, Henríquez-Antipa L, Torres-Avilés D, Wilson A, Alanís Y y Cárcamo F. (2020). Knowledge status of predators of the freshwater prawn *Cryphiops caementarius* (Decapoda: Palaemonidae) in river systems along the northwest Andean region from Perú and Chile. *Revista de Biología Tropical*, In review.