

**FIA FUNDACIÓN PARA LA INNOVACIÓN AGRARIA**  
**MINISTERIO DE AGRICULTURA**

**CRIANZA INTENSIVA E INTEGRAL DEL CAMARÓN DE RÍO DEL  
NORTE CRYPHIOPS CAEMENTARIUS, BASE PARA EL  
DESARROLLO DE UNA NUEVA ACUICULTURA EN CHILE.**

**Proyecto FIA N° A94-DA-020**  
**IV Región**

**INFORME TÉCNICO FINAL**  
**INFORME N°3 ETAPA 4**

Este Informe Técnico abarca las actividades del Proyecto realizadas hasta la fecha y presenta el cumplimiento de lo estipulado en el Artículo Tercero del Contrato de Aporte del FIA a la Receptora para la ejecución de las actividades contratadas.

**JEFE DEL PROYECTO:** SR. TOMÁS GARCÍA-HUIDOBRO A.  
OCEANÓLOGO EN BIOLOGIA MARINA

Santiago, Diciembre de 1999

## ÍNDICE

|  |          |
|--|----------|
| <b>ÍNDICE</b>  | <b>2</b> |
| <b>I. ANTECEDENTES GENERALES</b>   | <b>4</b> |
| <b>II. RESUMEN EJECUTIVO</b>   | <b>5</b> |
| <b>II. INFORME FINAL(TEXTO PRINCIPAL)</b>  | <b>6</b> |
| 1. Resumen de la propuesta original  | 6        |
| 2. Cumplimiento de los objetivos del proyecto  | 8        |
| 2.1. Resultados obtenidos  | 8        |
| 2.1.1. Crianza en estanque de camarones provenientes del medio natural   | 8        |
| 2.1.2. Reproducción tradicional de ejemplares provenientes del medio natural   | 20       |
| 2.1.3. Larvicultura (Hatchery)   | 22       |
| 2.1.4. Crianza en estanque de camarones nacidos en la Estación I   | 44       |
| 2.1.5. Repoblamiento de juveniles nacidos en la Estación I   | 56       |
| 2.1.6. Reproducción de ejemplares fenotípicamente seleccionados y nacidos en la Estación I                           | 57       |
| 2.1.7. Experimento de reproducción por inducción del desarrollo gonadal fuera del período reproductivo de la especie | 59       |
| 2.2. Comparación y discrepancia con los resultados esperados   | 60       |
| 3. Impactos observados   | 61       |
| 3.1. Descripción de los impactos ya observados   | 61       |
| 3.2. Comparación y discrepancia con los impactos esperados   | 63       |
| 3.3. Impactos probables en el futuro   | 64       |
| 4. Aspectos metodológicos de las actividades desarrolladas en el proyecto  | 64       |
| 4.1. Descripción de la metodología efectivamente utilizada   | 64       |
| 4.1.1. Selección, captura y transporte de los reproductores provenientes del río                                     | 64       |
| 4.1.2. Selección fenotípica de reproductores adultos nacidos en cautiverio   | 66       |
| 4.1.3. Reproducción tradicional de ejemplares provenientes del río y nacidos en cautiverio                           | 66       |
| 4.1.4. Reproducción por inducción del desarrollo gonadal fuera del período reproductivo de la especie                | 67       |
| 4.1.5. Larvicultura (Hatchery)   | 67       |
| 4.1.6. Crianza en estanque de post-larvas y juveniles nacidos en la Estación I                                       | 68       |
| 4.1.7. Engorda de camarones  | 69       |
| 4.1.8. Repoblamientos  | 69       |
| 4.1.9. Investigación   | 70       |

|  |    |
|--|----|
| 4.2. Principales problemas metodológicos enfrentados   | 70 |
| 4.2.1. Reproducción por inducción al desarrollo gonadal fuera del período reproductivo de la especie | 70 |
| 4.2.2. Alimentación larval   | 70 |
| 4.2.3. Conservación de la calidad del agua durante el cultivo larval                                 | 71 |
| 4.2.4. Medición de parámetros biológicos   | 73 |
| 4.3. Adaptaciones o modificaciones introducidas  | 74 |
| 4.3.1. Sistemas para elevar la temperatura del cultivo larval  | 74 |
| 4.3.2. Nuevas dietas y dosificación del alimento   | 74 |
| 4.3.3. Nueva metodología de manejo   | 76 |
| 4.3.4. Nueva metodología de medición de parámetros biológicos  | 78 |
| 5. Descripción de las actividades y tareas ejecutadas  | 79 |
| 6. Problemas enfrentados durante el proyecto   | 81 |
| 6.1. Técnicos  | 81 |
| 6.2. Legales   | 83 |
| 6.3. De gestión  | 83 |
| 7. Calendario de ejecución y cuadro de resumen de costos   | 84 |
| 8. Conclusiones y recomendaciones  | 85 |
| 9. Referencias bibliográficas  | 87 |
| 10. Anexos   | 90 |

## INFORME TÉCNICO FINAL

### I. ANTECEDENTES GENERALES DEL PROYECTO

#### NOMBRE DEL PROYECTO:

"CRIANZA INTENSIVA E INTEGRAL DEL CAMARÓN DE RÍO DEL NORTE CRYPHIOPS CAEMENTARIUS, BASE PARA EL DESARROLLO DE UNA NUEVA ACUICULTURA EN CHILE."

**CÓDIGO:** A94-DA-020

**REGIÓN:** IV REGIÓN

**FECHA DE ADJUDICACIÓN PROYECTO** : 28 Marzo de 1995

**FECHA DE APROBACIÓN PRORROGA** : Agosto 1998 (Sesión Ordinaria N°121)

#### AGENTE EJECUTOR Y COORDINADOR DEL PROYECTO:

|                  |  |
|------------------|--|
| <b>Nombre</b>    | : Tomás García-Huidobro Arentsen                       |
| <b>Dirección</b> | : Cerro Tronador 880 Depto. 21 – Las Condes – Santiago |
| <b>R.U.T.</b>    | :  |
| <b>Teléfono</b>  | : 224.49.87 – 246.34.11      Fax:                      |

**COSTO PROYECTO** : \$ 105.735.000

**COSTO PRÓRROGAS** : \$ 24.984.387

\$ 2.456.550

\$ 2.210.000

**COSTO TOTAL** : \$ 135.386.387

Aporte FIA: 100% del costo

#### PERÍODO DE EJECUCIÓN:

Fecha de inicio del proyecto : 01-04-1995

Fecha de término del proyecto : 10-12-1999

## II. RESUMEN EJECUTIVO

Entre Noviembre de 1996 y Abril de 1999 se efectuaron 3 intentos de reproducción masiva del camarón de río del norte *Cryphiops caementarius* bajo condiciones de cultivo parcialmente controladas. Los desoves de hembras provenientes del medio natural permitieron iniciar los cultivos con densidades variables entre 13 y 140 larvas por litro dentro de estanques de fibra de vidrio. Luego de un período de tiempo variable entre 50 y 130 días se observó el desarrollo y supervivencia de las larvas en agua salobre, clasificándose un total de 12 Zoeas o estadios antes de obtener la metamorfosis de una porcentaje parcial de la población.

El número de juveniles obtenido en Marzo de 1997 fue de 1.186 post-larvas viables en agua dulce, cifra que correspondió al 1,6 % de la población sembrada empleando bajas densidades (13-40 larvas/l). Este acontecimiento inédito en nuestro país fue la primera producción significativa de juveniles nacidos en cautiverio.

En la temporada siguiente, al emplearse altas densidades en la siembra (55,6-140,0 larvas/l), se consiguieron buenos resultados, observándose entre Marzo y Junio de 1998 la aparición de 4.085 juveniles correspondiente al 1,2 % de supervivencia. El 84% de las post-larvas se obtuvieron entre el 60° y 99° día de cultivo, acortándose significativamente el período del hatchery. El uso de una caldera sumado a los sistemas de aislamiento térmico de los estanques permitieron un mejor control y un aumento de la temperatura del agua fuera de la temporada reproductiva de la especie. Sin embargo, la experiencia demostró que era necesario modificar los protocolos de alimentación de las larvas y de limpieza de los estanques para mantener la calidad del agua en optimas condiciones y reducir la mortalidad en la última fase del cultivo.

Los anteriormente expuestos motivaron una prorroga del proyecto. En Noviembre de 1998 se estimó un desove de 326.660 individuos, con una densidad inicial que fluctuó entre 29,9 a 124 larvas por litro. Después de 90 días de cultivo se logró una supervivencia del 16,4 % correspondiente a un total de 53.540 larvas en estadio Zoea 12. Comparativamente, la supervivencia obtenida en la temporada 1998 para un lapso de tiempo equivalente fue de sólo un 4,2 %. Sin embargo, la duración de los estadios de Zoea 7 a 12, en particular Zoea 11, fue mucho más prolongada que en la temporada 1998 debido a la aparición de un protozoo ectocomensal del género *Zoothamnium sp* que sumado a una enfermedad no identificada del hepatopáncreas afectó el desarrollo y metamorfosis final de larvas. Al término del cultivo, se obtuvo un total de solo 836 post-larvas y una supervivencia del 0,44%. El éxito parcial del cultivo larval no justificó el desarrollo de un plantel comercial para abastecer a futuros centros de engorda.

Durante la investigación, se midió el crecimiento de los juveniles nacidos en Noviembre de 1996 y Enero de 1998. En ambos casos se obtuvieron resultados similares luego de 8 a 10 meses de crianza post-metamorfosis empleando densidades variables entre 100 y 400 individuos/m<sup>2</sup>. El crecimiento de los individuos fue muy heterogéneo debido a factores genéticos y ambientales tales como temperatura, densidad de cultivo y alimentación. A mayor densidad de cultivo menor fue el crecimiento. Entre el 59,7 y 53,7 % de la población no superó los 34,0 mm de longitud total (LT) y tuvo un peso promedio de 0,46 ± 0,15 g (Juveniles-1). Los Juveniles-2, alcanzaron una LT promedio de 41,8 ± 4,7 mm y un peso promedio de 1,55 ± 0,70 g, agrupando entre el 16,9 y 23,9% de la población. Los Adultos-1 sumaron entre el 15,2 y 14,9% de los ejemplares con un LT promedio de 59,8 ± 6,0 mm y un peso promedio de 4,90 ± 1,70 g. Sólo entre el 8,2 y 7,5 % de la población llegó a Adulto-2 superando los 7,80 g de peso, alcanzando una LT promedio de 81,7 ± 11,3 mm y 15,05 ± 8,5 g de peso promedio. En ambas temporadas, los adultos recolectados de mayor tamaño fueron machos que llegaron a medir 101,0 y 103,5 mm de LT y pesar 38,9 y 32,8 g respectivamente. La alta supervivencia de la población fue cercana al 85,1%.

En Enero y Noviembre de 1999 se efectuaron las primeras experiencia en Chile de repoblamiento de un medio natural basado en una producción de juveniles de *Cryphiops caementarius* nacidos y criados en cautiverio (Estación I). Ambos acontecimiento tuvieron lugar en el río Choapa, a 7-8 kilómetros de su desembocadura, contabilizándose un total de 5.500 ejemplares de 10 meses a 2 años de edad que fueron liberados en presencia de supervisores del FIA, autoridades regionales y diferentes medios de prensa (diario, radio y televisión).

Los intentos por efectuar un mejoramiento genético durante el proyecto no entregaron resultados positivos. Los ejemplares fenotípicamente seleccionados como reproductores por su mayor velocidad de crecimiento produjeron ovas con un reducido porcentaje de eclosión. A su vez, generaron larvas débiles y de pequeña talla que no sobrevivieron por más de 15 días en el hatchery. Debido a los resultados descritos será necesario revisar tanto los parámetros ambientales de cultivo como el tipo de características fenotípicas requeridas para la reproducción y mejoramiento genético de la especie.

### III. INFORME FINAL (Texto principal)

#### I. RESUMEN DE LA PROPUESTA ORIGINAL

Actualmente la crianza de camarones marinos y de agua dulce representa el 28% de la oferta total de camarones en los mercados mundiales y es la que tiene mayor importancia comercial dentro de los cultivos acuáticos. En 1992 se comercializaron en el mundo más de 700.000 toneladas (aproximadamente 950 000 hectáreas en producción) por un valor superior a los US\$ 2 700 millones.

Los principales países productores y exportadores son Tailandia (150 000 ton.), China (140 000 ton.), Indonesia (130 000 ton.), Ecuador (95 000 ton.) e India (45 000 ton.), quienes han obtenido un gran éxito en el desarrollo de esta empresa. Terrenos de uso agrícola limitado han sido convertidos en una importante fuente de empleos y divisas, logrando que los ingresos del sector acuícola en esta materia supere largamente a aquellos obtenidos por medio de la pesca.

Los principales consumidores son la Comunidad Europea (1/3 del total), EE.UU. (1/4 del total) y Japón (otro cuarto). Las expectativas en el mercado mundial indican que la demanda del producto va en aumento y tiende a incrementarse en un 10% cada 3 años.

En la IV región de nuestro país existe el camarón de río del norte *Cryphiops caementarius*, de carne sabrosa, buena presentación a la mesa, de alto valor comercial y muy cotizado entre los consumidores nacionales. Su precio, que fluctúa entre 10 y 20 dólares por kilogramo, lo convierten en un excelente candidato para una explotación controlada y racional, constituyendo una atractiva alternativa de negocio.

Desgraciadamente su abundancia ha ido disminuyendo paulatinamente en los últimos años por efecto de la pesca incontrolada a que ha sido sometido y como consecuencia de la irregularidad del caudal de los ríos que habita, producto de la construcción creciente de canales de riego. Debido a esta situación, su disponibilidad en el mercado nacional es extremadamente escasa, lo que ha impedido la instauración de una infraestructura comercial apropiada para su venta. Actualmente la única manera efectiva para activar el mercado y lograr satisfacer la demanda nacional de este producto con miras futuras a la exportación es desarrollar una industria de cultivo integral del camarón de río.

Debemos considerar que la crianza de una especie autóctona del norte, como lo es *Cryphiops caementarius*, otorga la ventaja de una muy buena adaptabilidad de la especie a las condiciones ecológicas y climáticas, permitiendo una reducción de los costos de operación.

Si bien el cultivo comercial de especies dulceacuícolas similares, tal como *Macrobrachium rosenbergii*, han tenido éxito en varios países tropicales, en Chile los intentos realizados con el camarón nacional han entregado resultados poco satisfactorios y de dudosa rentabilidad.

La principal limitante que ha impedido el adecuado desarrollo de la industria camaronera en nuestro país se relaciona con la imposibilidad de abastecer masivamente a los centros de engorda con post-larvas o juveniles producidos en cautiverio. A este inconveniente se agregan conocimientos limitados de su biología, técnicas que conducen a un crecimiento lento y heterogéneo con bajas densidades de cultivo y gastos de operación relativamente elevados.

Objetivos generales del proyecto:

(1) Controlar el ciclo biológico-productivo de la especie (cultivo larval, engorda y reproducción). De esta manera podremos disponer durante todo el año de las post-larvas necesarias para nuestro centro de engorda y también nos permitirá seleccionar artificialmente los reproductores de mejores características con la intención

de crear una nueva variedad de camarón de río que permita optimizar su producción (mayor velocidad de crecimiento, resistencia a las enfermedades etc.).

(2) Mejorar las técnicas de producción con el propósito de aumentar la velocidad de crecimiento y las densidades de cultivo reduciendo al mismo tiempo las tasas de mortalidad (enfermedades y canibalismo) así como los gastos de operación y de manutención.

(3) Disponer de un centro de cultivo larval que abastezca de "semillas" a aquellos otros productores que por razones financieras no cuentan con este tipo de infraestructura.

(4) Crear un criadero de larvas y de engorda de camarones de río que sirvan de modelo para una acuicultura a pequeña y a gran escala.

Objetivos generales de la prórroga del proyecto:

(a). Optimizar aún más la técnica de cultivo larval e incrementar la producción hasta alcanzar una meta de 42.000 post-larvas, cantidad que indicaría la factibilidad de realizar un hatchery en el ámbito comercial y permitiría efectuar la primera experiencia de repoblamiento programado del medio natural.

(b). Demostrar la factibilidad de realizar un mejoramiento genético de *C. caementarius*, a través de cruces dirigidas de reproductores fenotípicamente seleccionados por su mayor velocidad de crecimiento.

(c). Intentar la reproducción de camarones fuera del período reproductivo de la especie, gracias a la aplicación de una técnica que suma la ablación de la glándula inhibidora del desarrollo gonadal y del crecimiento con un alza de la temperatura del agua.

El proyecto se ejecutará en las instalaciones de la Estación I situada en la playa Las Ventanas, a 7 Km de Huentelauquén Norte, IV región. Para el cultivo larval y experiencias de apareamiento programado se emplearán estanques de fibra de vidrio técnicamente aislados, 5 de ellos con un volumen de 500 litros y uno de 1.700 litros. El recambio diario de agua será del 40 al 80% para cada estanque, con agua previamente filtrada, esterilizada por U.V. y calentada con una caldera especialmente diseñada. Parte de los reproductores serán capturados en el río Choapa (150 especímenes) y el resto provendrá de los ejemplares seleccionados y nacidos en cautiverio.

Se espera que los resultados permitan establecer las bases técnico-científicas para el desarrollo productivo-comercial del cultivo de larvas. La metodología adquirida permitirá al sector privado desarrollar una industria más segura y rentable, capaz de abastecer masivamente a los futuros centros de engorda con un producto genéticamente mejorado que cumpla con los exigentes requisitos del mercado. También permitirá a la pequeña y mediana empresa de la IV región contar con una nueva alternativa productiva, de mayor rentabilidad que los cultivos tradicionales y con un mercado potencial en plena expansión.

## 2. Cumplimiento de los objetivos del proyecto

### 2.1. Resultados obtenidos

#### 2.1.1. Crianza en estanque de camarones provenientes del medio natural

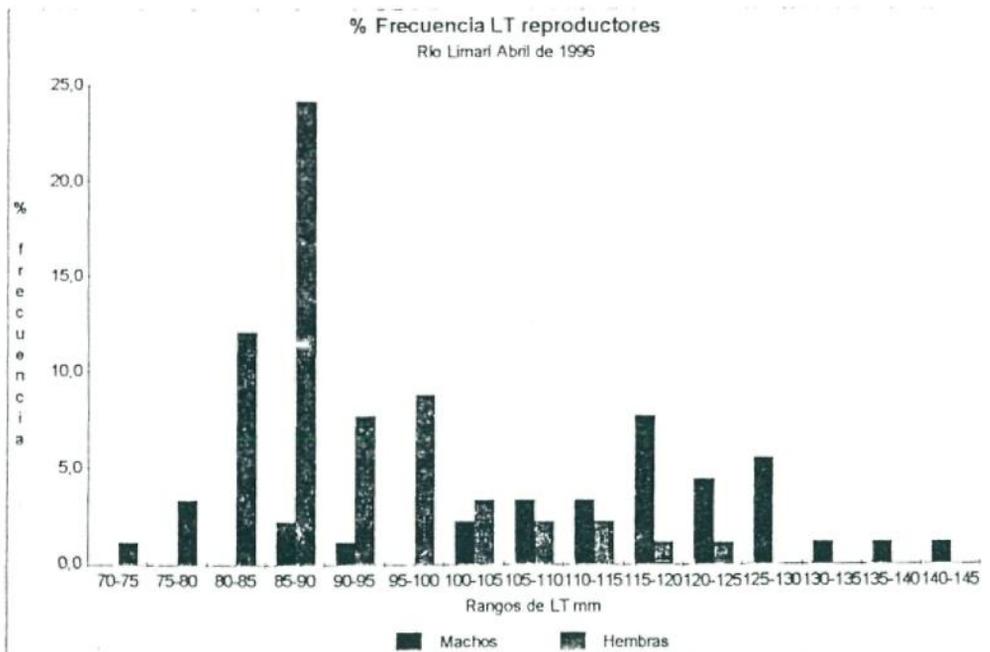
##### 2.1.1.1. Características biológicas de la población proveniente del río Limarí y capturada en el mes de Abril de 1996.

La población de reproductores traída desde el río Limarí fluctuó entre una longitud total de 62,6 mm y 144,0 mm. La talla mínima correspondió a un individuo de sexo indeterminado (encontrado casualmente entre las plantas acuáticas utilizadas para el transporte en ambiente húmedo) mientras que el camarón de mayor tamaño correspondió a un macho adulto, joven y "garrudo" (ver Histograma I).

La proporción sexual de esta muestra poblacional fue de 32,6% de machos, 66,3% de hembras y 1,1% de sexo indeterminado.

La estructura de la población para el mes de Abril de 1996, mostró a hembras cuyo tamaño fluctuó entre los rangos 75,0 a 125,0 mm de longitud total (LT) mientras que el mayor número de ellas se concentró en los rangos de talla de 80,0 a 100,0 mm. El tamaño de los machos varió entre 85,0 a 140,0 mm de longitud total de los cuales la mayor parte se ubicó en los rangos 105,0 a 125,0 mm de LT.

#### Histograma 1. Porcentaje de frecuencia por rangos de largo total (LT mm.) de los reproductores provenientes del río Limarí (Abril 1996)



La talla promedio de hembras fue 92,3 mm con una desviación estándar de 9,2 mm, mientras que la talla promedio de machos fue de 117,0 mm con una desviación estándar de 13,5 mm. Los resultados mostraron que en la población seleccionada, las hembras presentaron menores tallas que los machos, lo que es corroborado por los trabajos efectuados por Bahamonde y Vila (1971); Rivera (1988) y Norambuena (1977).

### 2.1.1.2. Cultivo bajo condiciones límites con ejemplares provenientes del río Limarí (Agosto de 1996)

Para optimizar el cultivo del camarón de río se estimó necesario conocer las condiciones límites a las cuales los ejemplares pudieran ser sometido durante su crianza o engorda. Para ello se realizaron 2 experimentos en los cuales se intentó simular una situación de sequía extrema. Bajo dichas circunstancias los estanques de cultivo no podrían tener un recambio del agua de un 100% diario, en cuyo caso probablemente tendría que reducirse al mínimo llegando en algunas ocasiones al 0% de recambio diario. Para determinar que sucedería en una situación como la descrita anteriormente se decidió medir 2 parámetros importantes en la supervivencia del camarón de río: la temperatura y la concentración de amonio considerando en ambos casos un volumen de agua constante.

#### a. Condiciones límites de temperatura

En el primer experimento se elevó gradualmente la temperatura por un período de 4 horas hasta alcanzar un máximo de 35,0°C. Se mantuvieron a los ejemplares dentro de recipientes de 30 litros con aireación constante del agua. Aproximadamente una hora después de haber alcanzado el máximo, los ejemplares tratados murieron.

Este resultado confirmó el hecho de que *Cryphiops caementarius* posee una gran resistencia a las alzas de temperatura por cortos períodos de tiempo, siendo el rango de temperatura óptimo para su desarrollo entre 14,0 y 28,0°C. Sobrepasando los 34,0°C el estrés provocado por la aceleración de su metabolismo se tornó demasiado elevado lo cual causo la muerte posterior de los camarones (Zúñiga y Ramos, 1990).

En caso de no existir recambio del agua, es poco factible que en estanques de cultivo de gran tamaño y cuya columna de agua sea superior a 60 cm de altura, la temperatura se eleve hasta superar los 30,0°C en el transcurso de un día soleado. La evaporación superficial del agua, por tratarse de una reacción endotérmica, absorbe parte del calor acumulado, impidiendo alzas importantes de temperatura.

Además el agua requiere de una elevada cantidad de calor para elevar su temperatura (aproximadamente 1.000 Kilocaloría por m<sup>3</sup> de agua para elevar la temperatura 1°C). Por lo tanto es muy poco probable que el alza de temperatura sea un factor que incida en una mayor mortalidad de los camarones durante una crianza de juveniles o la engorda de adultos mientras se mantenga una buena aireación.

#### b. Concentración límite de Amonio y porcentaje de recambio de agua (Agosto de 1996)

Se realizaron 2 experimentos con diferentes concentraciones iniciales de amonio. En cada caso se midieron y pesaron 2 hembras y 1 macho, los cuales fueron introducidos en un recipiente con 15 litros de agua. A todos los ejemplares se les dio alimento fresco equivalente al 5 % de su peso total y luego se midió la concentración inicial de amonio disuelto en el agua. Al cabo de 24 horas los ejemplares fueron revisados y medidas las nuevas concentraciones de amonio, obteniéndose los resultados que se muestran en las Tablas 1 y 2.

En los resultados se observa que, cuando se trata de pequeños volúmenes de agua, las alzas de las concentraciones de amonio excretado pueden llegar a ser muy significativas e incluso perjudiciales para el cultivo al cabo de un período de 24 horas.

El primer experimento se efectuó con una baja concentración inicial de amonio de 0,4 mg/l, cantidad inofensiva para los camarones. Al cabo de 24 horas la concentración de amonio se elevó hasta llegar a 3,8 mg/l, producto de los desechos metabólicos emitidos por los mismos crustáceos al medio acuoso. Por un motivo aún desconocido, los ejemplares machos fueron mucho más resistentes que las hembras al aumento de las concentraciones de amonio en el agua.

En ambos experimentos, se produjo la muerte de todos los individuos hembras (ver Tablas 1 y 2),

mientras que ningún macho murió, uno de los cuales incluso resistió, en el experimento 2, una alta concentración de amonio de 7,5 mg/l (ver Tabla 2).

**Tabla 1. Resultado experimento con baja concentración de amonio inicial (Agosto de 1996)**

|  |                 |                |                            |
|--|-----------------|----------------|----------------------------|
| <b>Volúmen de agua :</b>   | 15 litros       |                |                            |
| <b>NH<sub>4</sub> (mg/l) inicial :</b>                                     | 0,4 mg/l        |                |                            |
| <b>NH<sub>4</sub> (mg/l) 24h después :</b>                                 | 3,8 mg/l        |                |                            |
| <b>Sexo</b>  | <b>Peso (g)</b> | <b>LT (mm)</b> | <b>Ejemplar 24 después</b> |
| Macho  | 72,7            | 131,3          | vivo                       |
| Hembra   | 31,0            | 104,0          | muerta                     |
| Hembra   | 38,0            | 113,0          | muerta                     |
| <b>Peso total (g) :</b>  | <b>141,7</b>    |                |                            |
| <b>Tasa promedio producción amonio (mg NH<sub>4</sub>/g de peso/día) :</b> | <b>0,36</b>     |                |                            |

**Tabla 2. Resultado experimento con altas concentraciones de amonio inicial (Agosto de 1996)**

|  |                 |                |                            |
|--|-----------------|----------------|----------------------------|
| <b>Volúmen de agua :</b>   | 15 litros       |                |                            |
| <b>NH<sub>4</sub> (mg/l) inicial :</b>                                     | 3 mg/l          |                |                            |
| <b>NH<sub>4</sub> (mg/l) 24h después :</b>                                 | 7,5 mg/l        |                |                            |
| <b>Sexo</b>  | <b>Peso (g)</b> | <b>LT (mm)</b> | <b>Ejemplar 24 después</b> |
| Macho  | 76,4            | 124,7          | vivo                       |
| Hembra   | 37,0            | 112,0          | muerta                     |
| Hembra   | 39,0            | 113,0          | muerta                     |
| <b>Peso total (g) :</b>  | <b>152,4</b>    |                |                            |
| <b>Tasa promedio producción amonio (mg NH<sub>4</sub>/g de peso/día) :</b> | <b>0,44</b>     |                |                            |

Aparentemente existiría una diferencia fisiológica significativa que le otorga a los machos una mayor resistencia a la presencia de este elemento tóxico. En el caso de las hembras, los niveles tóxicos son aparentemente inferiores a los registrados por Maddox y Manzi (1976) para *Macrobrachium rosenbergeii*, de 5,87 mg/l, mientras que para los machos este valor sería superior.

A partir de la información obtenida se calculó la producción promedio de amonio, la cual varió entre 0,36 y 0,44 mg de amonio por día y por gramo de peso fresco de camarón. Eso significaría que para un estanque de gran tamaño, que posea sólo 40 centímetros de columna de agua, una densidad de cultivo de 30 ejemplares por metro cuadrado y un peso promedio por individuo de 55 gramos, se necesitaría efectuar un recambio mínimo entre el 71,4 al 75,3% del agua en forma diaria para mantener una concentración del orden de 0,8 mg/l de amonio disuelto en el agua (considerando una concentración igual o inferior a 0,2 mg/l de amonio para el agua proveniente del río).

En condiciones reales, el porcentaje de recambio del agua de cultivo podría reducirse aún más si se considera una columna de agua de 1,0 metro de profundidad o si se introducen en los estanques plantas o algas

capaces de metabolizar el nitrógeno o el amonio, reduciendo ostensiblemente las concentraciones de estos.

Este método sencillo permite también mantener altas las concentraciones de oxígeno del agua cuyo origen es producto de la fotosíntesis vegetal. La técnica podría ser de gran utilidad en momentos de sequía extrema, período durante el cual se hace mucho más difícil el recambio de grandes volúmenes de agua.

### **2.1.1.3. Evolución de la talla de la población de reproductores provenientes del río Limarí en condiciones de cultivo entre los meses de Abril y Octubre 1996**

En el tratamiento de datos de tallas no se incorporaron los datos de los 7 ejemplares machos y hembras muertos durante los experimentos de condiciones límites de cultivo (temperatura y amonio). Por este motivo los datos expuestos para el mes de Abril difieren levemente de aquellos presentados en uno de los capítulos anteriores. El propósito fue obtener datos comparables para efectuar un análisis adecuado del crecimiento de la población en cautiverio.

A pesar de ello y de la mortalidad producida por causas naturales, fue posible evaluar en los meses de Julio y Octubre de 1996 un incremento significativo de la talla de los ejemplares de cultivo provenientes del río Limarí.

#### **a. Evolución de las hembras:**

Entre los ejemplares medidos en el mes de Abril, el largo total (LT mm) mínimo fue de 74,0 mm y el máximo alcanzó 121,0 mm (ver Histograma 2). El largo total promedio calculado fue de 91,3 mm con una desviación estándar de 9,7 mm para un total de 61 hembras.

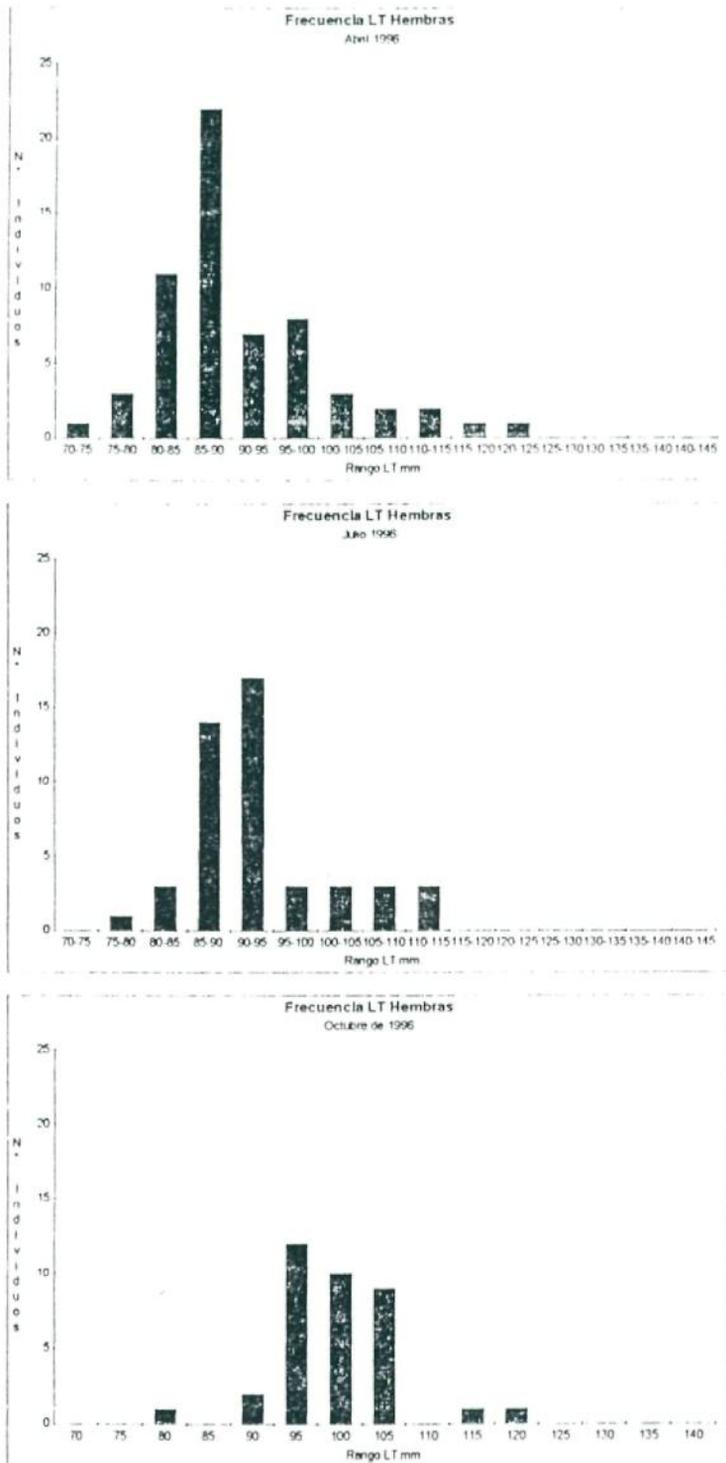
En el mes de Julio (ver Histograma 2) el individuo que tuvo 77,5 mm fue el de menor longitud total, en tanto que el de mayor talla fue de 113,4 mm. En esta última medición, la talla promedio obtenida fue de 93,4 mm y la desviación estándar de 7,9 mm para una población total de 47 hembras.

A pesar de que el resultado de esta última medición se vio alterado por la mortalidad de hembras de gran peso, fue posible determinar un incremento promedio de la talla de 2,1 mm para la población de hembras entre los meses de Abril a Julio. Este resultado significó un incremento del 2,30% de la longitud total promedio de las hembras en un período de 3 meses.

Por otro lado, en el mes de Octubre de 1996, el largo total (LT mm) mínimo en las hembras fue de 80,9 mm y el máximo alcanzó 121,2 mm (ver Histograma 2). El largo total promedio calculado fue de 101,2 mm con una desviación estándar de 7,5 mm para un total de 38 hembras.

Estos resultados indicaron claramente que a pesar de no haber incorporado los datos de los 9 ejemplares muertos (3 por causas naturales y 6 a causa de los experimentos), fue posible detectar un aumento importante en la longitud total de los individuos al inicio del período primaveral. El incremento fue significativamente superior al registrado durante el período de invierno, con un aumento de la longitud total promedio de 7,8 mm, lo que significó un incremento del 8,35% de la talla promedio de las hembras, en un período de 3 meses.

**Histograma 2. Evolución del número de frecuencia por rangos de Longitud Total (LT mm) de las hembras de cultivo provenientes del río Limarí, meses de Abril-Julio-Octubre de 1996.**

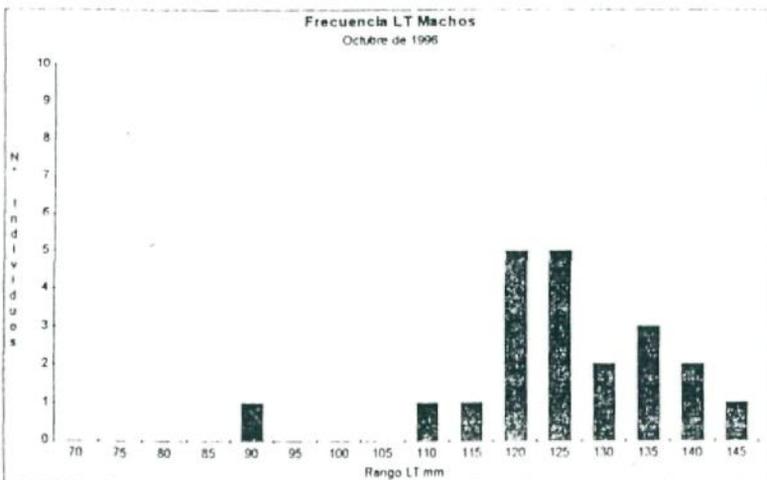
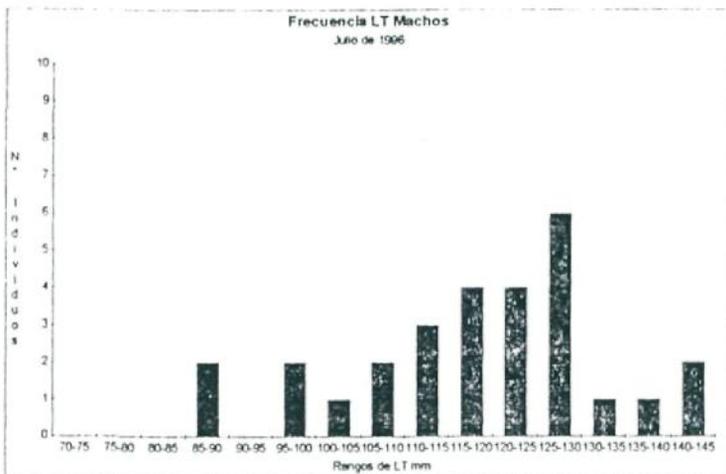
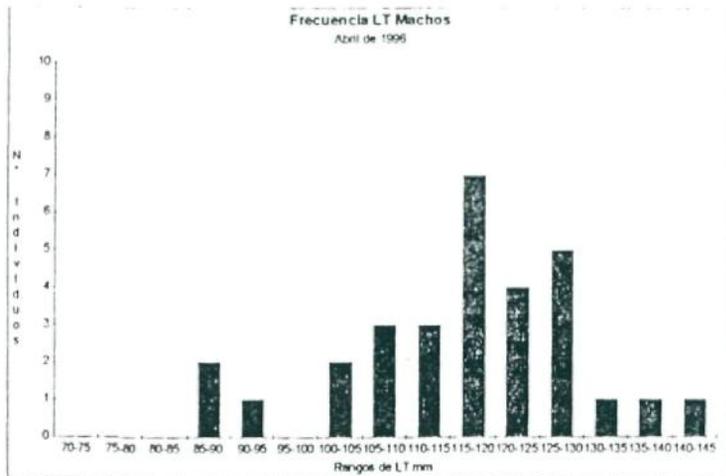


**b. Evolución de los machos:**

El largo total (LT mm) mínimo medido para los machos de cultivo en el mes de Abril fue de 85,5 mm, mientras que el largo total (LT mm) máximo alcanzó 144,0 mm, calculándose una talla promedio de 117,0 mm y

una desviación estándar de 13,5 mm para una población total de 30 individuos (ver Histograma 3).

**Histograma 3.** Evolución del número de frecuencia por rangos de Longitud Total (LT mm) de los machos de cultivo provenientes de río Limarí, meses de Abril-Julio-Octubre de 1996.



En el mes de Julio se detectó una ligera evolución de la población con respecto a la longitud total. La talla mínima medida llegó a 86,7 mm, por otro lado la máxima alcanzó 143,1 mm (ver Histograma 3). La

longitud total promedio fue de 117,8 mm con una desviación estándar de 14,1 mm para una población total de 28 individuos.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se determinó un incremento de la talla promedió equivalente a 0,8 mm, lo que correspondió a un incremento de la longitud total promedio de sólo 0,68% en un período de 3 meses, lo cual no fue muy significativo.

Por otro lado, en el mes de Octubre de 1996, el largo total (LT mm) mínimo en los machos fue de 94,4 mm y el máximo alcanzó 145,3 mm (ver Histograma 3). El largo total promedio calculado fue de 127,1 mm con una desviación estándar de 11,4 mm para un total de 21 individuos.

Estos resultados indicaron claramente que a pesar de no haber incorporado los datos de los 7 ejemplares muertos (6 por causas naturales y 1 a causa de los experimentos), fue posible detectar un aumento importante en la longitud total de los individuos al inicio del período primaveral. El incremento fue significativamente superior al registrado durante el período de invierno, con un aumento de la longitud total promedio de 9,3 mm, lo que significó un incremento del 7,89% de la talla promedio de los machos, en un período de 3 meses.

Independientemente de la edad de los camarones, se observó que tanto en los machos como en las hembras, el crecimiento de la población se redujo ostensiblemente durante el invierno y aumentó significativamente durante la primavera.

Es casi evidente que la temperatura juega un rol preponderante en el desarrollo y crecimiento de estos crustáceos, la cual aumenta el metabolismo de estos. De esta manera se acortan los periodos de internuda que permiten el incremento más acelerado de la talla de los individuos.

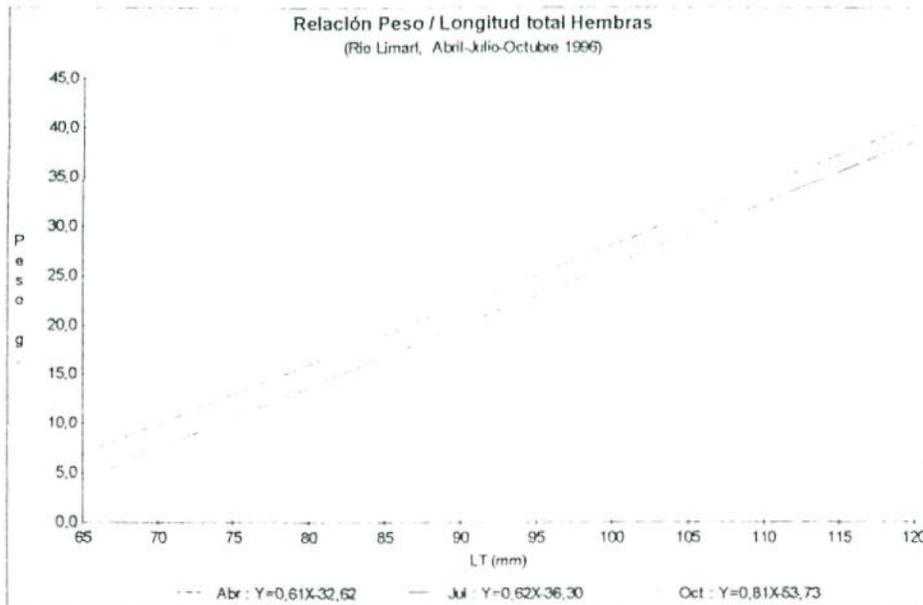
#### **2.1.1.4. Evolución del índice de condición camarones provenientes del río Limarí entre los meses de Abril a Octubre 1996**

##### **a. Evolución de las hembras:**

Entre los meses de Abril y Julio de 1996, se observó un pequeño aumento de la pendiente de la ecuación de regresión lineal ligada a la relación talla/peso de las hembras. La pendiente fue de 0,608 en el mes de Abril y 0,625 en el mes de Julio (ver Gráfico 1), lo que indicó un leve mejoramiento en el índice de condición de las hembras, las cuales tendieron a engordar de manera poco significativa, probablemente debido a la disminución de su metabolismo durante el período invernal que se caracterizó por una disminución significativa de la temperatura del agua.

Sin embargo, al llegar la primavera se observó un brusco incremento de peso en relación con la talla. La pendiente de la ecuación de regresión lineal en la relación talla/peso de las hembras aumento a 0,8147 en sólo tres meses. Ello significó que entre los meses de Septiembre y Octubre el índice de condición mejoró ostensiblemente, lo cual estaría ligado al aumento de la temperatura del agua. Fue evidente que existió un aumento real de peso en la masa muscular de la población de cultivo al compararla con el peso de los ejemplares que habían sido recientemente capturados en el río Choapa (ver punto 2.1.1.g.). Sin embargo, es factible que el aumento significativo del índice de condición de los ejemplares de cultivo se haya debido a un aumento del peso gonadal, el cual es particularmente importante durante el inicio del período reproductivo de la especie.

**Gráfico 1. Evolución de la ecuación de regresión lineal en la relación talla/peso de las hembras del Limarí entre el mes de Abril y Octubre de 1996.**



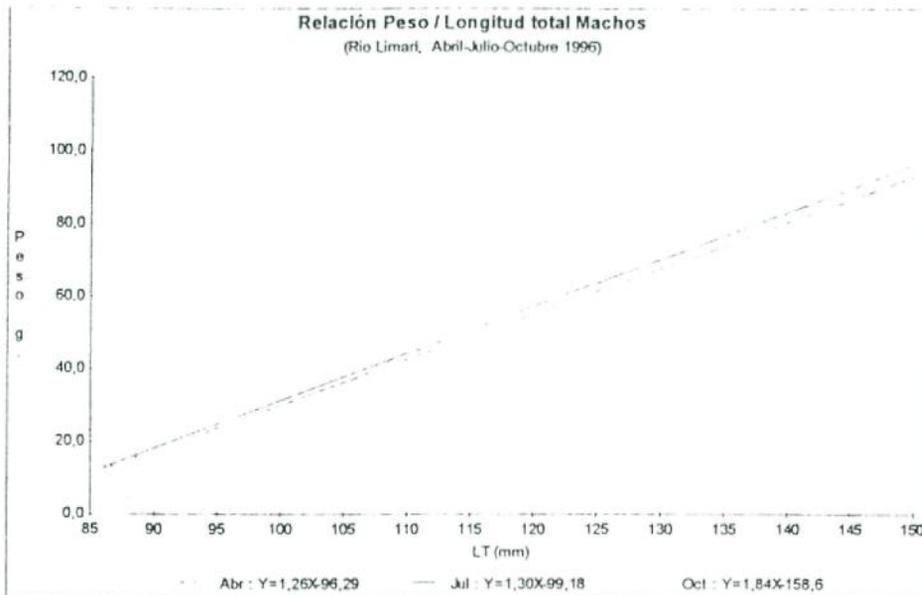
#### **b. Evolución de los machos:**

En el caso de los machos, se observó la misma tendencia en el incremento del índice de condición que en las hembras, pero de manera más acentuada. En el mes de Abril de 1996, la pendiente de la ecuación de regresión lineal en la relación talla/peso de los machos (ver Gráfico 2) fue levemente menor (1,263) que la obtenida en el mes de Julio (1,305), lo que indicó un pequeño mejoramiento en el índice de condición de los machos.

Sin embargo, al igual que en las hembras, el índice de condición mejoró ostensiblemente en Octubre. El peso promedio para los machos fue 76,4 g, con una desviación estándar de 24,2 g, obteniéndose una pendiente más pronunciada en la relación talla/peso con un valor de 1,8445, lo cual también estaría ligado al aumento de la temperatura del agua.

En este caso, también es probable que haya existido un aumento real de peso en la masa muscular de la población de cultivo al compararla con los ejemplares que habían sido recientemente capturados en el río Choapa (ver punto 2.1.1.g.). No obstante, es muy factible que el aumento significativo del índice de condición de los ejemplares de cultivo también se haya debido a un aumento del peso gonadal, el cual es particularmente significativo al inicio del período reproductivo.

**Gráfico 2. Evolución de la ecuación de regresión lineal en la relación talla/ peso de los machos del Limari entre el mes de Abril y Octubre de 1996.**



#### 2.1.1.5. Mortalidad de la población de reproductores provenientes del río Limari en condiciones de cultivo entre los meses de Abril y Octubre 1996

Para el cálculo de la mortalidad de la población se consideró como "vivos" a los 7 ejemplares que murieron durante los experimentos de condiciones límite (de temperatura y amonio). Bajo esta condición la población total de los reproductores provenientes del río Limari tuvo una mortalidad de un 27,4% después de un período de 6 meses de cultivo, lo que cumplió con los requisitos deseados para un cultivo de engorda a pesar de tratarse de ejemplares que probablemente tenían más de dos años de edad.

La mortalidad detectada en un período de 3 meses antes del mes de Octubre de 1996 fue de 5 hembras y 4 machos, lo que correspondió al 10,2% y 21,4% de la población hembras y machos respectivamente. A diferencia del período anterior de cultivo (meses de Abril a Julio de 1996), en esta ocasión la mortalidad de las hembras fue menor a la detectada en machos, lo que confirmó en cierta medida las hipótesis de que la mayor mortalidad de las hembras durante el período inicial de cultivo se habría debido principalmente a las siguientes causas:

- mayor sensibilidad de las hembras al estrés provocado por el transporte, con muerte posterior.
- menor adaptación de las hembras a la nueva alimentación y mayor sensibilidad a las nuevas condiciones físico-químicas del agua.
- edad avanzada de la población de hembras, las cuales se encontraban al término de su ciclo de vida.

La menor mortalidad de las hembras con respecto a la de los machos durante el segundo período, entre los meses de Julio y Octubre de 1996, demostró que en los cultivos de bajas densidades (aproximadamente 2,5 camarones por metro cuadrado) prácticamente no existe canibalismo de los machos sobre las hembras. Este hecho probablemente se deba a que la agresividad de los machos sería mucho menor cuando hay bajas densidades de cultivo, situación en la que no existiría la necesidad de una constante lucha territorial, o se deba

también a que las hembras son más ágiles y rápidas que los machos, las cuales no se dejarían atrapar fácilmente.

Experiencias posteriores, con densidades de cultivo cercanas a 15 camarones adultos por m<sup>2</sup> permitieron descubrir una mayor mortalidad en machos que en hembras, situación causada principalmente por peleas territoriales entre machos, las cuales terminaban muchas veces con la muerte de uno de los dos rivales. Este aspecto es de gran importancia para la optimización de los sistemas productivos a gran escala.

#### **2.1.1.6. Captura, selección y supervivencia al transporte de reproductores provenientes del río Choapa (Octubre de 1996)**

Con fecha 14 de Octubre de 1996 se realizó una salida a terreno al río Choapa con el fin de capturar principalmente ejemplares hembras del camarón de río del norte. Para ello, se eligió la parte baja del río, frente al pueblo de Huentelauquén Norte. Mediante buceo apnea se capturaron 227 ejemplares de los cuales 121 correspondieron a hembras y 97 a machos. Los ejemplares capturados fueron instalados en un estanque de 4.500 litros para su aclimatación y posterior selección. Al cabo de 48 horas se detectaron 24 hembras con huevos correspondiendo, en su gran mayoría, a aquellos individuos que el día de la captura tenían el caparazón color claro y más blando, característica indicadora de muda reciente, las cuales fueron separadas e incorporadas a los estanques de cultivo larval, para la maduración y eclosión de las ovas. Luego se eligieron las 7 hembras sin huevos y los 5 machos de mayor talla, los cuales fueron medidos y pesados e introducidos en los estanques de reproductores. El resto de los ejemplares capturados fueron devueltos al medio natural por considerarse demasiado pequeños para una adecuada reproducción.

##### **a. Motivos de la nueva incorporación de reproductores a los estanques de cultivo**

La incorporación de los 12 ejemplares de mayor tamaño al stock de reproductores de los estanques de la Estación I se realizó con el fin de aumentar el pool genético de dicha población y restituir las pérdidas provocadas por causas naturales y por los diferentes experimentos que se realizaron durante el mes de Agosto de 1996.

Otro de los motivos es que los ejemplares seleccionados y provenientes del medio natural podrían ser comparados con los ejemplares de cultivo. Esos resultados servirían para aportar información valiosa que demostrara las ventajas de un sistema productivo controlado por el hombre, en términos de calidad del producto en el ámbito comercial.

##### **b. Criterios de selección de las hembras del río Choapa**

Previo a la captura de las hembras, se decidió seleccionar aquellas que no contenían huevos, para no transgredir la Ley de Pesca vigente para el camarón de río del Norte, la cual prohíbe la captura, tenencia, transporte y venta de hembras ovígeras durante todo el año.

Se determinó, en este caso, que la mejor estrategia era la captura de una gran cantidad de ejemplares sin huevos y caparazón relativamente blando con la esperanza de obtener un porcentaje adecuado de hembras recientemente fecundadas. Según Viacava *et al.* (1978) las hembras inseminadas presentan huevos a las 24 horas después de haber sido inseminadas, lo cual afortunadamente sucedió como estaba previsto, esto considerando que durante el mes de Octubre en adelante (primavera-verano) se inicia, por lo general, la actividad reproductiva de *Cryphiops caementarius* en forma masiva (Bahamonde y Vila, 1971; Cerda, in press; Norambuena, 1977).

##### **c. Supervivencia al transporte de los reproductores provenientes del río Choapa**

El transporte de los reproductores entre el río Choapa y la Estación I tardó 30 minutos aproximadamente. Los ejemplares fueron cuidadosamente introducidos en un sistema de ambiente húmedo, lo

que evitó la acumulación de desechos metabólicos. Terminada la maniobra del transporte, parte de los reproductores fueron introducidos en un estanque de 4.500 litros concebido para este efecto. La densidad fue del orden de 25 camarones / metro cuadrado.

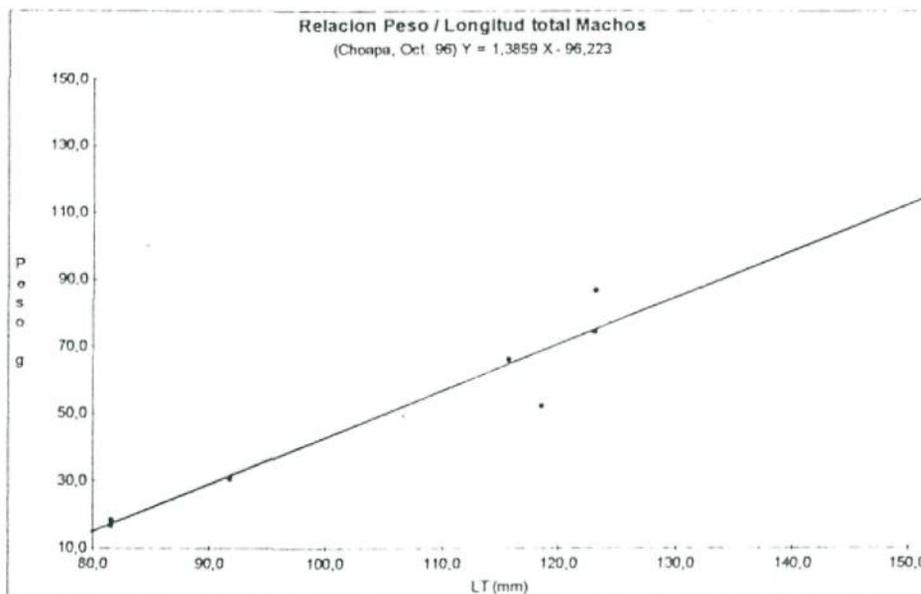
En forma general, los ejemplares llegaron a destino en buenas condiciones, obteniéndose una muy baja mortalidad del orden de un 0,45% con relación al número total de individuos capturados. La mortalidad final fue mucho menor a la obtenida durante el transporte de ejemplares provenientes del río Limarí debido a que en este caso el viaje fue significativamente más corto y hubo mayor cuidado en no dañar a los ejemplares durante su *captura a mano*.

#### 2.1.1.7. Características biológicas de la población proveniente del río Choapa que fueron incorporada en Octubre de 1996

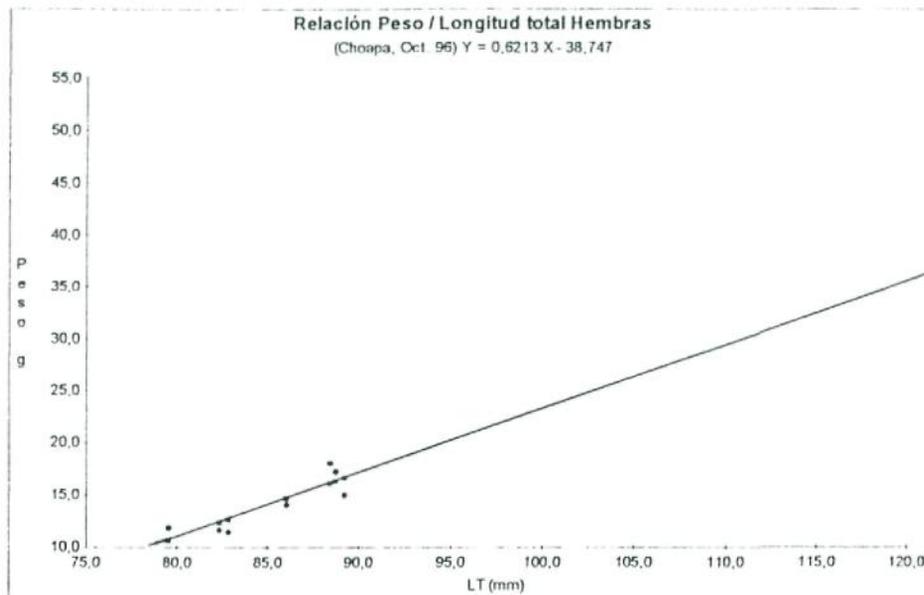
En el mes de Octubre se capturó en el río Choapa una población de 227 camarones de los cuales se seleccionaron los ejemplares de mejor talla. Se midieron y pesaron 5 machos y 7 hembras sin huevos. La talla de los reproductores seleccionados varió entre 79,5 y 89,2 mm de longitud total para las hembras y entre 81,5 y 123,1 mm para los machos. La talla promedio de los reproductores fue mayor en los machos que en las hembras, con un valor de 106,1 y 85,3 mm de longitud total respectivamente. Los machos tuvieron una desviación estándar de 16,4 mm, mientras que en las hembras fue de 3,5 mm.

Las ecuaciones de regresión lineal para machos (ver Gráfico 3) y hembras (ver Gráfico 4) mostraron claramente una diferencia en la pendiente de la relación talla/peso, con valores de 0,6213 para las hembras y 1,3859 para los machos. Esta diferencia indicaría igualmente que los machos seleccionados presentan proporcionalmente mayor peso que las hembras para una misma talla.

**Gráfico 3. Relación entre el Peso total (g) y la longitud total (mm.) de los machos capturados en el río Choapa, mes de Octubre 1996.**



**Gráfico 4. Relación entre el Peso total (g) y la longitud total (mm.) de las hembras capturadas en el río Choapa, mes de Octubre 1996.**



El peso promedio para los machos fue 50,8 g., con una desviación estándar de 24,5 g., mientras que para las hembras el peso promedio fue de 14,2 g. y su desviación estándar de 2,5 g., lo cual corrobora aún más la afirmación anteriormente señalada.

El coeficiente de correlación en la relación talla/peso para los machos fue de 93,0%, mientras que para las hembras fue de 86,4%, lo que indicaría que el índice de condición de los ejemplares seleccionados fue más heterogéneo en las hembras que en los machos.

#### **2.1.1.8. Población en condiciones de cultivo versus los ejemplares seleccionados del río Choapa, mes de Octubre 1996**

En Octubre de 1996, al comparar la población de cultivo proveniente del río Limarí con aquellos ejemplares de mejor talla que fueron seleccionados del muestreo proveniente del río Choapa, fue posible percatarse de grandes diferencias.

El peso y la talla promedio de la población de cultivo del río Limarí, tanto en hembras como en machos, fue mayor que la de los reproductores seleccionados del río Choapa. Esta diferencia pudo haberse debido a que ambos grupos no tenían la misma edad cronológica promedio.

Sin embargo, la pendiente de las ecuaciones de regresión lineal en la relación talla/peso, tanto para machos como para hembras, mostró que el índice de condición de los ejemplares de cultivo del río Limarí fue mejor que el de los ejemplares seleccionados del río Choapa. En los machos, la pendiente de la ecuación de regresión fue de 1,3859 para los ejemplares del río Choapa y 1,8445 para los ejemplares del río Limarí. En el caso de las hembras, la pendiente fue de 0,6213 para los individuos del Choapa y 0,8147 para la población del Limarí. En ambos casos la diferencia fue significativa y mostró que los ejemplares del río Limarí presentaban proporcionalmente mayor peso que los ejemplares provenientes del río Choapa, para una misma talla. Como la relación talla/peso es indicadora del índice de condición de una población de individuos de tamaño relativamente homogéneo y a su vez es independiente de la edad cronológica que esta tenga, se pudo deducir que en bajo

condiciones de cultivo los camarones se alimentaron mejor y tuvieron mayor peso que los individuos provenientes del medio natural. Lo anteriormente señalado pudo demostrar las ventajas que otorgaría un sistema de engorda, el cual debiera permitir un crecimiento más acelerado de los individuos.

## **2.1.2. Reproducción tradicional de ejemplares provenientes del medio natural**

### **2.1.2.1. Apareamiento de los reproductores y su relación con las mudas**

Según varios autores existe una relación directa entre la muda y el apareamiento. La hembra atrae y acepta al macho después de la muda, cuando aún tiene el caparazón blando, realizándose en ese momento el acoplamiento, el cual se efectúa con la hembra en posición invertida y el macho en posición normal sobre ella. Cuando la temperatura del agua se eleva por sobre un promedio diario de 20 °C, el metabolismo de los camarones aumenta significativamente, desarrollándose las gónadas e incrementado su velocidad de crecimiento. El incremento de peso en la época de primavera y verano se hace mucho más evidente lo que significa a su vez que la frecuencia de las mudas también aumenta significativamente incentivando el apareamiento y por consecuencia la fecundación de las ovas.

### **2.1.2.2. Descripción de los estados de desarrollo de los huevos**

Durante el período de maduración de las ovas de camarón de río, se pudo constatar, a través de una lupa estereoscópica modelo Leica Zoom-2000, los cuatro estados de desarrollo embrionario descritos en la literatura, en particular, conforme con las descripciones realizadas por Fundación Chile (1980), previa eclosión de los huevos. Las características más relevantes de los diferentes estadios de desarrollo fueron las siguientes :

**Estado I :** Huevos de forma esférica, color naranja ámbar y el vitelo distribuido en forma uniforme en todo el volumen interno. Los huevos midieron aproximadamente 0,5 mm de diámetro.

**Estado II :** Aparición de manchas oscuras de color negro y forma elíptica. También se observan manchas rojas difusas que corresponden a cromatóforos, además de una disminución del vitelo en uno de los polos.

**Estado III :** Se reduce el vitelo en un 50%. Se visualizan manchas oculares y manchas rojas definidas (cromatóforos) que se ubican un par detrás de los ojos y otro par en la zona de división del cefalotórax y el abdomen.

**Estado IV :** Huevos casi transparentes. Larvas formada al interior de los huevos (embriones) con ojos compuestos protuberantes. Los cromatóforos se ubican en el extremo posterior del cefalotórax.

### **2.1.2.3. Viabilidad de las ovas**

Entre los meses de Enero y Febrero 1997 se realizó un análisis para conocer la viabilidad de las ovas portadas por las hembras grávidas que se aparearon con machos dentro de los estanques de cultivo. Para ello se aislaron las hembras en jaulas plásticas y se realizó un seguimiento de la evolución de los huevos en el tiempo, período durante el cual se procedió a observarlos periódicamente bajo una lupa estereoscópica marca Leica Zoom-2000. Los resultados obtenidos fueron los siguientes :

- el 80% de las hembras tuvieron huevos fecundados, presentando las características típicas ya descritas con anterioridad en el capítulo anterior y por diversos autores como Bahamonde y Vila (1971) y Fundación Chile (1981). El hecho de haber encontrado hembras con ovas fecundas y viables en los estanques de reproductores, los cuales no habían presentado ningún rastro de ovulación posterior a su captura por un período de por lo menos 6 meses, demostró la factibilidad de realizar el apareamiento y la reproducción de este crustáceo en ambiente controlado. Ello implica la capacidad de realizar cruza dirigidas hacia una selección artificial de los

individuos de mejores características fenotípicas, lo que repercutirá favorablemente en el desarrollo de la industria camaronesa en Chile.

- el 20% restante presentó huevos que no estaban fecundados y que por lo tanto no eran viables. En la literatura científica no se menciona la existencia de huevos infecundados en el camarón de río del norte, por lo tanto no existe ninguna descripción anterior al respecto. La principal característica detectada en estas ovas es la ausencia de la substancia mucilaginosa que mantiene unidos los huevos los unos a los otros, en forma muy semejante a la de un racimo de uvas. El vitelo se encuentra repartido en forma uniforme al interior del huevo y su color puede ser naranja intenso o café pero en ambos casos los huevos se desgranar y sueltan del abdomen con mucha facilidad. Otra característica es la gran fragilidad de la envoltura de los huevos, los cuales terminan por romperse o descomponerse fácilmente sin llegar a desarrollarse nunca.

#### 2.1.2.4. Duración de cada estadio de las ovas

Para determinar la duración de cada estadio de desarrollo de los huevos se efectuó un seguimiento de las ovas durante un período de 23 días. La temperatura del agua fue variable, fluctuando entre un mínimo de 17,5°C y un máximo de 24°C. De acuerdo a los resultados obtenidos en la Tabla 3 se pudo concluir que bajo estas condiciones de temperatura el desarrollo de las ovas se efectuó sin inconvenientes. En el transcurso del desarrollo de los huevos, el tiempo de duración de los estadios I, II y III fue muy similar, el cual fluctuó alrededor de 7 días para cada uno.

En el caso del último período de desarrollo de las ovas, correspondiente al estadio IV, la duración fluctuó entre 2 a 3 días. Al término de este último período se produjo la primera etapa del desove o eclosión coordinada de gran parte de los huevos. En la mayoría de los casos los desoves son parciales y la totalidad de los huevos eclosionan al cabo de unas 24 a 36 horas. Estos resultados indicaron un período total de gestación embrionaria o maduración de las ovas fue de 22 a 24 días, lo cual concordó con los resultados obtenidos por Bahamonde y Vila (1971), Fundación Chile (1981), Cerda (1995).

**Tabla 3. Duración de los estadios de las ovas de *Cryphiops caementarius* en condiciones de cultivo.**

| Estadio ovas |          |       |       |              |            |                     |
|--------------|----------|-------|-------|--------------|------------|---------------------|
| Nº ejemplar  | Estanque | Día 1 | Día 8 | Día 15       | Día 22     | Día Inicio eclosión |
| 36           | L1       | H-I   | H-II  | H-II y H-III | H-III av.  | 25                  |
| 35           | L2       | H-I   | H-II  | H-III        | H-IV       | 23                  |
| 44           | L3       | H-I   | H-II  | H-III        | H-IV       | 23                  |
| 30           | L4       | H-I   | H-II  | H-III        | H-IV       | 23                  |
| 45           | L5       | H-I   | H-II  | H-III        | H-IV       | 23                  |
| 32           | L6       | H-I   | H-II  | H-II av.     | H-IV       | 24                  |
| 41           | L7       | H-I   | H-II  | H-II av.     | H-IV inic. | 24                  |
| 28           | L8       | H-I   | H-II  | H-III        | H-IV       | 24                  |
| 29           | L9       | H-I   | H-II  | H-III        | H-IV       | 24                  |
| 46           | L10      | H-I   | H-II  | H-III        | H-IV       | 23                  |

### 2.1.2.5. Descripción del desove y eclosión de los huevos en Noviembre de 1996

Se pudo observar que el 83,3% de las hembras desovaron en horas de la noche, preferentemente en los días en que la temperatura ambiente era alta, caracterizados por una gran amplitud térmica diurna-nocturna y que además coincidieron con los períodos de ciclo lunar (luna llena).

En el interior de las jaulas y en el momento del desove, las hembras se sujetaron al substrato mientras realizaban movimientos cíclicos y acelerados de los pleópodos, manteniendo el cuerpo levemente inclinado hacia uno de los costados. De este modo lograron rasgar el envoltorio de los huevos provocando la liberación su progenie (larvas) al medio acuático sin desprenderlos de la zona abdominal. Poco horas después los envoltorios de los huevos se soltaron naturalmente al descomponerse la substancia mucilaginosa que los mantenía adheridos a los pleópodos. Al término de la eclosión de las ovas, fue posible constatar una abundante presencia de larvas en el primer estadio de desarrollo (Zoea I).

El período de duración de cada desove fue variable, constatándose, en algunos de ellos, una serie de desoves parciales, y en otros casos, un gran desove total.

### 2.1.2.6. Descripción de los desove y eclosión de los huevos

Aunque no se hicieron estimaciones del número de huevos portados por cada hembra, como referencia se utilizó el gráfico descrito por Bahamonde y Vila (1970) gracias al cual se estimó el número de huevos en función de la longitud cefalotorácica de los individuos. Al término de la eclosión se midieron las densidades de larvas obtenidas en los estanques, luego se calculó el número total de larvas procedentes de cada una de las hembras y se encontró que el número de huevos viables en el momento de la eclosión fue inferior a la estimación esperada, siendo del orden del 10 al 30%.

Por este motivo en la temporada 1997 se tomó como referencia el método empleado en Malasia para *Macrobrachium rosenbergii* que permite calcular el número de ovas portado por cada hembra en función de su peso corporal húmedo. Este método se consideró una buena estimación de la fertilidad dado que las hembras de dicha especie tienen las mismas tallas y pertenecen a la misma familia que *Cryphiops caementarius*. El cálculo se efectuó suponiendo que cada hembra ovígera porta 1.000 huevos por cada gramo de su peso corporal. Por lo tanto una hembra de 30 gramos tendrá alrededor de 30.000 huevos. Con el nuevo método se consideró que un porcentaje apreciable de los huevos (entre el 10 al 20%) se degenera o son ingeridos por sus propias madres, lo cual hace que el número total de huevos disminuya en el transcurso del proceso de maduración. De este modo debe obtenerse al término del desarrollo embrionario alrededor de 850 huevos por gramo de peso. Este método resultó ser más fiable ya que los resultados mostraron que el número de huevos viables en el momento de la eclosión fue del orden del 50 al 80% de la estimación teórica del número de huevos.

## 2.1.3. Larvicultura (Hatchery)

### 2.1.3.1. Clasificación de los estadios larvales

Para el reconocimiento de los diferentes estadios larvarios de *Cryphiops caementarius* al inicio del proyecto se empleó como referencia el trabajo taxonómico de Báez *et al.* (1984) en el cual se describen minuciosamente un total de 18 estadios. La descripción de cada estadio fue resumida en el Informe de Avance N°3, destacando los rasgos más importante para su fácil reconocimiento.

Sin embargo, las observaciones realizadas a nivel macroscópico durante esta investigación indicaron que los estadios larvales Zoeas V, VII y VIII se asemejan demasiado a la descripción de la Zóea VI. Es probable que se trate del mismo estadio larval en el cual se expresan rasgos genéticos diferentes dependiendo de las condiciones ambientales o de las características individuales de cada ejemplar. Otro elemento que nos incitó a

pensar en ello es el corto lapso de tiempo que transcurre entre la Zoea IV y la Zoea IX, el cual tuvo una duración de sólo 4 a 8 días. Este resultado significaría que entre cada estadio transcurrió un período promedio de 1,2 días. El tiempo calculado anteriormente fue válido para las 3 temporadas de cultivo larval, el cual resultó ser mucho menor al descrito en la literatura científica (Rivera y Meruane, 1989; Rivera *et al.*, 1983; Sanzana, 1976), el cual ha sido en el mejor de los casos de 12 días con un promedio de 2,4 días entre cada estadio. Nuestros resultados concuerdan por lo tanto con los resultados expuestos por Moncayo *et al.* (1985) quien describe la existencia de un sólo estadio intermedio entre Zoea IV y Zoea IX.

Lo mismo ocurre con la descripción de las Zoeas XI y XII, las Zoeas XIV y XV y las zoeas XVI y XVII respectivamente, las cuales son demasiado similares entre si, por lo cual es probable que en ambos casos también se trate de un sólo estadio.

Habiendo obtenido estas evidencias y por motivos prácticos, se decidió modificar la clasificación de los estadios larvales anteriormente empleada, describiéndose a futuro un total de sólo 12 estadios de acuerdo a las siguientes características morfológicas:

- **Zoea 1:** Ojos sésiles. Detrás de los ojos se observa la yema, formación de color rojo de la cual la larva extrae el alimento que requiere durante esta etapa de su desarrollo. El cuerpo es transparente, flectado y con varios cromatóforos en el abdomen y cola caudal simple de forma triangular (corresponde a la anterior Zoea I).

- **Zoea 2:** La característica más relevante de este estado son los ojos pedunculados. Telson de forma triangular, con borde distal recto y sin urópodos (corresponde a la anterior Zoea II).

- **Zoea 3:** Telson acorazonado con borde distal cóncavo y presencia de un urópodo simple a cada lado del telson (corresponde a la anterior Zoea III).

- **Zoea 4:** Con cuarto y sin quinto par de pereiópodos. Telson birramoso, es decir con un par de urópodos a cada lado (corresponde a la anterior Zoea IV).

- **Zoea 5:** El telson tiende a forma rectangular y borde terminal recto. Aparición del quinto par de pereiópodos. Superficie ventral del abdomen lisa (corresponde a las anteriores Zoeas V, VI, VII y VIII).

- **Zoea 6:** Superficie ventral del abdomen con pequeñas protuberancias en los primeros cinco segmentos abdominales (yemaciones). Telson con extremo distal angosto y vértices distales redondeados (corresponde a la anterior Zoea IX).

- **Zoea 7:** Aparecen esbozos de pleópodos hasta el cuarto par que son bilobulados. El quinto aún no aparece y el segundo es el más grande (corresponde a la anterior Zoea X).

- **Zoea 8:** El desarrollo de los pleópodos es mayor y aún no aparece el quinto par. El segundo par es el más desarrollado. En la superficie ventral del quinto sómulo abdominal la protuberancia se transforma en un montículo aguzado. Se empiezan a formar los quelípodos (corresponde a las anteriores Zoeas XI y XII).

- **Zoea 9:** Aparición de cuatro setas en la espina rostral y aparece el quinto par de pleópodos con una protuberancia bilobulada (corresponde a la anterior Zoea XIII).

- **Zoea 10:** Seis setas en la espina rostral, los cinco pares de pleópodos en desarrollo y aparición de setas en los endopoditos (corresponde a las anteriores Zoeas XIV y XV).

- **Zoea 11:** Se observan dos grupos de setas en la espina rostral. El interior con cuatro setas y el segundo con cinco (corresponde a las anteriores Zoeas XVI y XVII).

- **Zoea 12:** Se observan dos espinas rostrales y tres bandas de setas. El rostro se vuelve ligeramente aserrado. Se observa una ligera pigmentación del caparazón en la parte dorsal del segundo y tercer segmento abdominal. Las larvas aún nadan hacia atrás con el dorso orientado hacia abajo y empleando los pereiópodos. Hábito planctónico (corresponde a la anterior Zoea XVIII).

- **Post-larva:** Mismas características morfológicas que los adultos pero de cuerpo más alargado. Caparazón translucido. Cambio de hábito planctónico a bentónico. La post-larva nada hacia adelante con el dorso orientado hacia arriba y empleando los pleópodos (corresponde al anterior Juvenil). Su tamaño fluctúa entre 9 a 14 mm de longitud total y su peso entre 15 y 30 mg.

### **2.1.3.2. Primera experiencia de cultivo larval y obtención de los primeros juveniles entre los meses Noviembre de 1996 y Abril de 1997**

La primera etapa del proyecto demostró, con la obtención de los primeros 1.186 juveniles (05 de Marzo de 1997), que bajo condiciones artificiales de cultivo era posible la producción de ejemplares viables en agua dulce, los cuales podían ser incorporados sin inconvenientes dentro de un estanque de crianza y engorda. El logro anteriormente señalado fue inédito y se consideró importante para el desarrollo futuro de este tipo de acuicultura en Chile, pero no significó que todas las incógnitas con respecto a la reproducción y el cultivo de *Cryphiops caementarius* estuviesen resueltas. Aún faltaba elucidar aspectos importantes de su desarrollo en especial las tasas de crecimiento, mortalidad, alimentación y densidades óptimas que se requerían desde la obtención de juveniles hasta la producción de ejemplares de talla comercial, además de algunas incógnitas con respecto de la metamorfosis larval. A continuación se entrega el resumen de los resultados obtenidos durante el cultivo larval y la producción de juveniles entre los meses de Noviembre de 1996 y Abril de 1997.

#### **a. Temperatura semi-controlada (Noviembre de 1996 a Abril de 1997)**

Los resultados de las variaciones de temperatura de cada estanque se exponen en la Tabla 4. El valor promedio de la temperatura fue de 24,2 °C con una desviación estándar de 2,0 °C en el estanque L1, de 24,4 °C ± 1,8 °C en el estanque L4, de 24,6 °C ± 1,8 °C en el L3 y 24,8 °C ± 2,4 °C en el estanque L9. Hay que considerar que la temperatura fue un parámetro determinante en el cultivo y su fluctuación, que no podía ser controlada por no disponer de suficiente energía eléctrica, afectó el tiempo de desarrollo y la sobrevivencia de las larvas durante la primera etapa del proyecto. Estos resultados concordaron con los estudios de Moncayo *et al.* (1985) y Rivera y Meruane (1989) durante los cuales se emplearon valores constantes de temperatura bajo condiciones controladas de laboratorio de 27°C ± 1,0 °C y 25,0 °C ± 1,0 °C respectivamente para mejorar las condiciones de cultivo. Entre los meses de Noviembre de 1996 y Abril de 1997, la mayor fluctuación de temperatura la presentó el estanque L9 con un valor mínimo de 19,8 °C y un máximo de 31,0°C, lo que pudo explicar en cierta manera la alta mortalidad que registró durante los primeros estadios de desarrollo larval, entre Zoea 2 a Zoea 6. Dichas variaciones de temperatura se explicaron por su menor volumen de agua y a la mayor irradiación solar recibida durante el día, las cuales pudieron ser minimizadas con la abertura de las ventanas del invernadero y los recambios parciales del agua del estanque en horas de la tarde, lo que evitó el incremento de temperatura por sobre los 27,0 °C durante el período posterior.

A lo largo de todo el periodo de cultivo se pudo observar que todos los estanques presentaron un alza de la temperatura del agua al avanzar la época estival para luego estabilizarse por un periodo extenso y disminuir nuevamente a fines de Febrero de 1997.

De acuerdo a estos resultados, se pudo concluir que el factor temperatura es un parámetro que tendría que ser controlado eficientemente y artificialmente durante todo el período de cultivo larval. Se estableció que la temperatura debía fluctuar dentro de un rango conveniente, preferentemente entre 23,0 y 27,0 °C, de manera a reducir la mortalidad y permitir un desarrollo larval óptimo y más rápido. Se determinó que las alzas y bajas de

temperatura del agua podrían ser controladas incrementando el porcentaje de sombra sobre los estanques de cultivo en los días soleados, realizando recambios parciales con agua calentada a una temperatura adecuada y efectuando la abertura o el cierre de las ventanas del invernadero en el momento oportuno del día. A fin de disminuir la pérdida de calor y el consumo de energía eléctrica, se decidió revestir la superficie externa de los estanques de fibra de vidrio con una capa de 4 cm de poliuretano termo aislante, cubrir individualmente los estanques con un cobertor de tela de PVC y comprar una caldera que funcionara a gas para calentar el agua durante cada recambio parcial.

**Tabla 4. Variaciones de Temperatura, pH y Oxígeno durante el cultivo larval de *Cryphiops caementarius* entre los meses de Noviembre de 1996 y Abril de 1997.**

| Estanque | Variable        | Temperatura °C | Ph  | Oxigeno mg/lt. |
|----------|-----------------|----------------|-----|----------------|
| L1       | Mínimo :        | 17,7           | 6,8 | 5,6            |
|          | Máximo :        | 28,5           | 8,6 | 17,0           |
|          | Promedio :      | 24,2           | 7,7 | 7,7            |
|          | Desv. standar : | 2,0            | 0,3 | 1,0            |
| L4       | Mínimo :        | 20,0           | 6,9 | 4,0            |
|          | Máximo :        | 28,6           | 8,6 | 9,8            |
|          | Promedio :      | 24,4           | 7,5 | 7,3            |
|          | Desv. standar : | 1,8            | 0,3 | 0,7            |
| L3       | Mínimo :        | 20,0           | 6,9 | 5,3            |
|          | Máximo :        | 28,7           | 8,7 | 9,5            |
|          | Promedio :      | 24,6           | 7,5 | 7,2            |
|          | Desv. standar : | 1,8            | 0,3 | 0,7            |
| L9       | Mínimo :        | 19,8           | 6,9 | 5,5            |
|          | Máximo :        | 31,0           | 8,6 | 10,7           |
|          | Promedio :      | 24,8           | 7,5 | 7,3            |
|          | Desv. standar : | 2,4            | 0,3 | 0,6            |

#### b. Oxígeno disuelto en el agua, Noviembre de 1996 a Abril de 1997

En cada estanque se registró la concentración de oxígeno disuelto en el agua, de acuerdo a los valores que se exponen en la Tabla 4. En forma general, dentro del cultivo se logró minimizar eficientemente las fluctuaciones diurnas y nocturnas de la concentración de oxígeno disuelto. La alzas o bajas importantes se debieron sólo a acontecimientos puntuales. El valor mínimo registrado fue de 4.0 mg/l en el estanque L4. Las disminuciones del nivel de oxígeno fueron frecuentemente causadas por fallas mecánicas en el sistema de aireación, el cual se detuvo en varias ocasiones. Sin embargo en algunos casos la disminución del oxígeno se explicó por el exceso de microalgas que voluntariamente se dejó crecer en los estanques, las cuales incrementaron el consumo de oxígeno durante el proceso de respiración nocturna. Otra causa factible de su disminución fue el exceso de alimento en descomposición que al oxidarse consumió parte del oxígeno requerido por las larvas.

El valor máximo de oxígeno registrado fue de 17.0 mg/l en el estanque L1, alza diurna que fue provocada por un bloom de microalgas durante el día, excediendo el nivel de saturación del agua. El bloom de algas fue rápidamente controlado con un recambio adecuado del agua del estanque lo que evito una baja brusca durante la noche. El valor promedio registrado durante el cultivo larval fluctuó entre 7,2 mg/l en el estanque L3 a 7,7 mg/l en el L1, con una desviación estándar que osciló entre 0,6 en el estanque L9 a 1 en el estanque L1 (ver Tabla 4).

De acuerdo a estos resultados el oxígeno tuvo un valor relativamente estable en todos los estanques, el cual fue controlado por los recambios parciales, el sistema de limpieza aplicado y una adecuada aireación. Sólo algunos casos puntuales de alza y baja de oxígeno influyeron en la sobrevivencia larval. De acuerdo a Moncayo *et al.* (1985) los valores óptimos de oxígeno varían entre 7.0 a 8.4 mg/l lo que indica que el oxígeno estuvo dentro de los márgenes aceptables para el cultivo larval de esta especie. Por otro lado se observó que generalmente las larvas logran sobrevivir por cortos períodos de tiempo a bajas concentraciones de oxígeno del agua, tales como fue registrado en el Estanque L4, medición que alcanzó un valor de 4 mg/l sin causar incidencia alguna en la mortalidad de la población.

#### **c. PH del agua (Noviembre de 1996 a Abril de 1997)**

Este parámetro químico presentó alzas importantes en los estanques en correlación directa con la presencia excesiva de microalgas. Cuando el pH superó valores de 8,0 las variaciones diurnas-nocturnas de la concentración de oxígeno disuelto en el agua se incrementaron, lo que demostró una relación de ambos factores con la presencia de microalgas.

El valor mínimo registrado durante el cultivo fue de 6,8 en el estanque L1 y el valor máximo de 8,7 en el L3. Los valores promedio medido en los cuatro estanques fueron de 7.7 en L1 y 7,5 en los estanques L3, L4 y L9. La desviación estándar para los cuatro estanques fue de 0,3 (ver Tabla 4). Estos resultados indicaron que el pH estuvo por debajo de lo establecido por Moncayo *et al.* (1985), investigador que trabajó con un rango variable entre 7,9 y 8,4.

Aunque no fue corroborado en laboratorio, un pH promedio más bajo pudo influir en la sobrevivencia larval del cultivo y tal vez en la prolongación del estadio Zoea 12, aún considerando que los resultados obtenidos fueron superiores a los alcanzados por otros autores. Esto se debe a que existen muchos otros factores que pudieron haber influido en una mejor sobrevivencia, tales como la alimentación y la limpieza de los estanques.

#### **d. Supervivencia en el cultivo larval (Noviembre de 1996 a Abril de 1997)**

Se descubrió que las post-larvas eran mucho más resistentes que las larvas a condiciones ambientales de baja temperatura, llegando a soportar sin problema temperaturas de hasta 10,0°C mientras que las larvas no sobreviven si esta es inferior a 14,0 °C. Por este motivo fue muy importante determinar el porcentaje de metamorfosis obtenido en el cultivo larval ya que de esta manera se logró conocer el porcentaje de éxito del cultivo.

La supervivencia de los ejemplares se calculó al término del cultivo larval considerando como supervivientes sólo a los individuos que llegaron a la metamorfosis transformándose en post-larvas viables en agua dulce. El porcentaje de metamorfosis se calculó en relación con el número inicial de larvas que fueron sembradas en los estanques de cultivo. El número total de post-larvas obtenidas y el porcentaje de metamorfosis calculado para cada estanque se exponen a continuación en la Tabla 5.

Como se puede observar en la Tabla 5, el número de larvas sembradas por estanque fue bastante dispar, variando desde un mínimo de 4.000 ejemplares en los estanques L7 y L8 a 20.000 individuos en el estanque L5. Cabe destacar que los estanques L1, L3, L4 y L5 tenían una capacidad de 500 litros mientras que la capacidad del resto de los estanques fue de sólo 200 litros.

La obtención de post-larvas también fue bastante dispar puesto que dependió de las condiciones físico-químicas y biológicas que imperaron en cada uno de los estanques. El mejor resultado se obtuvo en el estanque L1 con un total de 499 post-larvas y 7,7 % de individuos metamorfoseados. Estos valores se aproximaron bastante a los resultados que normalmente se obtienen en los cultivos comerciales de larvas del camarón de río

*Macrobrachium rosenbergii*, en los cuales generalmente se logra obtener un porcentaje de metamorfosis variable entre el 35,0 % al 60,0 % del total de los ejemplares sembrados bajo condiciones de clima tropical (Uno y Soo, 1969 y Maddox y Manzi, 1976 (A)).

**Tabla 5. Número de post-larvas obtenidas y porcentaje de metamorfosis calculado por estanque (Mayo de 1997).**

| Estanque :          | L1    | L3    | L4     | L5     | L6    | L7    | L8    | L9    | Total  |
|---------------------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Nº Larvas Inicial : | 6.500 | 8.500 | 17.000 | 20.000 | 6.000 | 4.000 | 4.000 | 7.600 | 73.600 |
| Total Post-larvas : | 499   | 55    | 237    | 163    | 28    | 8     | 19    | 177   | 1186   |
| % Metamorfosis :    | 7,7   | 0,6   | 1,4    | 0,8    | 0,5   | 0,2   | 0,5   | 2,3   | 1,6    |

En los otros estanques el porcentaje de metamorfosis fue significativamente inferior, obteniéndose un mínimo de 0,2 % con un total de 8 post-larvas en el estanque L7 y un máximo de 2,3 % con un total de 177 post-larvas en el estanque L9. Paradójicamente, a pesar de que en los estanques L4 y L5 se obtuvieron 237 y 163 post-larvas respectivamente, lo cual no es despreciable, el porcentaje de metamorfosis obtenido en dichos estanques fue bastante bajo (1,4 % y 0,8 % respectivamente). Lo anterior se debe principalmente a las altas densidades de larvas "sembradas" inicialmente en ambos estanques, lo que indica que se obtuvo un alto porcentaje de mortalidad de dicha población durante el cultivo.

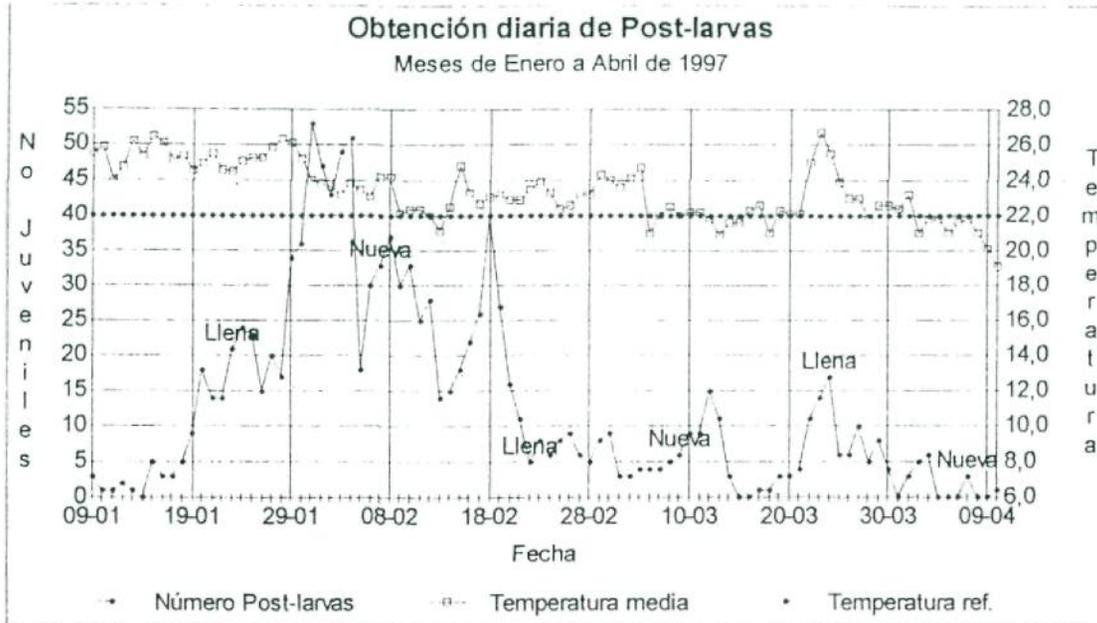
En forma general, la suma total de post-larvas obtenidas en todos los estanques fue de 1.186 ejemplares con un 1,6 % de individuos que lograron llegar a la metamorfosis, lo cual indicó que faltaba mejorar aún más las condiciones ambientales del cultivo larval.

#### **e. Temperatura y obtención diaria de post-larvas al término del cultivo larval (Enero a Abril de 1997)**

En el Gráfico 5 se muestra el número de post-larvas obtenidas diariamente durante el transcurso del cultivo junto con la temperatura diaria promedio. En el gráfico también se indican los períodos de luna llena y de luna nueva para determinar si existió una relación entre la metamorfosis de las larvas y las amplitudes de las mareas. A pesar de que se observó una cierta relación con los ciclos lunares, aparentemente la obtención de post-larvas estuvo más íntimamente relacionada con la temperatura.

La temperatura promedio diaria se mantuvo en general por sobre los 23,6°C, desde la detección de la primera post-larva el 9 de Enero de 1997 hasta el 2 de Febrero del mismo año. En dicho período se observó un incremento paulatino e importante del número de individuos que llegaron a la metamorfosis, alcanzando valores máximos consecutivos de 53, 47, 43, 49 y 51 post-larvas diarias entre el 31 de Enero y el 4 de Febrero de 1997. A partir de esta última fecha la temperatura promedio decreció paulatinamente hasta llegar a un valor de 21,1°C el 13 de Febrero. Al igual que la temperatura, el número de post-larvas obtenidas diariamente descendió gradualmente llegando a un valor de sólo 14 ejemplares diarios. Inmediatamente después se observó un alza brusca de la temperatura promedio alcanzando 24,8°C el 15 de Febrero, pico que fue acompañado de un aumento importante de ejemplares que lograron la metamorfosis, llegando a un máximo de 40 individuos sólo 3 días después de dicho evento. Al igual que los casos anteriormente mencionados, las alzas de temperaturas registradas el 5 y el 23 de Marzo con 24,7 y 26,7°C respectivamente, repercutieron en un incremento, desfasado para el primer caso e inmediato para el segundo, del número de post-larvas diarias obtenidas, con un total de 15 y 17 ejemplares respectivamente. A partir del 9 de Abril la temperatura diaria promedio descendió a menos de 20,0°C, no detectándose más metamorfosis de larvas a partir de la fecha anteriormente mencionada.

**Gráfico 5. Relación entre la obtención diaria de post-larvas y la temperatura diaria promedio (Enero a Abril de 1997).**



Los resultados expuestos en el Gráfico 5 demostraron claramente que existe una relación directa entre el desarrollo y la metamorfosis de las larvas con respecto a la temperatura. La temperatura mínima promedio diaria para obtener algunos resultados en lo que respecta a la metamorfosis de los ejemplares se estima en alrededor de 22,0°C, temperatura bajo la cual el metabolismo larval es demasiado lento como para producir el efecto esperado. Los mejores resultados se obtuvieron con una temperatura promedio diaria entre 25,0 y 26,5°C, pero no ello no significó que se tratara del rango óptimo ya que este puede ser superior.

### 2.1.3.3. Segunda experiencia de cultivo larval y obtención de juveniles entre los meses Enero y Junio de 1998

#### a. Evolución de los parámetros físico-químicos del agua de cultivo larval, Enero-Junio de 1998

Los valores de pH y concentración de oxígeno disuelto (mg/l) fueron diariamente monitoreados en la mañana y en la tarde. Se decidió no graficar su evolución por encontrarse dentro del rango óptimo requerido para una buena supervivencia y adecuado desarrollo de las larvas durante el período de cultivo larval. El pH fluctuó entre 7 y 8,5 en todos los estanques, no existiendo diferencias significativas entre los valores medidos en la mañana y los obtenidos en la tarde ya que en la temporada 1998 se empleó el método de agua clara (sin microalgas).

De igual modo, los valores de oxígeno disuelto fluctuaron entre 6 y 8,5 mg/l, encontrándose en todos los casos cercanos al nivel de saturación.

La evolución diaria de la temperatura mínima y máxima del agua para los estanques de cultivo larval denominados L1, L3, L4, L5 y L6 se exponen en los Gráficos 6, 7, 8, 9 y 10 respectivamente, los cuales se anexan en el capítulo 10 del presente informe.

Además, en la Tablas 6 se muestra las temperaturas mínima y máxima registradas entre fines de Enero y principios de Abril de 1998. En ella se incluye el cálculo de la temperatura promedio de la mañana (mínima) y la

temperatura promedio de la tarde (máxima) con la correspondiente desviación estándar.

**Tabla 6. Temperatura del agua durante el cultivo larval, Enero-Abril de 1998**

| Nombre Estanque | T° mín (°C) | T°C mín promedio | Desv. Est. T°C mín | T° máx (°C) | T°C máx promedio | Desv. Est. T°C máx |
|-----------------|-------------|------------------|--------------------|-------------|------------------|--------------------|
| L1              | 22,8        | 24,5             | 0,9                | 31,0        | 26,2             | 1,3                |
| L3              | 22,5        | 24,3             | 0,9                | 28,1        | 25,8             | 1,0                |
| L4              | 20,4        | 24,3             | 1,0                | 29,0        | 26,0             | 1,0                |
| L5              | 22,6        | 25,1             | 1,0                | 29,0        | 26,8             | 1,2                |
| L6              | 22,1        | 24,3             | 1,0                | 27,9        | 25,7             | 1,1                |

Como se observa en la Tabla 6, la temperatura máxima promedio más elevada correspondió a la calculada para el estanque L5 con  $26,8 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1,2 \text{ }^\circ\text{C}$ , mientras que la temperatura mínima promedio más baja fue de  $24,3 \text{ }^\circ\text{C} \pm 0,1 \text{ }^\circ\text{C}$  para los estanques L4 y L6. En la práctica, entre el 1° al 49° día de cultivo no fue posible mantener permanentemente el agua de todos los estanques dentro del rango de temperatura ideal debido a que en varias oportunidades se produjeron problemas técnicos que afectaron el normal funcionamiento de los sistemas (ver capítulo 4.2.3.3. del presente informe).

Las temperaturas máximas de  $31,0$  y  $29,0 \text{ }^\circ\text{C}$  en los estanques L1 y L4, L5 respectivamente fueron producto de un calentamiento excesivo del agua en el momento del recambio diario. El termómetro digital empleado falló y marcó una temperatura inferior en  $3,0 \text{ }^\circ\text{C}$  con respecto a la temperatura real existente al ingreso de agua de dichos estanques de cultivo. Este error puso en evidencia, como se señalará más adelante, que las larvas no resisten bien los cambios bruscos de temperatura y por lo general no sobreviven si la temperatura excede los  $28,5 \text{ }^\circ\text{C}$  por un largo período.

Por otro lado, las temperaturas mínimas más bajas registradas durante el cultivo correspondieron a aquellos días fríos en los cuales no se pudo efectuar el recambio de agua programado por falta de energía eléctrica (falla en el sistema eléctrico).

**Tabla 7a. Principales parámetros físico-químicos y biológicos del estanque L1, Enero-Abril de 1998**

| Estanque L1      |       |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |        |
|------------------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Estadio          | Z1    | Z2   | Z3   | Z4    | Z5    | Z6    | Z7    | Z8    | Z9    | Z10   | Z11   | Z12    |
| Día cultivo      | 1-3   | 4-5  | 6-9  | 10-11 | 12-13 | 14-19 | 20-22 | 23-26 | 27-31 | 32-35 | 36-54 | 55->60 |
| Duración Estadio | 3     | 2    | 4    | 2     | 2     | 6     | 3     | 4     | 5     | 4     | 19    | >5     |
| T° máx. promedio | 23,9  | 24,1 | 24,8 | 24,9  | 25,6  | 26,2  | 27,2  | 26,6  | 28,6  | 25,7  | 26,6  | 26,1   |
| T° mín. promedio | 23,3  | 22,9 | 23,6 | 23,5  | 23,8  | 24,6  | 25,1  | 24,8  | 25,9  | 24,3  | 24,6  | 24,6   |
| Larvas/l         | 99,4  | 95,3 | 92,0 | 87,9  | 89,0  | 91,1  | 92,5  | 72,8  | 64,6  | 26,9  | 27,2  | 15,3   |
| % Supervivencia  | 100,0 | 95,9 | 92,6 | 88,4  | 89,5  | 91,6  | 93,1  | 73,2  | 65,0  | 27,1  | 27,4  | 15,4   |
| Calidad del agua | B     | B    | B    | B     | B     | R     | M     | R     | M     | B     | M     | R      |

Tabla 7b. Principales parámetros físico-químicos y biológicos del estanque L1, Abril-Junio de 1998

| Estanque L1                              |       |       |       |       |       |         |         |     |     |     |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|---------|---------|-----|-----|-----|
| Indice estadio                           | Z12   | Z12   | Z12   | Z12   | Z12   | Z12     | Z12     | Z12 | Z12 | Z12 |
| Días de cultivo                          | 55-59 | 60-69 | 70-79 | 80-89 | 90-99 | 100-109 | 110-121 |     |     |     |
| Calidad del agua                         | M     | R     | M     | R     | B     | B       | R       |     |     |     |
| T° máx. promedio                         | 26,1  | 26,2  | 25,4  | 26,3  | 26,3  | 26,5    | 26,0    |     |     |     |
| Desv. Est. T° max                        | 0,3   | 0,3   | 0,8   | 0,3   | 0,4   | 0,2     | 0,7     |     |     |     |
| T° mín. promedio                         | 24,6  | 24,6  | 23,7  | 23,9  | 24,0  | 23,8    | 23,2    |     |     |     |
| Desv. Est. T° mín                        | 0,3   | 0,4   | 0,9   | 0,5   | 0,4   | 0,3     | 0,6     |     |     |     |
| Larvas/l al inicio                       | 16,8  | 15,5  | 15,5  | 12,0  | 11,3  | 8,5     | 6,0     |     |     |     |
| % Supervivencia                          | 16,9  | 15,6  | 15,6  | 12,1  | 11,4  | 8,6     | 6,0     |     |     |     |
| N° PL período                            | 0     | 28    | 71    | 208   | 310   | 70      | 112     |     |     |     |
| % metamorfosis de la población existente | 0,0   | 0,4   | 0,9   | 3,5   | 5,5   | 1,6     | 3,7     |     |     |     |

En las Tablas 7a, 8a, 9a, 10a y 11a se exhiben los valores promedio de la temperatura diaria mínima y los valores promedios de la temperatura diaria máxima para cada período de desarrollo larval y para cada uno de los estanques de cultivo entre los meses de Enero y Abril de 1998.

De igual modo, en cada una de las Tablas anteriormente mencionadas se adjunta una línea que indica la calidad del agua para cada período. Para ello se emplearon las siglas "B" para buena, "R" para regular y "M" para mala. El calificativo empleado arbitrariamente, el cual dependió de la turbidez, olor y color del agua, de la presencia de materia orgánica en suspensión o en los sedimentos, de la aparición de agentes patógenos y de los parámetros físico-químico tales como pH, temperatura y oxígeno disuelto (ver capítulo 4.1.5. del presente informe)

Tabla 8a. Principales parámetros físico-químicos y biológicos del estanque L3, Enero-Abril de 1998

| Estanque L3      |       |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |
|------------------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Estadio          | Z1    | Z2   | Z3    | Z4    | Z5    | Z6    | Z7    | Z8    | Z9    | Z10   | Z11   | Z12    |
| Día cultivo      | 1-2   | 3-6  | 7-10  | 11-12 | 13-16 | 17-27 | 28-32 | 33-37 | 38-40 | 41-46 | 47-52 | 53->72 |
| Duración Estadio | 2     | 4    | 4     | 2     | 4     | 10    | 4     | 5     | 3     | 6     | 6     | >20    |
| T° máx. promedio | 25,0  | 24,6 | 23,8  | 23,7  | 24,4  | 25,6  | 26,1  | 26,5  | 26,7  | 26,6  | 26,6  | 26,3   |
| T° mín. promedio | 23,8  | 23,6 | 22,9  | 22,6  | 23,0  | 24,3  | 24,7  | 24,8  | 25,2  | 25,3  | 24,4  | 24,6   |
| Larvas/l         | 98,4  | 98,2 | 108,0 | 90,6  | 73,3  | 42,6  | 9,6   | 7,9   | 7,0   | 5,5   | 4,1   | 4,9    |
| % Supervivencia  | 100,0 | 99,8 | 109,8 | 92,1  | 74,5  | 43,3  | 9,8   | 8,0   | 7,1   | 5,6   | 4,2   | 5,0    |
| Calidad del agua | B     | B    | B     | B     | R     | M     | B     | B     | B     | R     | B     | B      |

Tabla 8b. Principales parámetros físico-químicos y biológicos del estanque L3, Abril-Junio de 1998

| Estanque L3                              |       |       |       |       |       |         |         |         |         |     |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|---------|---------|---------|---------|-----|
| Estadio                                  | Z12   | Z12   | Z12   | Z12   | Z12   | Z12     | Z12     | Z12     | Z12     | Z12 |
| Días de cultivo                          | 53-59 | 60-69 | 70-79 | 80-89 | 90-99 | 100-109 | 110-119 | 120-129 | 130-134 |     |
| Calidad del agua                         | B     | B     | B     | R     | M     | R       | B       | B       | B       |     |
| T° máx. promedio                         | 26,8  | 25,9  | 26,5  | 25,8  | 25,9  | 26,3    | 26,4    | 25,8    | 26,1    |     |
| Desv. Est. T° max                        | 0,3   | 0,3   | 0,4   | 0,6   | 0,5   | 0,3     | 0,4     | 0,8     | 0,2     |     |
| T° mín. promedio                         | 25,2  | 24,1  | 24,8  | 24,0  | 23,7  | 24,1    | 23,9    | 23,3    | 23,5    |     |
| Desv. Est. T° mín                        | 0,6   | 0,5   | 0,6   | 0,6   | 0,6   | 0,3     | 0,4     | 0,9     | 0,6     |     |
| Larvas/l al inicio                       | 5,6   | 5,6   | 3,0   | 1,9   | 1,0   | 1,0     | 1,0     | 0,7     | 0,4     |     |
| % Supervivencia                          | 5,7   | 5,7   | 3,1   | 2,0   | 1,0   | 1,0     | 1,0     | 0,7     | 0,4     |     |
| N° PL período                            | 2     | 35    | 410   | 128   | 32    | 26      | 17      | 20      | 5       |     |
| % metamorfosis de la población existente | 0,1   | 1,3   | 27,3  | 13,5  | 6,4   | 5,2     | 3,4     | 5,7     | 2,5     |     |

Tabla 9a. Principales parámetros físico-químicos y biológicos del estanque L4, Enero-Abril de 1998

| Estanque L4      |       |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |        |
|------------------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Estadio          | Z1    | Z2   | Z3   | Z4    | Z5    | Z6    | Z7    | Z8    | Z9    | Z10   | Z11   | Z12    |
| Día cultivo      | 1-3   | 4-5  | 6-9  | 10-11 | 12-13 | 14-19 | 20-22 | 23-27 | 28-31 | 32-39 | 40-48 | 49->60 |
| Duración Estadio | 3     | 2    | 4    | 2     | 2     | 6     | 3     | 5     | 4     | 8     | 8     | >12    |
| T° máx. promedio | 23,9  | 24,1 | 24,8 | 24,9  | 25,6  | 26,2  | 26,7  | 25,9  | 27,8  | 26,1  | 26,9  | 26,2   |
| T° mín. promedio | 23,3  | 22,9 | 23,6 | 23,5  | 23,8  | 24,6  | 25,1  | 24,5  | 25,9  | 24,3  | 25,0  | 23,7   |
| Larvas/l         | 55,6  | 53,3 | 51,4 | 49,1  | 49,8  | 50,9  | 52,4  | 39,4  | 29,5  | 26,4  | 17,0  | 14,3   |
| % Supervivencia  | 100,0 | 95,9 | 92,4 | 88,3  | 89,6  | 91,5  | 94,2  | 70,9  | 53,1  | 47,5  | 30,6  | 25,7   |
| Calidad del agua | B     | B    | B    | B     | B     | R     | M     | R     | R     | M     | R     | M      |

Tabla 9b. Principales parámetros físico-químicos y biológicos del estanque L4, Abril-Junio de 1998

| Estanque L4                              |       |       |       |       |       |         |         |         |         |         |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Estadio                                  | Z12   | Z12   | Z12   | Z12   | Z12   | Z12     | Z12     | Z12     | Z12     | Z12     |
| Días de cultivo                          | 49-59 | 60-69 | 70-79 | 80-89 | 90-99 | 100-109 | 110-119 | 120-129 | 130-139 | 140-154 |
| Calidad del agua                         | MM    | R     | M     | M     | B     | B       | B       | B       | B       | M       |
| T° máx. promedio                         | 26,2  | 26,2  | 25,5  | 26,2  | 26,4  | 26,5    | 26,1    | 25,7    | 25,9    | 23,0    |
| Desv. Est. T° max                        | 0,2   | 0,5   | 0,9   | 0,5   | 0,3   | 0,1     | 0,7     | 0,2     | 0,8     | 2,7     |
| T° mín. promedio                         | 23,7  | 24,6  | 23,6  | 24,1  | 24,1  | 24,0    | 23,7    | 22,8    | 22,2    | 18,3    |
| Desv. Est. T° mín                        | 1,4   | 0,4   | 1,1   | 0,5   | 0,4   | 0,6     | 0,6     | 0,6     | 1,0     | 2,4     |
| Larvas/l al inicio                       | 14,0  | 7,9   | 7,7   | 6,5   | 3,3   | 3,3     | 3,3     | 2,8     | 2,4     | 2,0     |
| % Supervivencia                          | 25,2  | 14,2  | 13,8  | 11,7  | 5,9   | 5,9     | 5,9     | 5,0     | 4,3     | 3,6     |
| N° PL período                            | 0     | 4     | 37    | 81    | 104   | 97      | 103     | 40      | 22      | 23      |
| % metamorfosis de la población existente | 0,0   | 0,1   | 1,0   | 2,5   | 6,3   | 5,9     | 6,2     | 2,9     | 1,8     | 2,3     |

Tabla 10a. Principales parámetros físico-químicos y biológicos del estanque L5, Enero-Abril de 1998

| Estanque L5      |       |       |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |
|------------------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Estadio          | Z1    | Z2    | Z3   | Z4   | Z5    | Z6    | Z7    | Z8    | Z9    | Z10   | Z11   | Z12   |
| Día cultivo      | 1-2   | 3-5   | 6-8  | 9-11 | 12-14 | 15-24 | 25-26 | 27-29 | 30-34 | 35-41 | 42-45 | 46-97 |
| Duración Estadio | 2     | 3     | 3    | 3    | 3     | 10    | 2     | 3     | 5     | 7     | 4     | >51   |
| T° máx. promedio | 28,8  | 28,7  | 28,8 | 28,9 | 28,6  | 27,4  | 27,3  | 26,5  | 25,0  | 24,8  | 26,0  | 26,6  |
| T° mín. promedio | 27,3  | 26,9  | 26,2 | 27,0 | 25,4  | 25,4  | 25,3  | 24,6  | 24,0  | 23,6  | 24,6  | 25,2  |
| Larvas/l         | 127,3 | 116,7 | 87,1 | 54,9 | 20,5  | 10,2  | 2,7   | 2,3   | 2,4   | 2,5   | 2,3   | 2,3   |
| % Supervivencia  | 100,0 | 91,7  | 68,4 | 43,1 | 16,1  | 8,0   | 2,1   | 1,8   | 1,9   | 2,0   | 1,8   | 1,8   |
| Calidad del agua | B     | B     | B    | M    | R     | M     | B     | B     | B     | B     | B     | R     |

Tabla 10b. Principales parámetros físico-químicos y biológicos del estanque L5, Abril-Junio de 1998

| Estanque L5                              |       |       |       |       |       |         |         |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|---------|---------|
| Estadio                                  | Z12   | Z12   | Z12   | Z12   | Z12   | Z12     | Z12     |
| Días de cultivo                          | 49-59 | 60-69 | 70-79 | 80-89 | 90-99 | 100-109 | 110-114 |
| Calidad del agua                         | R     | B     | B     | M     | B     | R       | M       |
| T° máx. promedio                         | 26,3  | 26,4  | 26,9  | 27,1  | 26,3  | 26,1    | 24,2    |
| Desv. Est. T° max                        | 0,4   | 0,5   | 0,6   | 0,6   | 0,3   | 0,4     | 0,6     |
| T° mín. promedio                         | 25,0  | 25,3  | 25,3  | 25,1  | 24,8  | 25,0    | 23,2    |
| Desv. Est. T° mín                        | 0,3   | 0,7   | 0,9   | 0,8   | 0,3   | 1,1     | 1,0     |
| Larvas/l al inicio                       | 2,3   | 2,0   | 2,0   | 2,0   | 1,8   | 1,7     | 0,8     |
| % Supervivencia                          | 1,8   | 1,6   | 1,6   | 1,6   | 1,4   | 1,3     | 0,6     |
| N° PL período                            | 8     | 64    | 64    | 57    | 33    | 47      | 14      |
| % metamorfosis de la población existente | 0,7   | 6,4   | 6,4   | 5,7   | 3,7   | 5,5     | 3,5     |

Tabla 11a. Principales parámetros físico-químicos y biológicos del estanque L6, Enero-Abril de 1998

| Estanque L6      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Estadio          | Z1    | Z2    | Z3    | Z4    | Z5    | Z6    | Z7    | Z8    | Z9    | Z10   | Z11   | Z12    |
| Día cultivo      | 1-2   | 3-7   | 8-10  | 11-14 | 15-16 | 17-25 | 26-32 | 33-34 | 35-37 | 38-41 | 42-59 | 60->70 |
| Duración Estadio | 2     | 5     | 3     | 4     | 2     | 9     | 7     | 2     | 3     | 4     | 18    | >11    |
| T° máx. promedio | 25,7  | 23,9  | 23,2  | 23,6  | 24,9  | 25,4  | 26,0  | 26,0  | 26,7  | 26,2  | 26,4  | 26,4   |
| T° mín. promedio | 24,9  | 22,9  | 22,4  | 22,8  | 23,2  | 24,1  | 24,6  | 24,8  | 25,4  | 25,5  | 24,6  | 24,9   |
| Larvas/l         | 140,0 | 136,6 | 122,2 | 116,8 | 122,6 | 113,8 | 70,7  | 61,3  | 60,7  | 54,4  | 48,0  | 25,1   |
| % Supervivencia  | 100,0 | 97,6  | 87,3  | 83,4  | 87,6  | 81,3  | 50,5  | 43,8  | 43,4  | 38,9  | 34,3  | 17,9   |
| Calidad del agua | B     | R     | B     | B     | B     | M     | B     | B     | R     | B     | M     | R      |

Tabla 11b. Principales parámetros físico-químicos y biológicos del estanque L6, Abril-Junio de 1998

| Estanque L6                              |       |       |       |       |         |         |         |     |     |
|--|-------|-------|-------|-------|---------|---------|---------|-----|-----|
| Estadio                                  | Z12   | Z12   | Z12   | Z12   | Z12     | Z12     | Z12     | Z12 | Z12 |
| Días de cultivo                          | 60-69 | 70-79 | 80-89 | 90-99 | 100-109 | 110-119 | 120-126 |     |     |
| Calidad del agua                         | M     | R     | MM    | R     | B       | B       | R       |     |     |
| T° máx. promedio                         | 26,3  | 26,2  | 25,6  | 26,2  | 26,5    | 26,6    | 25,7    |     |     |
| Desv. Est. T° max                        | 0,3   | 0,4   | 0,9   | 0,8   | 0,2     | 0,2     | 0,8     |     |     |
| T° mín. promedio                         | 24,8  | 25,0  | 23,7  | 23,7  | 24,3    | 24,4    | 23,4    |     |     |
| Desv. Est. T° mín                        | 0,6   | 0,6   | 1,2   | 0,8   | 0,2     | 0,2     | 0,6     |     |     |
| Larvas/l al inicio                       | 14,0  | 11,8  | 11,8  | 1,8   | 0,5     | 0,2     | 0,1     |     |     |
| % Supervivencia                          | 10,0  | 8,4   | 8,4   | 1,3   | 0,4     | 0,1     | 0,1     |     |     |
| N° PL periodo                            | 46    | 967   | 568   | 151   | 46      | 22      | 10      |     |     |
| % metamorfosis de la población existente | 0,2   | 4,8   | 2,8   | 4,9   | 5,4     | 6,5     | 5,9     |     |     |

Como se ha señalado en múltiples oportunidades, los parámetros físico-químicos del agua son tan importante como la temperatura del agua y una alimentación equilibrada. Estos parámetros determinaron en gran parte la supervivencia y el desarrollo de las larvas. La principal dificultad del cultivo larval de *Cryphiops caementarius* en esta etapa del proyecto residió principalmente en que fue difícil mantener la calidad del agua en óptimas condiciones durante un período de 4 meses, en especial considerando que se trabajó con densidades finales de cultivo superior a 10 larvas/l.

El desequilibrio del sistema se inició cuando la población de los estanques alcanzó una biomasa tal que las larvas requirieron de una mayor cantidad de alimento para desarrollarse. En ese momento y debido al metabolismo más acelerado de los individuos, aumentó considerablemente la cantidad de heces y desechos metabólicos en el agua, los cuales promovieron la aparición de bacterias anaeróbicas perjudiciales. Por esta razón fue necesario efectuar una limpieza diaria de los sedimentos, al igual que un recambio parcial y diario del agua. Sin embargo, fue evidente que sería mucho más difícil mantener en óptimas condiciones los parámetros físico-químicos de un hatchery considerando las altas densidades requeridas para un cultivo comercial.

Con el fin de solucionar este problema, a partir del 75° día de cultivo se probó exitosamente en el estanque L1 un sistema experimental permanente de recirculación y filtración del agua. En dicho sistema el agua atravesaba reiteradas veces al día un filtro biológico múltiple compuesto de grava, fibra sintética y resina epotóxica. Así es como la fauna de bacterias aeróbicas que se desarrolló en el filtro sumado a la acción retentiva de la resina contribuyeron a la limpieza del agua circulante, degradando y eliminando los desechos orgánicos disueltos o metabolitos tóxicos. En forma adicional el sistema aclaró el agua y eliminó los malos olores sin extraer los oligo-elementos disueltos.

El sistema resultó ser muy efectivo con las larvas en su última fase de desarrollo (estadio Zoea 12) ya que el mayor tamaño y la mayor agilidad natatoria de los individuos impidió que fueran aspirados por el sistema de bombeo y recirculación del agua. Gracias a este mecanismo fue posible aclarar el agua y disminuir considerablemente la tasa de mortalidad de la población en el estanque.

Los resultados obtenidos a partir de la aparición del estadio Zoea 12, entre Abril y Junio de 1998, se exponen en Tablas 7b, 8b, 9b, 10b y 11b donde es posible observar que las temperaturas máximas promedio más elevadas de cada estanque fueron obtenidas en diferentes períodos del cultivo. Para el estanque L1 la temperatura promedio más alta fue de  $26,5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$  y para el estanque L4 la cifra fue de  $26,5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,

ambos valores fueron obtenidos para el período comprendido entre el 100 al 109° día de cultivo. En el estanque L3 la temperatura máxima promedio más elevada fue de  $26,8\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$  entre el 53° al 59° día de cultivo, mientras que para los estanques L5 y L6 las temperaturas máximas promedio más elevadas se obtuvieron en los períodos 70-79 y 110-119 respectivamente con valores calculados correspondientes de  $27,1\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $26,6\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

En el caso de las temperaturas mínimas promedio calculadas para cada uno de los períodos indicados en las tablas, se observa que los valores más bajos se obtuvieron, en forma general, en el período final del cultivo. Ello se debió principalmente a que la temporada invernal se encontraba próxima, registrándose muy bajas temperaturas, en especial durante la noche. Los sistemas de aislamiento térmico de los estanques fueron insuficientes para contrarrestar por mucho tiempo la gran diferencia térmica existente entre el interior y el exterior de los estanques de cultivo larval. Debido a ello los valores de temperaturas mínimas promedio más bajas calculados para los estanques L1, L3, L4, L5 y L6 fueron respectivamente  $23,2\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$  en el período entre el 110 al 121° día de cultivo,  $23,3\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,9\text{ }^{\circ}\text{C}$  en el período 120-129,  $18,3\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2,4\text{ }^{\circ}\text{C}$  entre el 140° al 154° día,  $23,2\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  en el período 110-114 y  $23,4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$  entre el 120 al 126° día de cultivo.

Entre el 1° al 110° día de cultivo casi todos los valores de temperatura del hatchery se ubicaron dentro del rango considerado como óptimo para el cultivo larval, el cual varió de acuerdo a lo previsto entre  $24,0$  y  $27,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Sin embargo, debido a la considerable disminución de la temperatura ambiental a partir de fines de Abril no fue posible mantener el agua de los estanques dentro del rango requerido, lo cual se observa claramente en las tablas anteriormente mencionadas. En ellas se advierte que a partir de esa fecha (días 110 a 120) las temperaturas mínimas promedio se encuentran por debajo del piso de  $24,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , mientras que los valores de temperaturas máximas promedio tienden a ser levemente inferior a  $26,0^{\circ}\text{C}$ . Se estima que ello repercutió en la tasa de metamorfosis de la población, situación que se detalla en el capítulo siguiente.

## **b. Evolución de la supervivencia larval, Enero a Junio 1998**

La evolución de la supervivencia larval en los diferentes estanques de cultivo se expone en los Gráficos 6, 7, 8, 9 y 10 ubicados en el anexo (capítulo 10), al igual que en las Tablas 7, 8, 9, 10, y 11 del capítulo anterior. Las densidades iniciales de larvas (Zoea 1) variaron entre un mínimo de 55,6 larvas por litro en el estanque L4 a un máximo de 140 larvas por litro en el estanque L6.

El cultivo de larvas se inició en el estanque L5 a fines de Diciembre de 1997 gracias a un desove masivo que permitió alcanzar una densidad inicial de 127,3 larvas por litro (ver Tabla 10a y Gráfico 9a). Sin embargo, se observó una caída brusca y continua de la supervivencia de la población desde el inicio del hatchery hasta el 25° día de cultivo. Al final de ese período sólo sobrevivió el 2,7% de la población, situación que estuvo muy probablemente asociada a una temperatura demasiado elevada del agua, en especial durante los primeros 5 estadios de desarrollo larval. La temperatura diaria del agua durante ese período fue superior por más de  $2,3\text{ }^{\circ}\text{C}$  con respecto a la temperatura empleada en el resto de los estanques, superando en la mayoría de los casos los  $28,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Puesto que se trataba del primer estanque con desove masivo y nunca antes se había empleado una caldera para calentar el agua, se efectuó una prueba para determinar cual podría ser la temperatura óptima de cultivo con el propósito de salvar a la población existente. Como resultado de esta experiencia, se descubrió que era necesario bajar la temperatura hasta un valor cercano a  $25,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  para lograr una óptima supervivencia entre los estadios Zoeas 1 y Zoeas 5. En el estanque L5, después de llegar al estadio Zoea 6, la población sobreviviente continuó desarrollándose sin dificultad mientras que su número permaneció estable hasta 60° día de cultivo, con una densidad cercana a 2,0 larvas por litro (1,6% de supervivencia) momento en que las larvas ya se encontraban en el estadio Zoea 12.

En los estanques L1 y L4 la población de larvas se mantuvo muy estable hasta el 20° día de cultivo, alcanzando un 93,1% y 94,2% de supervivencia respectivamente cuando la población se encontraba en el estadio Zoea 7, seguidos del estanque L6 que al 16° día logró mantener una supervivencia del 85,3% correspondiente a

una población en el estadio Zoea 6. A partir de ese momento, comenzó a deteriorarse considerablemente la calidad del agua en los tres estanques, lo cual causó la primera mortalidad masiva de larvas, llegando al 27° día con una supervivencia del 65,0% (Zoea 9) para el estanque L1, del 53,1% (Zoea 8) para el estanque L4 y del 47,2% (Zoea 7) para el L6.

En el estanque L3 la población se mantuvo estable hasta el 11° día de cultivo con una supervivencia del 92,1%. Después de este período la calidad del agua empeoró a causa de una sobredosis de alimento preparado, provocando una baja importante de la población que sólo logró estabilizarse el 22° día de cultivo, obteniéndose una supervivencia de 12,9%.

La desafortunada falla técnica que provocó la elevación excesiva de la temperatura en los estanques L1, L3 y L4 el día 28 de febrero de 1998 repercutió en la supervivencia posterior de la población de dichos cultivos. En el estanque L1 la densidad disminuyó drásticamente de 63,0 a 26,9 larvas por litro en sólo 3 días, obteniéndose una supervivencia final del 27,1% en el 32° día de cultivo. Los estanques L3 y L4 fueron menos afectados por el problema debido a que la alza de temperatura resultó ser menos importante. Es así como dentro del mismo lapso de tiempo, en el estanque L4 la densidad cayó de 35,0 a 26,4 larvas por litro, llegando al 32° día de cultivo a una supervivencia del 47,5%. De igual modo, la población del estanque L3 disminuyó hasta alcanzar al 60° día de cultivo un 5,7% de supervivencia con 5,6 larvas por litro.

Después del segundo mes, la población de los estanques L3 y L5 se mantuvo estable hasta el 110° a 100° día de cultivo respectivamente. Si bien en el estanque L3 se observó una reducción aparente en la población de larvas de 3,0 a 1,9 larvas por litro al 80° día, ello se debió principalmente a la elevada tasa de metamorfosis registrada en ese período, la cual llegó al 27,3% de la población existente en el estanque. Este acontecimiento redujo el número de larvas pero a su vez incrementó el número de post-larvas, las cuales fueron diariamente extraídas de los estanques para ser depositadas en uno de mayores dimensiones. A partir del 110° día, la densidad disminuyó paulatinamente en ambos estanques causado por el clima frío presente a fines de Mayo y principios de Junio. De este modo, la duración total del cultivo fue de 134 días en el estanque L3 y 125 días en el estanque L5.

Puesto que el incidente de la temperatura no afectó al estanque L6, el número de larvas se mantuvo relativamente constante, disminuyendo paulatinamente hasta llegar a una densidad de 45,6 larvas por litros el 52° día de cultivo. En ese momento la población se encontraba sana y había llegado al penúltimo estadio de desarrollo correspondiente a Zoea 11, con un 32,6% de supervivencia y una alta densidad de cultivo.

Entre el 53° y 57° día de cultivo, el agua de los estanques L1, L4 y L6 se tornó turbia y se detectó una gran cantidad de materia orgánica en suspensión, la cual fue difícil de eliminar. Este fenómeno se combinó con aparición de espuma amarilla en la superficie del agua que reveló la presencia de bacterias patógenas, lo cual afectó seriamente a la población de larvas. El grave problema de contaminación del agua de cultivo por bacterias patógenas (clasificada Mala (M) o Muy Mala (MM) en las Tablas 7, 9 y 11) se combinó en el caso del estanque 6 con una falla técnica en el suministro de energía, la cual impidió a su vez el recambio oportuno del agua:

La primera falla técnica en el suministro de energía impidió efectuar el recambio de agua en todos los estanques de cultivo de la Estación I. En ese momento sólo el estanque L6 presentaba problemas en la calidad del agua, por lo cual fue el único afectado. Durante ese lapso de tiempo, la población del estanque L6 decreció considerablemente, pasando de 39,6 a 12,9 larvas por litros en sólo 3 días y detectándose una gran cantidad de individuos muertos. A partir de ese momento la supervivencia en el estanque L6 disminuyó levemente hasta alcanzar un valor de 8,4% correspondiente a 11,8 larvas por litro al 60° día de cultivo.

Una semana después de dicho incidente, los estanques L1 y L4 fueron afectados por el mismo problema de contaminación bacteriana, pero esta vez se pudo realizar el recambio diario de agua previsto para esta situación. Si bien la acción disminuyó significativamente los estragos causados por la presencia de bacterias

patógenas, la población de ambos estanques se vio igualmente afectada. En el estanque L1 la densidad de larvas decreció de 22,5 a 15,5 larvas por litro obteniéndose una supervivencia de sólo 15,6% al cabo de 60 días de cultivo. Por otro lado, en el estanque L4 la población pasó de 13,4 a 7,9 larvas por litro al 60º día, disminución que correspondió a un 14,2% de supervivencia.

En el 74º y 75º día de cultivo, los estanques L1 y L4 fueron nuevamente afectados por un problema de calidad del agua y falta de suministro de energía eléctrica, pero esta vez se logró recambiar el agua al segundo día de iniciado el problema, antes de que la situación empeorase. Si bien la acción disminuyó significativamente los estragos causados por la presencia de bacterias patógenas, la población de ambos estanques se vio igualmente perjudicada, pero en menor grado que la vez anterior. En el estanque L1 la densidad de larvas decreció a 12,0 larvas por litro obteniéndose una supervivencia del 12,1% para el 80º día de cultivo. Por otro lado, en el estanque L4 la población llegó a 6,5 larvas por litro para luego disminuir, nuevamente por problemas de agua turbia y limpieza, a una densidad de 3,3 larvas por litro al 90º día, valor correspondiente a un 5,9% de supervivencia de la población inicial. El problema de limpieza de los estanques de cultivo, se debió a las reiteradas negligencias en el trabajo del Técnico de la Estación I en ausencia del Jefe de Proyecto que se encontraba en Santiago realizando trámites.

A contar del 90º día de cultivo, la población se mantuvo relativamente estable en ambos estanques (L1 y L4) hasta el 110º día, después de lo cual la población comenzó a decrecer lentamente hasta extinguirse casi totalmente al término del cultivo. Ello se debió principalmente al clima austero predominante a fines de Mayo y a principio de Junio, situación que no permitió la adecuada regulación de la temperatura. De este modo, el cultivo larval en el estanque L1 tuvo una duración total de 121 días, mientras que en el estanque L4 la duración fue de 154 días. La enorme diferencia se debe a que en este último se tomó la decisión de introducir los remanentes de larvas de todos los otros estanques, cuando la población era insuficiente como para no justificar la continuación del cultivo (estanques con densidades del orden de 0,1 a 0,2 larvas por litro).

Del mismo modo, la supervivencia de la población del estanque L6, que había logrado mantenerse relativamente estable, decayó bruscamente al 81º día de cultivo, provocado por la falta de limpieza del fondo a causa de la negligencia del Técnico de la Estación I. En dicha ocasión la población presentó una mortalidad elevada pasando de 11,8 a 1,8 larvas por litro en un período de sólo 3 días (ver Tabla 11b, calidad del agua Muy Mala o MM), situación que a su vez detuvo bruscamente la elevada tasa de metamorfosis que se había comenzado a obtener (ver Gráfico 10b). A partir de esa fecha la población ya debilitada siguió decreciendo hasta llegar a 0,2 larvas por litro al 110º día de cultivo. De esta manera, el cultivo finalizó después de 126 días de duración.

**Tabla 12. Resultados del cultivo larval en la Estación I, Enero-Junio de 1998**

| Nombre Estanque | Volúmen (litros) | Duración cultivo (días) | Larvas/l Inicial | Nº PL Final  | % Sobrev. Final | Día cultivo 1º P.L. |
|-----------------|------------------|-------------------------|------------------|--------------|-----------------|---------------------|
| L1              | 500              | 121                     | 99,4             | 799          | 1,61            | 61                  |
| L3              | 500              | 134                     | 98,4             | 675          | 1,37            | 56                  |
| L4              | 500              | 154                     | 55,6             | 511          | 1,84            | 61                  |
| L5              | 500              | 114                     | 127,3            | 287          | 0,45            | 50                  |
| L6              | 1.700            | 126                     | 140,0            | 1.810        | 0,76            | 61                  |
| <b>Total</b>    | <b>3.700</b>     | ---                     | ---              | <b>4.082</b> | ---             | ---                 |
| <b>Promedio</b> | ---              | <b>129,8</b>            | <b>104,14</b>    | ---          | <b>1,2</b>      | <b>57,8</b>         |

Considerando el número de post-larvas obtenido en cada uno de los estanques experimentales fue posible determinar el real porcentaje de supervivencia de la población al término del cultivo. De acuerdo a este criterio los resultados son expuestos en la Tabla 12. En ella se puede observar una supervivencia final que varió entre un máximo de 1,84% en el estanque L4 a un mínimo de 0,45% para el estanque L5, con un promedio para todos los estanques del 1,2%. El promedio obtenido en el hatchery fue ligeramente inferior al resultado de la temporada anterior, donde se logró un 1,6% de supervivencia promedio. Sin embargo, en esta ocasión (año 1998) se emplearon densidades iniciales de cultivo entre 4 a 8 veces superiores a la temporada anterior, lo cual incidió en la producción de un número de ejemplares casi 4 veces mayor, con un total de 4.084 post-larvas en vez de las 1.186 obtenidas en 1997.

Si consideramos el hatchery en lo que respecta a la producción por unidad de volumen de cultivo, el promedio obtenido en el año 1998 fue de 1,1 post-larvas por litro en sólo 130 días de cultivo promedio y fuera de temporada (Febrero a Junio), mientras que en el año 1997 la producción fue de sólo 0,4 post-larvas por litro en un período total de cultivo superior a 150 días a pesar de haberse realizado en plena temporada reproductiva (Noviembre a Marzo). Estos resultados revelaron mejoras substanciales en las condiciones de cultivo a pesar de que no se obtuvieron resultados que justificaran el desarrollo de un cultivo comercial.

### c. Duración de los estadios larvales de *Cryphiops caementarius*

La duración de los diferentes estadios larvales está en gran parte determinada por los factores genético que al expresarse bajo condiciones ambientales previamente establecidas permiten el óptimo desarrollo de los individuos. Por esta razón es importante mantener a la población adecuadamente alimentada y conservar los parámetros físico-químicos del agua en óptimas condiciones.

En todos los estanques, los estadios comprendidos entre Zoea 1 y Zoea 5 tuvieron una duración similar que fluctuó entre 2 a 5 días, con la obtención de Zoeas 6 al cabo de un período variable entre 14 y 17 días.

A diferencia de lo que se había creído al inicio del proyecto, el aumento de la temperatura de 24,0 °C a 28,5 °C no aceleró significativamente el crecimiento de las larvas, en especial durante el período que va entre Zoea 1 y Zoea 5 (ver Tablas 7, 8, 9, 10 y 11 y los Gráficos 6, 7, 8, 9 y 10). Por ejemplo, en el estanque L1 la temperatura máxima nunca superó los 26,1 °C durante las primeras 2 semanas de cultivo, mientras que en el estanque L5 esta siempre fue superior a 28,6 °C. Sin embargo, en el primer estanque las larvas tardaron 14 días en llegar a Zoea 6 mientras que en el segundo las larvas tardaron 15 días. Se podría decir que en este último caso la temperatura sólo afectó negativamente la supervivencia de las larvas y no la duración de los estadios.

Durante el cultivo, la duración de los estadios estuvo más bien sujeta a la mantención de una buena calidad del agua y adecuada alimentación. Por ejemplo, en los estanques L3, L5 y L6 la duración del estadio de desarrollo Zoeas 6 fue de 10 días debido en gran parte a la mala calidad del agua durante ese período, mientras que en los estanques L1 y L4 el mismo estadio tuvo una duración de sólo 6 días.

La aparición de larvas en estadio Zoea 7 se inició entre el 20° y el 28° día de cultivo. Por otro lado, duración de cada uno de los estadios entre Zoea 7 a Zoea 10 fluctuó entre 2 y 8 días indistintamente, dependiendo del estanque y de la calidad del agua existente en ese período. Al cabo de unos 36 a 47 días todas las larvas de todos los estanques lograron alcanzar el estadio Zoea 11. Este último estadio se caracterizó por tener una duración muy variable, la cual estuvo nuevamente ligada a la calidad del agua. Por ello, los estanques L1 y L6, que presentaron graves problemas de contaminación y turbidez del agua durante dicho estadio, fueron precisamente aquellos estanques donde su duración se alargó por más tiempo, prolongándose por 18 y 19 días respectivamente. De igual modo, en el resto de los estanques el estadio Zoea 11 tuvo una duración mucho menor que fluctuó entre 4 y 8 días, gracias a que la calidad del agua en ese período se encontraba en óptimas condiciones.

En la mayoría de los casos, las larvas lograron llegar al último estadio, correspondiente a Zoea 12, al cabo de un tiempo que varió entre 49 a 60 días. Este último estadio es el que presentó una mayor diferencia de duración entre los individuos, independientemente de su origen o estanque de cultivo. Los principales parámetros que incidieron en su duración aún no han sido completamente dilucidados. Sin embargo, la temperatura y la calidad del agua parecen haber jugado un papel preponderante.

De acuerdo a la experiencia adquirida en esta etapa del proyecto, se constató que la mayoría de las larvas sobrevivientes llegaron a la metamorfosis al cabo de un período de 99 días a contar de su nacimiento. Sin embargo la última post-larvas fue obtenida después de 152 días de cultivo. Este último hecho confirmó los resultados de la temporada anterior (verano 1997) que incitaron a pensar en que las larvas tienen la capacidad de prolongar la duración del estadio larval en espera de las condiciones óptimas para su metamorfosis (Rivera y Meruane, 1989). Debido a ello fue posible explicar porque la duración del último estadio, correspondiente a Zoea 12, varió entre 8 y 105 días con una duración promedio cercana a los 37 días.

#### d. Metamorfosis y tasa de obtención de post-larvas, Marzo-Junio de 1998

La tasa de metamorfosis de la población larval depende tanto de los factores genéticos como de las condiciones ambientales predominantes antes y durante la metamorfosis. Las primeras post-larvas se obtuvieron en el estanque L5 al cabo de sólo 50 y 51 días (ver Tabla 12) probablemente debido a que la temperatura del período inicial de dicho cultivo fue comparativamente la más elevada de todos los estanques. En el resto de los estanques, los primeros casos de metamorfosis ocurrieron al cabo de 56 días en el estanque L3 y 61 días para los estanques L1, L4 y L6.

**Tabla 13. Resumen de los principales parámetros físico-químicos y biológicos del cultivo larval, Enero-Junio de 1998**

| Estanque L1, 3, 4, 5 y 6                          |       |       |       |       |       |         |         |         |         |         |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Estadio   | Z12   | Z12   | Z12   | Z12   | Z12   | Z12     | Z12     | Z12     | Z12     | Z12     |
| Días de cultivo                                   | 49-59 | 60-69 | 70-79 | 80-89 | 90-99 | 100-109 | 110-119 | 120-129 | 130-139 | 140-154 |
| T° máx. promedio                                  | 26,4  | 26,2  | 26,1  | 26,2  | 26,2  | 26,4    | 25,9    | 25,7    | 26,0    | 23,0    |
| Desv. Est. T° máx                                 | 0,3   | 0,4   | 0,6   | 0,6   | 0,5   | 0,2     | 0,5     | 0,6     | 0,5     | 2,7     |
| T° mín. promedio                                  | 24,6  | 24,7  | 24,5  | 24,2  | 24,1  | 24,2    | 23,7    | 23,4    | 22,9    | 18,3    |
| Desv. Est. T° mín                                 | 0,7   | 0,5   | 0,8   | 0,7   | 0,5   | 0,5     | 0,6     | 0,7     | 0,8     | 2,4     |
| Larvas/l al inicio                                | 9,7   | 9,0   | 8,0   | 6,8   | 3,8   | 3,0     | 2,3     | 1,2     | 1,4     | 2,0     |
| % Supervivencia                                   | 12,4  | 9,4   | 8,5   | 7,2   | 4,2   | 3,4     | 2,7     | 1,9     | 2,4     | 3,6     |
| N° PL período                                     | 10    | 177   | 1.549 | 1.042 | 630   | 286     | 268     | 70      | 27      | 23      |
| % promedio metamorfosis de la población existente | 0,2   | 1,7   | 8,1   | 5,6   | 5,4   | 4,7     | 4,7     | 4,8     | 2,2     | 2,3     |

El resultado del número de post-larvas obtenidas diariamente en cada estanque se expone en los Gráficos 6, 7, 8, 9 y 10 ubicados en el anexo (capítulo 10). En las Tablas 7b, 8b, 9b, 10b y 11b se exponen tanto el número de post-larvas (PL) obtenidas para cada uno de los períodos indicados, como el correspondiente porcentaje de metamorfosis de la población existente en ese momento.

La producción total de post-larvas en la temporada 1998 sumó un total de 4.085 ejemplares, todas ellas viables en agua dulce. La duración total promedio del cultivo fue de 129,8 días, obteniéndose el 78,8% de las post-larvas (3.221 ejemplares) entre el 70° y el 99° día de cultivo (ver Tabla 13). El porcentaje promedio de metamorfosis de la población existente durante dicho período sumó un total de 19,1%. En forma general se observó un importante incremento en el número de metamorfosis entre el 70° y el 79° día de cultivo sumando un total de 1.549 individuos, lo cual correspondió al 37,9% del total de metamorfosis registradas en los diferentes estanques de cultivo de la temporada.

El estanque que produjo una mayor cantidad de post-larvas fue el estanque L6 con un total de 1.810 ejemplares. Ello se explica por el mayor tamaño del estanque que contenía 1.700 litros de agua. Comparativamente a la capacidad del estanque, el que logró la mayor producción fue el L1 con un total de 799 post-larvas en 500 litros, seguido del estanque L3 con un total de 675 ejemplares en un volumen equivalente. El estanque que obtuvo peores resultados fue el L5 con sólo 287 post-larvas, debido principalmente a la elevada mortalidad de la población en el período inicial del cultivo.

Cada estanque registró resultados diferentes en relación con la evolución del número diario de individuos que alcanzó la metamorfosis. Sin embargo, en algunos de ellos fue posible detectar comportamientos similares frente a las mismas condiciones ambientales de cultivo, en especial relacionado con la temperatura y la calidad del agua. Sin importar el estanque experimental, siempre se obtuvo el mayor porcentaje de metamorfosis de la población cuando la calidad del agua fue calificada como Regular (R) a Buena (B), la temperatura mínima promedio (mañana) superó los 24,0 °C y la temperatura máxima promedio (tarde) se encontraba entre los 26,4 °C a 26,9 °C.

De este modo, el estanque L3 de sólo 500 litros registró el mayor porcentaje de metamorfosis en el menor lapso de tiempo, con la obtención de 410 post-larvas entre el 70° al 79° día de cultivo y 128 post-larvas entre el 80° al 89° día para una densidad de sólo 3 larvas por litro, lo cual correspondió respectivamente a un 27,3% y 13,5% de metamorfosis de la población existente durante los períodos anteriormente mencionados (ver Tabla 8b y el pico registrado en Gráfico 7b). El estanque L3 fue el único que presentó una óptima calidad del agua (Buena), desde varias semanas antes hasta el momento de iniciarse el proceso de metamorfosis. Aparentemente ello repercutió positivamente en la metamorfosis de una parte importante de su población.

Los estanques L1 y L6 también registraron picos importantes en la aparición del número de post-larvas (ver Gráficos 6b, 6c y 10b). El estanque L1 obtuvo 518 post-larvas (9% de metamorfosis) entre el 80° y el 99° día de cultivo, mientras que el estanque L6 (estanque de 1.700 litros) registró un total de 1.535 post-larvas (7,6% de metamorfosis) en el mismo período (ver Tablas 7b y 11b). Es importante destacar como el proceso de metamorfosis se detuvo bruscamente en el estanque L6 entre el 81° y 86° día de cultivo debido a los graves problemas en la calidad del agua, período que duró 6 días y durante el cual murió gran parte de la población existente en ese momento.

Los estanques L4 y L5 también presentaron un período de alza en el porcentaje de metamorfosis (ver Tablas 9b y 10b). Sin embargo, debido a la reducida densidad de larvas presente en los estanques durante dicho período, la visualización en los gráficos es menos evidente (ver Gráficos 8b, 8c y 9b). De acuerdo a ello, el estanque L4 produjo 304 post-larvas, correspondiente a un 18,4% de metamorfosis entre el 90° y el 119° día de cultivo, mientras que el estanque L5 se obtuvo 185 ejemplares (18,5% de metamorfosis) entre el 60° y el 89° día.

Tanto en las Tablas como en los Gráficos se aprecia que a partir de los períodos anteriormente mencionados, el número de post-larvas obtenido diariamente comenzó a disminuir paulatinamente a medida que se acercaba el término del cultivo, salvo en el estanque L1 en el cual se observó la aparición de un pequeño pico al 112° día. La disminución en la tasa de metamorfosis al término del cultivo aparentemente se debió al descenso paulatino de la temperatura ambiental en el mes de Mayo, la cual alcanzó valores mínimos en el mes de Julio, en especial durante la noche.

A pesar de que la utilización de la caldera permitió elevar diariamente la temperatura de los diferentes cultivos, gracias al recambio parcial de agua efectuado por las tardes, el sistema de aislamiento térmico de los estanques no fue suficiente para impedir la pérdida de calor a través de la superficie del agua. La gran diferencia térmica, existente entre el exterior y el interior de los estanques, provocó sistemáticamente una rápida disminución de la temperatura durante la noche, alcanzando los valores mínimos por la mañana para luego mantenerse estable durante el día. Esta situación hizo que la mayor parte del tiempo la temperatura del cultivo fuera más cercana a la temperatura mínima que a la máxima registrada cada día. Ello habría repercutido en la tasa diaria de metamorfosis, la cual disminuyó conjuntamente con la temperatura del cultivo.

#### **e. Conclusión cultivo larval, Enero-Junio de 1998**

Algunos de los resultados obtenidos en la temporada 1998 fueron similares a los alcanzados en la temporada anterior, tanto en relación con la supervivencia final del cultivo como al período dentro del cual se obtuvo el mayor porcentaje de metamorfosis. En ambos casos, la mayor parte de las post-larvas fueron obtenidas entre el 70° y 99° día de cultivo, con un promedio de supervivencia final de la población inicial levemente superior al 1,2%.

Sin embargo, durante la temporada 1998 se logró cumplir con varios de los objetivos planteados al inicio del cultivo, marcando diferencia significativa con respecto a la temporada anterior. En primer lugar, fue posible trabajar apropiadamente durante casi todo el período otoñal gracias a la utilización de una caldera y a la existencia de un sistema de aislamiento térmico en cada estanque experimental. En segundo lugar, se pudo trabajar con altas densidades de larvas, de 4 hasta 8 veces superior a las del año 1997, por un período cercano a los 20 días. Sin embargo, la experiencia demostró que era necesario modificar el protocolo de alimentación y los mecanismos de limpieza de los tanques y del agua para mantener su óptima calidad.

Con el fin de solucionar parte de este problema, se logró implementar exitosamente uno de los estanques de cultivo con un sistema experimental de recirculación y filtración del agua que permitió depurarla eficazmente a partir del 75° día de cultivo.

La producción de post-larvas fue multiplicada por cuatro, obteniéndose un total de 4.085 ejemplares viables en agua dulce, en un tiempo máximo promedio de 130 días. En el mejor de los casos se logró la metamorfosis del 27,3% de la población existente en el estanque L3, en un período de sólo 10 días a contar del 70° día de cultivo. Ello se logró gracias a una temperatura mantenida dentro un rango apropiado para el cultivo y a la buena calidad del agua antes y durante el proceso de metamorfosis.

#### **2.1.3.4. Tercera experiencia de cultivo larval y obtención de juveniles entre los meses Noviembre de 1998 y Mayo de 1999**

##### **a. Evolución de los parámetros físico-químicos del agua de cultivo larval, Noviembre de 1998 a Mayo de 1999**

Los valores de pH y concentración de oxígeno disuelto (mg/l) fueron diariamente monitoreados en la mañana y en la tarde. Se decidió no graficar su evolución por encontrarse dentro del rango óptimo requerido para una buena supervivencia y adecuado desarrollo de las larvas durante todo el cultivo. El pH fluctuó entre 6,9 y 8,6 en todos los estanques de cultivo, no existiendo diferencias significativas entre los valores medidos en la mañana y los obtenidos en la tarde. De igual modo, los valores de oxígeno disuelto fluctuaron entre 6,0 y 8,5 mg/l, encontrándose en todos los casos cercanos al nivel de saturación.

La evolución diaria de la temperatura mínima y máxima del agua también se ubicó dentro del rango considerado como óptimo para el cultivo larval (24,0 a 27,5°C). Debido a ello, en la Tabla 14 sólo se expone la

evolución de las temperaturas mínimas y máximas promedio de todo el cultivo y para cada estadio de desarrollo larval con su respectiva desviación estándar.

**Tabla 14. Promedio de los principales parámetros físico-químicos y biológicos de todos los cultivos Noviembre de 1998 a Mayo de 1999**

| Promedio estanques L1, L2, L3, L4, L5, L6 y L7 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Estadio  | Z1   | Z2   | Z3   | Z4   | Z5   | Z6   | Z7   | Z8   | Z9   | Z10  | Z11  | Z12  |
| Duración Estadío                               | 1,9  | 3,9  | 3,7  | 3,3  | 4,4  | 8,7  | 5,7  | 7,4  | 7,0  | 9,0  | 30,3 | 61,8 |
| Tº máx. promedio                               | 25,9 | 25,9 | 25,9 | 26,0 | 26,2 | 26,3 | 26,5 | 26,5 | 26,6 | 26,6 | 26,8 | 26,4 |
| Desv.Est Tº máx.                               | 0,1  | 0,2  | 0,2  | 0,1  | 0,2  | 0,2  | 0,2  | 0,2  | 0,2  | 0,1  | 1,0  | 0,7  |
| Tº mín. promedio                               | 24,1 | 24,0 | 24,2 | 23,9 | 24,0 | 24,3 | 24,4 | 24,4 | 24,5 | 24,4 | 24,6 | 23,6 |
| Desv.Est Tº mín.                               | 0,1  | 0,3  | 0,2  | 0,4  | 0,3  | 0,3  | 0,3  | 0,3  | 0,2  | 0,2  | 0,4  | 1,1  |
| % Supervivencia                                | 98,7 | 96,6 | 95,8 | 92,8 | 88,1 | 77,5 | 66,4 | 58,1 | 48,5 | 47,1 | 35,7 | —    |

En lo que respecta a la calidad del agua, se ha señalado en múltiples oportunidades que los parámetros físico-químicos son tan importantes como una alimentación equilibrada. Estos parámetros determinaron en gran parte la supervivencia, el desarrollo de los individuos y el porcentaje de metamorfosis de las larvas.

El mayor inconveniente se presentó entre el 12 y el 14 de Noviembre de 1998 cuando se detectó la aparición de un protozoo ectocomensal del genero *Zoothamnium* sobre la superficie del exoesqueleto de las larvas (Johnson, 1989; Chanratchakool *et al.*, 1994). Se trató de una especie muy frecuente en el medio natural que se reproduce rápidamente cuando empiezan a deteriorarse las condiciones medioambientales en un cultivo. Por esta razón la calidad del agua fue calificada entre "Mala" y "Regular" durante los periodos en que apareció la enfermedad, calificativo que dependió de como fue afectada la población de larvas en cada uno de los estanques.

Las causas precisas que determinaron la aparición de esta enfermedad no pudieron ser determinadas debido a que ninguno de los parámetros, registrados durante el periodo correspondiente, se salió del rango óptimo de cultivo. El estanque que fue más afectado por *Zoothamnium sp.* fue el L4, probablemente debido a que ese estanque era el que tenía la mayor densidad de larvas. En el caso anteriormente señalado, el 95% de la población fue infectada cuando esta se encontraba en el estadio de desarrollo Zoea 6. En el resto de los estanques el parásito fue encontrado en un porcentaje que varió entre el 50 al 80% de la población, presentándose tanto en las Zoeas 6, 8, 9 y 11.

Con el fin de solucionar el problema, se empleó una concentración de formalina de 20 ppm durante 6 horas, aumentándola posteriormente a 30 ppm durante una hora para luego efectuar un recambio parcial del 70% del agua del estanque. El resultado fue aparentemente exitoso erradicándose la enfermedad en todos los estanques y produciendo una mortalidad de la población inferior al 2% durante el tratamiento.

Para evitar problemas futuros se empleó una concentración de 10 ppm de formalina durante 24 horas cada 2 semanas como medida profiláctica. A pesar de ello, los estanques L1 y L6 presentaron dificultades en la calidad del agua debido a que contenían una mayor densidad de larvas. Como consecuencia se detectó la aparición de una nueva enfermedad que atacó el hepatopáncreas de las larvas, patología que no pudo ser identificada con mayor precisión y que afectó al 50% de la población, aumentando en ambos casos el porcentaje de mortalidad (la calidad del agua fue clasificada como "Mala"). En el estanque L6 la población larval fue afectada por la enfermedad entre el 34º al 43º día de cultivo, mientras que en el estanque L1 ocurrió entre el 42º

y el 57º día. Es probable que haya habido contagio entre ambos cultivos debido a una inadecuada manipulación de los implementos utilizados en la limpieza de los estanques.

Los experimentos realizados con los sistemas de recirculación y depuración del agua a través de un filtro biológico sólo pudieron ser utilizados una vez que las larvas alcanzaron el estadio de desarrollo Zoea 11. Ello debido a que la superficie de succión empleada no fue lo suficientemente grande como para disminuir el flujo de bombeo e impedir que las larvas de menor tamaño fueran aspiradas por el sistema. Sin embargo, a pesar de no haber contado con ningún sistema de depuración durante los primeros 60 a 65 días, en los estanques L2, L3, L4, L5 y L7 se logró reducir considerablemente la materia orgánica sobrante (sedimento y materia en suspensión) gracias a la adecuada dosificación del alimento y a una buena limpieza diaria del fondo de los estanques. Después de la obtención de Zoea 11, y gracias a los sistemas de depuración del agua, fue posible mantener la calidad del agua en buenas condiciones, sin que se volvieran a observar patologías emergentes hasta el término del cultivo.

#### **b. Evolución de la supervivencia larval, Noviembre de 1998 a Mayo de 1999**

La evolución promedio de la supervivencia para todos los estanques de cultivo larval se expone en la Tabla 14. La evolución de la población entre el estadio Zoea 1 y el estadio Zoea 6 fue muy buena, alcanzando un 77,5% de supervivencia al cabo de 26 días de cultivo. Luego de la detección del parásito ectocomensal *Zoothamnium sp.* la supervivencia de las larvas comenzó a disminuir significativamente, en especial debido a la alta mortalidad registrada en el estanque L4 entre el 31º y 41º día de cultivo, período en el cual su población disminuyó drásticamente de 88,3 a 28,5 larvas por litro (entre Zoeas 6 y 8). A pesar de las enfermedades detectadas durante el desarrollo de las larvas se logró llegar a Zoea 11 con un 35,7% de supervivencia promedio (ver Tabla 14) después de 85,3 días de cultivo. De igual modo se alcanzó la meta que consistía en llegar al 90º día de cultivo con una población total superior a 42.000 larvas. En este caso particular, la cifra fue de 53.540 larvas en el estadio de desarrollo Zoea 12, lo cual significó una supervivencia promedio de un 16,39 % de la población total. Comparativamente, la supervivencia obtenida en la temporada 1998 para un mismo lapso de tiempo fue de sólo un 4,2 %, valor 4 veces menor al obtenido en este cultivo.

A pesar del logro conseguido, al término del hatchery de la temporada 1999, el porcentaje de supervivencia promedio alcanzado en la estación I fue de sólo un 0,44 % contra un 1,2 % obtenido en la temporada anterior. El bajo rendimiento final se debió al bajo porcentaje de metamorfosis conseguido.

#### **c. Duración de los estadios larvales de *Cryphiops caementarius*, Noviembre de 1998 a Mayo de 1999**

La duración promedio de los diferentes estadios larvales entre Noviembre de 1998 y Mayo de 1999 se exponen en la tabla 14.

Si bien se logró obtener buenos resultados con respecto a la supervivencia de las larvas hasta el 100º día de cultivo en los diferentes estanques del hatchery, la duración de algunos estadios larvales fue demasiado prolongada debido a la aparición de enfermedades, reduciendo a su vez en forma importante el porcentaje final de metamorfosis.

En condiciones apropiadas, la duración de cada estadios de desarrollo larval entre Zoea 1 y Zoea 10 fluctúa entre 2 a 6 días, con una duración promedio cercana a 4,3 días. El estadio Zoea 11 es un poco más prolongado y variable, fluctuando entre 4 y 19 días y un valor promedio de 11,0 días (información calculada a partir de los resultados de la temporada 1998). En la temporada 1999, quedó de manifiesto en la Tabla 14 que los estadios Zoea 6, 8, 9, 10 y 11 presentaron dificultades importantes en lo que respecta a su desarrollo. Los estadios anteriormente mencionados tuvieron una duración promedio más prolongada en comparación con los resultados obtenidos en la temporada 1998. Como se explicó con anterioridad, las enfermedades detectadas durante el cultivo disminuyeron la capacidad de crecimiento de las larvas, prolongando más allá de lo normal la

duración de los estadios afectados.

Por otro lado, el estadio de Zoea 12 siempre ha sido la etapa más prolongada del desarrollo larval, pudiendo prolongarse por más de 100 días como ocurrió en la temporada anterior. En los estanques L5 y L7 la transformación a Zoea 12 ocurrió el 81° y el 79° día de cultivo, mientras que en los estanques L1, L2, L3 y L6 sucedió entre el 87° y 89 día. La duración del estadio Zoea 12 estuvo condicionada por la duración total del cultivo, fluctuando el primero entre 44 días para el estanque L1 y 78 días para el estanque L5.

#### d. Metamorfosis y tasa de obtención de post-larvas, Noviembre de 1998 a Mayo de 1999

Los resultados finales del cultivo larval en Mayo de 1999 se detallan en la Tabla 15, en la cual se incluyó tanto la duración del cultivo larval para cada estanque, como el número de post-larvas obtenido y el porcentaje correspondiente de supervivencia final.

Tabla 15. Resultados del cultivo larval año 1999 en la Estación I (Noviembre de 1998 a Mayo de 1999)

| Nombre Estanque | Volúmen (litros) | Duración Cultivo (días) | Larvas/l Inicial | Nº PL Final | % Sobrev. Final | Día cultivo 1º P.L. |
|-----------------|------------------|-------------------------|------------------|-------------|-----------------|---------------------|
| L1              | 500              | 130                     | 102,4            | 98          | 0,19            | 62                  |
| L2              | 500              | 163                     | 39,8             | 110         | 0,55            | 63                  |
| L3              | 500              | 141                     | 81,9             | 154         | 0,38            | 76                  |
| L4              | 500              | 48                      | 124,0            | 0           | 0,00            |                     |
| L5              | 500              | 158                     | 29,9             | 209         | 1,40            | 70                  |
| L7              | 200              | 126                     | 52,5             | 36          | 0,34            | 88                  |
| L6              | 1.700            | 159                     | 74,8             | 255         | 0,20            | 62                  |
| <b>Total</b>    | <b>4.400</b>     | <b>---</b>              | <b>---</b>       | <b>862</b>  | <b>---</b>      | <b>---</b>          |
| <b>Promedio</b> | <b>---</b>       | <b>132,1</b>            | <b>72,2</b>      | <b>---</b>  | <b>0,44</b>     | <b>70,2</b>         |

La producción total de post-larvas en la temporada 1999 sumó un total de 862 ejemplares, todos ellos viables en agua dulce. La duración total promedio del cultivo fue de 132,1 días, obteniéndose el 75,1% de las post-larvas (647 ejemplares) entre el 90° y 140° día de cultivo, contra un 78,8 % (3.221 ejemplares) obtenido entre el 70° y el 99° día para la temporada 1998. Del mismo modo, el porcentaje promedio de metamorfosis de la población existente durante dicho período sumó un total de 4,91 % contra un 19,1% de la temporada anterior. En forma general, en el año 1999 se requirió casi el doble de tiempo para obtener una cifra de post-larvas 4 a 5 veces menor en relación con número producido en 1998. Los resultados logrados en el período del informe no fueron satisfactorios obteniéndose una producción final ampliamente inferior a la meta propuesta de 42.000 post-larvas. Incluso, el número de juveniles alcanzado fue menor al producido por primera vez en el año 1996 bajo condiciones de cultivo menos controladas que las actuales.

El estanque que obtuvo una mayor cantidad de post-larvas fue el estanque L6 con un total de 255 ejemplares. Ello se explicó por sus mayores dimensiones con un total de 1.700 litros. Comparativamente al volumen del estanque, el que logró una producción mayor fue el L5 con un total de 209 post-larvas en 500 litros, seguido del estanque L3 con un total de 154 ejemplares en un volumen equivalente. El estanque que obtuvo peores resultados fue el L4 con debido la muerte total de la población en el período de desarrollo Zoea 9.

De acuerdo a los valores registrados, la evolución del número diario de individuos que alcanzó la metamorfosis no siguió una pauta bien definida. El número diario de metamorfosis varió en forma aleatoria, obteniéndose los valores más altos entre el 110° y 139° día de cultivo. Este resultado demostró claramente un desfase importante de más de 40 días con respecto a la temporada anterior, durante la cual el mayor número de post-larvas fue obtenido entre el 70° y 99° día de cultivo. Por otro lado, el porcentaje de metamorfosis en relación con la población sobreviviente fue aumentando paulatinamente hasta alcanzar un 6,0 % entre el 150° y 159° día de cultivo. Sin embargo en el período final del hatchery la población de larvas supervivientes fue demasiado reducida como para producir un número importante de post-larvas.

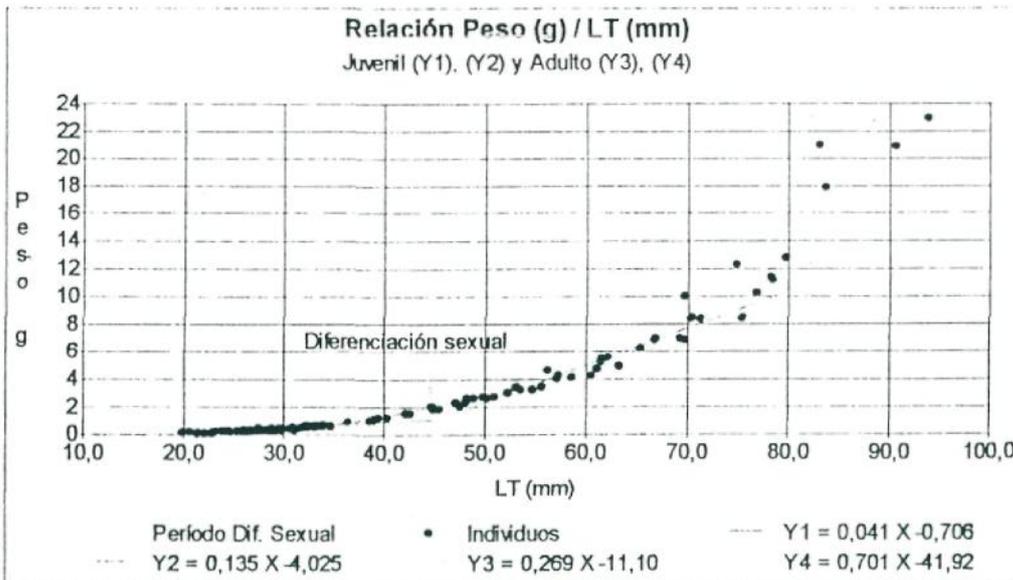
El bajo porcentaje de metamorfosis conseguido en la temporada 1999 demostró que el control de la temperatura del agua, si bien es un factor importante, no es la única variable relevante. También influye enormemente el estado de salud de la población, aspecto difícil de controlar y de prever en un cultivo delicado que supera los 4 meses de duración y que tal como se pudo apreciar es un factor que repercute enormemente la tasa final de metamorfosis.

#### 2.1.4. Crianza en estanque de camarones nacidos en la Estación I

##### 2.1.4.1. Características de la población nacida en la Estación I en Noviembre de 1996

El 22 de Noviembre de 1997 se realizó un muestreo de la población de camarones nacida en Noviembre de 1996 y metamorfoseada en la Estación I, contabilizándose un total de 115 individuos, los cuales fueron medidos, pesados y sexados para poder determinar las características biométricas de la población existente.

**Gráfico 11. Relación peso y longitud total de los camarones nacidos en la estación I en Noviembre de 1996 de acuerdo a muestreo con fecha 22 de Noviembre de 1997**



De acuerdo al muestreo realizado, la población alcanzó un peso promedio de 2,5 g con una desviación estándar de 4,1 g mientras que la longitud total promedio fue de 39,7 mm con una desviación estándar de 17,1 mm. Los altos valores de las desviaciones estándar revelaron que tanto el peso como el tamaño de los ejemplares del cultivo fue muy heterogéneo, probablemente debido a factores de temperatura y genéticos. En el Gráfico 11 se muestra la relación entre la longitud total (LT) y el peso de cada individuo, característica biométrica que fue empleada para clasificar la población en 4 grupos principales: Juveniles-1, Juveniles-2, Adultos-1 y Adultos-2.

De este modo cada grupo se definió tanto por sus características biométricas como por la etapa de madurez sexual en que se encontraba.

Para cada grupo se calculó los promedios de peso y longitud total, las desviaciones estándar respectivas y las ecuaciones de regresión lineal del peso en función de la longitud total, obteniéndose los resultados expuestos en la Tabla 16.

Los resultados presentados tanto en el Gráfico 11 como en la Tabla 16 mostraron que los individuos de menor talla tenían un peso más reducido en relación con su longitud total que los de mayor talla. Por esta razón la pendiente de la recta aumenta progresivamente de 0,0406 para los Juveniles-1 hasta 0,7014 para los Adultos-2 (ver ecuación de regresión lineal). Esta característica les otorgó a los primeros un cuerpo de aspecto mucho más alargado.

**Tabla 16. Cálculos estadísticos de las características biométricas de la población de camarones nacidos en Noviembre de 1996 de acuerdo a muestreo con fecha de 22 de Noviembre de 1997.**

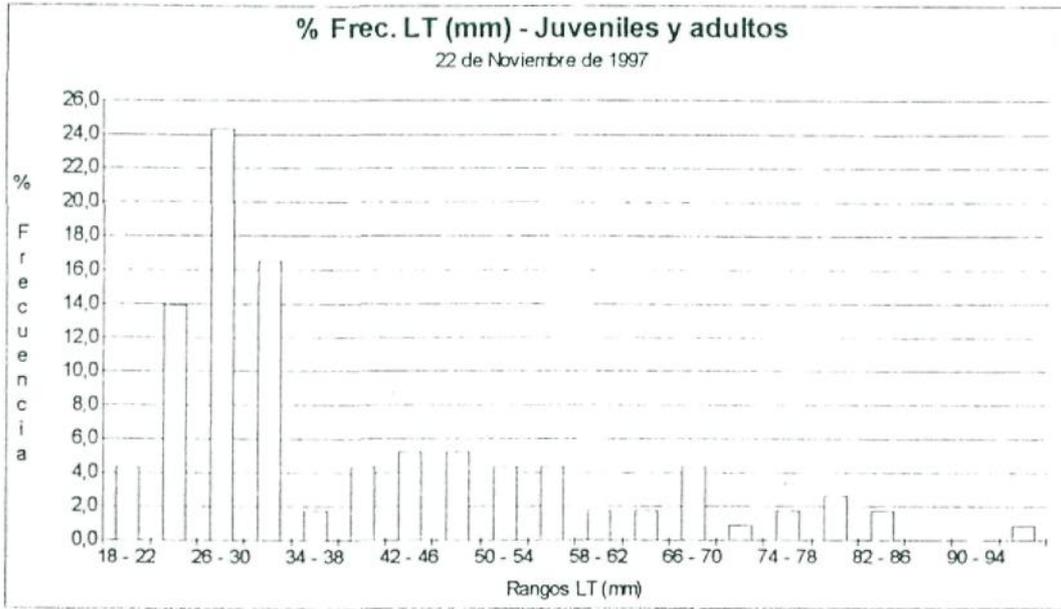
| Clasificación | Longitud Total (mm) |      |      | Peso Total (g) |      |       | Ecuación regr. lineal<br>Peso función (LT) |
|---------------|---------------------|------|------|----------------|------|-------|--|
|               | Promedio            | mín  | máx  | Promedio       | mín  | máx   |  |
| Juveniles-1   | 27,8 ± 3,5          | 19,8 | 33,8 | 0,42 ± 0,15    | 0,15 | 0,80  | Y1 = 0,0406 X-0,706                        |
| Juveniles-2   | 42,7 ± 4,7          | 34,0 | 49,7 | 1,70 ± 0,70    | 0,80 | 2,80  | Y2 = 0,1349 X-4,025                        |
| Adultos-1     | 59,8 ± 6,0          | 50,1 | 69,7 | 5,00 ± 1,70    | 2,70 | 10,10 | Y3 = 0,2686 X-11,098                       |
| Adultos-2     | 79,6 ± 6,8          | 70,3 | 93,7 | 13,90 ± 5,20   | 8,50 | 23,10 | Y4 = 0,7014 X-41,922                       |

En los Juveniles-1, un incremento de 10,0 mm en la longitud total estuvo correlacionado con un aumento de sólo 0,41 g de peso, mientras que en los Adultos-2 el aumento en peso fue de 7,01 g para el mismo incremento de la longitud total. Por esta razón generalmente se dice que los ejemplares de mayor tamaño "engordan" más rápido. Este cambio fisiológico tiene influencia en las características biométricas de los ejemplares. Dicha característica se acentúa significativamente en la última fase de crecimiento, sobre todo en los machos que, a diferencia de las hembras, crecen más y desarrollan considerablemente una de sus quelas (Bahamonde y Vila 1971). El lapso de tiempo que se requiere para obtener los Adulto-2 fue variable y dependió principalmente de las condiciones de temperatura del agua, de la alimentación, de las características genéticas de cada individuo y las densidades de cultivo como se explica más adelante.

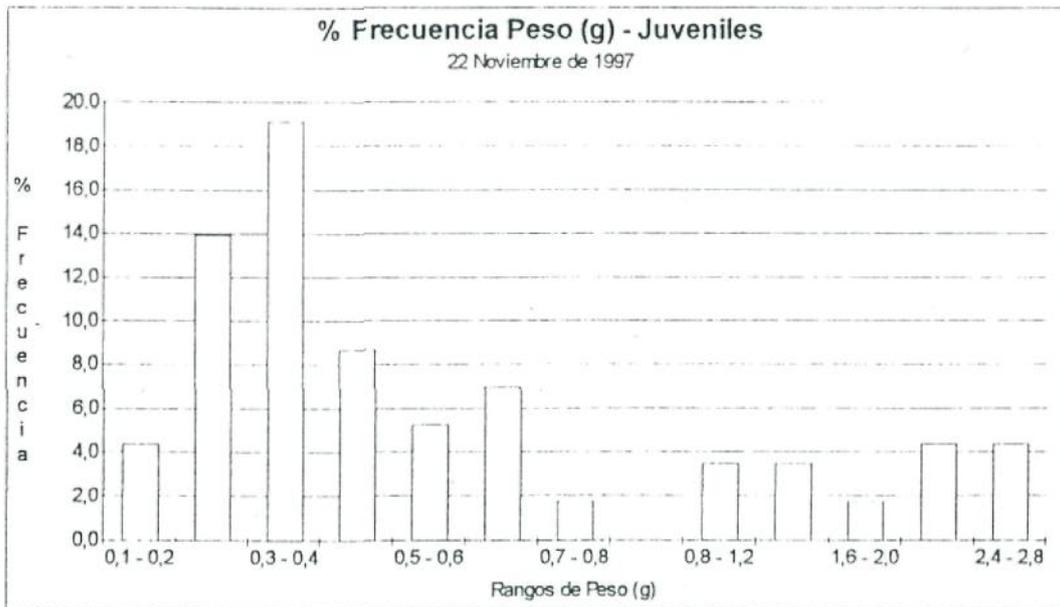
En el Histograma 4 se representó el porcentaje de frecuencia de la población en función de la longitud total (LT) mientras que en los Histogramas 5 y 6 se representó el porcentaje de frecuencia en función del peso.

Los resultados de los Histogramas 4, 5 y 6 indicaron que alrededor del 59,7% de la población (Juveniles-1) no superó 34,0 mm de LT y un peso de 0,8 g después de un período de 7,5 a 10 meses de crianza post-larval. El peso promedio de estos ejemplares fue de 0,42 ± 0,15 g y la longitud total promedio de 27,8 ± 3,5 mm (ver Tabla 16). Es relevante constatar que este porcentaje de la población coincidió exactamente con el porcentaje de larvas que llegaron a la metamorfosis después del 4 de Febrero de 1997, periodo a partir del cual la temperatura del agua comenzó a disminuir lo suficiente como para reducir significativamente el metabolismo de dichos individuos. Este hecho explicaría por lo tanto el menor crecimiento de estos ejemplares. Por otro lado, el 16,9% de la población se encontró en pleno período de diferenciación sexual (Juveniles-2), acontecimiento que se inició en algunos ejemplares prematuros cuya talla fue de sólo 33,8 mm de LT, mientras que sobre los 49,5 mm de longitud y 2,8 g de peso todos los ejemplares presentaron sus características sexuales bien definidas.

**Histograma 4. Frecuencia de rangos de Longitud Total de la población nacida en la Estación I en Noviembre de 1996 de acuerdo a muestreo con fecha de 22 de Noviembre de 1997.**



**Histograma 5. Frecuencia de rangos de peso de los juveniles nacidos en la Estación I en Noviembre de 1996 de acuerdo a muestreo con fecha 22 de Noviembre de 1997**

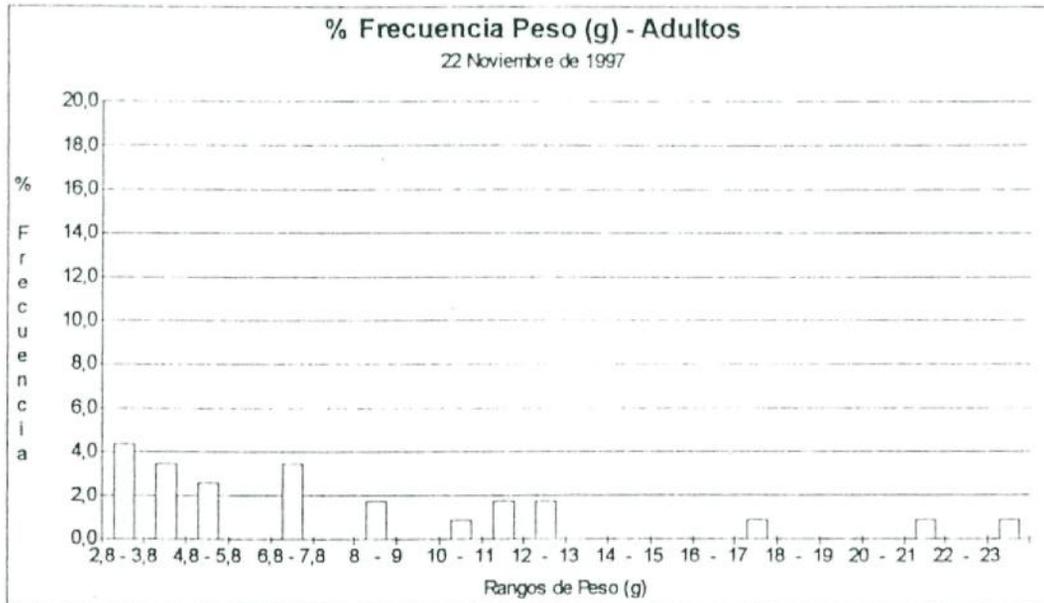


El peso promedio del grupo clasificado como Juveniles-2 fue de  $1,7 \pm 0,70$  g y su longitud total promedio de  $42,7 \pm 4,7$  mm. Dentro de este rango de la población es posible encontrar ejemplares machos y hembras pero también individuos de sexo indeterminado, es decir que aún no se han diferenciado sexualmente. Por el motivo anteriormente señalado, es esta parte de la población la que estaría pasando por un período de transición entre juveniles y adultos.

Los ejemplares comprendidos entre 2,8 y 7,8 g de peso y entre 50,0 a 70,0 mm de LT totalizaron el

15,2% de la población, grupo correspondiente a Adultos-1 o adultos de pequeña talla. Los valores promedio de peso y LT para este grupo fueron de  $5,0 \pm 1,7$  g y  $59,8 \pm 6,0$  mm respectivamente.

**Histograma 6. Frecuencia de rangos de peso de los adultos nacidos en la Estación I en Noviembre de 1996 de acuerdo a muestreo con fecha de 22 de Noviembre de 1997**



Finalmente, aproximadamente el 8,2% de la población logró superar los 7,8 g de peso y los 70,0 mm de LT. El peso promedio para los Adulto-2 fue de  $13,9 \pm 5,2$  g, mientras que el largo total fue de  $79,6 \pm 6,8$  mm. Los camarones de este grupo correspondieron claramente a individuos adultos en la última fase de crecimiento antes de llegar a una talla comercial. Los Adultos-2 presentaron pesos muy heterogéneos debido a que a partir de este período un pequeño incremento en la talla repercute inmediatamente en un gran aumento de peso, distanciándose unos en el histograma (ver Histograma 6).

#### 2.1.4.2. Evolución post-metamorfosis de la población nacida en la Estación I en Noviembre de 1996 de acuerdo a muestreos periódicos entre Enero y Noviembre de 1997

El análisis de los factores que intervienen en el crecimiento de los camarones es complejo. Los principales factores son el genético, la temperatura, la alimentación y la densidad de cultivo (Villalón, 1991; Bautista, 1988; New y Singholka, 1984).

Por una parte los genes definirán internamente la forma en que crecerá el individuo dependiendo de las condiciones ambientales externas (temperatura, alimentación, pH, oxígeno, densidades y otros).

De manera general la temperatura también es fundamental ya que su variación tiende a aumentar o a disminuir el metabolismo en el camarón de río. Es importante destacar que dentro de ciertos rangos la temperatura es tolerada sin producir la muerte pero detiene o disminuye considerablemente el crecimiento.

Por otro lado, la alimentación es importante para el crecimiento tanto desde el punto de vista cuantitativo como cualitativo, aspectos que a su vez requieren ser modificados a medida que los ejemplares se desarrollan y cambia su metabolismo interno.

Por último, la densidad de cultivo también es aspecto relevante y su valor dependerá de la talla de los individuos. Debido a que el camarón de río es una especie territorial, una densidad alta tiende a producir "stress"

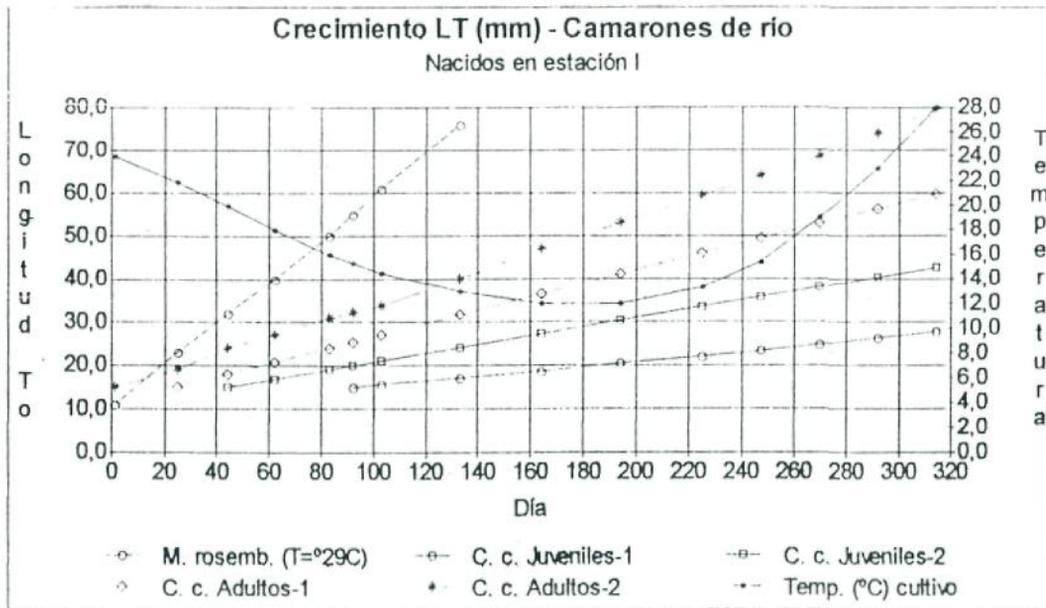
en la población y aumenta el canibalismo. Además, la competencia por los nutrientes hará que los individuos dominantes capturen una mayor cantidad de alimento y crezcan más rápido, mientras que los ejemplares dominados tenderán a nadar frecuentemente buscando un territorio despoblado, lo que acentuará su tendencia a crecer menos a causa del mayor gasto energético y el menor consumo de alimento.

Los factores externos más fáciles de controlar son la alimentación y las densidades de cultivo. Con respecto al control de la temperatura, su costo es elevado bajo un clima de tipo mediterráneo costero, en especial durante los períodos de otoño e invierno y más aún cuando se trata de grandes volúmenes de agua. Por esta razón la temperatura parece ser uno de los factores limitantes e importantes en el crecimiento del camarón de río.

En el Gráfico 12 se muestra la evolución de la longitud total en función del tiempo para cada sector de la población nacida en la Estación I en Noviembre de 1996, mientras que en el Gráfico 13 se representa empleando el mismo criterio la evolución del peso. En ambos gráficos se incluye también la evolución general de la temperatura del agua durante el período de cultivo. Además y a modo de comparación se incorporó, en ambos gráficos respectivamente, la evolución de la longitud total y la evolución del peso del camarón de río tropical *Macrobrachium rosenbergii* (New y Singholka, 1984).

Bajo las condiciones de temperatura expuestas en el Gráfico 12, la longitud total de los diferentes sectores de la población del camarón de río varió en función del tiempo de acuerdo a una recta casi perfecta, siguiendo las ecuaciones de regresión lineal que se detallan en la Tabla 17. Por lo general este tipo de crecimiento se da bajo una condición de temperatura constante (ver clima tropical), lo que indicaría que durante la mayor parte del cultivo el metabolismo se mantuvo estable. Probablemente este hecho se deba a que dentro de ciertos rangos de temperatura relativamente bajos el metabolismo varía muy poco y entrega un crecimiento casi lineal de las tallas en función del tiempo.

**Gráfico 12. Evolución post-metamorfosis de la Longitud Total (mm) de la población nacida en la Estación I en Noviembre de 1996**



Los camarones, al igual que otros crustáceos, requieren de una temperatura mínima para poder desarrollarse y reproducirse. De acuerdo a numerosos autores, en las poblaciones naturales el período de ovulación se inicia entre Septiembre y Octubre cuando la temperatura del agua generalmente supera los 21,0°C, obteniéndose los mayores porcentajes de hembras ovígeras entre Diciembre y Febrero (Cabrera, 1975 (informe

inédito); Bahamonde y Vila 1971; Cerda (1995)). Si consideramos que además se requiere un período adicional para que se efectúe previamente el desarrollo gonadal, una temperatura cercana a los 19,0°C es una buena referencia para determinar en que momento el metabolismo de los camarones comienza a incrementarse significativamente. Este valor de referencia fue empleado en la Tabla 17 para tratar de elucidar durante que períodos de tiempo el crecimiento de la población pudo ser significativo.

**Tabla 17. Información sobre el cultivo de camarones de acuerdo a los diferentes sectores de la población nacida en la Estación I en Noviembre de 1997.**

| Clasificación camarones | LT(mm) Promedio actual | Días aproximados post-metamorfosis | Días cultivo T° < 19,0°C | Días cultivo T° > 19,0°C | Ecuación regr. lineal LT función (días) |
|-------------------------|------------------------|------------------------------------|--------------------------|--------------------------|---|
| Juveniles-1             | 27,8 ± 3,5             | 222                                | 175                      | 47                       | Y1 = 0,0572 X + 9,525                   |
| Juveniles-2             | 42,7 ± 4,7             | 270                                | 213                      | 57                       | Y2 = 0,1026 X + 10,486                  |
| Adultos-1               | 59,8 ± 6,0             | 289                                | 213                      | 76                       | Y3 = 0,1550 X + 11,125                  |
| Adultos-2               | 79,6 ± 6,8             | 314                                | 213                      | 101                      | Y4 = 0,2040 X + 13,908                  |
| <i>M. rosenbergii</i>   | 76,0 ± 3,0             | 133                                | 0                        | 133                      | Y5 = 0,4831 X + 10,561                  |

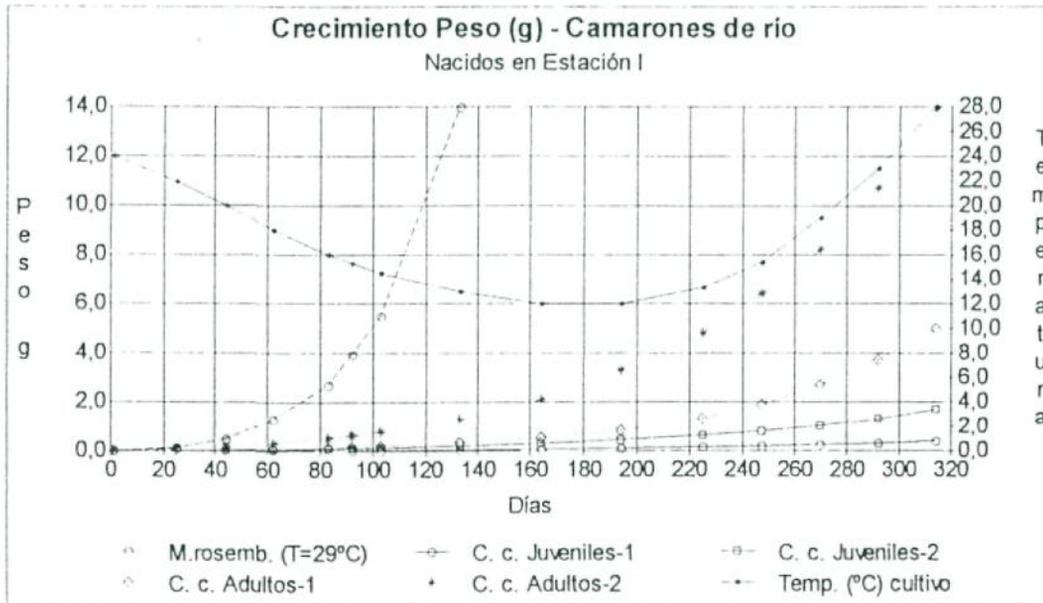
Como se observa en los Gráficos 12 y 13, la temperatura promedio inicial en el estanque de cultivo fue de 24,0°C. Luego, esta última comenzó a descender pasando a 19,0°C el día 54 hasta alcanzar valores mínimos de 12,0°C en Junio (día 180). Posteriormente la temperatura se incrementó paulatinamente superando los 19,0°C a partir del día 270, correspondiente al inicio de Septiembre de 1997.

Los resultados de los Gráficos 12 y 13 y la Tabla 17 muestran que la mayor parte de los Adultos-2 eran ejemplares cuyo tiempo de cultivo posterior a la metamorfosis era el más prolongado, sumando un total de 314 días. Además el período de tiempo durante el cual la temperatura del agua se mantuvo sobre los 19,0°C también fue el más prolongado para estos individuos, sumando un total de 101 días. Por esta última razón probablemente esta parte de la población total fue la que obtuvo un crecimiento mucho más rápido que el resto, lo cual se refleja en la pendiente de la recta cuyo valor fue de 0,204. Esta cifra comparada con el valor de la pendiente del camarón tropical *Macrobrachium rosenbergii* es 2,37 veces menor, lo cual indicó un crecimiento 2,37 veces más lento. Sin embargo, bastaron 101 días con una temperatura superior a 19,0°C para que los Adultos-2 alcanzaran una Longitud Total (LT) promedio de 79,6 mm, valor ligeramente superior al obtenido por el camarón tropical que generalmente es cultivado a 29,0°C durante un período equivalente de 133 días (ver Tabla 17). Este hecho corroboraría la hipótesis de que el crecimiento de *Cryphiops caementarius* se incrementa significativamente durante el período de primavera después de que la temperatura sobrepasa los 19,0°C, elevándose hasta llegar a valores de 24,0 a 28,0°C en verano.

El mismo fenómeno descrito en el párrafo anterior ocurrió con los Adultos-1 y Juveniles-2 de *C. caementarius*. En ambos casos, las pendientes de la curva de crecimiento de LT en función del tiempo fueron respectivamente 3,12 y 4,71 veces menor a la pendiente de *M. rosenbergii*. A pesar de que la velocidad de crecimiento de los Adultos-2 y Juveniles-1 fue mucho menor a la del camarón tropical, estos últimos obtuvieron un mayor crecimiento en la talla si sólo se considera el tiempo de cultivo durante el cual la temperatura superó los 19,0°C. Por ejemplo, los Juveniles-2 alcanzaron una longitud total promedio de 42,7 mm y un peso de 1,7 g en un tiempo de 57 días en que la temperatura fue superior a 19,0°C, mientras que de acuerdo a los Gráfico 12 y 13 el camarón tropical logró crecer hasta una talla promedio de unos 38,5 mm y un peso cercano a 1,1 g en el mismo lapso de tiempo. Todo estos resultados no significan que el crecimiento se detiene con temperaturas bajo 19,0°C, pero si es factible que la velocidad de crecimiento disminuya considerablemente. En el caso de los Juveniles-1 no se obtienen los mismos resultados descritos anteriormente, debido a que en un tiempo equivalente

de 47 días, con temperaturas superiores a 19,0°C, el camarón de río del norte alcanzó una talla promedio inferior de 34,0 mm contra 27,8 mm que logra el camarón tropical. Este hecho sugiere que tal vez los Juveniles-I requieran una temperatura mayor para lograr un crecimiento equivalente, la cual se ubicaría sobre los 21,0°C.

**Gráfico 13. Evolución del peso (g) de la población nacida en la Estación I (medición en Nov 97 después de 10 a 7,5 meses de cultivo post-larval)**



Por lo general, mientras menor es la talla de los ejemplares, más acelerado es el metabolismo y menor es el tiempo de intermuda (Villalón, 1991; Bahamonde y Vila, 1971), lo cual sugiere a su vez que necesitan mayores temperaturas para su crecimiento. Por esta razón, es muy factible que las post-larvas y los Juveniles-I necesiten mayores temperaturas para su adecuado desarrollo que la de los ejemplares de mayor talla.

Cabe destacar sin embargo, que la temperatura promedio del agua, durante el cultivo de las post-larval y las primeras semanas del cultivo de Juveniles-1, incidió considerablemente en el crecimiento posterior de los ejemplares. Este hecho se observa claramente en el Gráfico 12 y la Tabla 18, donde la pendiente de la curva de crecimiento quedó prácticamente definida desde el principio, dependiendo de la temperatura promedio del período inicial del cultivo.

**Tabla 18. Relación entre la pendiente de la curva de crecimiento y la temperatura promedio de los primeros 60 días post-metamorfosis para los camarones nacidos en la Estación I en Noviembre de 1996**

| Clasificación camarones | LT (mm) Promedio actual | Temperatura máxima (°C) | Temperatura mínima (°C) | T° promedio (°C) primeros 60 días | Pendiente de la curva LT función (días) |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------------|---|
| Juveniles-1             | 27,8 ± 3,5              | 16,0                    | 12,5                    | 13,8                              | 0,0572                                  |
| Juveniles-2             | 42,7 ± 4,7              | 20,0                    | 14,5                    | 16,8                              | 0,1026                                  |
| Adultos-1               | 59,8 ± 6,0              | 22,0                    | 15,9                    | 19,0                              | 0,1550                                  |
| Adultos-2               | 79,6 ± 6,8              | 24,0                    | 18,5                    | 21,0                              | 0,2040                                  |
| <i>M. rosenbergii</i>   | 76,0 ± 3,0              | 28,0                    | 30,0                    | 29,0                              | 0,4831                                  |

Los Adultos-2, cuya curva de crecimiento tuvo una pendiente de 0,2040, corresponden a los camarones de crecimiento más acelerado. Todo indicaría que son estos los ejemplares que fueron mantenidos bajo mayores temperaturas durante los primeros 60 días de cultivo post-metamorfosis, la cual osciló entre 24,0 y 18,5 con un promedio de 21,0°C. De este mismo modo, la pendiente de la curva de crecimiento fue menor para el resto de la población, la cual disminuyó en forma proporcional al descenso de la temperatura correspondiente al promedio de los primeros 60 días de cultivo (ver Tabla 18).

De acuerdo a los antecedentes anteriormente expuestos se estimó que cada sector de la población llegaría a una talla comercial, estimada en 110 mm de longitud total y un peso promedio de 43 g, en el lapso de tiempo que se indica a continuación en la Tabla 19.

**Tabla 19. Tiempo de cultivo post-metamorfosis requerido a los diferentes sectores de la población para alcanzar una talla comercial de 43 g. (Nov 97 después de 10 a 7,5 meses de cultivo post-larval)**

| Sector de la población                          | Juveniles-1 | Juveniles-2 | Adultos-1 | Adultos-2 |
|---|-------------|-------------|-----------|-----------|
| Tiempo para obtener una talla comercial (meses) | 45,5        | 28,4        | 19,5      | 15,0      |

Es importante destacar que al revisar los camarones en Noviembre de 1997 en el momento de redistribuir los ejemplares en los estanques de acuerdo a la talla, se descubrió a un individuo que obtuvo el mayor crecimiento registrado a la fecha dentro de la población nacida en cautiverio. Este camarón fue un macho que alcanzó una longitud total de 101 mm y un peso de 38,9 g. Este ejemplar correspondió al primer individuo en alcanzar una talla comercial, en un tiempo récord de 12 meses y 11 días desde la fecha de su nacimiento, superando así todas las expectativas mencionadas anteriormente.

Del total de 1.168 post-larvas sembradas inicialmente, sobrevivieron 994 ejemplares (85,1 % de la población) después de haber sido mantenidos durante un año en altas densidades de cultivo, cercanas a 116 ejemplares por metro cuadrado. Poco después y a causa del crecimiento heterogéneo de la población, se efectuó una selección de los camarones de acuerdo a sus características fenotípicas, las que incluyeron una mayor velocidad de crecimiento y buen estado de salud. Posteriormente los camarones seleccionados fueron introducidos en un estanque para reproductores.

El 20 de Diciembre de 1998 se efectuó, después de 2 años de cultivo, un conteo global de la población para determinar el porcentaje de sobrevivencia, tanto en el estanque de reproductores seleccionados como en el de juveniles. Los resultados indicaron una sobrevivencia del 57,9 % para los reproductores con un total de 121 ejemplares y una sobrevivencia de 70,1 % para los juveniles, los cuales sumaron un total de 550 individuos.

La menor sobrevivencia de la población de reproductores se debió a la alta mortalidad de los machos que alcanzó un 78,0 % contra sólo un 18,9 % registrado para las hembras. Esta diferencia se puede explicar por las siguientes razones :

(a) Durante el año 1998, en varias ocasiones los problemas de energía eléctrica no permitieron efectuar el adecuado recambio diario del agua por varios días. La experiencia ha demostrado que los machos son mucho más sensibles que las hembras a las bajas de la concentración de oxígeno disuelto en el agua. Ello explicaría una mayor sobrevivencia de las hembras con respecto a los machos.

(b) Los camarones machos son mucho más territorialistas y agresivos que las hembras, en especial

durante el período reproductivo. Además, el camarón es una especie polígama y por lo tanto intentará siempre tener el control sobre varias hembras a la vez. Como en el estanque de reproductores la proporción sexual era cercana a una hembra por cada macho, es muy factible que los machos se hayan peleado y comido entre ellos hasta llegar a la proporción sexual de 5,7 hembras por cada macho.

La población de reproductores seleccionados correspondió sólo al 16,2 % de la población. La longitud total promedio de estos ejemplares fue de  $95,5 \pm 9,5$  mm y su peso promedio llegó a  $25,5 \pm 7,4$  gramos. El 3,9 % de las hembras se encontró ovada en el estadio Huevo-I.

El resto de la población (83,8 %) tuvo una longitud total comprendida entre 35,0 y 65,0 mm de longitud total, la cual fue clasificada como Juveniles-2 y Adultos-1.

#### **2.1.4.3. Evolución post-metamorfosis de la población nacida en la Estación I a fines de Enero de 1998 de acuerdo a muestreos periódicos entre Julio de 1998 y Abril 1999**

Posterior a la obtención de post-larvas nacidas en Enero de 1998, se efectuó sistemáticamente un muestreo cada 2 a 4 meses para determinar el crecimiento de la población. Después de la metamorfosis, la densidad de cultivo fue de aproximadamente 400 individuos por metro cuadrado durante un período de 8 meses. Sin embargo, a causa del replantamiento que se efectuó el 8 de Enero de 1999, la población se redujo artificialmente llegando a una densidad cercana a 200 camarones por metro cuadrado. Parte de los resultados de las mediciones biométricas se exponen en el Histograma 7, en el cual se puede observar la evolución de la frecuencia de tallas durante 9 meses de cultivo.

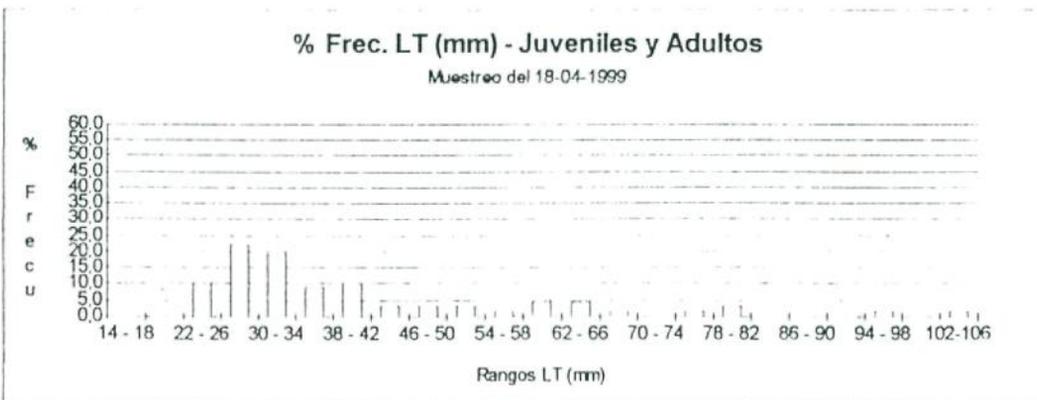
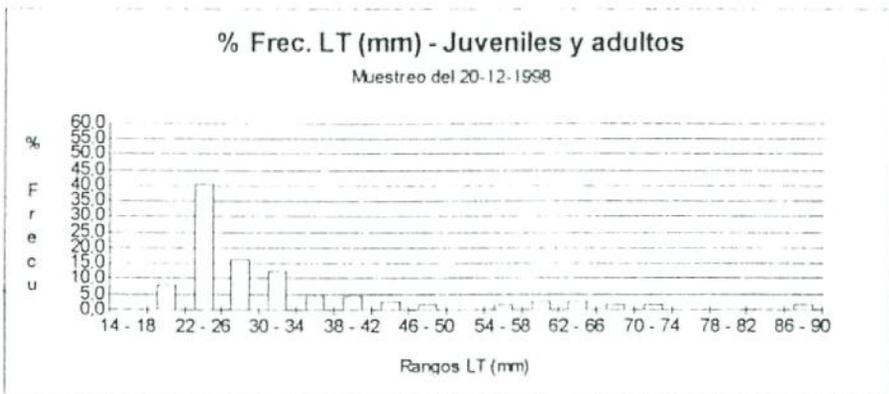
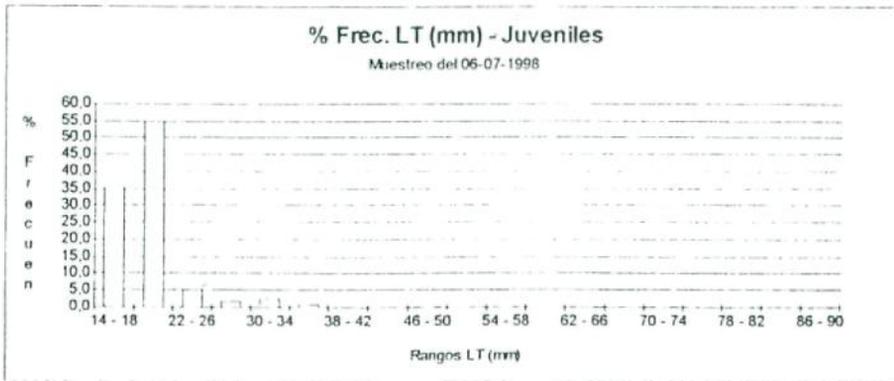
Al inicio de la crianza de post-larvas, todos los individuos tuvieron una longitud total (LT) comprendida entre 13,0 y 15,0 mm y un peso variable entre 20,0 a 30,0 mg. El primer muestreo efectuado el 06 de Julio de 1998 (pleno invierno) reveló que después de aproximadamente 3 meses de cultivo el 35,0 % de la población creció en forma reducida, mientras que el 55,0 % se encontró entre 18,0 y 22,0 mm de longitud total. Sólo el 10,0 % de la población tuvo un crecimiento significativo, la mitad de la cual midió entre una talla de 22,0 y 26,0 mm. El otro 5,0 % estuvo repartida entre una LT variable entre 26,0 y 34,0 mm. De acuerdo a los criterios de clasificación empleados en este informe la población total perteneció al grupo de Juveniles-1.

El muestreo efectuado 3 meses después (07-10-1998) reveló nuevamente un crecimiento heterogéneo. El 29,5 % de la población se mantuvo con escaso crecimiento, con una talla inferior a 22,0 mm de longitud total. Por otro lado, el 59,7 % de los individuos ya se encontraba entre una LT de 22,0 y 26,0 mm, mientras que el 7,8 % se encontraba en una talla comprendida entre 26,0 y 34,0 mm. Solo el 3,1 % restante creció lo suficiente como para ser clasificado dentro del grupo de Juveniles-2, ya que se encontraron en el rango comprendido entre 34,0 y 50,0 mm de longitud total. Este último resultado significó que después de 6 meses de crianza post-metamorfosis, sólo un pequeño porcentaje de la población se encontraba en pleno período de diferenciación sexual.

El 20 de Diciembre de 1998 (inicio del verano) un nuevo muestreo puso en evidencia la influencia del aumento de la temperatura del agua sobre el metabolismo de los camarones que aceleraron su crecimiento. En el muestreo que fue realizado al azar, se contabilizó un total de 75 individuos, los cuales fueron medidos, pesados y sexados para poder determinar las características biométricas y el estado de maduración sexual de la población existente. Los valores de talla y peso registrados fueron mucho más heterogéneos. La población fue por lo tanto clasificada en cuatro categorías: Juveniles-1, Juveniles-2, Adultos-1 y Adultos-2.

En esta fecha la longitud total promedio de la población fue de  $32,1 \pm 13,4$  mm y el peso total promedio de  $1,3 \pm 2,6$  gramos. El camarón más grande recolectado en el muestreo efectuado dentro del estanque de Juveniles fue un adulto macho de 88,0 mm de longitud total y 17,5 gramos de peso. Mientras que la hembra de mayor tamaño alcanzó una longitud total de 72,0 mm y un peso de 8,0 gramos.

**Histograma 7. Evolución post-metamorfosis de la frecuencia de rangos de Longitud Total (LT) de los camarones nacidos en la Estación I a fines de Enero de 1998.**



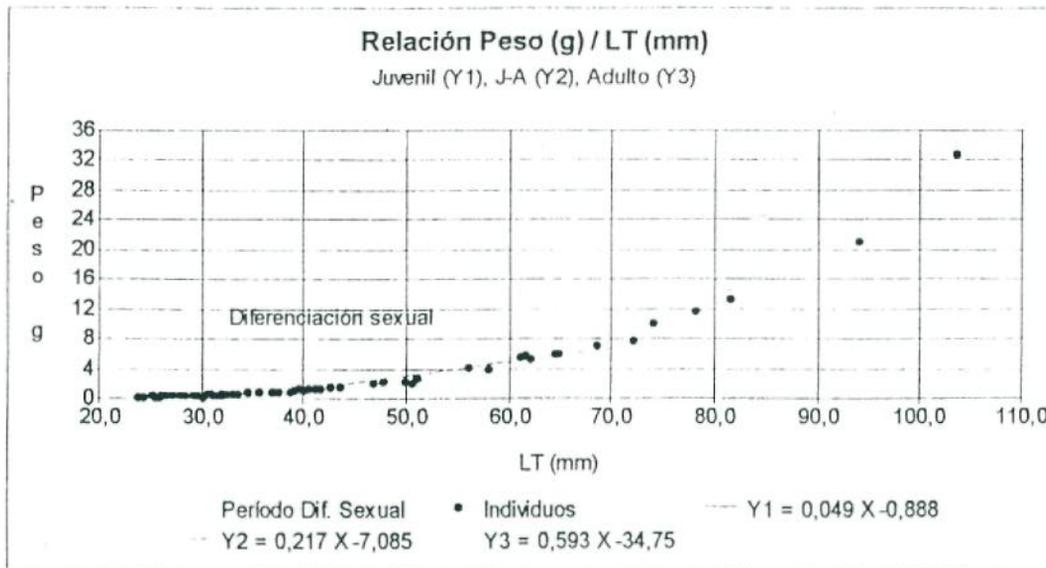
En Diciembre de 1998 el grupo compuesto por los Juveniles-1 totalizó el 77,0 % de la población con un tamaño inferior a 34,0 mm y peso inferior a 0,8 g. El peso promedio de este grupo fue de  $0,4 \pm 0,2$  g y la longitud total promedio de  $26,2 \pm 3,6$  mm. El pico más grande correspondió al rango comprendido entre 22,0 y 26,0 mm de longitud total con un 40,0 % de la población total existente, seguido por los rangos 26,0-30,0 y 30,0-34,0 mm de LT, los cuales alcanzaron picos de 16,2 % y 12,2 % respectivamente. El peso promedio del grupo clasificado como Juveniles-2 fue de  $1,7 \pm 1,0$  g y su longitud total promedio de  $40,9 \pm 4,9$  mm, los cuales sumaron al 12,2 % de la población. Dentro de este rango de la población los camarones comienzan su diferenciación sexual. Ello se reflejó en que el 20 % de individuos resultó ser de sexo indeterminado mientras que se encontró un 40,0 % de ejemplares hembras y un 20% de machos. Este resultado confirma el paso de esta parte de la población por un período de transición entre juveniles y adultos.

Los ejemplares comprendidos entre 2,8 y 7,8 g de peso y entre 51,0 a 68,0 mm de LT totalizaron el 8,1 % de la población, grupo correspondiente a Adultos-1 o adultos de pequeña talla. Los valores promedio de peso y LT para este grupo fueron de  $5,8 \pm 1,4$  g y  $58,6 \pm 6,1$  mm respectivamente. La mayoría de las hembras de esta categoría portaron huevos, llegando hasta el 75,0 % de los individuos.

El grupo clasificado como Adultos-2 sumó al 2,7 % de la población total, con  $80,0 \pm 8,0$  mm de longitud total promedio y  $12,8 \pm 4,8$  gramos de peso promedio. Ninguna hembra fue encontrada con ovas a pesar de pertenecer al grupo de ejemplares de mayor tamaño dentro del estanque.

El muestreo efectuado el 18 de Abril de 1999 puso nuevamente en evidencia la influencia del aumento de la temperatura del agua, alcanzada durante el período estival, sobre el metabolismo de los camarones, los cuales aceleraron substancialmente su crecimiento. En el muestreo realizado al azar, se contabilizó un total de 67 individuos, los cuales también fueron medidos, pesados y sexados para poder determinar las características biométricas de la población existente, información que a su vez se detalla en el Gráfico 14 y la Tabla 20.

**Gráfico 14. Relación peso y longitud total de los camarones nacidos en la Estación I a fines de Enero de 1998 de acuerdo a muestreo con fecha 18 de Abril de 1999.**



Los valores de talla y peso registrados en este último muestreo (aproximadamente 11,5 meses después de la metamorfosis) fueron mucho más elevadas y más heterogéneas que en el muestreo. Aspecto que se reflejó en el aumento de sus respectivos promedio y desviaciones estándar. La longitud total promedio de la población fue de  $40,4 \pm 17,5$  mm y el peso total promedio de  $2,6 \pm 5,1$  gramos. El camarón más grande recolectado en el

muestreo efectuado dentro del estanque fue un adulto macho de 103,5 mm de longitud total y 32,8 gramos de peso (ver Gráfico 14). Mientras que la hembra de mayor tamaño alcanzó una longitud total de 74,0 mm y un peso de 10,1 gramos. En el muestreo no se encontraron ejemplares inferiores a 22 mm de longitud total (LT) y se registró la a parición de individuos con una talla superior a 90 mm de LT.

**Tabla 20. Cálculos estadísticos de las características biométricas de la población de camarones nacidos en Enero de 1998 de acuerdo a muestreo con fecha de 18 de Abril de 1999.**

| Muestreo realizado el día 18-04-99                   |                      |                       |                       |                        |
|--|----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| Ítem   | Juveniles-1          | Juveniles-2           | Adultos-1             | Adultos-2              |
| % de la población                                    | 53,7                 | 23,9                  | 14,9                  | 7,5                    |
| % Machos   | 0,0                  | 37,0                  | 10,0                  | 80,0                   |
| % Hembras  | 0,0                  | 62,0                  | 90,0                  | 20,0                   |
| % Indefinido   | 100,0                | 1,0                   | 0,0                   | 0,0                    |
| % hembras ovígeras                                   | 0,0                  | 0,0                   | 0,0                   | 0,0                    |
| LT (mm) promedio                                     | 28,7                 | 40,8                  | 59,8                  | 83,8                   |
| Desviación estandar                                  | 2,9                  | 4,1                   | 5,6                   | 11,3                   |
| LT (mm) mínima                                       | 23,8                 | 35,5                  | 50,5                  | 72,0                   |
| LT (mm) máxima                                       | 34,5                 | 49,9                  | 68,5                  | 103,5                  |
| Peso (g) promedio                                    | 0,5                  | 1,4                   | 4,8                   | 16,2                   |
| Desviación estandar                                  | 0,1                  | 0,4                   | 1,5                   | 8,5                    |
| Peso (g) mínimo                                      | 0,3                  | 0,9                   | 2,1                   | 7,9                    |
| Peso (g) máximo                                      | 0,9                  | 2,2                   | 7,1                   | 32,8                   |
| Ecuación de regresión lineal (Peso en función de LT) | $Y = 0,044X - 0,789$ | $Y = 0,1835X - 6,131$ | $Y = 0,1835X - 6,131$ | $Y = 0,7493X - 46,766$ |

La población nuevamente fue clasificada dentro de cuatro categorías. Además, para cada categoría (Juveniles-1, Juveniles-2, Adultos-1 y Adultos-2) se calculó los promedios de peso y longitud total, las desviaciones estándar respectivas y las ecuaciones de regresión lineal del peso en función de la longitud total, obteniéndose los resultados expuestos en la Tabla 20. En forma adicional se calculó tanto el porcentaje de hembras ovígeras como el porcentaje de machos, de hembras y de individuos de sexo indefinido.

En el muestreo de Abril de 1999 el grupo compuesto por los Juveniles-1 totalizó el 53,7 % de la población con un tamaño y peso inferior a 34,0 mm y a 0,8 g respectivamente. El peso promedio de estos ejemplares fue de  $0,5 \pm 0,1$  g y la longitud total promedio de  $28,7 \pm 2,9$  mm (ver Tabla 20). El pico más grande correspondió al rango comprendido entre 26,0 y 30,0 mm de longitud total con un 22,4 % de la población total existente, seguido por el rango 30,0-34,0 mm de LT, el cual alcanzó un pico de 19,4 %.

El peso promedio del grupo clasificado como Juveniles-2 fue de  $1,4 \pm 0,4$  g y su longitud total promedio de  $40,8 \pm 4,1$  mm, los cuales sumaron al 23,9 % de la población. Dentro de este rango de la población los camarones comenzaron su diferenciación sexual. Ello se reflejó en las diferencias con respecto al grupo anterior donde todos los individuos eran de sexo indeterminado. En cambio dentro del grupo Juveniles-2 se encontró un 62,0 % de ejemplares hembras y un 37,0 % de machos, con sólo un 1,0 % de camarones de sexo indeterminado. Este resultado confirmó el paso de esta parte de la población por un período de transición entre juveniles y adultos.

Los ejemplares comprendidos entre 2,8 y 7,8 g de peso y entre 50,0 a 69,0 mm de LT totalizaron el 14,9

% de la población, grupo correspondiente a los Adultos-1 o adultos de pequeña talla. Los valores promedio de peso y LT para este grupo fueron de  $4,8 \pm 1,5$  g y  $59,8 \pm 5,6$  mm respectivamente.

El grupo clasificado como Adultos-2 sumo al 7,5 % de la población total, con  $83,8 \pm 11,3$  mm de longitud total promedio y  $16,2 \pm 8,5$  gramos de peso promedio. Ninguna hembra fue encontrada con ovas a pesar de ser los ejemplares de mayor tamaño de toda la población.

Los resultados, presentados tanto en el Gráfico 1 como en la Tabla 11, muestran que los individuos de menor talla tienen un peso más reducido en relación a su longitud total que los de mayor talla. Por esta razón, la pendiente de la recta aumenta progresivamente de 0,0440 para los Juveniles-1 hasta 0,7493 para los Adultos-2 (ver ecuación de regresión lineal). Esta característica les otorga a los primeros un cuerpo de aspecto mucho más alargado.

En los Juveniles-1, un incremento de 10,0 mm en la longitud total va correlacionado con un aumento de sólo 0,44 g de peso, mientras que en los Adultos-2 el aumento en peso es de 7,49 g para el mismo incremento de la longitud total. Este cambio fisiológico tiene influencia en las características biométricas de los ejemplares. Dicha característica se acentúa significativamente en la última fase de crecimiento sobre todo en los machos que, a diferencia de las hembras, crecen más y desarrollan considerablemente una de sus quelas (Bahamonde y Vila 1971). Por esta razón la pendiente de los Adultos-2 aumentó considerablemente en los últimos 4 meses de cultivo pasando de un valor de 0,5938 a 0,7493. El lapso de tiempo que se requiere para obtener los Adultos-2 es variable y depende principalmente de las condiciones de temperatura del agua, de la alimentación, de las características genéticas de cada individuo, las densidades de cultivo y jerarquía establecida en la población. Ello explicaría la gran heterogeneidad de crecimiento observado al cabo de 1 año de cultivo.

La ausencia de hembras ovígeras en el muestreo realizado el 18 de Abril de 1999 indicaría que las condiciones ambientales existentes en los estanques de cultivo no permitieron la reproducción de los camarones en el período otoñal. Las temperaturas del agua registradas en el sector de Huentelauquén, IV región, a partir del 1 de Abril fueron demasiado bajas como para inducir el desarrollo gonadal y el apareamiento de los ejemplares. Lo cual confirmaría la existencia de un sólo período reproductivo para *Cryphiops caementarius* en la ubicación geográfica señalada, entre los meses de Octubre y principios de Abril.

### 2.1.5. Repoblamiento de juveniles nacidos en la Estación I

Los días 8 de Enero y 10 de Noviembre de 1999 se efectuaron dos exitoso repoblamiento en el río Choapa de camarones juveniles y adultos, todos ellos nacidos y criados en los planteles de cultivo de la Estación I. Se trató de las primeras autorizaciones en el país otorgada por la Subsecretaría de Pesca para realizar el repoblamiento de un medio natural con ejemplares de *Cryphiops caementarius*.

El primer acontecimiento fue presenciado por periodistas y representantes de diversas instituciones gubernamentales además de algunos integrantes pertenecientes al FIA. De un total de 2.000 ejemplares seleccionados, 1.463 individuos tuvieron una talla comprendida entre 20 y 40 mm de longitud total y una edad de 10 meses contados desde el momento de su nacimiento. Los 537 camarones restantes correspondieron a ejemplares adultos de 22 meses de edad cuyo tamaño fluctuó entre 45 y 70 mm de longitud total.

En el segundo repoblamiento sólo asistió un funcionario de Sernapesca y la Sra. Gabriela Casanova, supervisora del proyecto. De un total aproximado de 3.500 ejemplares transportados, unos 3.000 individuos tuvieron una talla comprendida entre 30 y 50 mm de longitud total y una edad de 12 meses contados desde el momento de su nacimiento. De los 500 camarones restantes, unos 300 ejemplares correspondieron a camarones de 1 año de edad de mayor talla, entre 45 y 70 mm de longitud total, y aproximadamente 200 individuos a reproductores de 24 a 36 meses de edad cuyo tamaño fluctuó entre 70 y 120 mm de longitud total.

Después de la captura y selección de los camarones, se emplearon dos jaulas, cada una con una superficie de 0,5 metros cuadrados, para almacenar por separado a los grupos anteriormente mencionados. En ambos casos los individuos se mantuvieron sanos y en buenas condiciones durante toda la noche y la mañana del día siguiente a su aprisionamiento. Gracias al flujo continuo del agua, equivalente a un 200 por ciento de recambio diario, a la abundante aireación y a la adecuada alimentación no se observaron muertes ni comportamientos agresivos dentro de las jaulas, a pesar de las altas densidades de hacinamiento.

El transporte de los ejemplares hasta el lugar del repoblamiento se realizó a las 13:00 horas y tardó aproximadamente 40 minutos en el primer caso y 20 minutos en el segundo. No ocurrieron muertes por estrés o agotamiento del oxígeno disuelto en el agua durante el transporte. Posteriormente los ejemplares fueron liberados en la ribera del río Choapa. Los camarones nadaron activamente y sin dificultad en su nuevo medio hasta esconderse bajo la vegetación acuática, las piedras o escapando hacia las zonas más profundas del río.

Debido a ciertos aspectos técnicos que imposibilitan el marcaje de los ejemplares, a la falta de tiempo y al costo que significaría, no se planificó ninguna estrategia o metodología que permitiera un seguimiento posterior de la población liberada en el lugar seleccionado.

#### **2.1.6. Reproducción de ejemplares fenotípicamente seleccionados y nacidos en la Estación I**

En el transcurso del proyecto se efectuaron 3 intentos de reproducir aquellos camarones nacidos en la estación I y seleccionados fenotípicamente con el propósito de efectuar una mejora genética de la especie. Cada intento se detalla en los capítulos siguientes.

##### **2.1.6.1. Intento de Reproducción de ejemplares nacidos en cautiverio en el año 1998**

Luego de efectuar la captura total de los 137 camarones nacidos en la Estación I y seleccionados por su mayor crecimiento, se procedió en el mes de Enero de 1998 a separar las hembras con huevos exitosamente apareadas. De las 88 hembras, se encontró un total de 63 ovígeras con huevos fértiles en diferentes etapas de desarrollo (estadios I a IV). Estos últimos ejemplares contaron con varias de las principales características deseadas en un reproductor para tener éxito en la primera selección genética :

(a) - Durante su desarrollo larval lograron sobrevivir a las condiciones artificiales de cultivo, considerando todas las falencias que pudieron haber existido en el hatchery (alimentación, temperatura, higiene, etc.).

(b) - Llegaron a la metamorfosis en un tiempo récord de 52 a 60 días, acortando considerablemente el tiempo de cultivo larval.

(c) - Obtuvieron un crecimiento rápido en la etapa de crianza y engorda, considerando que la mayor parte del cultivo (7 meses de un total de 14) se efectuó con temperaturas inferiores a 19,0 °C.

(d) - Todos los ejemplares se encontraban sanos, lo cual sugirió que tenían una adecuada resistencia a las enfermedades.

(e) - La mayoría de las hembras poseían una cantidad adecuada de huevos fértiles.

A pesar de las buenas expectativas puestas en el éxito de la reproducción de dichos ejemplares a fin de realizar la primera selección genética de la especie, no se consiguió obtener los resultados esperados. En la mayoría de los casos, el porcentaje de eclosión de los huevos fue inferior al 3 % del total. El número total de huevos estimado de acuerdo a la biomasa total de hembras fue de unas 400.000 unidades, mientras que el número inicial de larvas obtenidas no superó los 10.000 ejemplares. Además, el hecho de que la eclosión de los

huevo no ocurriera de manera coordinada, sino más bien repartida a lo largo de un período de 3 semanas, hizo que no fuera práctico comenzar con dicho cultivo. En definitiva, nunca se logró obtener una cantidad adecuada de larvas de una misma edad para iniciar un cultivo con densidades superiores a 5 larvas por litro, mientras que con los ejemplares provenientes del río Choapa se logró obtener densidades iniciales de más de 100 larvas por litro sin ninguna dificultad.

Se establecieron 2 hipótesis por las cuales pudo haberse producido un desove deficiente:

La primera hipótesis fue que en cautiverio el número de huevos fértiles portados por las hembras fue menor al obtenido por los ejemplares provenientes del medio natural ya que en este último los camarones se encontraban bajo condiciones de vida menos estresantes. Si bien esto podría ser cierto, en la temporada 1997 se logró obtener con éxito un alto porcentaje de eclosión (superior al 20%) con reproductores provenientes del río pero que se aparearon en cautiverio 8 meses después de su captura. El resultado de esta experiencia habría demostrado que el cautiverio de los reproductores no es determinante en una disminución tan significativa del porcentaje de huevos fértiles.

Por esta razón, la opción más factible fue estimar que las hembras eran primerizas y no tenían experiencia en cuidar adecuadamente sus ovas. Las hembras experimentadas se preocuparían de crear permanentemente, gracias al movimiento de los pleópodos, una corriente de agua sobre los huevos, lo cual permitiría la oxigenación y el adecuado desarrollo del embrión. También, en algunos casos serían capaces de eliminar, con ayuda de sus pinzas, los huevos infértiles o portadores de hongos o de algún agente patógeno que pudiera contaminar el resto. Además, por experiencia conocerían el momento más oportuno para liberar las larvas, es decir, producir la eclosión de los huevos al efectuar rápidas contracciones de sus pleópodos.

En Junio de 1998, a la población de 137 camarones nacidos en la Estación I y seleccionados en Diciembre de 1997 por su mayor velocidad de crecimiento se agregó un total de 33 machos y 39 hembras. Estos últimos ejemplares, al igual que los anteriores, contaron con todas las características deseadas en un reproductor para tener éxito en la primera selección genética.

Sin embargo, los experimentos de mejoramiento genético de camarones nacidos en cautiverio no pudieron ser ejecutados por falta de hembras ovígeras. A mediados del mes de Noviembre de 1998 sólo se obtuvieron 2 hembras con huevos en estadio I, mientras que a fines de Diciembre del mismo año sólo se capturaron 4 ejemplares, lo cual correspondió a un 1,9 % y 3,9 % de la población total respectivamente.

Para iniciar, los experimentos anteriormente mencionados habría sido necesario obtener unos 15 ejemplares con ovas entre el III al IV estadio de desarrollo. Por este motivo fue necesario esperar hasta Febrero de 1999 para obtener un mayor porcentaje de ovulación dentro de la población de hembras.

#### **2.1.6.1. Intento de Reproducción de ejemplares nacidos en cautiverio en el año 1999**

##### **a. Selección y captura de los reproductores nacidos en la Estación I en Noviembre de 1996**

En Febrero de 1999 el estanque L4, que contaba con una capacidad de 500 litros, quedó desprovisto de larvas y libre para que en él se efectuaran nuevos experimentos. En ese momento se tomó la decisión de aprovechar dicha circunstancia para iniciar un cultivo con larvas descendientes de reproductores nacidos en la Estación I y seleccionados fenotípicamente por su mayor velocidad de crecimiento y mejor aspecto físico. Para ello fue necesario capturar hembras ovígeras dentro de un estanque especialmente acondicionado para la reproducción los camarones seleccionados. En el primer intento, de un total de 209 reproductores sólo 33 hembras fueron capturadas con ovas, de las cuales sólo 15 tuvieron huevos en el IV estadio desarrollo, correspondiente al último estadio antes de la eclosión. En el segundo intento efectuado 20 días después del primero, sólo se capturaron 18 hembras ovígeras de las cuales 8 estaban a punto de desovar. En ambos casos los

ejemplares seleccionados fueron transportados hasta el estanque L4 en espera de un desove masivo.

#### **b. Desove de los reproductores nacidos en la Estación I en Noviembre de 1996**

El día 5 de Febrero de 1999, después de 3 días de espera, se produjeron 2 desoves parciales, obteniéndose un total de 11.000 larvas y una densidad de 22 individuos por litro. Sólo desovaron 4 hembras de un total de 15 ejemplares, calculándose un porcentaje de eclosión relativamente bajo, cercano al 30 por ciento. El resto de las hembras no desovó en forma inmediata y fueron regresadas al estanque de reproductores al tercer día de haberse iniciado el cultivo larval.

La segunda experiencia se efectuó el 23 de Febrero y se inició con el desove parcial de 3 hembras de un total de 8 ejemplares, 2 días después de haber sido capturadas. El porcentaje de eclosión fue cercano al 40 por ciento obteniéndose un total de 9.000 individuos y una densidad inicial de cultivo de 18 larvas por litro.

En ambos casos los desoves no fueron ni masivos ni completos, desconociéndose las causas que habrían influido en el bajo rendimiento obtenido. A pesar de ello, el porcentaje de eclosión mejoró considerablemente con respecto a los resultados obtenidos en la temporada 1998.

#### **c. Larvicultura (Hatchery) para un mejoramiento genético de la especie**

Los dos intentos realizados con el propósito de criar larvas para efectuar un mejoramiento genético de la especie fueron infructuosos. En ambos casos las larvas recién nacidas tuvieron un tamaño más pequeño que el habitual y una pigmentación casi inexistente. Por lo general, las larvas que habían logrado desarrollarse adecuadamente en las experiencias anteriores durante el transcurso del proyecto FIA poseían un mayor tamaño y en muchos casos una coloración rojiza en torno al cefalotórax.

En ambas intentos, el cultivo larval se inició siguiendo el protocolo establecido, el cual ya había entregado resultados positivos con descendiente de camarones provenientes del medio natural. Sin embargo, al cabo de unos 8 a 10 días de cultivo, cuando la población larval había alcanzado el estadio de desarrollo Zoea 3, los individuos dejaron de ingerir el alimento diariamente proporcionado, el cual estuvo compuesto de nauplios de *Artemia* de un día. Ello provocó, en ambos casos, la muerte masiva de la población existente en un lapso de sólo 2 días. De este modo no fue posible lograr el desarrollo completo de las larvas y por consecuencia no se logró obtener ninguna post-larva genéticamente mejorada.

Parece sorprendente que ejemplares fenotípicamente seleccionados para la reproducción hayan producido una descendencia más pequeña y frágil que la normal, en circunstancias que se esperaba lo contrario. Es probable que el reducido tamaño de las larvas les haya impedido alimentarse adecuadamente con nauplios de *Artemia*. También es factible que hayan sido afectadas por alguna enfermedad no detectada que les provocó la muerte. La incógnita seguirá existiendo mientras no se realicen nuevas experiencias del mismo tipo.

#### **2.1.7. Experimento de reproducción por inducción del desarrollo gonadal fuera del período reproductivo de la especie**

El experimento de reproducción por inducción gonadal fuera del período reproductivo del camarón de río del norte se inició el 15 de Abril de 1999. Durante el período de aclimatación de 24 horas, no se observaron muertes producidas a causa del proceso de ablación del lóbulo ocular de los ejemplares seleccionados. Los camarones se alimentaron adecuadamente y se ubicaron homogéneamente dentro de los estanques experimentales (3 machos y 10 hembras en cada uno).

Cuatro días después de elevar artificialmente la temperatura del agua comenzaron a producirse las primeras mudas, tanto de los camarones que fueron sometidos a la operación como de los que se dejaron

intactos. Las hembras comenzaron a mudar con varios días de anticipación en comparación a los machos. Dentro de las primeras en mudar, una provino del estanque L1 (Blanco) y 3 ejemplares del estanque L6 dentro del cual 2 de ellas estaban ubicadas en el sector izquierdo (L6a) y una hembras en el sector derecho (L6b).

Inmediatamente después de la muda se produjo el canibalismo de 2 de los individuos debido a que no consiguieron esconderse adecuadamente dentro de un refugio con el propósito de protegerse del ataque de sus congéneres mientras tenían el caparazón blando. Para evitar que se volviera a repetir la misma situación se aumento tanto la cantidad de alimento suministrado como el número de refugios de PVC.

Esta última modificación entregó buenos resultados en el caso de las hembras, sin embargo no ocurrió lo mismo para los machos. El primer macho que mudó al cabo de 10 días provino del estanque L6a. Poco después, el camarón fue devorado por los 2 machos restantes. La misma situación se repitió en los 3 sistemas experimentales hasta quedar sólo un macho vivo en cada uno de ellos después de 3 semanas.

Posteriormente, no se observó ninguna situación adicional de canibalismo hasta el término del experimento. Durante el primer mes no se produjo la ovulación de ninguna hembra, posiblemente debido a que los ejemplares necesitaban de un tiempo mínimo para que sus gónadas se desarrollaran adecuadamente bajo las nuevas condiciones ambientales. Al cabo de 5 a 6 semanas se inició un nuevo ciclo de mudas en las hembras que aparentemente indujo el apareamiento de varios camarones. Al poco tiempo después se constató la ovulación parcial de un total de 5 hembras. Dos de las hembras ovígeras provinieron del estanque L6b, 1 del estanque L6a y 2 del estanque L1. El número de huevos obtenidos fue bajo. En el mejor de los casos, las ovas cubrieron sólo 1/3 de la superficie que normalmente es utilizada, la cual se ubica en la parte ventral de la zona abdominal. Las causas de esta fertilidad deficiente no pudieron ser determinadas. Tal vez faltó simular las condiciones estivales relacionadas con el fotoperíodo para obtener una ovulación completa o faltó una alimentación más rica en ácidos grasos.

A pesar del reducido número de huevos, se intentó efectuar un seguimiento del desarrollo de las ovas. En uno de los casos, las ovas llegaron al 2º estadio de desarrollo al 8º día, mientras que en el resto de las hembras no superaron el 1º estadio. De manera general, todas las ovas fueron liberadas antes de completar el desarrollo completo del embrión, tal vez debido a una calidad inadecuada de los parámetros físico-químicos y/o biológicos del agua.

El experimento demostró, sin embargo que no existe ninguna diferencia en la inducción del desarrollo gonadal entre los individuos sometidos a la ablación unilateral del lóbulo ocular y aquellos que no fueron operados. En los experimentos de inducción aparentemente lo que primó en el desarrollo gonadal, apareamiento y ovulación de las hembras fue el aumento de la temperatura del agua sumado a una alimentación adecuada. Es probable que se logre mejorar los resultados obtenidos iluminando los estanques unas horas justo después de la puesta del sol para simular el ritmo circadiano (duración del día y la noche) del período estival (verano). La agresividad existente entre los machos durante el período de apareamiento explicó en gran medida el menor porcentaje de supervivencia de la población de machos al término de un cultivo de engorda.

## 2.2. Comparación y discrepancia con los resultados esperados

Al inicio del proyecto, en Chile no existía información suficiente como para determinar con certeza los resultados al término del proyecto tanto en relación con el cultivo larval como con la crianza y engorda del camarón de río del norte. Los mejores resultados en el cultivo larval habían sido obtenidos en laboratorio, a pequeña escala y bajo condiciones controladas de cultivo. Báez et al. (1984), Moncayo et al. (1985) y Rivera y Meruane (1989) habían logrado llegar a la última fase de desarrollo larval (Zoea 12) con muy baja supervivencia pero obteniendo la metamorfosis de unos pocos ejemplares. Por otro lado, todos los estudios de crecimiento de los camarones en condiciones de crianza o engorda no permitieron extrapolar los resultados ya que se realizaban con ejemplares provenientes del medio natural, a los que es imposible determinar la edad con las metodologías

actuales (el proyecto reveló que individuos de una misma talla y clasificados comúnmente como juveniles, por su peso y talla reducidas, pueden tener hasta 12 meses de diferencia en edad).

A pesar de lo expuesto anteriormente, en el proyecto se esperaba tener resultados que permitieran el desarrollo rentable del cultivo integral de *Cryphiops caementarius* en un futuro cercano.

Los resultados obtenidos en el transcurso del proyecto, si bien fueron buenos desde el punto de vista científico y alentadores por los avances logrados, en forma general no concordaron con lo que se esperaba:

En el cultivo larval se esperaba reducir significativamente la mortalidad de la población y logran al menos un 40 a 50% de supervivencia al término del cultivo. Sin embargo, los mejores resultados entregaron 16,39 % de supervivencia promedio para el estadio Zoea 12, al cabo de 90 días de cultivo, valor que finalmente se redujo a sólo un 1,2 a 1,6 % de supervivencia final dado el bajo porcentaje de metamorfosis (las larvas que no lograban metamorfosearse después de un tiempo máximo de 130 a 150 días de cultivo morían).

De igual modo se esperaba disminuir el periodo de cultivo larval a un máximo variable de 85 a 95 días gracias a la metamorfosis de al menos el 50 a 70% de la población en estadio Zoea 12.

Un resultado que también se esperaba lograr era reducir el periodo de metamorfosis de la mayoría de la población a un lapso de tiempo de 2 semanas. Sin embargo, los resultados fueron imprevisibles y heterogéneos, los cuales aparentemente dependieron de factores aún desconocidos. Las primeras larvas en metamorfosearse lo consiguieron después de 50 días de cultivo, mientras que la mayoría de las metamorfosis ocurrieron entre el 70º y el 110º día. A su vez, las larvas más tardías tardaron entre 130 y 150 días. En la temporada 1998 en varios estanques ocurrieron los únicos resultados indicadores de que sería posible lograr el objetivo esperado ya que se observó un pico importante en el número de post-larvas obtenidas dentro de un corto periodo de tiempo (ver Gráficos 6b, 6c, 7b y 10b situados en el anexo).

Con un buen manejo del cultivo se pretendía obtener un crecimiento homogéneo de los juveniles y adultos, sin embargo la falta de infraestructura no permitió efectuar la crianza con bajas densidades de cultivo lo que produjo un crecimiento muy heterogéneo de los camarones. De igual modo se esperaba obtener ejemplares de talla comercial al cabo de 24 meses de crianza y engorda con densidades de 15-18 camarones/m<sup>2</sup> en al menos un 70% de la población. Bajo las condiciones de cultivo del proyecto (altas densidades de cultivo con 100 a 400 camarones/m<sup>2</sup>) sólo el 15% de la población alcanzó la talla comercial al cabo de 24 meses, obteniéndose un porcentaje significativamente inferior a lo esperado.

Durante el proyecto tampoco fue posible conseguir la reproducción completa de ejemplares nacidos en cautiverio, lo cual impidió realizar el mejoramiento genético de la especie con el propósito de obtener ejemplares de mayor velocidad de crecimiento y mayor resistencia a las enfermedades.

### **3. Impactos observados**

#### **3.1. Descripción de los impactos ya observados**

##### **3.1.1. Impacto en el cultivo larval**

- Entre los meses de Enero y Abril de 1997 se obtuvo, por primera vez en Chile, un número apreciable de post-larvas bajo condiciones artificiales de cultivo, con un total de 1.186 ejemplares, todos viables en agua dulce.

- Se redujo el tiempo promedio del cultivo larval entre un mínimo de 50 a un máximo 120 día obteniéndose las primeras post-larvas en un tiempo récord de 50 y 51 días de cultivo.

- Se cuadruplicó el número de post-larvas obtenido en 1997 lográndose un total de 4.085 individuos en 1998. El 84% de las larvas supervivientes al término del cultivo llegó a la metamorfosis entre el 60° y el 99° día, tiempo considerablemente más reducido con respecto a la información entregada en la literatura científica que menciona en el mejor de los casos de un mínimo de 100 días y un máximo de 220 días (Moncayo et al, 1985 y Rivera y Meruane, 1989).

- Con la utilización de una caldera a gas se logró mantener en forma adecuada la temperatura del agua de los cultivos durante los meses de Abril y Mayo de los años 1998 y 1999, periodo que se caracterizó por presentar en ambos casos considerables bajas de la temperatura ambiente. A pesar de ello, en el primer año de uso se obtuvo la mayor parte de los ejemplares metamorfoseados durante el mes Abril, época considerada poco apta para el cultivo de larvas del camarón de río.

- Se logró trabajar durante 40 días de cultivo larval con una supervivencia promedio de 72,3 por ciento y durante 90 días con una supervivencia final promedio de un 16,4 por ciento. Ello considerando altas densidades iniciales de cultivo de alrededor de 29,9 a 124 larvas por litro, valores hasta 8 veces superiores a las densidades empleadas en los primeros intentos de cultivo, lo cual es indicador de un avance importante para lograr un cultivo comercial. Comparativamente a los resultados obtenidos al inicio del proyecto, se logró disminuir notoriamente la mortalidad de la población previo al período de metamorfosis, manteniéndola relativamente constante por el doble de tiempo en el primer caso y mejorando significativamente la supervivencia en el segundo. En la temporada 1998, al cabo de 90 días la supervivencia larval fue de sólo un 4,2 por ciento, valor 4 veces inferior al obtenido en la temporada 1999. En esta última, al 90° día de cultivo sobrevivieron aproximadamente 53.540 larvas en el estadio de desarrollo Zoea 12 correspondiente como se mencionó en un inicio al 16,4% de la población.

- Se logró conocer bastante bien la dosificación de alimento diario que debiera ser entregado en el transcurso del cultivo larval. Las dosis empleadas diariamente permitió un mejor crecimiento de las larvas, ello sin provocar la contaminación del agua por descomposición excesiva de residuos orgánicos sobrantes.

- Por primera vez se logró detectar y tratar exitosamente una enfermedad en las larvas de *Cryphiops caementarius*. Se trató del protozoo ectocomensal del genero *Zoothamnium* que si bien no causó la muerte directa de las larvas, o dificultaba enormemente su natación al ubicarse en grandes cantidades sobre el exoesqueleto, o causaba problemas respiratorios en las larvas cuando se situaba en las branquias. Ambos problemas incidían directamente en la alimentación y vigor de los individuos que luego de debilitarse, eran atacados por nuevos agentes patógenos causando su muerte. Durante el tratamiento para eliminar dicha enfermedad se obtuvo, en la mayoría de los casos, una mortalidad muy reducida cercana al 2,0 % de la población.

### 3.1.2. Impacto en la crianza y engorda de *Cryphiops caementarius*

- Después de la metamorfosis de los ejemplares nacidos en la Estación I, se logró obtener una supervivencia del 85,1% de la población, bajo densidades del orden de 150 ejemplares por metro cuadrado y luego de un periodo variable entre 7,5 a 10,5 meses de cultivo en agua dulce. Estos resultados avalaron la viabilidad de las post-larvas producidas bajo condiciones artificiales de cultivo. Además, por primera vez en Chile, se reveló la posibilidad de practicar exitosamente cultivos intensivos de *Cryphiops caementarius* con altas densidades durante el periodo de desarrollo de post-larvas y de juveniles.

- Por primera vez en Chile, ejemplares nacidos bajo condiciones artificiales de cultivo lograron diferenciarse sexualmente. Varios ejemplares, tanto machos como hembras, alcanzaron una longitud total de 65 mm y un peso variable entre 5,5 y 6,0 gramos. Un número adecuado de hembras llegó a ser portador de huevos fértiles, parte del cual demostró posteriormente ser capaz de engendrar larvas vivas luego de varios desoves

parciales.

- Se obtuvo el primer individuo de talla comercial con un peso de 38,9 g, después de un año de cultivo desde el momento de su nacimiento. Este hecho avaló la factibilidad de efectuar a gran escala un cultivo del camarón de río que fuera rentable comercialmente, con un tiempo promedio de cultivo después de la siembra de las post-larvas estimado entre 13 a 24 meses considerando una adecuada selección genética de los individuos y entregando buenas condiciones de cultivo (densidad, alimentación, calidad del agua, temperatura etc.).

### **3.1.3. Impacto causado por los primeros repoblamientos**

- Se ha efectuado las primeras experiencias en Chile de repoblamiento de un medio natural basado en una producción de juveniles de *Cryphiops caementarius* nacidos y criados en cautiverio dentro de un hatchery (Estación I). Los acontecimientos tuvieron lugar en el río Choapa, a 8 kilómetros de su desembocadura. En el primer repoblamiento se contabilizó un total de 2.000 ejemplares de 10 meses de edad que fueron liberados en presencia de autoridades regionales y diferentes medios de prensa (diario, radio y televisión) en Enero de 1999.

En la segunda experiencia realizada en Noviembre de 1999 se liberaron 3.500 camarones de 1 a 3 años de edad. De esta manera se demostró la factibilidad de asegurar la abundancia de las poblaciones naturales que actualmente están siendo amenazadas por la captura y venta indiscriminada del camarón de río.

### **3.2. Comparación y discrepancia con los impactos esperados**

Al término del proyecto se esperaba producir un impacto económico importante al establecer las bases técnico-científicas del cultivo de larvas para desarrollar un centro productivo de juveniles que vendiera comercialmente su producto a futuros centros de engorda. Sin embargo los resultados parciales del proyecto no permitieron la producción suficiente de juveniles como para construir y desarrollar un hatchery comercialmente viable. Debido a ello, los actuales centros de engorda no han podido abastecerse adecuadamente de camarones para sus cultivos, situación que actualmente impide el auge de esta industria.

Sin embargo, los descubrimientos y avances realizados en el conocimiento del desarrollo larval y las técnicas de manejo del hatchery del camarón de río han permitido acercarse bastante al objetivo propuesto, causando un impacto positivo en el área científica y técnica.

Por otro lado, si bien el proyecto generó trabajo temporal a una 15 personas en total, todas provenientes de familias campesinas, y se enseñó a 3 personas del pueblo de Huentelauquén a realizar pragmáticamente el cultivo larval y la engorda del camarón de río del norte, no fue posible masificar el cultivo a una escala que permitiera dar trabajo a un gran número de pequeños empresarios y campesinos de la zona.

El auge de los centros de engorda en nuestro país deberá esperar hasta que se logre masificar la producción de juveniles en un centro piloto de cultivo larval. De otro modo no será posible que los cultivos de engorda se abastezcan de camarones provenientes del medio natural ya que su abundancia está limitada por la reducida capacidad de carga de los ríos y los canales existentes entre la Iª y IVª región de Chile.

Desde el punto de vista legal, se sentaron las primeras bases en la Subsecretaría de Pesca para la solicitud de nuevos centros de cultivo larval de *Cryphiops caementarius*. También se consiguió dejar los primeros antecedentes de repoblamiento de ejemplares nacidos y criados en cautiverio en un centro experimental. Sin embargo, aún no se ha logrado resolver el problema del período de veda que restringe la comercialización del camarón entre los meses de Diciembre y Abril de cada año.

### 3.3. Impactos probables en el futuro

Debido a que durante el proyecto no se logró alcanzar la meta propuesta de producir una cantidad de post-larvas cercana a la requerida para un cultivo comercial es poco probable que ocurran impactos relevantes al término del proyecto. El proyecto ha avanzado significativamente en el conocimiento de los aspectos reproductivos, de larvicultura y engorda de *Cryphiops caementarius*, entregando a las personas que trabajen en futuras investigaciones una metodología y técnica que les permitirá avanzar y mejorar los resultados aquí obtenidos. De acuerdo a ello se estima que los impactos futuros serán los siguientes:

- En el hatchery de *Cryphiops caementarius* se podrá trabajar con densidades iniciales de unas 100 larvas por litro obteniéndose una buena supervivencia al final del desarrollo larval, estimada entre un 15 a 20 % de la población al cabo de 90 días gracias al adecuado manejo del cultivo.

- Se podrá trabajar fuera de temporada gracias al uso adecuado de calderas o calefactores eléctricos que eleven la temperatura del agua empleada para el cultivo, efectuándose al menos 2 cultivos de larvas al año.

- Mejorando un poco los resultados se logrará demostrar la factibilidad de desarrollo de un centro piloto de cultivo larval con fines comerciales para abastecer de semilla a centros de engorda existentes en el país.

- Mejorando el porcentaje de metamorfosis se espera la venta en un futuro cercano de "semilla" para ser introducidos en estanques de engorda de camarones de río.

- Se logrará por primera vez reproducir camarones de río seleccionados y nacidos bajo condiciones artificiales de cultivo, lo cual permitirá obtener una descendencia mejor adaptada a las condiciones de un cultivo larval y cuyo crecimiento sea más acelerado con respecto al de las generaciones anteriores. Lo anterior constituye el primer paso para crear una nueva variedad de individuos mejor adaptados a las condiciones de cultivo.

- Con la selección genética de reproductores se podrá realizar la crianza y engorda del camarón de río de manera rentable comercialmente, considerando un tiempo estimado de cultivo, posterior a la siembra de las post-larvas, entre 13 a 24 meses bajo adecuadas condiciones ambientales (densidad entre 10 y 15 camarones por m<sup>2</sup>, alimentación equilibrada, buena calidad del agua, temperatura superior a 20 °C, etc.).

- Los avances obtenidos incentivarán el interés del sector privado y estatal por investigar y desarrollar centros experimentales de engorda y de cultivo larval en la zona centro-norte del país.

## 4. Aspectos metodológicos de las actividades desarrolladas en el proyecto

### 4.1. Descripción de la metodología efectivamente utilizada

#### 4.1.1. Selección, captura y transporte de los reproductores provenientes del río

Para iniciar los trabajos acuícolas de investigación se solicitó a la Subsecretaría de Pesca, por intermedio de Sernapesca de la Provincia del Choapa ubicado en los Vilos, una autorización para la captura de reproductores y efectuar el cultivo de larvas de la especie *Cryphiops caementarius*. Para tal efecto se entregó la documentación requerida al Sr. Carlos Jiménez Ibacache, el entonces Jefe provincial del Choapa – Limarí, entre la cual destacan los siguientes documentos :

- Fotocopia de RUT del Jefe de Proyecto.
- Plano y diseño de las instalaciones indicando punto de bocatoma, medio y descarga y la carta utilizada, sistema de decantación de sólidos y tratamiento de efluentes.

- Plano de ubicación Geográfico de Huentelauquén.
- Documentos que acreditan la tenencia de terrenos por parte de la C. A. de Huentelauquén.
- Solicitud de Proyecto Técnico de Centro de Cultivo ubicado en terrenos de propiedad privada.
- Proyecto del Camarón de Río del Norte (Licitación Pública Fundación FIA)
- Informe de Puesta en Marcha
- Informe de Avance N° 1
- Certificado ante notario de Aprobación del Proyecto por parte de la Comunidad Agrícola de Huentelauquén.
- Autorización de uso de terrenos de la Comunidad para el Proyecto.
- Autorización de uso de aguas superficiales y subterráneas para el Proyecto.

Este trámite fue recibido conforme por las autoridades correspondientes luego de llevarse a cabo tres inspecciones de terreno que les permitió corroborar la veracidad de los antecedentes entregados. El paso siguiente a la recepción del permiso solicitado fue la inscripción en el Registro Nacional de Acuicultura del Jefe de Proyecto.

En la primera etapa del proyecto, por el hecho de haberse iniciado en época de veda se tomó la decisión de comprar los reproductores en un centro de engorda existente en Sala, perteneciente al Sr. Monarde y situado en la ribera del río Limari, a proximidad de la carretera. Se seleccionó dicho lugar por estar en regla con la legislación vigente impuesta por la Subsecretaría de Pesca y por encontrarse a sólo 110 kilómetros de distancia de la Estación I. En la ocasión se compraron 80 reproductores vivos y en buen estado de salud, de los cuales 20 hembras grávidas en distintos estadios de madurez, 50 hembras sin huevos y 10 machos adultos de buen tamaño. Los ejemplares seleccionados fueron transportados contando con una guía de libre tránsito entregada por Sernapesca. Para su traslado, que no tuvo una duración mayor a 3 horas, se acondicionó una camioneta con un "sport-vagon" aislado térmicamente del exterior mientras que los ejemplares fueron mantenidos en ambiente húmedo para evitar su deshidratación y la acumulación de desechos metabólicos que se produce habitualmente en los medios acuosos, en especial el de amonio disuelto que los camarones liberan en grandes cantidades a causa del estrés del viaje.

El sistema de ambiente húmedo consistió en un set de bandejas plásticas en forma de rejilla sobre las cuales se pusieron en forma cronológica y ordenada una capa de sacos de yute, otra de esponja y una de plantas acuáticas frescas y húmedas. Entre las plantas acuáticas se colocaron cuidadosamente los reproductores en bajas densidades, los cuales fueron recubiertos posteriormente de esponjas y sacos de yute humedecidos con agua del río. Durante el transporte se tomó la precaución de mojar las diferentes bandejas en forma periódica y utilizando una regadera de mano. Además, durante el trayecto se fue cambiando paulatinamente el origen del agua dulce, con el cual se humedecían los camarones, para que pudieran aclimatarse poco a poco a las nuevas condiciones ambientales que exige el cultivo de la Estación I.

Terminada la maniobra del transporte, los reproductores fueron introducidos en el estanque de 4.500 litros concebido para este efecto, a excepción de las hembras ovígeras que fueron separadas y mantenidas en los recipientes de desarrollo y maduración de las ovas. La densidad inicial del cultivo fue del orden de 8,4 camarones/metro cuadrado.

En los años 1996, 1997 y 1998 los reproductores fueron capturados en el río Choapa previo al inicio del período de veda, entre los meses de Septiembre y Noviembre de cada año. La captura de camarones se efectuó con redes manipulada por un buzo en la zona estuarina del río. Una vez capturado un número suficiente de ejemplares, se procedió a seleccionar sólo aquellos camarones de mayor tamaño y en perfecto estado de salud, es decir que tuvieran todos los apéndices en buen estado, que no se observaran parásitos o decoloración anormal en el exoesqueleto y que los camarones estuviesen plenamente activos. El transporte de los ejemplares se realizó bajo las mismas condiciones descritas anteriormente en un lapso de tiempo que fluctuó entre 20 a 30 minutos.

#### 4.1.2. Selección fenotípica de reproductores adultos nacidos en cautiverio

La selección de reproductores nacidos en cautiverio, en la Estación I de cultivo larval, se efectuó en los meses Diciembre de 1997 y Junio de 1998 después de 1 y 1,5 años de crianza respectivamente. En ambos casos la selección de los ejemplares se basó en sus cualidades fenotípicas, su mayor velocidad de crecimiento y mejor estado de salud. A pesar de que es imposible determinar la edad de los ejemplares capturados en el medio natural, en el caso de los camarones nacidos en cautiverio se conocía perfectamente la fecha exacta de nacimiento, lo cual permitió identificar y separar fácilmente a aquellos ejemplares de crecimiento más acelerado. Los ejemplares machos y hembras seleccionados fueron introducidos en un estanque habilitado para reproductores y criados de acuerdo al método de reproducción natural.

#### 4.1.3. Reproducción tradicional de ejemplares provenientes del río y nacidos en cautiverio

Los reproductores provenientes del medio natural y capturados fuera del período de veda fueron mantenidos en densidades de cultivo de 9,0 camarones/m<sup>2</sup>. La proporción sexual empleada fue de 75 hembras y 15 machos (5 hembras por cada macho). En 1998 se aumentó la densidad de individuos al agregar en Octubre un total de 130 hembras sin huevos provenientes de río Choapa, alcanzándose una densidad de cultivo de 13,7 camarones/m<sup>2</sup>. La proporción sexual empleada en este último caso fue de 88 hembras y 49 machos (1,8 hembras por cada macho). De igual modo a fines de 1997 se realizó una selección de reproductores nacidos en cautiverio en Noviembre de 1996 y seleccionados fenotípicamente por su mayor velocidad de crecimiento, buen estado de salud y tamaño.

En los estanques, el recambio continuo del agua dulce osciló entre un 60,0 % a un 80,0 % por día. Los ejemplares fueron alimentados diariamente con pescado y pellet constituido de alimento balanceado con sólo un 10% de humedad. Se suministró la dosis de alimento de acuerdo al consumo diario observado visualmente por el operador. En el estanque de cultivo se introdujeron tubos de PVC de 40,0 y 50,0 mm de diámetro. De esta manera los camarones contaron con refugios donde esconderse y mudar, reduciendo la posibilidad de que los ejemplares de mayor tamaño se comieran a los más indefensos. Además, se incorporaron 2 refugios de gran tamaño, con el fin de proporcionarles un lugar adecuado para el apareamiento natural.

Una vez obtenido el apareamiento y la ovulación, las hembras ovígeras se mantuvieron sin ser molestadas dentro del estanque de reproductores hasta que los huevos alcanzaron el IV estadio de desarrollo, luego de lo cual las hembras fueron transferidas a los estanques de desove de fibra de vidrio de 500 litros. El traslado consistió en capturar las hembras ovígeras, colocarlas dentro de un recipiente plástico, esterilizarlas con una solución profiláctica de 200 ppm de formalina al 37% durante un período de 30 segundos y luego lavarlas con abundante agua dulce antes de ser introducidas en los estanques de desove.

La eclosión por lo general sucedió dentro de 4 días posterior a su traslado. Durante este último período las hembras fueron alimentadas con pequeñas dosis de moluscos marinos, asegurándose en cada oportunidad de su total consumo dentro de un lapso de 24 horas.

Los ejemplares fueron posteriormente trasladados al hatchery e introducidos en un estanque de fibra de vidrio de 500 litros. La cantidad de individuos por estanque fluctuó entre 15 y 8 hembras en el primer y segundo caso respectivamente. Los camarones fueron alimentados diariamente con trozos de bivalvos, los cuales fueron sistemáticamente removidos cuando no eran consumidos dentro de un lapso de 24 horas. El recambio diario del agua del estanque fue de un 80% para asegurar una calidad óptima de esta. De este modo se evitó que se produjera la pérdida masiva de ovas como ocurrió en los primeros intentos. La temperatura del agua se mantuvo fluctuante entre 24,0 y 26,0°C gracias al uso de una caldera especialmente concebida para el hatchery. Una vez eclosionado los huevos, las hembras fueron removidas para iniciar el cultivo larval.

#### 4.1.4. Reproducción por inducción del desarrollo gonadal fuera del período reproductivo de la especie

Los camarones poseen en la base del lóbulo ocular una glándula que inhibe el desarrollo gonadal y a su vez controla el crecimiento y la duración de los periodos de intermuda de los ejemplares. El experimento intentó inducir el apareamiento de los camarones y la ovulación de las hembras fuera de la época reproductiva de la especie es decir en los meses de Mayo, Junio y Julio (fines de otoño y principio de invierno). Para ello se empleó la técnica de ablación del lóbulo ocular combinada con un aumento de la temperatura del agua de manera a simular las condiciones ambientales de la época estival.

El estudio se inició utilizando 2 estanques de fibra de vidrio, los cuales contaron con un revestimiento externo de poliuretano para una mejor aislamiento térmico.

El primero, de una capacidad de 1.700 fue dividido en 2 superficies iguales por una malla separadora. En ese estanque se realizaron 2 experimentos paralelos, en ambos casos todas las hembras fueron sometidas al proceso de ablación de uno de sus lóbulos oculares. La diferencia entre ambos experimentos fue que en un caso los machos no fueron sometidos al proceso anteriormente mencionado, mientras que en el otro sí. El segundo estanque de una capacidad de 500 litros fue empleado como "blanco", es decir con reproductores tanto machos como hembras que no fueron sometidos a la operación.

En cada uno de los experimentos se introdujeron 3 machos y 10 hembras sin huevos provenientes de los estanques de engorda. Todos los individuos fueron previamente seleccionados y meticulosamente revisados para asegurarse que estuvieran en perfecto estado de salud, con todas sus extremidades y tuvieran tallas similares en lo que respecta a cada sexo. Dentro de cada experimento se introdujeron tubos de PVC de 40 y 50 mm para ofrecerles refugio. Además, en cada sección se incorporó un refugio adicional de gran tamaño, con el fin de proporcionarles un lugar adecuado para el apareamiento.

El experimento se inició el día 15 de Abril de 1999 con la captura y selección de los reproductores. Luego, se procedió a cortar el lóbulo ocular empleando una tijera previamente esterilizada y sosteniendo a cada individuo con un paño mojado para no estresarlo demasiado. Inmediatamente después de la operación, los ejemplares fueron introducidos en los estanques con agua a temperatura ambiente. Luego de 24 horas de aclimatación, se procedió a aumentar diariamente la temperatura del agua con recambios parciales de un 60% hasta alcanzar un rango óptimo diario de 23,0 a 25,0 °C. La alimentación ha consistido en bivalvos frescos y cocidos de acuerdo al consumo diario observado por el operador.

#### 4.1.5. Larvicultura (Hatchery)

Después de la eclosión de los huevos, las larvas fueron sifoneadas del estanque de eclosión e introducidas en los estanques de cultivo en densidades iniciales variables de 33,0 a 134,5 larvas por litro. Los estanques empleados fueron fabricados con fibra de vidrio y recubiertos por una capa externa de poliuretano termo-aislante para disminuir la pérdida de calor. En forma adicional, cada estanque fue tapado por una lona de PVC en forma de carpa para disminuir aún más la pérdida de calor durante la noche. El tamaño de los estanques fue de 500 l para los estanques denominados L.1, L.2, L.3, L.4 y L.5, de 1.700 para el estanque L.6 y 200 l para el estanque L.7, el cual fue el único que no tuvo protección termo-aislante.

La alimentación diaria de las larvas consistió básicamente en nauplios vivos de *Artemia sp.* en concentraciones variables de 1 a 2 nauplios/ml según la etapa de desarrollo de las larvas y la densidad existente en cada estanque. De igual modo, se emplearon varias veces al día piensos preparados de acuerdo a lo descrito por New y Singholka (1984) en el manual para cultivo de *Macrobrachium rosenbergii*.

Se efectuó diariamente dos mediciones de los principales parámetros físico-químicos del agua de los estanques de cultivo larval (temperatura, pH, O<sub>2</sub> disuelto, color del agua) y una medición de los parámetros

biológicos (densidades, estadios larvales, comportamiento), además de muestreos sistemáticos para la detección oportuna de patologías emergentes.

Diariamente se efectuó un recambio parcial del agua de los estanques, variando entre 30% y 70% del volumen total. Antes de ser introducida al estanque, el agua fue filtrada a 5  $\mu\text{m}$ , luego calentada por una caldera a través de una placa de intercambio de calor, que impide la contaminación del agua por metales o desechos de la combustión, para finalmente ser esterilizada por radiación U.V. y filtrada a 1  $\mu\text{m}$ . La temperatura del agua fue elevada lo suficiente como para alcanzar dentro de cada estanque una temperatura al final del recambio comprendida entre 26,0 y 27,5 °C. Con la misma frecuencia se efectuó la limpieza del fondo de los estanques, sifoneando los sedimentos compuestos generalmente de fecas o alimento y materia orgánica en descomposición.

Para determinar la calidad del agua durante el cultivo larval y tomar las medidas oportunas a fin de solucionar los eventuales problemas se empleó una tabla de referencia. En ella se incorporaron varios criterios arbitrarios que dependieron de diferentes parámetros tales como temperatura, pH y oxígeno disuelto del agua y las observaciones realizadas diariamente por el operador en los que se incluye ausencia o presencia de sedimentos en el fondo de los estanques, enfermedades, olor del agua y mortalidad de la población. Se determinó emplear los adjetivos Bueno (B), Regular (R), Malo (M), Muy Malo (MM) de acuerdo a los criterios expuestos en el Cuadro I.

#### **Cuadro I. Clasificación de criterios para determinar la calidad del agua de cultivo**

| <b>Clasificación de criterios en la determinación de la calidad del agua en los estanques de cultivo</b> |   |
|--|---|
| <b>B :</b>   | Agua cristalina, incolora, inodora, estanque sin sedimentos de materia orgánica en descomposición, ausencia de enfermedades en la población; calidad buena para el cultivo.   |
| <b>R :</b>   | Agua levemente turbia, inodora, estanque con restos de sedimento de materia orgánica (alimento reciente), ausencia de enfermedades en la población; calidad aceptable para el cultivo.                                      |
| <b>M :</b>   | Agua turbia, leve olor a materia en descomposición, estanque con sedimentos orgánicos en descomposición, aparición inminente de enfermedades con mortalidad de la población; calidad no apta para el cultivo.               |
| <b>MM :</b>  | Agua muy turbia, olor a materia orgánica en descomposición, estanque con sedimentos orgánicos en descomposición, aparición de enfermedades en la población, alta mortalidad de de larvas; calidad negativa para el cultivo. |

#### **4.1.6. Crianza en estanque de post-larvas y juveniles nacidos en la Estación I**

Una vez obtenida la metamorfosis de las larvas, las post-larvas fueron extraídas de los estanques del hatchery con pequeñas mallas y almacenadas en un estanque de 200 litros en forma transitoria. En dicho lugar, la alimentación fue la misma que se empleó para las larvas, la cual se alternó con pescado fresco y pellet compuesto de un alimento balanceado a base de harina de pescado, vegetales y vitaminas.

Cada vez que el número de post-larvas superó los 100 individuos, estos fueron trasladados a un estanque definitivo de 4.500 litros. La alimentación diaria consistió, en este último caso, en pescado fresco mezclado con el pellet anteriormente mencionado. Se suministró la dosis de alimento de acuerdo al consumo diario observado visualmente por el operador. El recambio continuo del agua dulce osciló entre un 40,0 % a un 80,0 % por día. En los estanques de cultivo se introdujeron tubos de PVC de 20,0 y 40,0 mm de diámetro. De esta manera las post-larvas contaron con refugios donde esconderse para mudar, impidiendo que los ejemplares más ágiles y grandes

se comieran a los más inactivos o pequeños. A su vez los refugios permitieron aumentar la densidad de individuos, las cuales fluctuaron entre 100 y 400 post-larvas por m<sup>2</sup>, dependiendo de la producción total de post-larvas obtenida en cada temporada anual. Diariamente se observó el comportamiento de la población para asegurarse de la adecuada adaptación de los ejemplares a su nuevo medio y para detectar cualquier eventual anomalía o patología.

Para determinar la evolución de los camarones se efectuaron periódicamente cada 3 a 4 meses muestreos de la población existente en cada con el propósito de realizar mediciones biométricas y sexado de los ejemplares. De este modo se pudo determinar el crecimiento en peso y talla y la proporción sexual de las poblaciones en función del tiempo. De igual modo, periódicamente cada 6 meses a 1 año se efectuaron conteos de la población total existente en los estanques para determinar el porcentaje real de supervivencia.

#### 4.1.7. Engorda de camarones

Los juveniles y adultos de *Cryphiops caementarius* fueron mantenidos en 3 estanques de 4.500 litros. El primero con adultos provenientes del medio natural cuya edad es desconocida, el segundo con adultos nacidos en la Estación I el 11 de Noviembre de 1996 y el tercer estanque con juveniles de talla media a grande nacidos igualmente en el mismo lugar pero entre el 15 y 30 de Enero de 1998.

El recambio continuo del agua dulce en los estanques osciló entre un 40,0 % a un 80,0 % por día. Los ejemplares fueron alimentados diariamente con pescado fresco mezclado con pellet que contenía sólo un 10% de humedad y estaba constituido de alimento balanceado a base de harina de pescado, vegetales y vitaminas. La dosis de alimento se suministró una vez al día de acuerdo al consumo diario observado visualmente por el operador. En cada estanque de cultivo fueron introducidos tubos de PVC de 40,0 y 50,0 mm de diámetro. De esta manera los camarones contaron con refugios donde esconderse y mudar, impidiendo que los ejemplares de mayor tamaño y más agresivos se comieran a los más pequeños. En forma adicional, en los estanques de camarones adultos nacidos en la Estación I y aquellos capturados en el río Choapa, se incorporaron 3 refugios de gran tamaño, con el fin de proporcionarles un lugar apropiado para aparearse.

En cada estanque se realizó diariamente una observación del comportamiento de la población para detectar cualquier eventual anomalía o patología. Para determinar la evolución de los camarones se efectuaron periódicamente cada 3 a 4 meses muestreos de la población existente en cada con el propósito de realizar mediciones biométricas y sexado de los ejemplares. De este modo se pudo determinar el crecimiento en peso y talla y la proporción sexual de las poblaciones en función del tiempo. De igual modo, periódicamente cada 6 meses a 1 año se efectuaron conteos de la población total existente en los estanques para determinar el porcentaje real de supervivencia.

#### 4.1.8. Repoblamientos

Previo a cada repoblamiento de camarones nacidos y criados en cautiverio se fabricaron 2 jaulas de malla plástica de 100 x 50 x 35 cm. Un día antes de la fecha de traslado de los ejemplares, estos fueron capturados con chinguillo, contados hasta juntar una cantidad total de 2.000 juveniles en el primer caso y la totalidad de los individuos en el segundo (aprox. 3.500 camarones). Luego los ejemplares fueron seleccionados y agrupados en dos clases de tallas e introducidos en forma separada dentro de las jaulas. Debido a la alta densidad de individuos presente dentro de ellas y para evitar el canibalismo o la mortalidad de los ejemplares durante la noche de espera, se procedió a alimentarlos con pescado fresco, a airear permanentemente el agua y a mantener un abundante y continuo recambio de esta.

Al día siguiente se esperó la llegada de las autoridades invitadas a presenciar el evento y luego se procedió a trasladar las jaulas a la camioneta donde los camarones fueron introducidos dentro de 3 recipientes plásticos de 40 litros cada uno y llenos con agua fresca. En ambos casos el traslado al río tardó alrededor de 25

minutos. Posteriormente los individuos fueron liberados en una zona del río Choapa libre de contaminación y ubicada a aproximadamente a 7 Km de su desembocadura, en sector de Huentelauquén Norte.

#### 4.1.9. Investigación

Periódicamente se efectuaron pruebas experimentales de 10 minutos para determinar la factibilidad de emplear los sistemas de recirculación y depuración de agua en los estanques de larvas. Las pruebas consistieron en encender el sistema de recirculación y determinar si las larvas eran capaces de escapar activamente a la succión de agua producida por la bomba de acuario de 5 Wats, en función de diferentes estadios de desarrollo.

Además, se realizó un estudio para identificar bajo el microscopio la presencia de un protozoo ectocomensal de las larvas de *Cryphiops caementarius*. Para ello también se efectuó una búsqueda bibliográfica y se comparó con los las enfermedades detectadas comúnmente en los camarones Peneidos y el camarón de río Asiático *Macrobrachium rosenbergii*.

#### 4.2. Principales problemas metodológicos enfrentados

El éxito de un cultivo piloto experimental no es una tarea fácil, en especial si se trata del cultivo larval de *Cryphiops caementarius*.

Parte de los problemas metodológicos enfrentados en el hatchery derivaron del intento por mejorar la infraestructura inicial, la cual era en gran parte inapropiada para cumplir con las metas inicialmente propuestas. En definitiva el bajo presupuesto no ha permitido readecuar totalmente la infraestructura a los requisitos reales del cultivo, los cuales fueron descubiertos a lo largo de un proceso exhaustivo de investigación.

A lo anterior hay que agregar el empleo, no siempre adecuado o exitoso, de técnicas importadas del extranjero (Malasia), las cuales son mundialmente utilizadas para el cultivo larval de especies muy similares tales como *Macrobrachium rosenbergii* (Bautista, 1988; New y Singholka, 1984).

##### 4.2.1. Reproducción por inducción al desarrollo gonaadal fuera del periodo reproductivo de la especie

En Mayo de 1999, al aumentar la cantidad de alimento proporcionado manualmente con el propósito de disminuir el canibalismo de los reproductores introducidos en los sistemas experimentales se descuidó la calidad del agua de los estanques. Si bien esta situación no provocó la muerte de los ejemplares pudo haber influido en la pérdida de los huevos de las hembras ovígeras antes de que los embriones terminaran su desarrollo completo.

##### 4.2.2. Alimentación larval

Durante la estadía en Malasia de 1997, el Jefe de Proyecto obtuvo información valiosa sobre la dosis diaria de alimento que es normalmente entregada en el cultivo larval de *Macrobrachium rosenbergii* o camarón de río gigante de Asia. A pesar de las grandes similitudes tanto morfológicas como de comportamiento y modo de vida, se pudo comprobar en la práctica que existen grandes diferencias en las tasas de alimentación durante el desarrollo larval entre el camarón Asiático y *Cryphiops caementarius*.

Al comenzar a trabajar por primera vez con altas densidades de larvas en el hatchery de la estación I se volvió realmente importante entregar diariamente la dosis adecuada de pienso preparado (flán) para no provocar problemas en la contaminación del agua.

Erróneamente, se comenzó entregando las mismas dosis empleadas para *M. rosenbergii*, obteniéndose muy malos resultados. A pesar de la buena aceptación y el consumo inmediato del alimento en los primeros estadios, la cantidad entregada resultó ser excesiva cuando las larvas aumentaron de tamaño. Quedó en evidencia

que el camarón de río posee un metabolismo más lento y que por lo tanto las tasas de alimentación y de crecimiento son mucho menores en comparación con las especies tropicales pertenecientes a la misma familia (Palaemonidae).

#### 4.2.3. Conservación de la calidad del agua durante el cultivo larval

##### 4.2.3.1. Control de la temperatura de los estanques de cultivo larval, verano 1997

A principio de esta investigación existían muy pocos antecedentes que permitieran determinar el rango óptimo de temperatura para el desarrollo larval. Tomando en cuenta los trabajos de Moncayo *et al.* (1985) y Rivera y Meruane (1989) y considerando que *Cryphiops caementarius* es una especie de características subtropicales, se estimaba intuitivamente que el rango óptimo de temperatura fluctuaba entre 23.0 °C y 27.0°C.

En el año 1997 al inicio de la investigación, el hatchery del camarón de río se realizó dentro de un invernadero, sin efectuar el calentamiento artificial del agua y sin emplear sistemas de aislamiento térmico en los estanques de cultivo larval. Debido a lo anterior, en verano se realizaban diariamente cambios parciales del agua de los estanques por la tarde para evitar el incremento de la temperatura por sobre los 27.0°C. Durante la noche, el invernadero permanecía cerrado para conservar el calor acumulado. Sin embargo a partir del 15 de Marzo de 1997, tanto la temperatura diurna como nocturna descendió considerablemente alcanzando en Junio valores mínimos de 12.0°C. Debido a este factor, el metabolismo de las larvas disminuyó paulatinamente hasta provocar, a partir de principios de Abril, la detención total del crecimiento. La última metamorfosis se detectó el 10 de Abril de 1997.

##### 4.2.3.2. Control de la temperatura de los estanques de cultivo larval, años 1998 y 1999

Como lo hemos indicado con anterioridad, la temperatura es un factor determinante en el cultivo de larvas, post-larvas y juveniles de *Cryphiops caementarius*. Sin embargo, dentro de las modificaciones efectuadas en la Estación I, para mejorar el control y el aumento de la temperatura, se privilegió al cultivo de larvas por tratarse de un sistema mucho más sensible que requería de cuidados especiales. Para calentar el agua de las post-larvas y juveniles durante el período invernal se habría requerido una inversión mucho mayor y como en la etapa de desarrollo mencionada anteriormente los camarones son resistentes a temperaturas relativamente bajas no se consideró tan importante tratar de inducir un mayor crecimiento a través de un aumento de la temperatura.

La incorporación de una caldera a gas en Enero de 1998 para aumentar la temperatura del agua en el cultivo fue efectiva pero a pesar de ello persistieron algunos problemas en el método empleado:

El recambio parcial del agua de los estanques de cultivo de larvas se realizó diariamente por la tarde, cuando la temperatura del agua alcanzaba, por lo general, el valor más elevado del día. Sin embargo, a pesar de los sistemas de aislamiento térmico en los estanques y debido principalmente a las importantes bajas nocturnas de la temperatura durante los meses de Abril a Junio, la temperatura del agua descendía entre 2 a 3.3 °C con respecto al valor registrado del día anterior al término del recambio parcial. Para compensar esta pérdida de calor fue necesario aumentar el recambio parcial de 50 a un 60%, agregando agua a una temperatura más elevada de hasta 4,0 °C superior a la existente en el estanque.

Este método permitió mantener la temperatura a un nivel correcto pero provocó estrés en la población y, en algunos casos desmesurados es probable que causara hasta cierto punto un "shock térmico" en la población larval. Por este motivo cuando la temperatura descendía demasiado no era posible volver a alcanzar el valor máximo registrado en el día anterior.

Se estima que el empleo diario de esta técnica provocó una reducción en la velocidad de crecimiento y en muchos de los casos retardó aparentemente la metamorfosis en la etapa final del cultivo larval. A su vez pudo

haber sido causante de una baja en las defensas del sistema inmunológico de los individuos, situación que tiende a provocar un aumento en la incidencia de enfermedades y mortalidad en la población.

Para solucionar este problema existían sólo 2 posibilidades. La primera consistía en mantener los estanques dentro de una habitación aislada térmicamente del exterior cuyo ambiente interior fuera mantenido a unos 27,0 o 28,0 °C para disminuir la pérdida de calor del agua de los estanques. La segunda alternativa era emplear calefactores eléctrico sumergibles para acuarios de gran tamaño que permitieran mantener la temperatura estable gracias al uso de un termostato. Sin embargo, no fue posible aplicar ninguna de estas dos alternativas, debido en el primer caso a la falta de presupuesto y en el segundo a la insuficiencia de energía eléctrica (el aerogenerador y el equipo electrógeno apenas lograban abastecer de energía a los equipos y sistemas existentes en el plantel).

#### **4.3.2.3. Higiene en el cultivo larval, año 1997**

En la temporada de cultivo de 1997 se intentó mantener el cultivo bajo buenas condiciones higiénicas, efectuando limpiezas periódicas de los estanques, pero fue imposible controlar ciertos factores importantes. Debido a la ausencia de un refrigerador en la Estación I, no fue posible conservar fresco por más de un día y medio el alimento empleado para la nutrición de las larvas. En muchos casos, la calidad del alimento fue deficiente, aportando microorganismos patógenos en los estanques de cultivo larval, influyendo de esta manera en la calidad del agua y en la sobrevivencia de la población.

#### **4.3.2.4. Mantención de la calidad del agua en el cultivo larval, años 1997 y 1998**

La calidad del agua en el cultivo larval dependió de factores tales como la temperatura, el pH, el oxígeno disuelto, la presencia de amonio, nitritos y fosfatos, la materia orgánica en suspensión, la cantidad de sedimentos orgánicos depositados en el fondo y la presencia de agentes patógenos (hongos, bacterias y ciliados).

Durante las experiencias realizadas en 1997 y 1998 se sobre estimó la dosificación diaria de alimento, lo cual provocó, en aquellos estanques que presentaban altas densidades de cultivo, un aumento considerable de la materia orgánica en suspensión, enturbiando el agua. A su vez se detectó la aparición diaria de abundante sedimento orgánico compuesto principalmente por alimento sobrante y heces. En algunas ocasiones la materia orgánica en suspensión y presente en los sedimentos consumió por oxidación gran parte del oxígeno disuelto en el agua y se convirtió un foco infeccioso al promover la proliferación de bacterias, hongos y ciliados patógenos.

Al inconveniente de dosificación del alimento se sumó el factor humano, es decir al mal manejo e irresponsabilidad del técnico a cargo durante los cortos períodos de ausencia del Jefe de Proyecto:

Durante varios días consecutivos el trabajo de limpieza no se efectuó a pesar de que era absolutamente necesario. En una ocasión particular la materia orgánica en descomposición permitió la proliferación de diversos agentes patógenos que provocaron la muerte del 85% de la población existente en los estanques afectados, en un lapso de sólo 5 días.

En el caso del camarón de río del norte, la duración del cultivo fluctúa entre 80 a 150 días. De emplearse antibióticos para controlar la aparición de agentes patógenos aumenta significativamente el riesgo de que estos últimos se vuelvan resistentes a los productos empleados y a su vez el método es costoso debido a que sería necesario aplicar una dosis diaria y creciente durante un largo período de tiempo.

#### **4.3.2.5. Mantención de la calidad del agua en el cultivo larval, año 1999**

Desde el punto de vista de manejo del cultivo larval, en la temporada 1999 se pudo mantener la calidad del agua en condiciones relativamente buenas. El único factor de consideración que pudo incidir en el bajo

porcentaje de metamorfosis obtenido se relacionó probablemente con la aparición de enfermedades en el hatchery. Si bien las enfermedades detectadas no provocaron mortalidades importantes en la población durante los primeros 100 días de cultivo, retardaron considerablemente el crecimiento de las larvas e impidieron que se produjera el normal proceso de metamorfosis. Al parecer, la metodología empleada para garantizar un cultivo totalmente aséptico o libre de agentes patógenos no fue efectiva. Dada las condiciones de trabajo, la salud de la población fue un aspecto difícil de controlar y garantizar. En la práctica habría resultado mejor desechar un cultivo enfermo para comenzar inmediatamente con otro, en vez de tratar de combatir las enfermedades emergentes durante el desarrollo de las larvas.

#### 4.3.2.6 Problemas de calidad del agua durante los desoves ocurridos en el mes de Octubre de 1998

En el mes Octubre de 1998, se procedió a extraer del estanque de reproductores, aquellas hembras ovígeras con huevos en la última fase de desarrollo. En una primera etapa, se obtuvo un total de 35 ejemplares con huevos en estadio IV y 41 individuos en estadio III. Las hembras fueron introducidas en 2 estanques de desove de 500 litros, con una densidad promedio de 38 ejemplares por estanque. Luego se procedió a elevar la temperatura del agua a unos 26,0 °C efectuando diariamente recambios parciales del 60% del agua con el propósito de acelerar el proceso de desarrollo de las ovas y obtener una pronta eclosión de los huevos. Sin embargo, al tercer día de introducir las hembras en los estanques de desove, todos los ejemplares perdieron espontáneamente el 100% de los huevos, sin que estos eclosionaran.

Experiencias anteriores habían demostrado que durante todo el proceso de desarrollo del embrión, los huevos se mantienen constantemente ligados entre ellos y adheridos al abdomen gracias a la existencia de una sustancia mucilaginosa descrita anteriormente por autores tales como Bahamonde y Vila (1971). En forma adicional, durante el proyecto se había observado la eclosión total de los huevos sin que estos se desprendieran del abdomen de las hembras. Durante el desove, las hembras agitaban rápidamente los pleópodos, produciendo la eclosión de los huevos y la liberación de las larvas, mientras que los envoltorios permanecían siempre adheridos al abdomen.

Sin embargo en esta ocasión, la sustancia mucilaginosa se descompuso rápidamente, produciendo que las ovas se desgranaran y los huevos fueran liberados junto con los embriones en su interior antes de que estos últimos completaran su desarrollo. Aparentemente la densidad de ejemplares empleada previo al desove fue demasiado alta, provocando la disminución de la calidad del agua por la elevada producción de excretas y amonio de la población. Esta situación, de algún modo, produjo la descomposición bacteriana de los filamentos mucilaginosos, causando el resultado anteriormente mencionado.

#### 4.2.4. Medición de parámetros biológicos

##### 4.2.4.1 Problemas en la medición de densidades de larvas al inicio del proyecto

Al inicio del proyecto, en el año 1996, una de las mediciones que resultó ser más compleja en los sistemas de cultivo larval fue determinar acertadamente la evolución de la densidad o número de larvas por litro. Para conocer las densidades aproximadas de larvas de *Cryphiops caementarius* por estanque, se aplicó un sistema de medición semejante al descrito por New y Singholka (1984) en el manual de *Macrobrachium rosenbergii*, el cual es generalmente empleado en la medición de densidades de *Artemia salina*. Este método consistió en sumergir rápidamente un recipiente acrílico vacío de 100 ml para la captura de las larvas. Una de las ventajas de este método fue la enumeración ágil y rápida de larvas de *Cryphiops caementarius*. Sin embargo, el recipiente tenía una abertura de boca estrecha por lo cual se tendía a subestimar el número aproximado de larvas, en especial a medida que incrementaba el tamaño y movilidad de los ejemplares.

#### 4.2.4.2. Clasificación de las post-larvas, juveniles y adultos

Fue difícil desarrollar un criterio estricto de talla o peso para diferenciar las post-larvas, los juveniles y los adultos. No hubo la menor duda que las post-larvas se obtenían inmediatamente después del proceso de metamorfosis, produciéndose ejemplares adaptados a vivir en agua dulce, los cuales nadaban activamente hacia adelante y con la parte ventral mirando hacia abajo. Sin embargo, fue complicado determinar cuando pasaban a ser denominado juveniles. El criterio de tamaño o peso resultó no ser el más adecuado ya que se llegó a tener ejemplares de más de 9 meses de edad que aún eran clasificados como post-larvas, lo cual no tuvo ningún sentido práctico. Algo similar ocurrió cuando se trató de diferenciar a los juveniles de los adultos, aunque en este último caso el criterio que predominó fue el proceso de diferenciación sexual más que la talla y el peso. A pesar de ello, en la práctica no es conveniente introducir en un mismo estanque a todos los ejemplares adultos por sólo el hecho de estar aptos para reproducirse ya que obtendríamos individuos con tallas y pesos muy heterogéneos, lo cual incentivaría el canibalismo, en especial si se intenta trabajar con altas densidades de cultivo. Por los motivos anteriormente señalados, se entregó una nueva clasificación que intentó conciliar los diferentes aspectos teóricos con los prácticos con el fin de mejorar el manejo de esta especie en un cultivo intensivo.

### 4.3. Adaptaciones o modificaciones introducidas

#### 4.3.1. Sistemas para elevar la temperatura del cultivo larval

Para elevar la temperatura del cultivo larval y disminuir la pérdida de calor durante la noche y los días fríos se realizó una importante modificación de la infraestructura en Diciembre del año 1997:

Los estanques de fibra de vidrio fueron recubiertos por una capa de 4 cm de poliuretano termo aislante para reducir la pérdida de calor hacia el exterior. A su vez cada estanque fue protegido con un cobertor de PVC de color amarillo para dejar pasar una cantidad suficiente de luminosidad y reducir la pérdida de calor a través de la superficie del agua.

Con el propósito de elevar artificial y diariamente la temperatura del cultivo larval durante los recambios parciales del agua de los estanques se instaló una caldera a gas especialmente concebida para el proyecto. La caldera, de una potencia regulable entre 20.000 y 80.000 calorías/hora permitió calentar periódicamente el agua gracias a la existencia de una placa intercambiadora de calor de acero inoxidable. Este sistema permitió calentar el agua de mezcla (salobre) a una temperatura variable entre 27,0 y 30,0 °C sin que esta tuviera que pasar por cañerías de cobre y sin que tuviese que circular directamente a través de las llamas, evitando de este modo la contaminación con metales pesados.

#### 4.3.2. Nuevas dietas y dosificación del alimento

Luego de viajar a Malasia, el Jefe de Proyecto modificó la fórmula del alimento entregado a las larvas con el propósito de otorgarles una nutrición mejor balanceada y más fácil de elaborar. La preparación del alimento (flan o piensos preparados) se efectuó periódicamente de acuerdo a las proporciones e ingredientes mencionados a continuación:

| Ingredientes                      | Proporción |
|-----------------------------------|------------|
| Clara de huevo (10 g c/u)         | 2 unidades |
| Colas camarón congeladas          | 20 g       |
| Calamar o pulpo congelado         | 20 g       |
| Leche en polvo descremada         | 20 g       |
| Vitaminas (50%) y minerales (50%) | 1 g        |
| Total (gramos aproximados)        | 81 g       |

Posteriormente la mezcla era licuada totalmente y calentada a baño maría para luego ser pasada por cedazo.

Los problemas evidentes con las dosis excesivas de alimento nos llevó a disminuir paulatinamente la cantidad diaria de piensos preparados. La nueva metodología permitió dosificar más eficientemente el alimento en función directa con el estadio de desarrollo promedio de la población y la densidades de larvas existentes en los estanques, observándose una mejora substancial en la calidad del agua y en la menor aparición de desechos orgánicos depositados en el fondo o en suspensión. Sin embargo no fue posible conocer con exactitud la dosificación de alimento para los estadios de desarrollo más avanzados, entre las Zoea 11 y Zoea 12.

La disminución significativa de la población a medida que el cultivo avanzaba nos impidieron conocer realmente esta variable. Al tener bajas densidades de cultivo al término de este se trabajó con un mayor margen de error sin causar problemas. Una dosis demasiado alta en relación con la densidad de larvas tiene menos posibilidades de contaminar el agua cuando la densidad de ejemplares es baja ya que la cantidad de materia orgánica contaminante resulta pequeña en relación con el volumen total del estanque. En el caso de altas densidades de cultivo, una pequeña sobredosis de alimento habría significado un gran aporte de materia orgánica en relación con el volumen del estanque. Este exceso de alimento tiende a descomponerse rápidamente y a provocar un foco infeccioso. Por esta razón la mejor manera de conocer la dosificación apropiada es trabajando con densidades elevadas ya que obliga al operador a entregar la dosis adecuada que no contamine el agua y que a su vez alimente bien a las larvas.

De acuerdo a las pruebas realizadas al cabo de 3 años de investigación, las dosis de alimento que entregaron mejores resultados fueron las siguientes:

| Índice             |              | Número de Artemias/larva | Veces diarias entrega Artemia | g alimento prepar / 10.000 larvas/día | Numero de raciones Alimento/día |
|--------------------|--------------|--------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| Estadio larval min | máx          |                          |                               |                                       |                                 |
| 1,0                | 1,4          | 8                        | 1                             | 0,0                                   | 0                               |
| 1,5                | 2,4          | 10                       | 3                             | 0,0                                   | 0                               |
| 2,5                | 3,4          | 12                       | 3                             | 0,0                                   | 0                               |
| 3,5                | 4,4          | 16                       | 3                             | 0,5                                   | 1                               |
| 4,5                | 5,4          | 22                       | 2                             | 1,4                                   | 2                               |
| 5,5                | 6,4          | 28                       | 2                             | 2,0                                   | 2                               |
| 6,5                | 7,4          | 32                       | 1                             | 2,7                                   | 3                               |
| 7,5                | 8,4          | 36                       | 1                             | 3,8                                   | 3                               |
| 8,5                | 9,4          | 38                       | 1                             | 5,4                                   | 3                               |
| 9,5                | 10,4         | 40                       | 1                             | 7,5                                   | 3                               |
| 10,5               | 11,4         | 42                       | 1                             | 10,5                                  | 4                               |
| 11,5               | 12,0 (día 1) | 44                       | 1                             | 14,8                                  | 4                               |

| Zoea 12 Día | Número de Artemias/larva | Veces diarias entrega Artemia | g alimento prepar / 10.000 larvas/día | Número de raciones Alimento/día |
|-------------|--------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| 2 - 5       | 20                       | 1                             | 18,4                                  | 4                               |
| 6 - 15      | 20                       | 1                             | 23,1                                  | 4                               |
| 16 - 50     | 0                        | 0                             | 28,8                                  | 4                               |

En el caso del estadio Zoea 12 se descubrió que era necesario aumentar paulatinamente la dosis de alimento a medida que transcurrían los días debido a que el último estadio es el más prolongado y las larvas mudan repetidas veces aumentando de tamaño y biomasa antes de transformarse en juveniles. En un inicio las

larvas Zoea 12 miden alrededor de 7 a 8 mm y se transforman en juveniles después de alcanzar una longitud total promedio variable entre 11 y 14 mm.

### **4.3.3. Nueva metodología de manejo**

#### **4.3.3.1. Medidas para el control de la temperatura, verano de 1997**

La primera medida adoptada para incrementar la temperatura entre los meses de Marzo y Abril fue tapar los estanques con plástico para producir un doble efecto invernadero. También se mantuvo el invernadero cerrado durante todo el día y toda la noche para incrementar al máximo la temperatura del aire y traspasar de esa manera el calor al agua de los estanques. Durante el período final del cultivo larval, entre los meses de Mayo y Junio, se optó por disminuir los recambios parciales a un 30,0 % cada 3 a 4 días, aprovechando que la densidad de larvas restante en los estanques era reducida. Sin embargo, las medidas tomadas fueron insuficientes, por lo que fue necesario efectuar modificaciones mucho más radicales para lograr el efecto buscado.

#### **4.3.3.2. Medidas para mejorar la higiene, año 1997**

Tapar los estanques con cubiertas plásticas fue una buena medida para evitar la caída de elementos contaminantes dentro de los estanques de cultivo larval y los estanques de mezcla. Entre los elementos contaminantes que se evitaron se incluyen el polvo, insectos acuáticos, arena y elementos orgánicos o patógenos. Otra medida consistió en lavar y esterilizar antes y después de cada uso los utensilios empleados para preparar el alimento y manipular las larvas. La conservación del alimento fresco siguió siendo un problema parcialmente resuelto. Para conservarlo en buen estado se optó por preparar el alimento poco antes de ser suministrado a las larvas. El alimento restante era introducido sistemáticamente dentro de una hielera la cual era tapada y mantenida en un lugar sombreado y fresco por períodos que no superaban 24 horas. Esta última medida fue posteriormente reforzada con la compra de un refrigerador a gas.

#### **4.3.3.3. Medidas para mejorar la higiene de los alimentos, Diciembre de 1997**

La compra de un refrigerador a gas de 60 litros de capacidad permitió la adecuada conservación del alimento fresco que se entregaba diariamente a las larvas. Este hecho mejoró significativamente la calidad e higiene de la alimentación en el hatchery.

#### **4.3.3.4. Medidas para mejorar la calidad del agua del cultivo larval, año 1998**

Debido al prolongado período de cultivo larval fue difícil mantener permanentemente la calidad del agua en óptimas condiciones y a la vez asegurarse de que los operarios efectuaran correcta y diariamente su trabajo de limpieza. Por este motivo se tomó la decisión de emplear un filtro biológico de prueba asociado a un mecanismo de recirculación del agua, el cual permitió la captura de las pequeñas partículas de materia orgánica en suspensión en el estanque de cultivo L1. Este sistema resultó ser muy efectivo con las larvas en su última fase de desarrollo (estadio Zoea 12) ya que su mayor tamaño y agilidad impidió que fueran aspiradas por el sistema de bombeo.

La ventaja de este mecanismo fue que consumía sólo 7 Watts de energía eléctrica y permitía el flujo total del agua a través de un filtro biológico, recirculando unas 4 a 8 veces al día por el sistema para un volumen total de 1.700 litros y 13,6 a 25 veces para un volumen de 500 litros. El sistema constituido por 3 filtros en serie (grava, resina y fibra) permitió, gracias a la presencia de bacterias aeróbicas, degradar y eliminar los desechos orgánicos disueltos o metabolitos tóxicos, además aclara el agua y elimina malos olores sin extraer los oligoelementos del agua.

#### 4.3.3.5. Instalación de nuevos sistema de filtración y recirculación del agua en el cultivo larval, año 1999

El éxito demostrado en la temporada anterior por el sistema experimental de recirculación y filtración biológica motivó la compra de 4 sistemas adicionales de características similares.

Cada sistema, tuvo la ventaja de ser pequeño y fácil de trasladar. Los filtros biológicos asociados a sus respectivos mecanismos de recirculación del agua permitieron la captura de pequeñas partículas en suspensión sin succionar las larvas en el estadio Zoea 11. Los nuevos sistemas tuvieron un consumo de 9 Watts cada uno y permitieron la recirculación total del agua a través del filtro biológico un número equivalente a 24 veces diarias para un volumen de 500 litros.

La distribución de los 5 sistemas de filtros biológicos se realizó de acuerdo al volumen de cada estanque y a las densidades existentes al 45° día de cultivo. Debido a sus mayores dimensiones (1.700 l) el estanque L6 fue equipado con 2 sistemas. Los estanques L1, L3 y L4 fueron provistos de 1 equipo cada uno por presentar mayores densidades de cultivo. Sólo los estanques L2, L5 y L7 se quedaron sin sistema de recirculación y filtración biológica por tener densidades más bajas y por no presentar mayores problemas con la calidad del agua.

#### 4.3.3.6. Medidas para mejorar el desove de las hembras en el hatchery, año 1998

Para remediar el problema relacionado con el desove de las hembras que perdían sus ovas antes de que los embriones terminaran su desarrollo, se decidió comprar un total de 130 hembras adicionales sin huevos, todas ellas provenientes del río Choapa, las cuales se agregaron a las existentes en los estanques de reproductores. De esta manera se procedió a asegurar el apareamiento y la ovulación de un adecuado número de ejemplares a fin de consolidar el proceso de desove masivo.

Después de un periodo de 3 semanas, a principio de Noviembre de 1998 se contó con un total de 85 hembras que simultáneamente tenían sus ovas en el IV estadio de desarrollo. En este segundo intento se puso énfasis en mantener la calidad del agua en óptimas condiciones. Para ello se disminuyó la densidad a 21 individuos por cada estanque de 500 litros, realizando diariamente recambios parciales de hasta el 85% y poniendo énfasis en la limpieza de las fecas, lo cual permitió a su vez asegurar mejores condiciones sanitarias que exitosamente la pérdida masiva de las ovas.

#### 4.3.3.7. Nuevo sistema de cultivo para la *Artemia*, año 1998

Con el propósito de mejorar el cultivo de *Artemia*, crustáceo que es empleado como alimento vivo en el cultivo larval, se realizó una ampliación del invernadero, agregando una estructura de 8,0 m<sup>2</sup>. La estructura adicional fue concebida para funcionar en forma independiente, con su propia puerta de acceso y ventanas. Además, se fabricaron 3 estanques de vidrio en forma de pirámide invertida con una capacidad de 20 litros cada uno para la eclosión de los huevos de *Artemia*. A cada estanque se le instaló su propio sistema de aireación, el cual suministró el aire a través de dos bombas de acuario de 5 Watts. De igual modo el agua de cada estanque fue calentada a 28,0 °C empleando calefactores de acuario de 75 Watts cada uno, los cuales llevaban incorporado un termostato individual regulable en forma manual.

Estas modificaciones, permitieron disminuir el tiempo de trabajo dedicado al cultivo de *Artemia*, lo cual otorgó a su vez más tiempo para realizar cultivo de larvas de *Cryphiops caementarius* y solucionar en forma más ágil y eficiente las dificultades encontradas durante la investigación.

#### 4.3.4. Nueva metodología de medición de parámetros biológicos

##### 4.3.4.1. Medición de densidades larvales

Debido al inconveniente causado por el método de medición de la densidad de larvas en los estanques de cultivo, se decidió aplicar un nuevo método de medición. En este caso se empleó como instrumento de medición un recipiente plástico transparente de 1 litro de capacidad y con una abertura de boca amplia. El método consistió en sumergir cuatro veces el recipiente, para luego promediar los valores obtenidos de acuerdo a la siguiente descripción:

- En las primeras pruebas los muestreos se realizaron en los cuatro puntos cardinales de cada uno de los estanques y a una profundidad media.
- En la etapa final del cultivo se optó por realizar los muestreos en cuatro puntos tomados al azar y sumergiendo el recipiente hasta el fondo de cada estanque previa agitación del agua para homogeneizar la distribución de la población.

De los dos métodos, el segundo fue el más regular y efectivo en la enumeración larval, ya que el primero entregaba valores demasiado dispares entre cada medición. Este fenómeno se debió probablemente a la conducta gregaria y a los rápidos desplazamientos verticales que efectuaban las larvas entre cada medición. Gracias a esta pequeña modificación fue posible determinar en forma más precisa la evolución de la supervivencia a lo largo del desarrollo larval de *Cryphiops caementarius*.

Sin embargo, es importante destacar que la técnica empleada para la medición de densidades de larvas siguió teniendo un bajo nivel de precisión ya que el margen de error varió entre un 10 y un 80% para cada medición. La tecnología empleada no permitió aplicar otro método mejor y a pesar de que la lógica nos indica que la población tiende a disminuir en el transcurso del tiempo debido a la mortalidad de algunos individuos, empíricamente se detectó un aumento aparente de la población por cortos períodos. Por la razón anteriormente expuesta, los valores de densidades promedios fueron graficados tal como fueron obtenidos en la práctica, sin embargo para su análisis es necesario hacer abstracción de las incongruencias anteriormente señaladas de manera a lograr una correcta interpretación de los resultados. Con el propósito de facilitar el trabajo intelectual se optó por presentar una curva estimativa de las densidades de larvas, en función de los valores reales, tomando en cuenta dicho margen de error y considerando las apreciaciones visuales pero subjetivas que fueron anotadas por el operador durante el transcurso del cultivo (ver Gráficos 6, 7, 8, 9 y 10 en el anexo)

##### 4.3.4.2. Modificación de la clasificación de las post-larvas, juveniles y adultos, año 1998

Debido a un aspecto práctico en el año 1998 se decidió modificar los criterios de clasificación de las post-larvas, de los juveniles y adultos.

Cuando hablamos de post-larva queda implícito que se trata del individuo resultante del proceso de metamorfosis de una larva de camarón, la cual pasa de ser un individuo planctónico a uno bentónico. Las post-larvas nadan activamente hacia adelante con la parte ventral hacia abajo y están perfectamente adaptadas al agua dulce. Su talla inicial varía entre 13,0 y 15,0 mm de longitud total, mientras que el peso inicial fluctúa entre 20,0 y 27,0 mg. Después de un período de adaptación prudente de unos 50 a 55 días en agua dulce ya es posible denominar a los ejemplares como "Juveniles-1" (Villalón, 1991; New y Singholka, 1984). En ese momento los individuos ya pesan entre 90,0 y 200,0 mg y tienen una longitud total que fluctúa entre 19,0 y 24,0 mm. Este período se prolonga hasta que alcanzan un peso cercano a 0,8 g y una longitud total cercana a 34,0 mm, tamaño en el cual algunos camarones prematuros comienzan a diferenciarse sexualmente.

El momento de diferenciación sexual del camarón de río es muy variable y depende tanto de las características genéticas de cada individuo como de los factores medio-ambientales que intervienen en la expresión de dichos genes. De acuerdo a nuestras observaciones, por lo general casi la totalidad de los individuos lograron diferenciarse sexualmente una vez alcanzada una talla de 50,0 mm de longitud total y un peso aproximado de 2,8 g. Por esta razón se decidió clasificar a este grupo como "Juveniles-2" puesto que delimita claramente el período de transición entre los juveniles y los adultos.

De este modo, todos los ejemplares que alcanzan un tamaño mayor corresponden a camarones adultos, los cuales fueron denominados "Adultos-1" hasta una talla máxima de 70,0 mm y un peso máximo aproximado de 7,8 g. Estos últimos individuos están aptos para aparearse, pero debido a su pequeña talla es preferible no juntarlos con adultos de mayor tamaño para evitar problemas de canibalismo.

Finalmente nos queda el último grupo que fue denominado "Adultos-2", los cuales se caracterizan por tener una talla superior a 70,0 mm de longitud total y un peso superior a 7,8 g. Estos camarones se encuentran en la última fase de crecimiento antes de alcanzar la talla comercial, la cual correspondería a un peso variable entre 20,0 y 55,0 g para las hembras y 35,0 a 80,0 g para los machos en el caso de un plantel de engorda.

#### 4.3.5. Modificaciones del sistema eléctrico, Octubre de 1998

Para acabar definitivamente con los problemas de abastecimiento de energía eléctrica en la Estación I, en el mes de Octubre de 1998 se procedió a mejorar el sistema de disipación existente. El sistema inicial no lograba dispersar eficazmente el excedente de energía producido por el generador eólico (aerogenerador) durante los períodos de fuertes vientos. Como consecuencia de ello, en varias ocasiones se produjo la sobrecarga de los circuitos eléctricos causando el desperfecto del inversor y regulador de voltaje. Este último fue el equipo encargado de transformar la corriente continua de 48 Volts proveniente de las baterías a corriente alterna de 220 Volts. Sin este sistema no era posible utilizar los equipos eléctricos necesarios para el cultivo (bombas de agua, ampollas de luz ultravioleta, aireadores, computadora, sistemas de recirculación de agua, etc.)

La modificación consistió en incorporar un contactor de 220 Volts y 25 amperes al relé (interruptor automático de disipación de energía) del inversor, el cual fue instalado en serie a una estufa de cuarzo de 1.500 Watts. De este modo el consumo máximo la Estación I, con todos los equipos eléctricos funcionando al mismo tiempo y el disipador activo, alcanzaba un valor de 3.050 Watts lo cual fue compatible con la potencia máxima generada por el molino de viento que alcanzaba un total de 3.000 Watts, manteniéndose de este modo el equilibrio energético.

El nuevo sistema demostró, ser eficiente y capaz de soportar un amperaje tres veces mayor al sistema anterior evitando los sobrecalentamientos y corto circuitos.

#### 5. Descripción de las actividades y tareas ejecutadas

Durante el transcurso del proyecto se ejecutaron todas las actividades y tareas inicialmente programadas para la etapa de investigación, las cuales se detallan a continuación:

- **Selección y captura de los reproductores provenientes del medio natural:** Captura, con redes manipuladas por buzos, de hembras con huevo provenientes del medio natural para incrementar el número de larvas en los estanques del hatchery. Captura de camarones adultos (machos y hembras sin huevos) que se seleccionaron por sus características morfológicas para realizar las primeras experiencias de crianza y de reproducción tradicional en el proyecto.

- **Crianza en estanque de camarones adultos provenientes del medio natural:** Alimentación diaria, observación del comportamiento de la población, detección de anomalías o patologías, mediciones biométricas

de la población para determinar periódicamente el crecimiento y conteo de los individuos para conocer la mortalidad.

- **Reproducción tradicional:** Captura de hembras provenientes del medio natural (río Choapa). Aclimatación, apareamiento y ovulación de las hembras en los estanques de reproductores. Maduración de los huevos fértiles, selección de las hembras con ovas en estadio IV y desove masivo de los ejemplares en los estanques de cultivo larval de manera a obtener dentro de lo posible una densidad inicial cercana a 100 larvas /litro.

- **Larvicultura (Hatchery):** Alimentación diaria de las larvas (preparación de nuevas dietas y eclosión de *Artemia*), medición periódica de los parámetros físico-químicos de los estanques (temperatura, pH, O<sub>2</sub> disuelto, color del agua, amonio disuelto), medición periódica de los parámetros biológicos (densidades, estadios larvales, comportamiento), detección de patologías, elaboración y aplicación de nuevos métodos de recambio parcial y diario de los estanques de cultivo, maniobra periódica para obtener agua de mar (sistema portátil de succión), manejo del invernadero para controlar la temperatura y limpieza periódica de los estanques.

- **Almacenamiento y precría de las post-larvas nacidas en la Estación I:** Alimentación diaria, detección de anomalías o patologías, control y medición de la temperatura, mediciones biométricas de los individuos, observación del comportamiento de la población y selección por talla de los ejemplares.

- **Crianza en estanque de juveniles y adultos nacidos en la Estación I:** Alimentación diaria, detección de anomalías o patologías, conteo del número de camarones, mediciones biométricas de los individuos, observación del comportamiento de la población y selección por talla de los ejemplares aptos para la reproducción.

- **Crianza en estanque de reproductores nacidos en la Estación I:** Alimentación diaria, detección de anomalías o patología y observación del comportamiento de la población, detección de hembras ovígeras y selección de los ejemplares de acuerdo al estado de maduración de las ovas. Mediciones biométricas de los camarones y conteo de la población.

- **Reproducción de ejemplares fenotípicamente seleccionados y nacidos en la Estación I para realizar un mejoramiento genético:** Entrega de las condiciones para realizar cruza dirigidas de ejemplares fenotípicamente seleccionados por su mayor velocidad de crecimiento y mejor estado de salud. Apareamiento y ovulación de las hembras seleccionadas en los estanques de reproductores. Captura de las hembras con ovas en estadio IV y desove masivo de los ejemplares en los estanques de cultivo larval. Inicio del hatchery con el propósito de iniciar el mejoramiento genético.

- **Experimentos de reproducción por inducción del desarrollo gonadal:** Selección de hembras y machos provenientes del estanque de reproductores. Intento de inducción del desarrollo gonadal, la copulación y el desove masivo de *Cryphiops caementarius* fuera del período reproductivo gracias a la ablación unilateral del lóbulo ocular y al mantenimiento del agua a una temperatura similar a la existente en la época estival. Entrega de un ambiente apropiado para el apareamiento de los ejemplares durante un lapso de tiempo superior a 1 mes.

- **Re poblamiento:** Captura, transporte y liberación en el medio natural de juveniles y adultos nacidos y criados en la Estación I con el propósito de repoblar el río Choapa para restablecer las poblaciones que han sido diezmadas por la pesca incontrolada a que han sido sometidas. Cada repoblamiento se realizó con la debida autorización de la Subsecretaría de Pesca y en presencia de las autoridades competentes tales como Sernapesca y el FIA.

- **Investigación:** Elaboración de nuevas técnicas y diseño de nuevos sistemas experimentales de cultivo larval y post-larval. Prueba experimental con sistemas de recirculación del agua asociado a un filtro biológico de

puración. Búsqueda para el tratamiento de patologías. Tratamiento de la información adquirida en el hatchery la engorda.

- **Mantenimiento de la Estación I:** Limpiar estanques de cultivo y de acumulación, ordenar laboratorio, habitaciones, bodega e instalaciones, pintar rejas y equipos metálicos, mantenimiento de los instrumentos de medición, equipos eléctricos, motobombas y reparación de las instalaciones o equipos con problemas. Compra periódica de material de trabajo.

## 2. Problemas enfrentados durante el proyecto

### 2.1. Técnicos

#### 2.1.1. Problemas técnicos, año 1997

Varios fueron los problemas técnicos derivados de las fuertes tormentas que azotaron al país a fines de Mayo y a mediados de Junio de 1997 durante el fenómeno el niño. El más grave fue provocado por vientos huracanados de más de 120 Km/h que destruyeron por completo el aerogenerador encargado de suministrar la energía eléctrica requerida para el funcionamiento de las instalaciones de la Estación I. Debido a lo anterior, fue necesario comprar con urgencia otro generador eólico a un precio de \$2.606.620 (IVA incluido). Su instalación se realizó a fines de Septiembre de 1997 a un costo de \$405.920 (IVA incluido) lo que permitió iniciar a tiempo el cultivo larval de la temporada 1998.

En forma paralela, las intensas lluvias producidas en la región, sumadas a fuertes marejadas, provocaron un alza considerable del nivel de agua de la napa freática situada bajo los terrenos de la Estación I. Este fenómeno provocó dos grandes problemas:

- a - La inundación del sector donde están situados los pozos que abastecen de agua dulce al plantel.
- b - La destrucción y pérdida de la tubería de PVC ubicada en la bocatoma de agua de mar.

Para resolver el problema de los pozos se colocó una estructura adicional en la parte superior y se relleno el terreno con bolones, grava y arena para desaguar por completo el sector. Por otro lado, la tubería de PVC destruida fue reinstalada y acondicionada para su uso inmediato.

Por otro lado, las tormentas de lluvia dejaron el camino de acceso de más de 7 Km de longitud en muy mal estado, produciendo un aislamiento casi total pero temporal de los técnicos que trabajan en el cultivo. Otra de las consecuencias del mal estado del camino fue el importante deterioro de la camioneta, la cual tuvo serios problemas en los sistemas de amortiguación, frenos y motor de partida, además de una gran cantidad de desperfectos menores. Para su reparación la camioneta debió ser trasladada a Santiago donde gran parte de las piezas en mal estado fueron reemplazadas. El costo total de esta reparación fue \$829.050, la cual se detalló posteriormente en el Informe Financiero.

Sumado a los problemas anteriores, el equipo inversor y regulador de voltaje comenzó a tener fallas de funcionamiento a fines de Octubre de 1997. Este equipo eléctrico complejo cumplía la doble función de cargar un set de baterías y de captar a su vez la energía almacenada por las baterías para el consumo diario del plantel de cultivo. El inversor transformaba la corriente continua de 48 Voltios en corriente alterna de 220 Voltios siguiendo una curva sinusoidal perfecta y viceversa. Sin el inversor y regulador de voltaje no era posible efectuar el cultivo de larvas debido a que el sistema requería de aireación permanente. En la práctica tampoco era posible reemplazar el sistema por un equipo electrógeno ya que habría tenido que funcionar 24 horas sobre 24 y se habría sobrecalentado demasiado. Además, el equipo electrógeno de la Estación I no tenía la autonomía suficiente como para operar durante toda la noche, esto sin considerar el enorme ruido que habría producido al funcionar, lo cual no habría dejado dormir a los técnicos.

Su reparación tardó bastante tiempo quedando listo para funcionar el 14 de Diciembre de 1997, fecha a partir de la cual se pudo iniciar la etapa de desove y posteriormente el cultivo de larvas.

Otra de las dificultades que se presentaron fue el pequeño número de hembras ovígeras existente en el plantel en el mes de Diciembre de 1998, a principios de la temporada reproductiva. Esta situación no pudo ser remediada con la captura inmediata de hembras ovígeras provenientes de los ríos Choapa ni Limarí debido a la gran cantidad de agua caída. A causa de las fuertes lluvias el agua de los ríos se mantuvo completamente turbia hasta el 15 de Enero de 1998, imposibilitando la captura de camarones debido a la poca visibilidad. A su vez, los pocos planteles de engorda existentes quedaron damnificados producto de las crecidas de los ríos, siendo imposible la compra de reproductores. Posteriormente, la situación se solucionó al aclarar el agua del río Choapa y al capturarse en el medio natural y en los estanques de reproductores de la Estación I un número adecuado de hembras ovígeras. Por este motivo, la mayor parte del cultivo pudo recién iniciarse entre el 19 y el 31 de Enero de 1998, a excepción de los ejemplares criados en el estanque 1.5 que nacieron el 25 de Diciembre de 1997.

### 6.1.2. Problemas técnicos, año 1998

Varios fueron los problemas técnicos ocurridos de forma totalmente imprevista durante el cultivo. La mayoría de ellos estuvo relacionada con fallas en los sistemas de abastecimiento de energía eléctrica. En la Estación I existía el peligro diario y permanente de quedar sin fuente de energía, en especial durante los prolongados períodos sin viento, ya que el aerogenerador era la principal fuente productora de electricidad en el plantel de cultivo.

En una oportunidad sucedió que el viento no sopló durante 4 días y las baterías se descargaron casi por completo después de 48 horas. Por otro lado, los 2 equipos electrógenos de apoyo también fallaron en la misma fecha. A este problema se sumó la aparición de bacterias patógenas en varios estanques de cultivo las cuales enturbiaron el agua. El cuarto día, por falta de energía eléctrica, no se pudo efectuar el recambio de agua de los estanques a pesar de que la situación lo requería con verdadera urgencia. De esta manera y como consecuencia de la suma de todos estos factores, se produjo la muerte de muchas larvas, es decir, disminuyó considerablemente las densidades de cultivo en varios estanques.

En otra ocasión también ocurrió un evento técnico muy desafortunado, relacionado con el manejo de la temperatura del agua. Diminutamente, en el momento del recambio de agua de los estanques de larvas, se introducía agua nueva y limpia, la cual era previamente calentada empleando una caldera especialmente diseñada para esa función. El monitoreo de la temperatura del agua se realizaba a 2 niveles para disminuir el riesgo de error. Por un lado se medía la temperatura en la salida de la caldera y por el otro se medía la temperatura del agua en el momento de ingresar en el estanque. Siempre existía una diferencia variable de 0,5 a 2,5 °C entre ambas mediciones, ya que el agua se calentaba o enfriaba durante el largo recorrido que efectuaba por la tubería. La ganancia o pérdida de calor del agua dependía principalmente de la temperatura ambiente del aire, la presencia de viento y la insolación. Un día nublado, frío y con viento hacía que el agua se enfriara en forma significativa durante el trayecto entre la caldera y el estanque, por lo tanto había que elevar la temperatura del agua a la salida de la caldera para compensar esa pérdida de calor. El 28 de Febrero el termómetro digital falló, marcando en la pantalla una temperatura inferior de 3,0 °C con respecto a la temperatura real del agua que ingresaba en varios estanques de cultivo. Como resultado, se introdujo agua a aproximadamente 31,0 °C en vez de 28,5 °C que era el máximo permitido. Sólo al día siguiente, al observar grandes cantidades de larvas muertas y al confirmar el desajuste del termómetro fue posible percatarse del error cometido.

A las fallas en los sistemas de abastecimiento de energía eléctrica se sumó el trabajo irresponsable e ineficaz del técnico a cargo del cultivo larval durante los cortos períodos de ausencia del Jefe de Proyecto, entre los meses de Marzo y Abril de 1998. Él debía encargarse de verificar diariamente los parámetros del cultivo, la limpieza de los estanques y la adecuada alimentación de las larvas y dirigir a los Ayudantes Técnicos en su

trabajo. Desgraciadamente en varias oportunidades se comportó irresponsablemente y no realizó su trabajo aprovechando la ausencia del Jefe de proyecto durante la entrega de los Informes Técnicos de Avance e Informes de Avance Financiero sin los cuales no recibiría el financiamiento necesario para la ejecución del proyecto. Ello repercutió en la pérdida de gran parte de la población de larvas por falta de limpieza de los estanques, lo cual disminuyó considerablemente la tasa de metamorfosis de la población. En más de una oportunidad el Jefe de Proyecto le llamó la atención y corrigió dentro de lo posible el problema de calidad del agua en los estanques de cultivo. Finalmente fue necesario despedir al Técnico Jefe por no observarse mejoras en su comportamiento irresponsable

## 6.2. Legales

La solicitud para la obtención de una resolución legal que autorizaba el desarrollo de las actividades relacionadas con el cultivo larval en el sector aledaño a la playa "Las Ventanas" fue tramitada por un periodo de 2 años. A fines de Mayo de 1997, se envió a la Subsecretaría de Pesca la última información que completaba la documentación inicialmente proporcionada con el propósito de apresurar la gestión.

En Diciembre de 1997, finalmente se aprobó una resolución legal que autorizaba al Sr. Tomás García-Huidobro a ejecutar todas las actividades relacionadas con el proyecto de investigación sobre el cultivo larval del camarón de río *Cryphiops caementarius* en el sector anteriormente mencionado

Sin embargo, la resolución no autorizó la comercialización de los ejemplares mantenidos o producidos en el centro de cultivo. Para ello había que demostrar la factibilidad real de obtener una producción significativa de post-larvas que justificara la instalación futura de un plantel comercial de cultivo larval. De ese modo la Subsecretaría de Pesca habría otorgado una autorización provisoria que hubiese permitido la venta de "semilla" a las entidades o personas interesadas.

La duración de la autorización fue de sólo 2 años por lo cual será necesario iniciar nuevamente las gestiones pertinentes si se desea realizar una nueva investigación después del término del proyecto.

## 6.3. De gestión

Después de muchas tramitaciones, todos los intentos por desarrollar la segunda fase del proyecto en beneficio de la Comunidad Agrícola de Huentelauquén (C.A.H.) o alguna otra organización campesina terminaron siendo infructuosos. Los resultados positivos pero tardíos del proyecto crearon cierta inseguridad con respecto al futuro abastecimiento de post-larvas del centro de crianza y engorda del camarón de río. A esto se agregó el hecho de que la C.A.H no contaba con los estatutos necesarios para hacerse responsable de la etapa comercial del proyecto. Además, la totalidad de los 22 millones de pesos que estaban disponibles para el desarrollo del proyecto terminaron siendo repartidos entre los comuneros de la C.A.H. Por otro lado, las organizaciones campesinas del sector que estaban interesadas por desarrollar la segunda fase del proyecto no contaban ni con el terreno adecuado ni con el dinero exigido por el FIA.

Por los motivos anteriormente señalados, en la reunión efectuada el 2 de Septiembre de 1997 en presencia de la Sra. Margarita d'Étigny, Directora Ejecutiva del FIA, se tomó la decisión de no continuar con la segunda fase del proyecto. De esta manera, todos los esfuerzos se concentraron en el desarrollo y éxito de la primera fase, la cual estuvo vinculada con la reproducción, el cultivo larval y la precría de post-larvas del camarón de río del norte.

Por otro lado, el FIA determinó a fines del año 1997 que el proyecto del camarón de río no recibiría los 32 millones de pesos provenientes del FNDR de la IV región. El dinero había sido adjudicado al proyecto para el desarrollo de su segunda fase, pero debido a que la Comunidad Agrícola de Huentelauquén no podía participar en su ejecución se tomó la decisión de no aceptar el dinero por no incorporar ningún beneficio de índole social.

A fin de contar con el suficiente espacio para la crianza de juveniles, en Octubre de 1998 se propuso al FIA adelantar el repoblamiento del río Choapa con ejemplares nacidos en la Estación I para el 15 de Diciembre de 1998. Sin embargo, por desconocimiento de ciertos artículos de la ley de pesca, el jefe de proyecto no efectuó las gestiones necesarias, en la Subsecretaría de Pesca, que permitieran obtener una autorización para el repoblamiento de los ejemplares producidos en cautiverio. La legislación estipulaba una autorización especial que indicara el origen, la cantidad, estado de desarrollo y condiciones sanitarias de los camarones que se esperaba repoblar, así como el lugar específico en que se realizaría la actividad. Debido a ello, fue necesario prorrogar el acontecimiento para la segunda semana de Enero de 1999.

## 7. Calendario de ejecución y cuadro de resumen de costos

| <b>Cuadro 1. Calendario de ejecución de la prórroga</b>  |                     |   |                     |                      |
|--|---------------------|---|---------------------|----------------------|
| <b>AÑOS 1998 - 1999</b>  |                     |   |                     |                      |
| <b>Objetivo específico</b>   | <b>Actividad N°</b> | <b>Descripción</b>  | <b>Fecha Inicio</b> | <b>Fecha Término</b> |
| - Evaluar el método de ablación ocular combinado con una alza de temperatura en la inducción de la reproducción del camarón de río.  | 1                   | Determinación de la factibilidad de inducir el desarrollo gonadal, la copulación y el desove masivo de <i>Cryphiops caementarius</i> fuera de período | 15/04/99            | 30/06/99             |
| - Efectuar por primera vez en Chile la reproducción de camarones nacidos en cautiverio que han sido seleccionados fenotípicamente por su mayor velocidad de crecimiento y buen estado de salud.                                  | 2                   | Determinación de la factibilidad de realizar un mejoramiento genético de <i>Cryphiops caementarius</i> con el fin de optimizar su cultivo comercial.  | 02/02/99            | 06/03/99             |
| - Mantener indefinidamente una óptima calidad del agua durante el cultivo larval.<br>- Simplificar el método de cultivo, mejorando su eficiencia y disminuyendo los costos de operación.   | 3                   | Pruebas de manejo y control de la calidad del agua durante el cultivo larval.   | 01/11/98            | 04/04/99             |
| - Asegurar el abastecimiento de larvas Zoeas 1 para sembrar los estanques de cultivo.<br>- Mejorar la sobrevivencia de la población trabajando con densidades iniciales de cultivo de 100 larvas por litro.                      | 4                   | Reproducción, maduración y eclosión de las ovas de las hembras capturadas en el río Choapa.   | 01/09/98            | 15/11/98             |
| - Acortar a menos de 90 días el período de cultivo larval y lograr una producción masiva de post-larvas (42.000 PL) que justifique el desarrollo de un cultivo con fines comerciales.  | 5                   | Manejo y seguimiento del cultivo larval de <i>Cryphiops</i>   | 01/11/98-           | 04/04/99             |
| - Determinar los parámetros físico-químicos y biológicos que influyeron en la sobrevivencia y metamorfosis de las larvas.  | 6                   | Seguimiento y evaluación de los resultados.   | 01/08/98            | 15/11/99             |
| - Realizar la primera experiencia en Chile de repoblamiento con ejemplares producidos en cautiverio.   | 7                   | Repoblamiento de una zona del norte de Chile con post-larvas producidas en la Estación I.   | 01/01/99            | 14/11/99             |
| - Obtener la primera autorización en Chile de venta comercial de post-larvas o juveniles del camarón de río del norte producidos en hatchery.<br>- Incentivar el interés de las entidades privadas por desarrollar esta empresa. | 8                   | Tramitaciones con la Subsecretaría de Pesca y negociaciones con entidades privadas.   | 01/12/98            | 14/11/99             |

**Cuadro 2. Resumen de costos de la prórroga del proyecto proyecto**

|                                      | ago-98<br>dic-98     | ene-99<br>abr-99    | may-99<br>ago-99    | sep-99<br>21-nov-99 | TOTALES              |
|--------------------------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|
| Investigado Jefe de Proyecto         | \$ 3.704.000         | \$ 3.126.400        | \$ 3.044.800        | \$ 2.580.000        | \$ 12.455.200        |
| Técnico Jefe                         | \$ 1.160.640         | \$ 87.562           | \$ -                | \$ -                | \$ 1.248.202         |
| Ayudantes Técnicos Est. 1            | \$ 1.974.200         | \$ 2.368.180        | \$ 2.284.880        | \$ 87.880           | \$ 6.715.140         |
| Contador                             | \$ 150.000           | \$ 105.460          | \$ 131.850          | \$ 120.460          | \$ 507.810           |
| Mano de Obra                         | \$ 159.700           | \$ 18.000           | \$ 28.000           | \$ 589.500          | \$ 795.200           |
| Secretaría                           | \$ 77.027            | \$ -                | \$ 48.342           | \$ 53.360           | \$ 178.729           |
| Infraestructura, Equipos Estación 1  | \$ 575.908           | \$ -                | \$ -                | \$ -                | \$ 575.908           |
| Gastos Operación Estación 1          | \$ 547.450           | \$ 444.020          | \$ 220.130          | \$ 74.920           | \$ 1.286.520         |
| Gastos de Mantenimiento Estación 1   | \$ 1.105.043         | \$ 31.459           | \$ -                | \$ -                | \$ 1.136.502         |
| imprevistos                          | \$ 152.500           | \$ 291.195          | \$ -                | \$ -                | \$ 443.695           |
| Gastos Vehículos                     | \$ 886.616           | \$ 790.116          | \$ 560.770          | \$ 388.300          | \$ 2.625.802         |
| Viáticos                             | \$ 96.920            | \$ 47.170           | \$ 63.750           | \$ 47.320           | \$ 255.160           |
| Reparación Vehículos                 | \$ -                 | \$ -                | \$ 377.968          | \$ 68.500           | \$ 446.468           |
| Flete                                | \$ -                 | \$ -                | \$ -                | \$ 649.000          | \$ 649.000           |
| Bodegaje                             | \$ -                 | \$ -                | \$ -                | \$ 91.860           | \$ 91.860            |
| Reparación Oxigenómetro              | \$ -                 | \$ -                | \$ -                | \$ -                | \$ -                 |
| Materiales de embalaje               | \$ -                 | \$ -                | \$ -                | \$ 36.254           | \$ 36.254            |
| <b>TOTALES</b>                       | <b>\$ 10.590.004</b> | <b>\$ 7.309.582</b> | <b>\$ 6.760.490</b> | <b>\$ 4.787.374</b> | <b>\$ 29.447.450</b> |
| <b>MENOS APORTES OTORGADOS</b>       |                      |                     |                     |                     | <b>\$ 29.651.387</b> |
| <b>SALDO A LA FECHA DEL 21-11-99</b> |                      |                     |                     |                     | <b>\$ 203.937</b>    |

## 8. Conclusiones y recomendaciones

Gracias a los resultados del proyecto se aclararon aspectos muy importantes del cultivo larval, la crianza, la engorda y la reproducción del camarón de río del norte *Cryphiops caementarius*. Se pudo describir los diferentes estadios de desarrollo de las larvas hasta alcanzar la metamorfosis y las condiciones de cultivo requeridas para llegar cada uno de ellos. Se establecieron metodologías más eficientes de manejo. Se logró determinar y controlar parte importante de los parámetros que permiten el adecuado crecimiento de los individuos tales como temperatura, salinidad, pH, alimentación y densidades de cultivo.

En el manejo del cultivo larval de *Cryphiops caementarius*, la adecuada dosificación del alimento entregado, el control de la temperatura del agua y la mayor higiene de los estanques, junto con la oportuna detección y tratamiento de patologías emergentes, contribuyeron a disminuir considerablemente la mortalidad de la población en el hatchery. Se mejoró y simplificó significativamente la metodología empleada en el transcurso del proyecto, controlando la temperatura, realizando recambios parciales del agua y efectuando limpiezas y mediciones de parámetros biológicos en forma más rápida y eficiente. Se aumentó substancialmente las densidades de cultivo acortando significativamente la duración requerida para obtener la metamorfosis de las larvas. De este modo se ha logrado obtener una supervivencia promedio del 16,4 % de la población después de un período de 90 días de cultivo. Gracias a ello el proyecto produjo al cabo de 3 temporadas un total de 6.107 juveniles, resultado inédito en nuestro país. Sin embargo, aún falta descubrir y entender los factores que impiden el éxito del proceso masivo de metamorfosis.

El bajo porcentaje de metamorfosis obtenido en el hatchery experimental, después de un largo proceso de cultivo larval, ha revelado la enorme variabilidad existente entre diferentes temporadas reproductivas. Es esta variabilidad es la que no ha permitido descubrir la metodología apropiada para desarrollar un hatchery

comercialmente rentable. Los resultados revelan la necesidad de seguir investigando el proceso de metamorfosis de las larvas de *Cryphiops caementarius*. La prevención y el manejo de patologías, así como la elaboración de nuevas dietas podrían constituir la clave del éxito en futuros proyectos de investigación. A su vez parece ser relevante la posible existencia de variedades diferentes de *Cryphiops caementarius* entre la I y la IV región de nuestro país, lo cual explicaría las grandes diferencias tanto en las metodologías empleadas como en los resultados obtenidos por los diferentes investigadores que han trabajado en el tema.

Los resultados producidos en la crianza y engorda de camarones indican la necesidad de realizar nuevos experimentos, en estanques de mayor envergadura y empleando densidades inferiores de cultivo, es decir entre unos 15 a 20 ejemplares por metro cuadrado. Debido a la falta de espacio destinado a la engorda en la infraestructura existente, no fue posible realizar dichos experimentos, por lo cual habrá que esperar la realización de un nuevo proyecto para determinar el verdadero comportamiento de una población bajo las nuevas condiciones medioambientales. Es probable que con una adecuada alimentación, menor densidad de cultivo, mayor control de la temperatura y adecuada selección por tallas se obtenga una mejor supervivencia y mayor crecimiento de la población en relación con los resultados obtenidos en la Estación I.

## 9. Referencias bibliográficas

- Alfaro, D. et al., 1980.** Contribución al conocimiento de *Cryphiops caementarius* (Molina, 1782) en el Río Loa. Antofagasta, Universidad de Chile, 92 p. Grafts. (Seminario).
- Alvarez, G. y M. López, 1983.** Tasa respiratoria y optimización de la densidad de *Cryphiops caementarius* (Molina, 1782) en condiciones de cultivo. Seminario Universidad de Antofagasta. Facultad de Ciencias Básicas, Departamento de Química. 57 p.
- Báez, P.R., J.D. Sanzana y J. del V. Weinborn, 1984.** Contribución al conocimiento de la morfología larvaria de *Cryphiops caementarius*, camarón de río del norte de Chile. Bol. Museo Nacional de Historia Natural de Chile. 40 : 153-172.
- Bahamóndez, N. y M.T. López, 1963.** Decápodos chilenos de aguas continentales y su distribución geográfica. Rev. Centro Inv. Zool. 10 : 123-149.
- Bahamonde, N. e I. Vila, 1971.** Sinopsis sobre la biología del camarón de río del norte. Biología pesquera. Chile. 5 : 3-60.
- Bautista, C., 1988.** Crustáceos, Tecnología de cultivo. Ediciones Mundi-Prensa. 180 p.
- Cabrera, J., 1975.** Informe biológico sobre el Camarón de río del Norte y su cultivo. Informe inédito. 18 p.
- Castro, C., 1966.** El camarón de río del norte *Cryphiops caementarius* (Molina). Est. Océano. Chile. 2 : 11-19.
- Cerda, G.G. (1995).** Antecedentes sobre el periodo de desove y tamaño de madurez sexual del camarón de río del norte *Cryphiops caementarius*, Molina, 1782. 8 p.
- Chanratchakool, P., J.F. Turnbull and C. Limsuwan, 1994.** Health Management in Shrimp Ponds. Aquatic Animal Health Research Institute. Department of Fisheries. Kasetsart University Campus. Bangkok, Thailand. 93 p.
- Comte, S., 1987.** Modalidad reproductiva de *Basilichthys microlepidotus* (Jenyns, 1842) en el río Choapa. Tesis. Fac. Cs. Universidad de Chile. 18-23.
- Crignola, 1970.** Proyecto de instalación de un criadero de camarón de río en el Departamento de Arica. Universidad del Norte, Departamento de Tecnología Pesquera. 102 p.
- Elías, J., 1960.** Contribución al comportamiento del camarón de río *Cryphiops caementarius* (Molina) Decapoda : Palaemonidae. Pesca y Caza. Lima, Perú. 10 : 84-106.
- Elías, J., 1974.** Camarón de río *Cryphiops caementarius* (Molina). Documenta . 47-48 : 36-50.
- FAO.** Pesca Fluvial. Documento Técnico n<sup>o</sup> 262 : 50-86.

**Fundación Chile, 1981.** Cultivo del camarón de río del norte.

**Gonzalez, E. y R. Gil, 1988.** Distribución espacio temporal de larvas y juveniles de *Cryphiops caementarius* en Bahía de Coquimbo. Primer taller sobre la Biología del camarón de río *Cryphiops caementarius*. 21-22 de Noviembre. Universidad del Norte sede Coquimbo.

**Globefish, 1993.** Camarón. A menor oferta, precios más altos. Primer Plano. 4 : 3-7.

**Hernández, J., 1974.** El camarón de río *Cryphiops caementarius* (Molina). Documenta. 47-48 : 36-45.

**Hernández, J.M., 1981.** Estudio bioecológico del camarón *Cryphiops caementarius* de los ríos Huasco y Copiapo. Departamento de Tecnología de Alimento. Convenio SERPLAC III región, Atacama.

**Johnson, S.K., 1989.** Handbook o Shrimp Diseases. Texas A&M University, Sea Grant College Programme, Texas A&M Department of Wild Life and Fisheries Science, Texas. 25 p.

**López, M., 1982.** Optimización del cultivo de camarones en Quillagua. Facultad de Ciencias Básicas, Departamento de Química. Universidad de Antofagasta. Informe inédito. 35 p.

**López, M., 1987.** Cultivo de camarones en el río Loa : una alternativa para el desarrollo rural de Quillagua. Ponencia en el Congreso Nacional de Agosto. Segundo encuentro científico sobre el Medio Ambiente Chileno. TER-3 Talca.

**López, M., 1989.** Estudio para la instalación de un vivero de camarones en el río Choapa, sector Huentelauquén. 8 p. (informe de circulación restringida). Tekhne.

**López, M., E. Segovia y D. Alfaro, 1986.** Microalgas : su importancia como recurso alimentario del camarón de río del norte de Chile, *Cryphiops caementarius* (Molina, 1782). Rev. Medio Ambiente. 8 (1) : 39-47.

**Luna, T., S.M. Hurtado y P. Heussler, 1985.** Efecto de las algas y del alimento artificial en la supervivencia de las larvas de camarón *Cryphiops caementarius* (Palaemonidae) en laboratorio. Anales Científicos UNALM XXII : 127-138.

**Maddox, M. y J. Manzi, 1976 (A).** The effect of algal supplements on static system, culturae of *Macrobrachium resemgerii* larvas. Proc. a workshop world matricul. Soc., 7.

**Margaleff, R., 1980.** Ecología. Editorial Omega, 3<sup>o</sup> Edición. Barcelona. 174-177.

**Moncayo et al, 1985.** Efecto de las algas y del alimento artificial en la sobrevivencia de larvas de camarón *Cryphiops caementarius* (Palaemonidae) en laboratorio. Anales Científicos UNALM - XXIII. 127-138.

**Nava, H., 1980.** Técnicas de cultivo de larvas del camarón de río *Cryphiops caementarius* M. Depto, Piscicultura y Oceanología, Universidad Nacional Agraria Apartado. 456. Lima.

**New, M.B. y S. Singholka, 1984.** Cultivo del camarón de agua dulce. Manual para cultivo de

*Macrobrachium rosenbergii*. FAO Documento Técnico de Pesca #225. Roma.

**Norambuena, C.R., 1977.** Antecedentes biológicos de *Cryphiops caementarius* (Molina, 1782) en el Estero El Culebrón (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae). Biol. Pesq. Chile. 9 : 7-19.

**Rivera, M., 1988.** Informe Final. Proyecto Cultivo del Camarón de Río en Embalses. CORFO.

**Rivera, M. y J. Meruane, 1989.** Effects of Salinity and Food on Larval Survival and Metamorphosis of *Cryphiops caementarius* (Molina, 1782) (Crustacea : Palaemonidae). Report of the USA Marine Biological Institute. Kochi University. 9 : 207-214.

**Rivera, M. y J. Meruane, 1994.** Informe Final. Proyecto Evaluación y Manejo de las Poblaciones de Camarón de Río en la IV Región. CORFO-FONTEC.

**Rivera, M., Schmiede P. y J. Meruane, 1983.** Desarrollo larval del camarón de río *Cryphiops caementarius* (Molina, 1782) (Crustacea : Palaemonidae), en condiciones de laboratorio. Symposium Internacional de Acuicultura. Coquimbo, Chile - Septiembre. 315-334.

**Sanzana, J., 1976.** Estadios larvarios del "camarón de río" *Cryphiops caementarius* (Molina) (Decapoda, Palaemonidae). Depto. Agricultura, Universidad del Norte, Arica. 4 : 47-55.

**Sjef Van Eijs, 1992.** El impacto del camarón de cultivo en el mercado mundial. Tejucigalpa (INFOPECSA), Abril 22. 19 p.

**Uno, Y. y K. Soo, 1969.** Development of larvae *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) reared in laboratory. Journal of Tokyo University of fisheries. 55 (2) : 179-190.

**Viacava, M., J. Aitken y J. Llanos, 1978.** Estudios del camarón de río en el Perú, 1975-76. Inst. del Mar del Perú (IMARPE). 3 (5) : 232 p.

**Villalon, J.R., 1991.** Practical Manual for Semi-intensive Commercial Production of Marine Shrimp. Sea Grant College Program by the National Sea Grant Office, National Oceanic and Atmospheric Administration, US. Department of Commerce. 104 p.

**Weidner, D.M., 1991.** Chilean shrimp culture. National Marine Fisheries Service. NOAA, Department of Commerce. 9 p.

**Zúñiga, O. y R. Ramos, 1990.** Tasa respiratoria de *Cryphiops caementarius* (Crustacea, Palaemonidae) : explicación de la migración juvenil. Biología Pesquera. 19 : 19-25.

10. Anexos

Gráfico 6a. Evolución de la temperatura del agua y los parámetros biológicos en el estanque L1

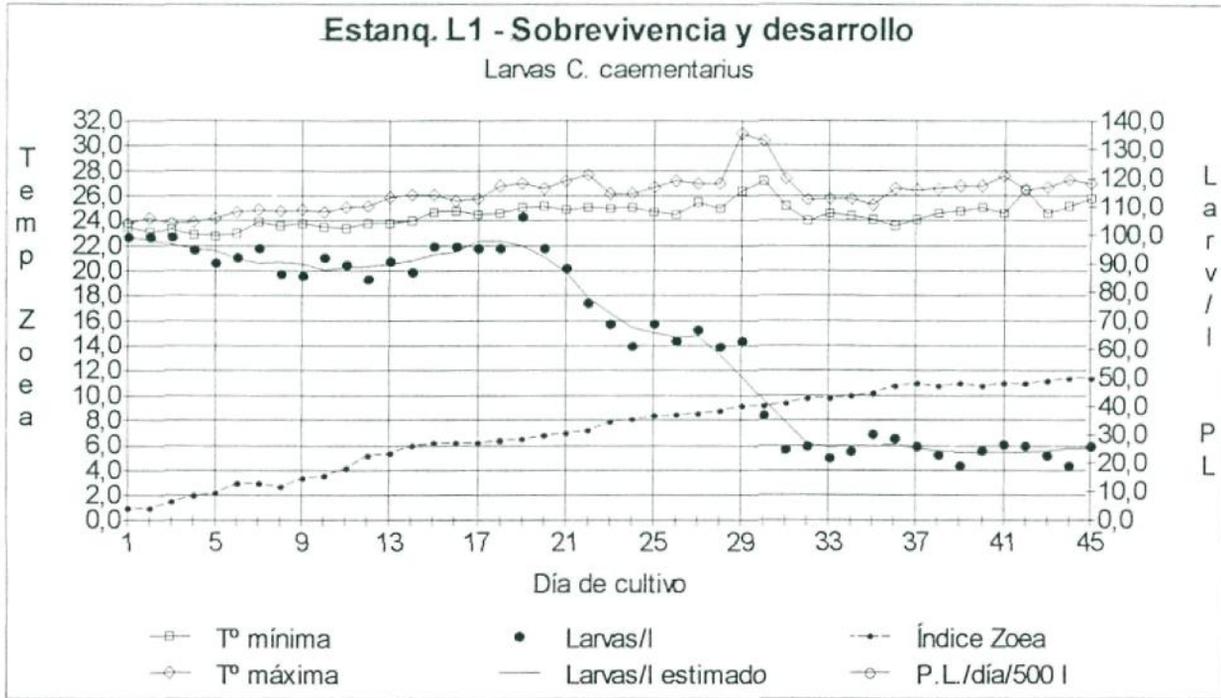


Gráfico 6b. Evolución de la temperatura del agua y los parámetros biológicos en el estanque L1

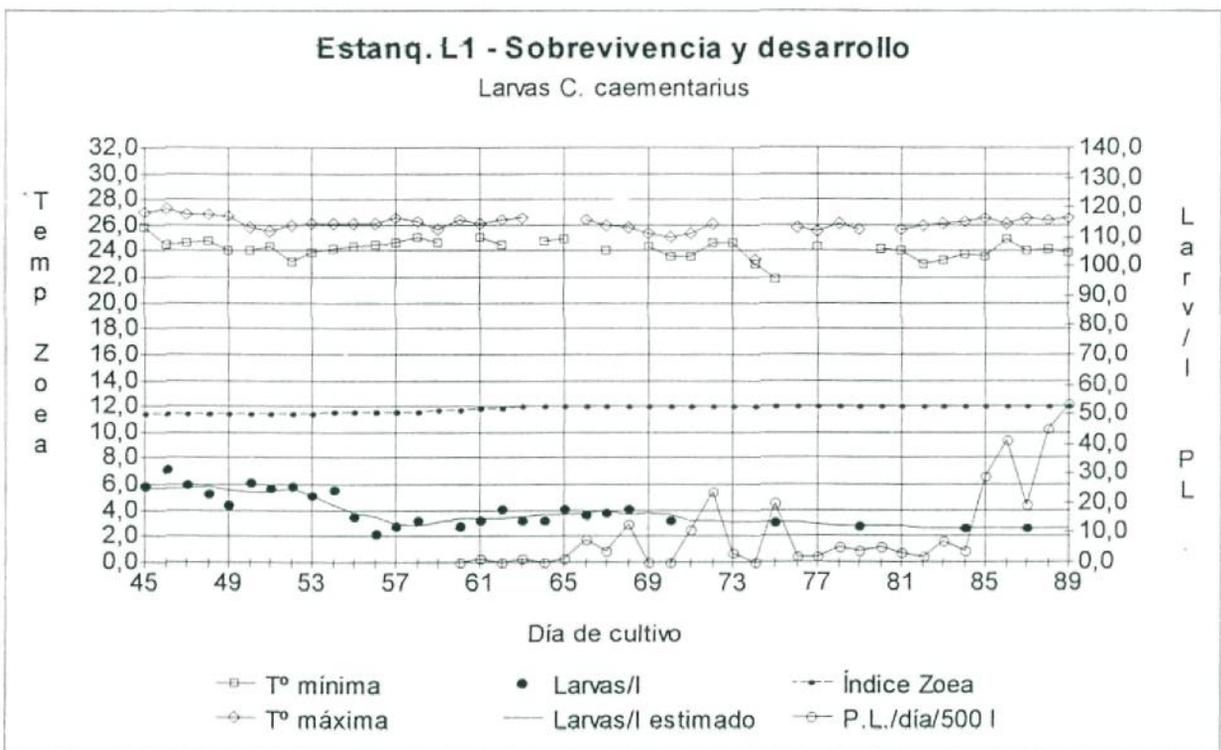


Gráfico 6c. Evolución de la temperatura del agua y los parámetros biológicos en el estanque L1

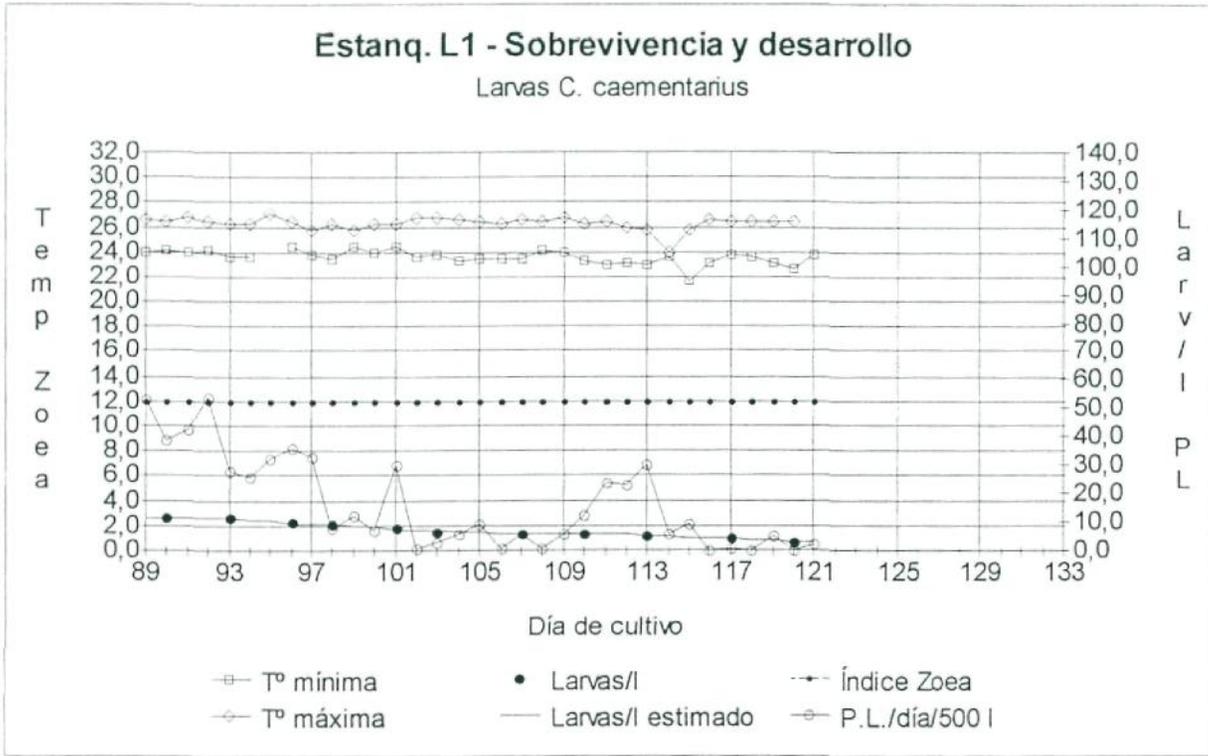


Gráfico 7a. Evolución de la temperatura del agua y los parámetros biológicos en el estanque L3

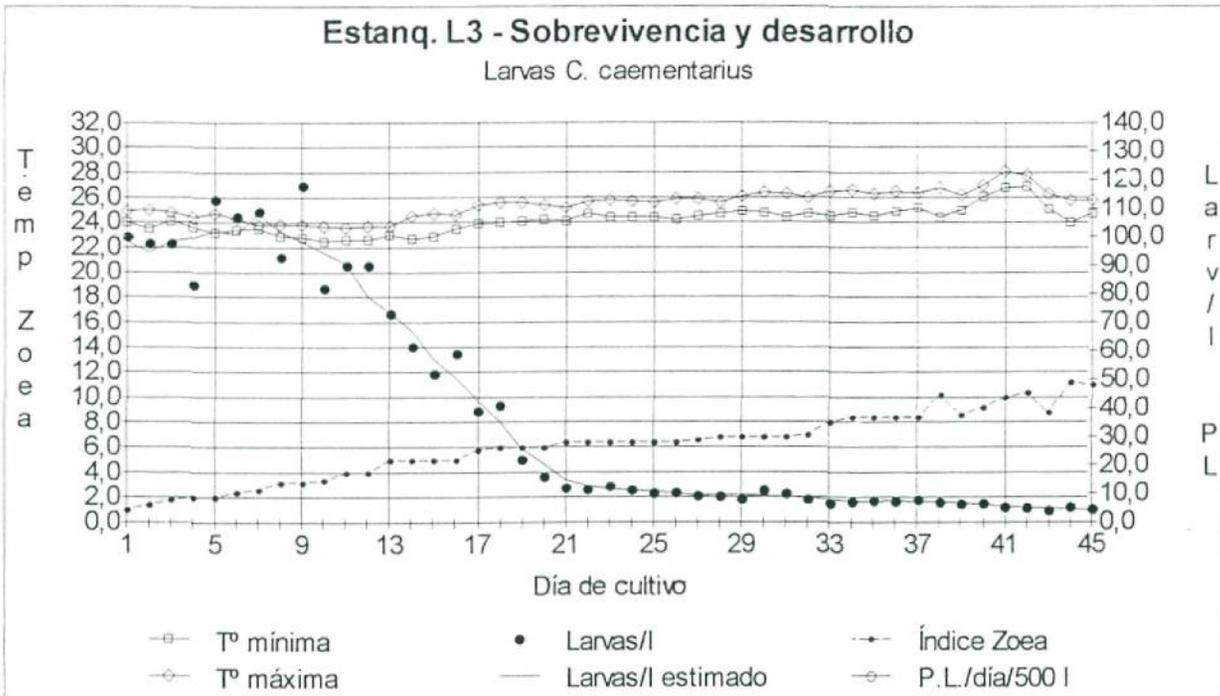


Gráfico 7b. Evolución de la temperatura del agua y los parámetros biológicos en el estanque L3

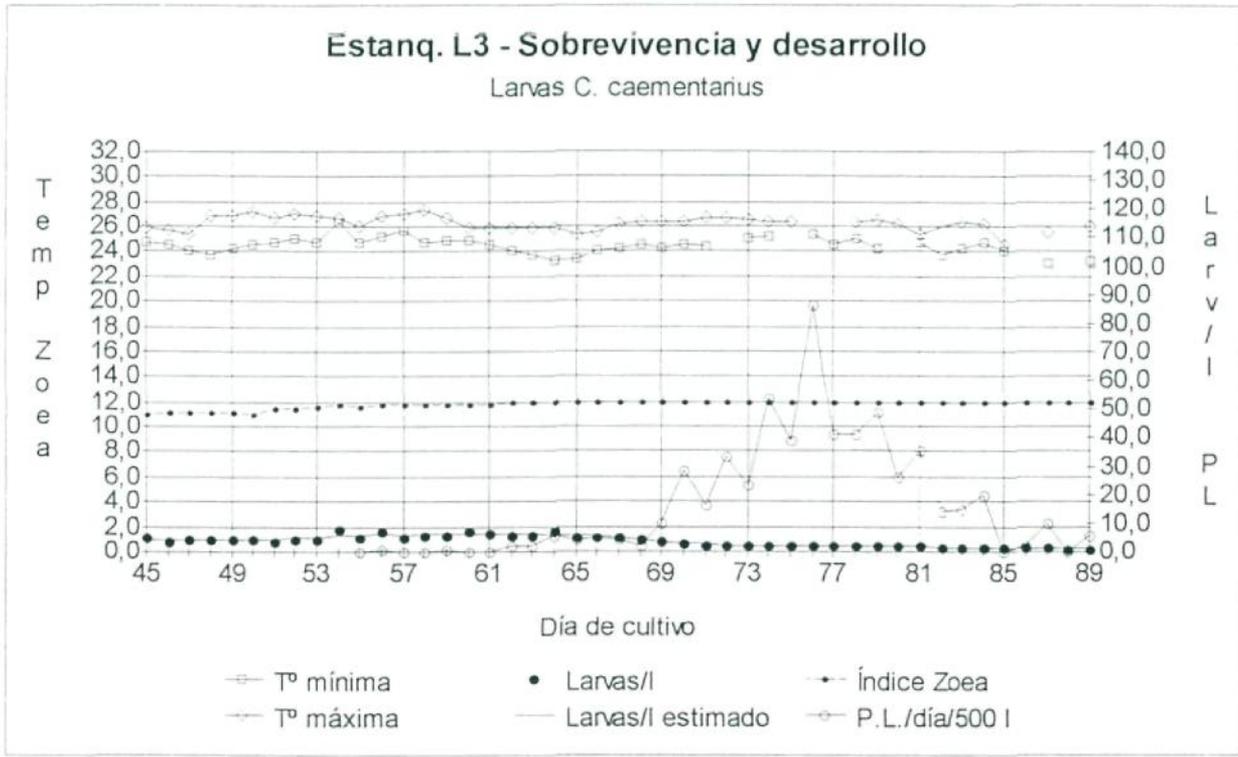


Gráfico 7c. Evolución de la temperatura del agua y los parámetros biológicos en el estanque L3

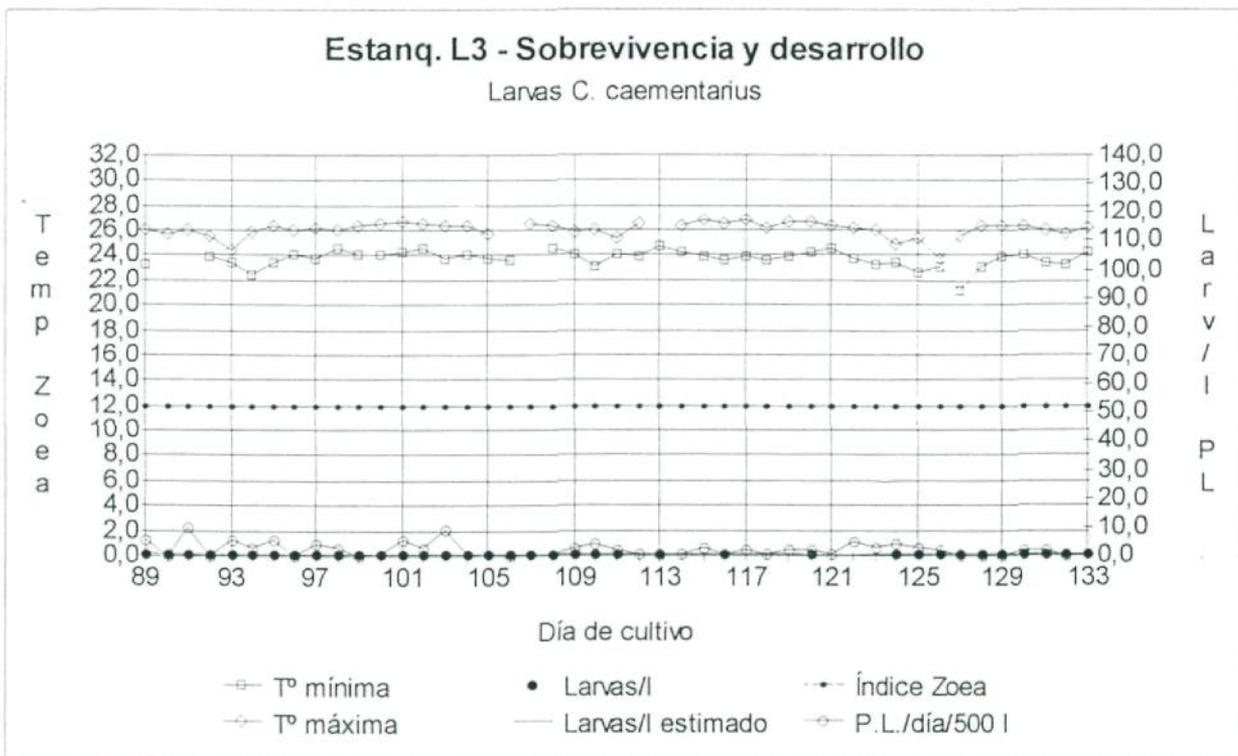


Gráfico 8a. Evolución de la temperatura del agua y los parámetros biológicos en el estanque L4

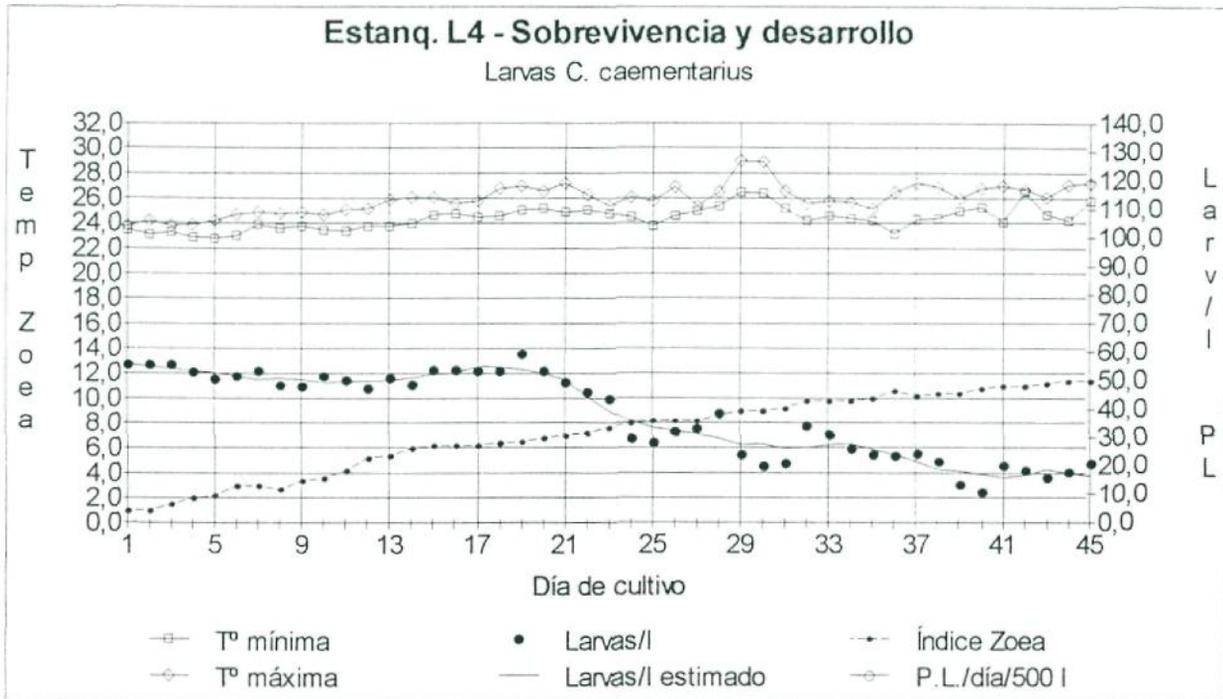


Gráfico 8b. Evolución de la temperatura del agua y los parámetros biológicos en el estanque L4

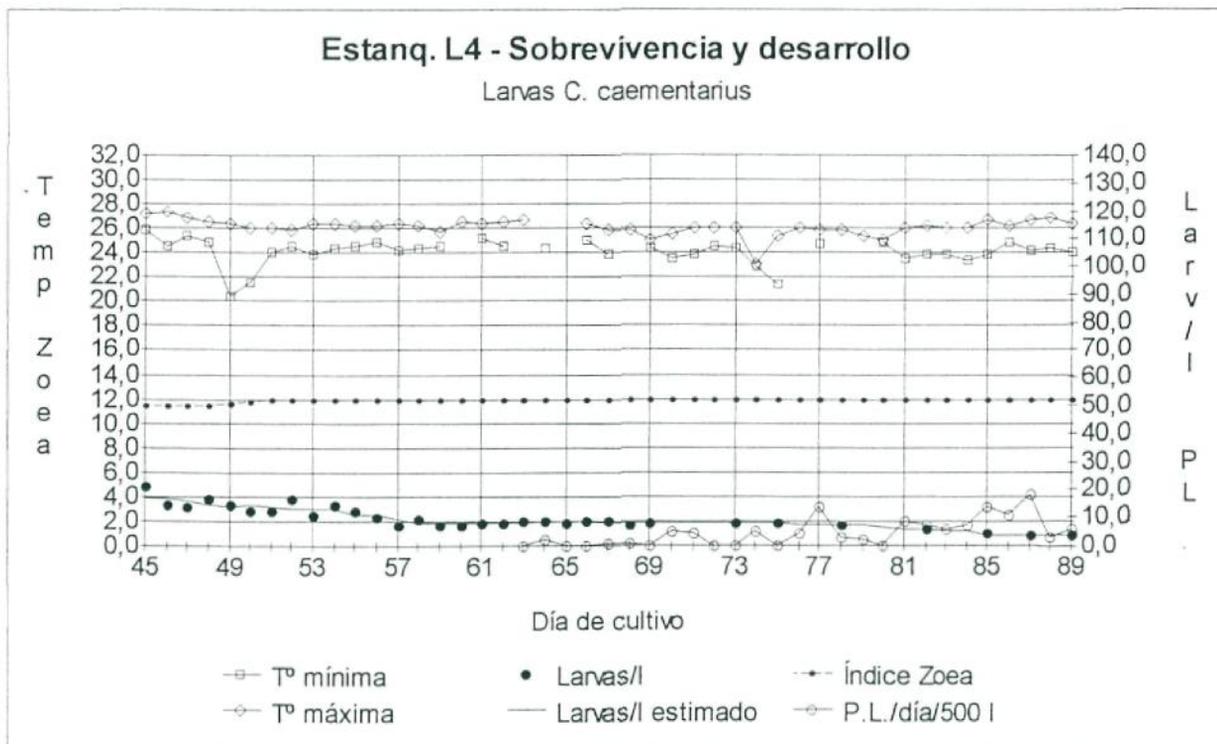


Gráfico 8c. Evolución de la temperatura del agua y los parámetros biológicos en el estanque L4

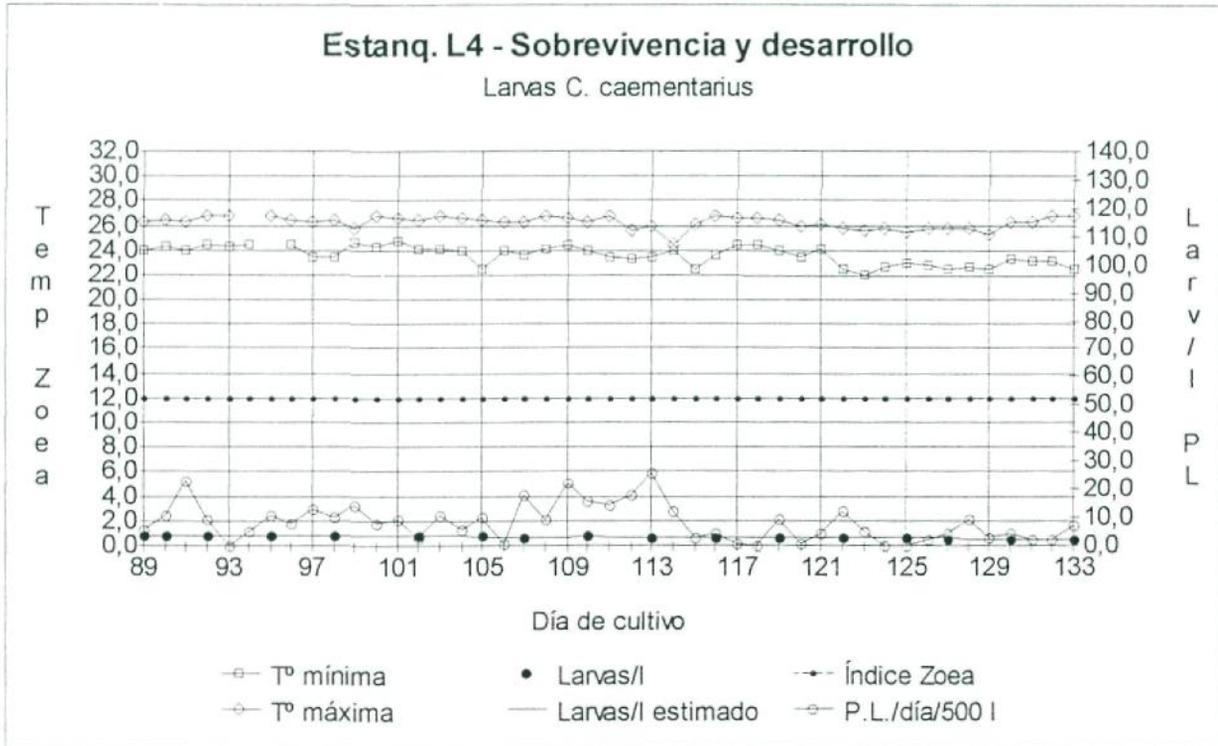


Gráfico 8d. Evolución de la temperatura del agua y los parámetros biológicos en el estanque L4

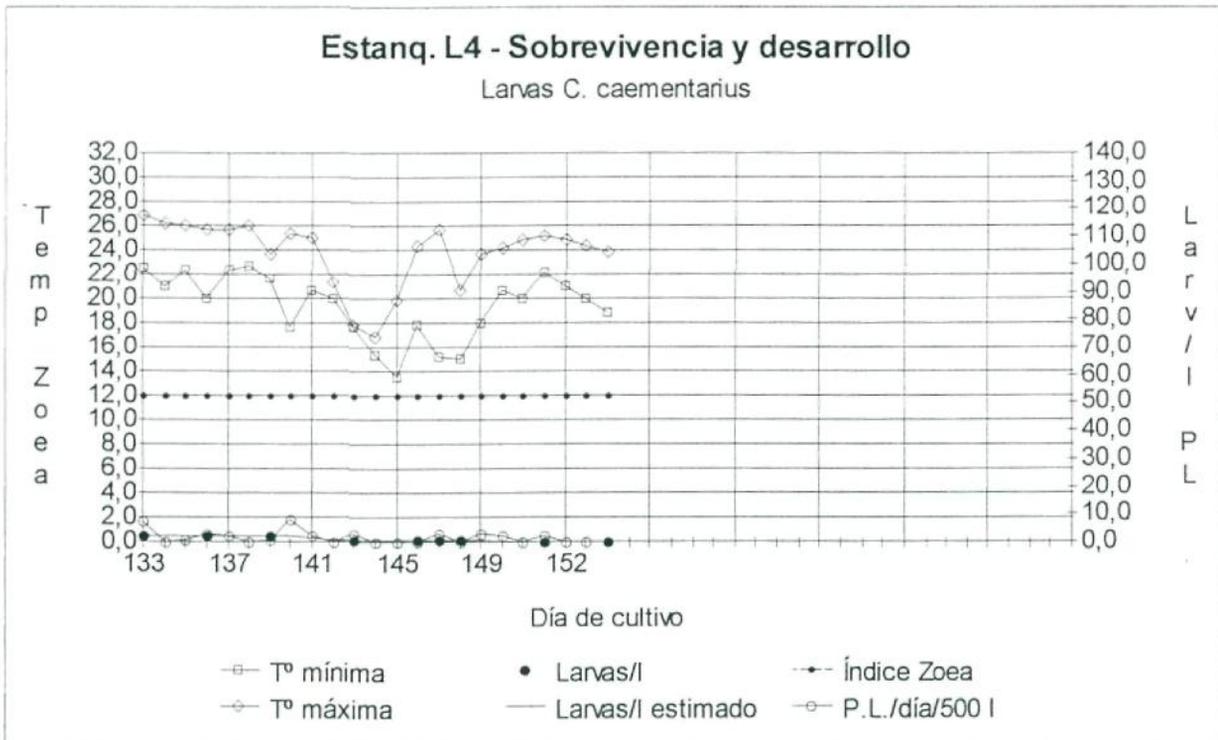


Gráfico 9a. Evolución de la temperatura del agua y los parámetros biológicos en el estanque L5

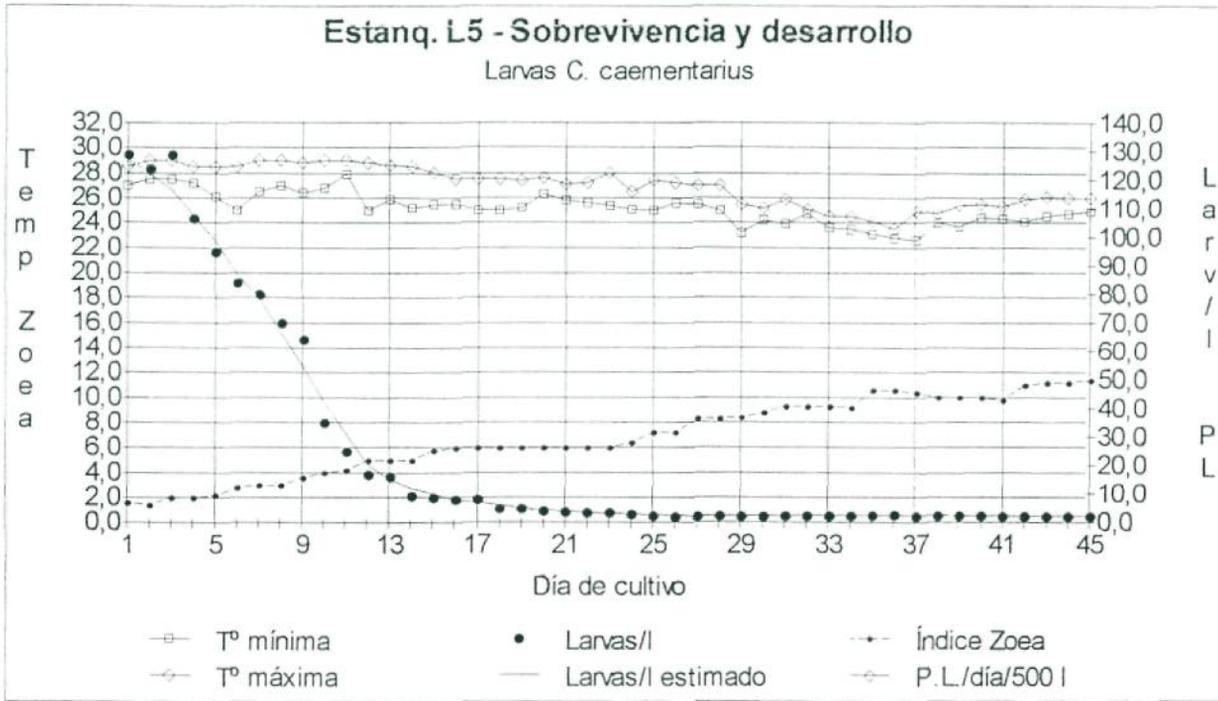


Gráfico 9b. Evolución de la temperatura del agua y los parámetros biológicos en el estanque L5

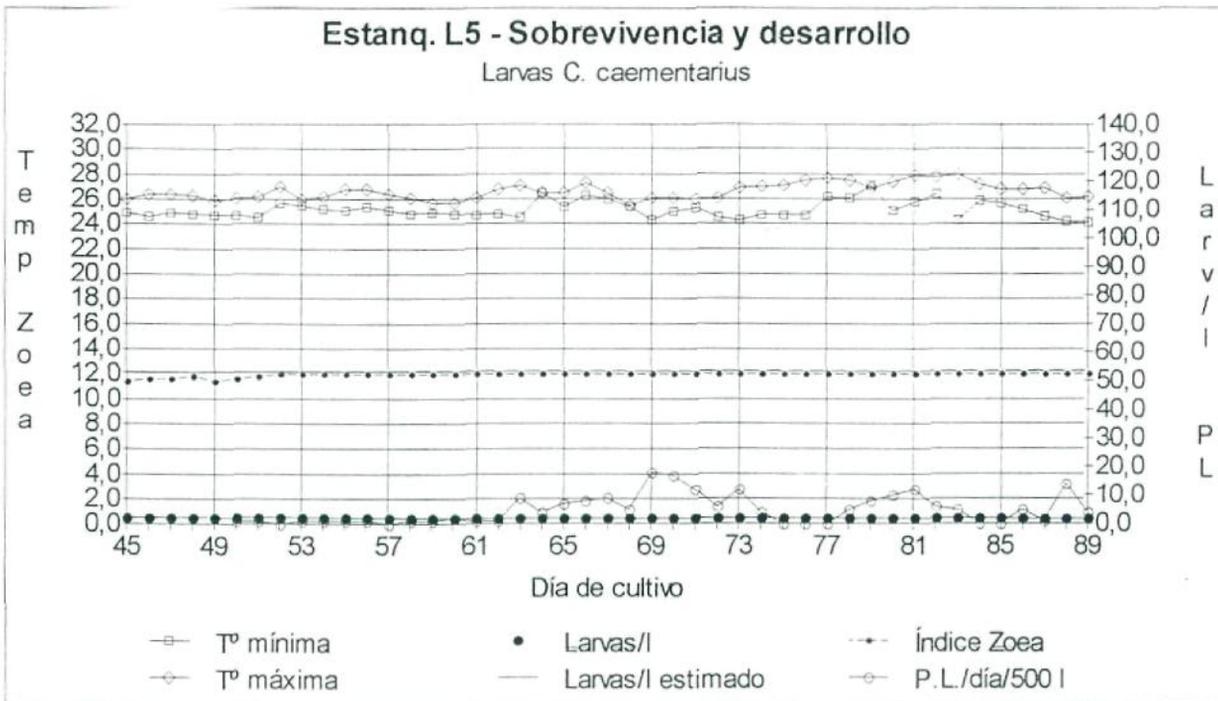


Gráfico 9c. Evolución de la temperatura del agua y los parámetros biológicos en el estanque L5

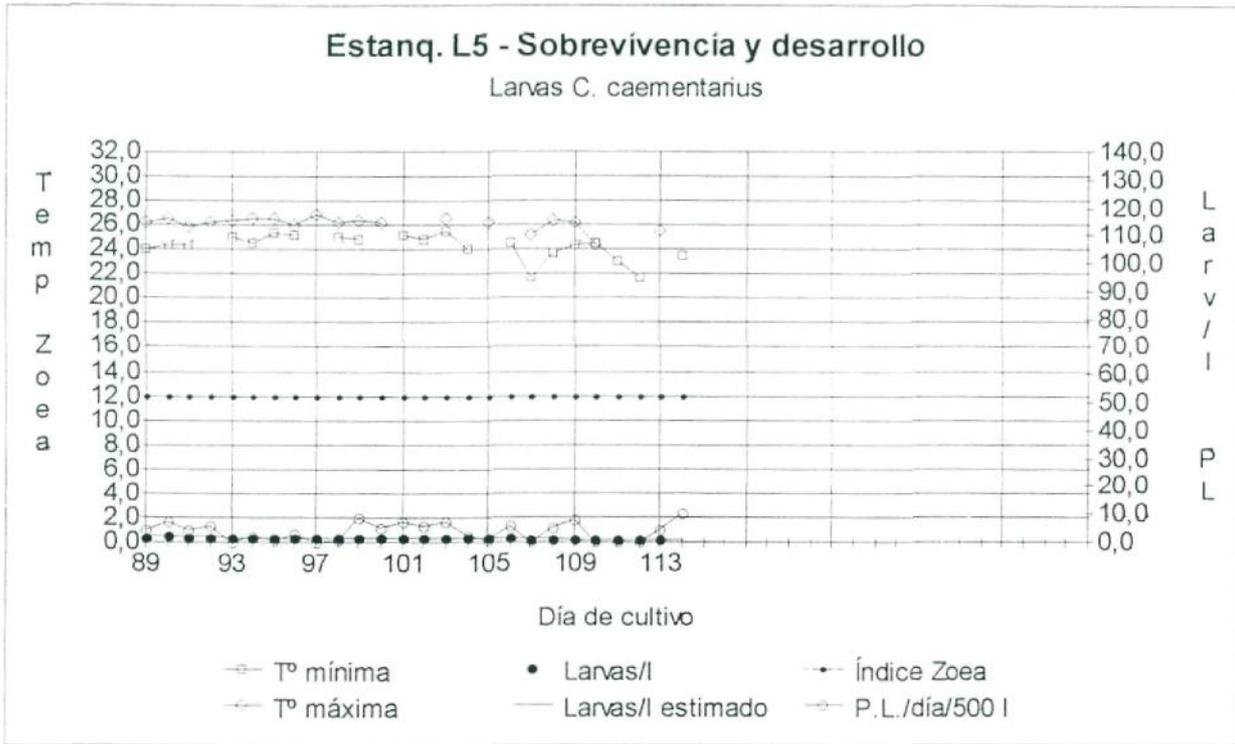


Gráfico 10a. Evolución de la temperatura del agua y los parámetros biológicos en el estanque L6

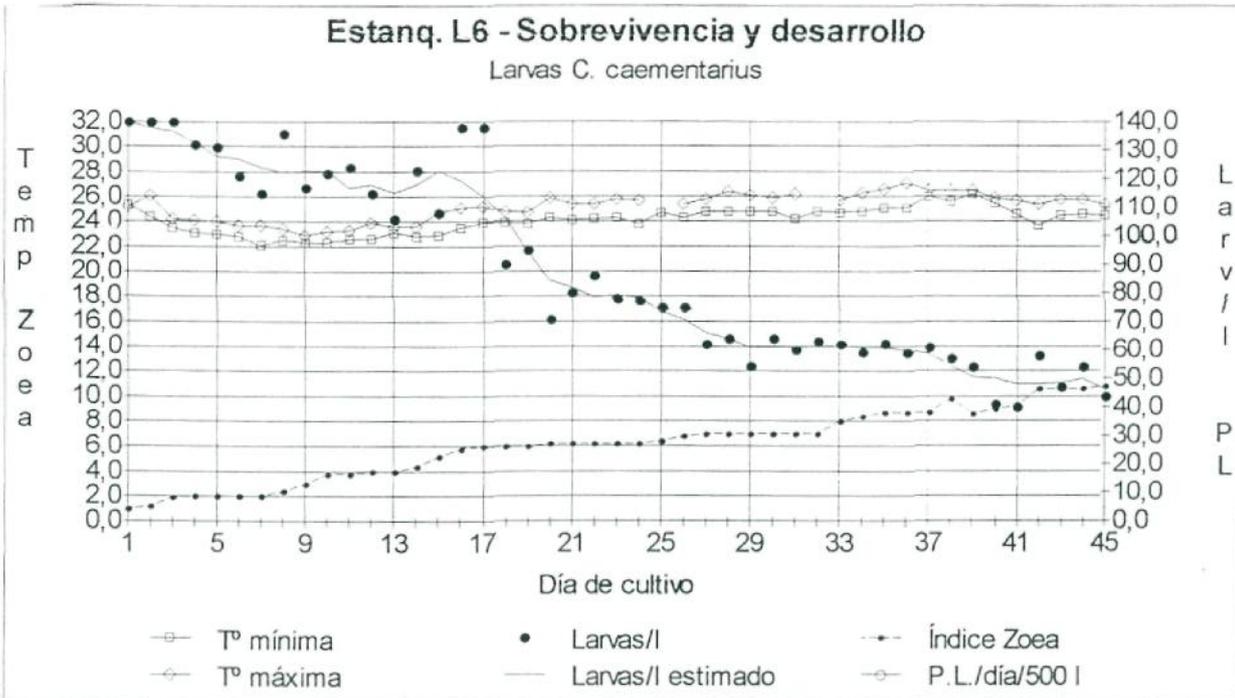


Gráfico 10b. Evolución de la temperatura del agua y los parámetros biológicos en el estanque L6

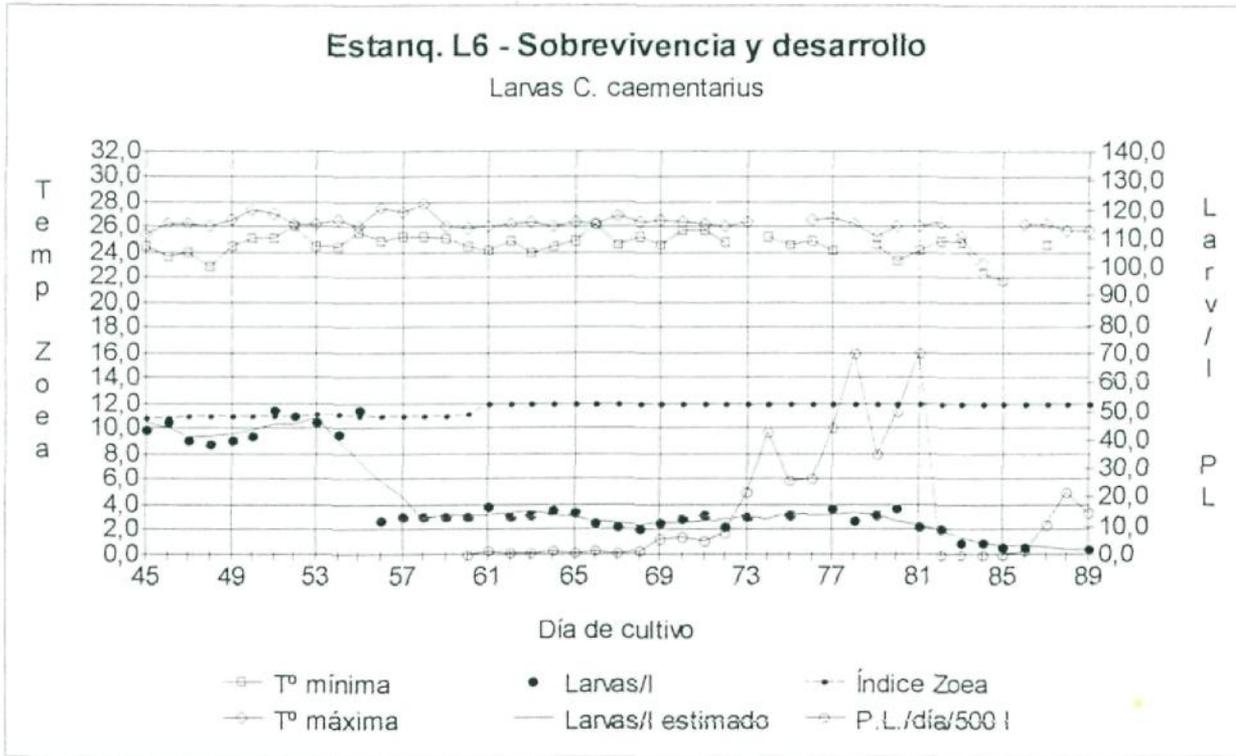


Gráfico 10c. Evolución de la temperatura del agua y los parámetros biológicos en el estanque L6

