



**ESCUELA DE CIENCIAS
BIOLÓGICAS Y QUÍMICAS
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**

**“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA EXPOSICIÓN AL
AIRE SOBRE LA SOBREVIVENCIA DE *Diplodon
chilensis* (GRAY, 1828) EN LA RELOCALIZACIÓN
COMO ESTRATEGIA DE CONSERVACIÓN Y MANEJO
DE LA BIODIVERSIDAD”**

por:

CAROLINA ANDREA PAILAHUEQUE RAMÍREZ

Tesis presentada a la

Escuela de Ciencias Biológicas y Químicas de la Universidad Católica de Temuco

Para optar al grado de Licenciado en Recursos Naturales

Temuco, Junio 2005.

**UNIVERSIDAD CATOLICA DE TEMUCO
ESCUELA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y QUÍMICAS
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**

COMISION EXAMEN DE GRADO.

Este Examen de Grado ha sido realizado en la Escuela de Ciencias Biológicas y Químicas.

Presidente Comisión:
Marcos Fernández N.
Decano Facultad de Recursos Naturales

Profesor Patrocinante:
Santiago Peredo F.
Escuela de Ciencias Biológicas y Químicas
Master in Biology

Profesor Co-Patrocinante:
Esperanza Parada Z.
Escuela de Ciencias Biológicas y Químicas.
Magíster en Ciencias mención Zoología

Profesor Informante:
Francisco Encina M.
Escuela de Ingeniería Ambiental
Doctor en Ciencias Ambientales

Profesor Informante:
Iván Valdebenito I.
Escuela de Acuicultura
Doctor en Acuicultura

Secretario Académico:
de la Escuela. Teresa Rueda L.
Escuela de Ciencias Biológicas y Químicas
Licenciada en Biología Marina

Temuco; Junio 2005.

Dedicatoria

Esta tesis la dedico al esfuerzo de todos estos años, a mi Padre y a todas aquellas personas que me ayudaron, realmente muchas gracias.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradezco a Dios por su infinita paciencia y por acompañarme siempre, por iluminarme; a mi Madre por sus sabios consejos ya que sin ellos no hubiera podido llegar hasta estas instancias. A mi Padre por prestarme su ayuda.

A mis amigas Alejandra, Rosmarie, Carito, Andrea, Odette y a mi amigo Jaime...Gracias.

A mis amables y muy pacientes profesores, Santiago Peredo y Esperanza Parada, gracias por sus alcances y sabiduría, por su apoyo y colaboración en la realización de este trabajo. Al profesor Francisco Encina, gracias.

A Cristian Pinilla por su extraordinario buceo en el Lago Colico, al profesor Iván Valdebenito, a Miguel Escalona, gracias.

También quiero agradecer al profesor Francisco Rodríguez por sus recomendaciones y a la amable cooperación de don Hernán Muñoz F.

Finalmente darle las gracias a ese ser que está y estará siempre a mi lado...Fabián

ÍNDICE

ÍNDICE DE CONTENIDOS	i
ÍNDICE DE FIGURAS	ii
ÍNDICE DE TABLAS	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Hipótesis de Trabajo.....	11
1.2 Objetivos.....	11
2. MATERIAL Y MÉTODOS	12
2.1 Área de Estudio.....	12
2.2 Diseño Experimental.....	15
2.3 Análisis Estadístico.....	19
2.4 Medición de Parámetros Abióticos.....	22
3. RESULTADOS	23
3.1 Parámetros Biométricos.....	23
3.2 Parámetros Biológicos.....	26
3.3 Parámetros Abióticos.....	33
4. DISCUSIÓN	34
5. CONCLUSIONES	45
6. BIBLIOGRAFÍA	47

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.	Lugar de extracción de ejemplares de <i>Diplodon chilensis</i> .	12
FIGURA 2.	Mapa de ubicación de Sistema Experimental.	13
FIGURA 3.	Flujo metodológico general.	14
FIGURA 4.	Esquema de Sistema Experimental implementado.	15
FIGURA 5.	Prototipo de jaula utilizada en sistema experimental.	16
FIGURA 6.	Almejas expuestas al aire.	17
FIGURA 7.	Disposición de Sistema experimental en canal de alimentación.	18
FIGURA 8.	Rangos de tallas y número de individuos por rango registrados antes del experimento.	25
FIGURA 9.	Rangos de tallas y número de individuos por rango registrados al término del experimento.	25
FIGURA 10.	Réplica (8 Hrs. de exposición aérea) que evidencia una baja sobrevivencia de los especímenes de <i>Diplodon chilensis</i> , reflejado por apertura de valvas	26
FIGURA 11.	Sobrevivencia de especímenes de <i>Diplodon chilensis</i> por tratamiento de exposición aérea	27
FIGURA 12.	Índice de Condición Inicial promedio para cada uno de los tratamientos.	29
FIGURA 13.	Índice de Condición Final promedio para cada uno de los tratamientos.	29

FIGURA 14. Variación media entre Índice de Condición inicial y 30
final (DIC) entre tratamientos.

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA I.	Parámetros biométricos e índices de condición (IC) inicial y final promedios y sus respectivas desviaciones estándar de los individuos en cada uno de los tratamientos.	24
TABLA II.	Porcentaje de sobrevivencia registrada para cada tratamiento.	27
TABLA III.	Comparación entre ICi e ICf de cada réplica y control para cada tratamiento, realizado a través de la prueba de T-student.($P \leq 0.005$).	30
TABLA IV.	Comparación entre el ICf de la jaula control con cada ICf de cada tratamiento, realizados a través de la prueba estadística ANOVA ($P \leq 0.005$).	31
TABLA V.	Comparación entre los valores de índices de condición final entre cada uno de los distintos tratamientos. Prueba estadística de ANOVA.	32
TABLA VI.	Rangos de temperatura ambiente a la cual estuvieron expuestos los individuos de <i>Diplodon chilensis</i> durante los diferentes tratamientos.	33

RESUMEN

Con el propósito de evaluar el efecto de la manipulación en la efectividad de la relocalización en las poblaciones de almajas de agua dulce, como una herramienta para el manejo y conservación de estas poblaciones, se diseñó un experimento a corto plazo con una población de *Diplodon chilensis* que se expuso a la aeración durante la relocalización.

El experimento se llevó a cabo durante tres meses en el periodo de primavera-verano del 2004, en el canal que proporciona agua a la piscicultura Los Laureles, de la Escuela de Acuicultura de la Universidad Católica de Temuco. Los especímenes de *Diplodon chilensis* fueron capturados al azar por buceo en el lago Colico y se llevaron en coolers hasta la piscicultura, donde fue determinado el índice de condición individual inicial siendo separados en tres grupos y que se expuso durante tiempos diferentes (2, 4 y 8 horas) de aeración. Entonces los respectivos grupos (control y las tres réplicas de 25 especímenes cada uno) fueron puestos en jaulas de alambre en el canal de la piscicultura. La temperatura del agua y la temperatura aérea fueron registradas durante el tiempo de exposición aérea de los especímenes.

Después de tres meses se evaluó índice de condición final, mortalidad y sobrevivencia de los tres grupos de tratamientos y sus respectivos controles.

Los resultados no mostraron ninguna diferencia significativa entre en el índice de condición entre los controles y los tratamientos, antes y después de el experimento.

La mortalidad de los especímenes fue registrada en dos de las jaulas con especímenes expuestos durante ocho horas de aeración. No existe ninguna diferencia en el índice de condición entre los individuos que sobrevivieron a las ocho horas de exposición aérea.

Se concluye que el factor más importante en el estrés de la manipulación en el proceso de la relocalización de las poblaciones de *Diplodon chilensis* es la temperatura que provocó una desecación de los especímenes y por consiguiente su muerte. Además primavera-verano coincide con el periodo reproductivo de las poblaciones.

Por consiguiente primavera-verano no es un tiempo apropiado para llevar a cabo procesos de relocalización de estas poblaciones.

ABSTRACT

With the purpose of evaluate the effect of manipulation in the effectiveness of relocation of freshwater mussel populations, as a tool for management and conservation of these populations, it was designed a short-term experiment with a *Diplodon chilensis* population which was exposed to aeration during the relocation.

The experiment was carried out for three months during the spring-summer period, 2004, in the channel which supplies water to The Laureles Fish Farming of the School of Aquaculture, Catholic University of Temuco. *Diplodon chilensis* specimens were captured at random by scuba diving from lake Colico and carried in coolers to the fish farming, where it was determined the individual initial condition index and separated in three groups and exposed for different times (2, 4 y 8 hours) to aeration. Then the respective groups (control and three replicates of 25 specimens each) were placed in wire cages in the fish farming channel. Water and air temperature were registered during the time of aerial exposure of the specimens.

After three months, the condition final index, mortality and survival of the three treatment groups and respective controls were evaluated.

Results showed no significant differences in the condition index among the controls and the treatments, before and after the experiment. Mortality was registered in two of the cages with specimens exposed during eight hours to aeration. There were no significant differences in the condition index among individual who survived to eight hours of aerial exposition.

It is concluded that the most important stressing manipulation factor in the translocation of the *Diplodon chilensis* population is the temperature, which brought about desiccation of the specimens and consequently their death. Besides, spring-summer coincides with the reproductive period of the populations. Therefore, spring-summer is not an appropriate time to carry out relocation processes on these populations.

1. INTRODUCCIÓN

La IX región de la Araucanía, así como otras latitudes del mundo, no ha estado ajena al desarrollo económico a través de proyectos de inversión que afectan en algún grado a los recursos naturales, a fin de lograr un mayor desarrollo económico y social en una de las regiones más deprimidas del país. Una significativa inversión ha ido por el lado de la infraestructura vial con el desarrollo de carreteras y actividades asociadas: extracción de áridos, construcción de puentes, empalmes, así como del uso del borde costero de los cuerpos de agua con fines turísticos y de urbanización.

Dado que la IX Región tiene una vasta red hidrográfica, los proyectos viales afectan potencialmente estos cuerpos de agua por las perturbaciones que se producirían en el medio ambiente, impactos que no han sido evaluados en su real dimensión, muchas veces por el desconocimiento que se tiene de la biodiversidad existente y el significativo rol que ella juega en la mantención de los ecosistemas y calidad de sus aguas.

En este contexto, las almejas de agua dulce en Chile son un componente valioso de la biodiversidad acuática continental, en especial en el sur de Chile, como en otras áreas geográficas del hemisferio norte y sur. En Chile el rol de *Diplodon chilensis* en los ecosistemas ha sido documentado ampliamente. Es así que su alimentación por suspensión (Henríquez, 2002) y su tamaño y longevidad

(Parada et al., 1989) pueden influenciar en la abundancia de las comunidades fitoplanctónicas (Daukas et al., 1981, Soto & Mena, 1999), la calidad de las aguas y el ciclaje de nutrientes (Lara & Parada, 1991; Soto & Mena, 1999). Parada et al. (1996) han señalado que son un componente importante para el flujo de la energía y ciclo de nutrientes tanto en sistemas lénticos como lóticos ya que constituyen una proporción significativa de la biomasa macrobentónica dulceacuícola.

El estado actual del conocimiento de los bivalvos de agua dulce en Chile, permite señalar que a diferencia de lo que ocurre con los bivalvos marinos, los dulceacuícolas constituyen un grupo menos diverso. Los bivalvos presentes en Chile pertenecen a dos familias: Sphaeriidae que incluye las especies conocidas como almejas “píldora” (“pill clams”) y a las “uña de dedo” (“fingernail clams”), y la familia Hyriidae que incluye los vulgarmente conocidos en Chile como choritos de agua dulce. Ambas familias han registrado serios conflictos taxonómicos, en especial los híridos, razón por la cual su situación en este aspecto es precario. Muchos de estos conflictos se han suscitado debido a los cambios que ha experimentado el concepto de especie a través del tiempo, situación que también se ha presentado en bivalvos dulceacuícolas de otros continentes (Williams & Mulvey, 1997).

En Sudamérica y específicamente en la patagonia de Argentina y Chile se han descrito aproximadamente 25 tipos del género *Diplodon* Spix, los que según

Hass (1930-1931) pueden adscribirse prácticamente en su totalidad a una especie: *Diplodon chilensis* (Gray, 1828) y a dos subespecies en las formas chilenas: *D. ch. chilensis* y *D. ch. patagonicus*; la primera habitaría desde Valparaíso hasta la Isla de Chiloé y la segunda habitaría la región más austral de Chile y la patagonia argentina, con un límite meridional argentino en el Lago Futralauquén (Parada *et. al.*, 1989a). De acuerdo a Parada & Peredo (2002), *Diplodon chilensis* se distribuye desde el río Mataquito-Curicó (34° 58' S; 71° 48' W) hasta el río Negro- Istmo de Ofqui (46° 37' S; 74°10' W), en tanto que en Argentina se distribuye desde Mendoza (32° 52' S; 68° 51' W) hasta Chubut (45° 51' S; 67° 28' W) según Bonetto (1973).

Diplodon chilensis, es un bivalvo dulceacuícola común en fuentes de aguas dulces a lo largo de gran parte de nuestro país. Históricamente, la importancia de estas almejas en Chile no sólo ha sido ecológica. Existen registros de existencia de conchas en asentamientos prehispánicos de la IX Región (Sánchez & Inostroza, 1985; Parada *et al.*, 1989^a). En la X Región, Dillehay (1984) señala que estas almejas eran fuente de alimento de poblaciones indígenas. A pesar de la importancia ecológica en estas últimas décadas, se ha advertido una notable disminución de la abundancia y/o desaparición de poblaciones en algunos cuerpos de agua (Parada y Peredo Com. Pers.). Esta declinación de la abundancia de las poblaciones ha sido atribuida por Parada y Peredo (Com. Pers.) a la degradación de la calidad de las aguas, destrucción de hábitat (embalsamiento, canalización, entre otros), y a la introducción de especies

ícticas que han desplazado a las especies nativas que se constituyen en hospederos de la larva gloquidio de las almejas, entre otras, además de su capacidad de filtración y de su eficiencia como bombeadores (Soto & Mena, 1999), *Diplodon chilensis* se caracteriza por poseer una baja tasa de crecimiento individual (Parada et al., 1989b) y además influyen sobre la ecología del fitoplancton, la calidad de las aguas y el ciclaje de nutrientes (Soto & Mena op. cit.).

Lo anterior, unido a la alta capacidad de filtración de *Diplodon chilensis*, señalada por Busse (1970) colocan a esta especie en un status de importancia para la trofía de los cuerpos de agua, regulando las densidades poblacionales de las especies que conforman el fitoplancton como lo ha demostrado Daukas op.cit., (1981) en *Anodonta implicata* y *Elliptío complanata*. Lo anterior se complementa con los antecedentes sobre *D. chilensis* reportados por Sepúlveda (1988) con relación a su eficiente capacidad de filtrar bacterias bentónicas y por Valdovinos & Cuevas (1996), Soto & Mena, (1999) y de filtrar materia orgánica (Lara et al., 2002).

Los antecedentes sobre la biología reproductiva de *Diplodon chilensis* señalan que ésta es una especie gonocórica (Parada et al., 1987). La gónada está inmersa en el tejido visceral y rodea las asas del tubo digestivo; es ovovivípara y los embriones, todos del mismo estado de desarrollo, son incubados en las hemibranquias internas de las hembras, actividad que queda restringida a los

meses de primavera y verano. Una vez completado el desarrollo de las larvas en el interior de éstas, son expulsadas hacia el exterior, a través del sifón exhalante. Las larvas gloquidios al verse liberadas al medio acuático, forman una especie de masa en el agua y esperan hasta tener la oportunidad de encontrar un hospedero, en este caso un pez. Utilizando estructuras semejantes a dientes o ganchos, se adhieren a los tejidos de las branquias o de las aletas del pez. El hospedero ante este fenómeno, reacciona encapsulando a estas larvas, formando pequeños quistes, de los cuales se alimentan las larvas aprovechando los tejidos existentes. Una vez completada la metamorfosis de las larvas en estos quistes, salen hacia el exterior donde finalmente se depositan como juveniles en el sustrato para así comenzar un nuevo ciclo (Peredo, com. pers.).

En lo que se refiere al hábitat y tipo de sustrato preferido por esta especie, Alvarenga y Ricci (1981) señalan que los uniónidos, se encuentran preferentemente en sustratos fangosos. Probablemente más importante que la granulometría del sustrato *per se* sea la cantidad de materia orgánica y fitobentos asociado a las partículas, ya que de ellos depende gran parte de la alimentación de *Diplodon chilensis*. De este modo el sustrato fangoso con gran cantidad de materia orgánica asociada, estaría determinando primariamente la abundancia de las poblaciones de *Diplodon chilensis*.

A pesar de que *D. chilensis* muestra preferentemente un patrón de distribución agregado, éste tiende a ser al azar en arena durante el otoño. Según Levinton

(1982), la distribución al azar en organismos móviles implica una independencia entre los individuos de la población; en cambio en especies sésiles se atribuye a un asentamiento larval al azar o a un asentamiento uniforme con una mortalidad al azar posterior.

El cambio experimentado en la distribución espacial de poblaciones de *D. chilensis* que se encuentran en sustrato de arena en época de otoño (de agregada a azar) posiblemente sea explicado por aspectos de su biología reproductiva. Considerando que esta especie presenta actividad reproductiva estacional (Peredo & Parada, 1986) el mayor porcentaje de hembras grávidas se encuentra en el período de primavera-verano, declinando éste en el período otoño (Parada op. cit). Respecto al tipo de alimentación y conducta alimentaria, *Diplodon chilensis* es un organismo filtrador que extrae su alimento tanto del plancton (microalgas y materia orgánica) como del bentos (microalgas, bacterias y materia orgánica) presentando una alimentación mixta (Lara et al., 2002). Estos resultados derivan de extracciones del contenido digestivo de las almejas provenientes de sustratos arenosos y areno-fangosos. De estas extracciones se puede afirmar que existe coincidencia total entre lo registrado en el contenido de especímenes provenientes de ambos sustratos.

Junto a todos estos antecedentes biológicos y ecológicos de la especie se suma además, la preocupación por la conservación de esta especie en su medio natural. Así, en lo que respecta al hábitat de *Diplodon chilensis*, éste se ha visto en cierta manera afectado por las distintas amenazas tanto naturales como por

sobre todo las de origen antrópico. Así en otras latitudes del mundo se han hecho esfuerzos por revertir los posibles efectos o más bien tratar de mantener y preservar las poblaciones de bivalvos nativos del proceso de extinción al que se ven amenazados. En este contexto se han llevado distintos métodos de manejo que han incluido a la relocalización de especies como una posible alternativa de manejo y conservación de estas especies en su medio natural.

En este contexto la relocalización se define como cualquier movimiento intencional por parte del ser humano, de una especie animal o una población de animales de una situación o lugar a otro (Fisher & Lindenmayer, 2000).

De acuerdo a Fisher & Lindenmayer (2000), se distinguen cuatro tipos de relocalizaciones o reagrupaciones: introducción, re-introducción, translocación y la suplementación. La introducción se describe como el esfuerzo por establecer una especie fuera de su rango de distribución. Las re-introducciones son el intento por establecer una especie en un área que alguna vez fue parte de su rango de distribución, pero que se ha extraído o se ha extinguido del lugar. Una translocación es el movimiento deliberado de individuos salvajes o poblaciones de una parte de su rango de distribución a otro. La fuente de animales relocalizados puede ser de origen silvestre o especies ya cautivas, ya sea para introducciones, re-introducciones y suplementaciones; en la translocación sólo se mueven o se trasladan animales silvestres (Fischer & Lindenmayer, 2000). En el caso de los países del hemisferio norte, en especial de

los EE.UU. la preocupación por la declinación de las poblaciones de almejas se ha iniciado con anterioridad a nuestro país, por cuanto no sólo se ha traducido en la disminución de la abundancia de las poblaciones sino también en una baja considerable de la diversidad específica (Anthony & Downing, 2001).

La declinación de las especies silvestres de almejas en Norteamérica ha sido provocada, entre otras causas, por la introducción de especies de almejas de agua dulce exóticas quienes han mostrado una gran capacidad de competencia por el recurso espacio y alimento frente a las nativas, transformándose en verdaderas plagas en los cuerpos de agua, como es el caso de *Dreissena polymorpha* que fue inicialmente registrada en Norteamérica en 1988 en el Lago St. Clair en Canadá y en 1990 ya estaba instalada en Los Grandes Lagos (Williams et al., 1993; Patel, 1997). Esta situación no ha sido reportada aún para Chile, aunque hay evidencias de este problema en países vecinos como Argentina. Tal es el caso de *Corbicula fluminea* y *C. largillieri* (Corbiculidae) cuya introducción fue reportada en 1981 y a la fecha ya se encuentra en los ríos nordpatagónicos en Argentina (Martín & Estebenet, 1999). Dada la ausencia de *Divortium acuarium* entre Chile y Argentina en la zona patagónica, esta situación se ve poco promisorio para nuestro país. Otra especie de bivalvo dulceacuícola invasor (*Limnoperna fortunei*: Mytilidae) ha sido reportado en la cuenca del río de la Plata en 1991 y registros actuales señalan un avance significativo en estos últimos años (Codina et al., 1999).

En el hemisferio norte, en estas últimas décadas, se ha llevado a cabo una serie de programas de relocalización de especies nativas de bivalvos dulceacuícolas con el fin de restaurar o suplementar poblaciones (Sheehan et al., 1989; Layzer & Gordon, 1993) o para remover poblaciones de los impactos inmediatos de proyectos de construcción (Trdan & Hoech, 1993). Sin embargo, todos ellos sólo fueron monitoreados un año, centrándose el esfuerzo sobre la sobrevivencia de los animales sin incluir una evaluación del reclutamiento, parámetro relevante, dada las características de sus ciclos de vida, así como tampoco el conocimiento de la variabilidad genética y una posterior evaluación de la relocalización en los organismos transplantados a largo tiempo.

Diplodon chilensis ha sido ampliamente estudiada a la fecha, de modo que se dispone de un alto grado de conocimiento de la especie, lo que permite contar con las metodologías de evaluación y medición de los distintos parámetros de su ciclo de vida y requerimientos de hábitat para llevar a cabo un proyecto de manejo adecuado de la especie. También se conoce el cariotipo de *D. chilensis* (Jara-Seguel et al., 2000) y se cuenta con un análisis cariológico de poblaciones de diferentes hoyas hidrográficas de esta especie (Peredo et al., 2003), conocimientos que son la base fundamental para emprender estudios de manejo y conservación así como para la posterior toma de decisiones.

En su gran mayoría tampoco está bien definido el objetivo o fin último de la relocalización realizada. Sin embargo, la gran mayoría está orientada a la

conservación de las especies, situación actual de América del Norte, es decir EEUU y Canadá. Australia y Nueva Zelanda muestran una tendencia similar (Fisher & Lindenmayer, 2000).

En el análisis de los estudios de relocalizaciones implementadas en el mundo a la fecha, indican que menos del 26% tuvo éxito (de un total de 116 casos estudiados), un 27% fue clasificado como fracaso y el 47% como desconocido en su seguimiento o incierto.

En síntesis, la relocalización como tal, muestra tres objetivos primarios; estos son:

- ✍ Resolver el conflicto entre el ser humano y las distintas poblaciones de animales.
- ✍ Complementar grupos de poblaciones.
- ✍ Y la conservación de éstas (Fisher & Lindenmayer, 2000).

Finalmente y aunque de un total del 93% de todos los estudios a nivel mundial sobre relocalizaciones se enfocaran a aves y mamíferos y sólo el resto para los demás taxa, se sugiere la idea que las estrategias de la relocalización pueden ser una herramienta de conservación útil para un mayor rango de taxa (Fischer & Lindenmayer op. cit.)

1.1 HIPÓTESIS DE TRABAJO

- ? La relocalización de poblaciones de almejas de agua dulce en época estival constituye una estrategia adecuada de manejo y conservación con una alta sobrevivencia y no siendo afectado mayormente el estado fisiológico de los individuos relocalizados.

1.2 OBJETIVOS

? OBJETIVO GENERAL

Evaluar la efectividad de la relocalización de poblaciones de almejas de agua dulce como una estrategia o herramienta para la conservación y manejo de estas poblaciones a través de experimentos de corto plazo.

? OBJETIVO ESPECÍFICO

Evaluar el efecto de la manipulación y tiempo de exposición al aire durante la relocalización de individuos de una población de *D. chilensis* sobre la sobrevivencia y estado fisiológico de las almejas dulceacuícolas, a través de un experimento de corto plazo.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en el periodo de primavera-verano y para tal efecto se colectó mediante buceo autónomo 300 ejemplares de *Diplodon chilensis* desde el Lago Colico, en el sector del Puerto Puma (39° 07' S; 72° 00' O) (Figura 1), en un tiempo aproximado de 2 horas, los que posteriormente fueron vaciados y trasladados en cooler (con agua del mismo lago en su interior) hasta un brazo del río Curaco (perteneciente a la hoya hidrográfica del río Toltén), que abastece a la piscicultura Los Laureles de la Universidad Católica de Temuco (39° 2' 18.6''S; 72° 12' 30''O) sitio distante aproximadamente 20 kilómetros desde el lugar de extracción hasta el lugar donde se montó el sistema experimental (Figura 2).



Figura 1. Lugar de extracción de ejemplares de *Diplodon chilensis*, Puerto Puma Lago Colico, IX región.

Mapa de Ubicación. Sistema Experimental.

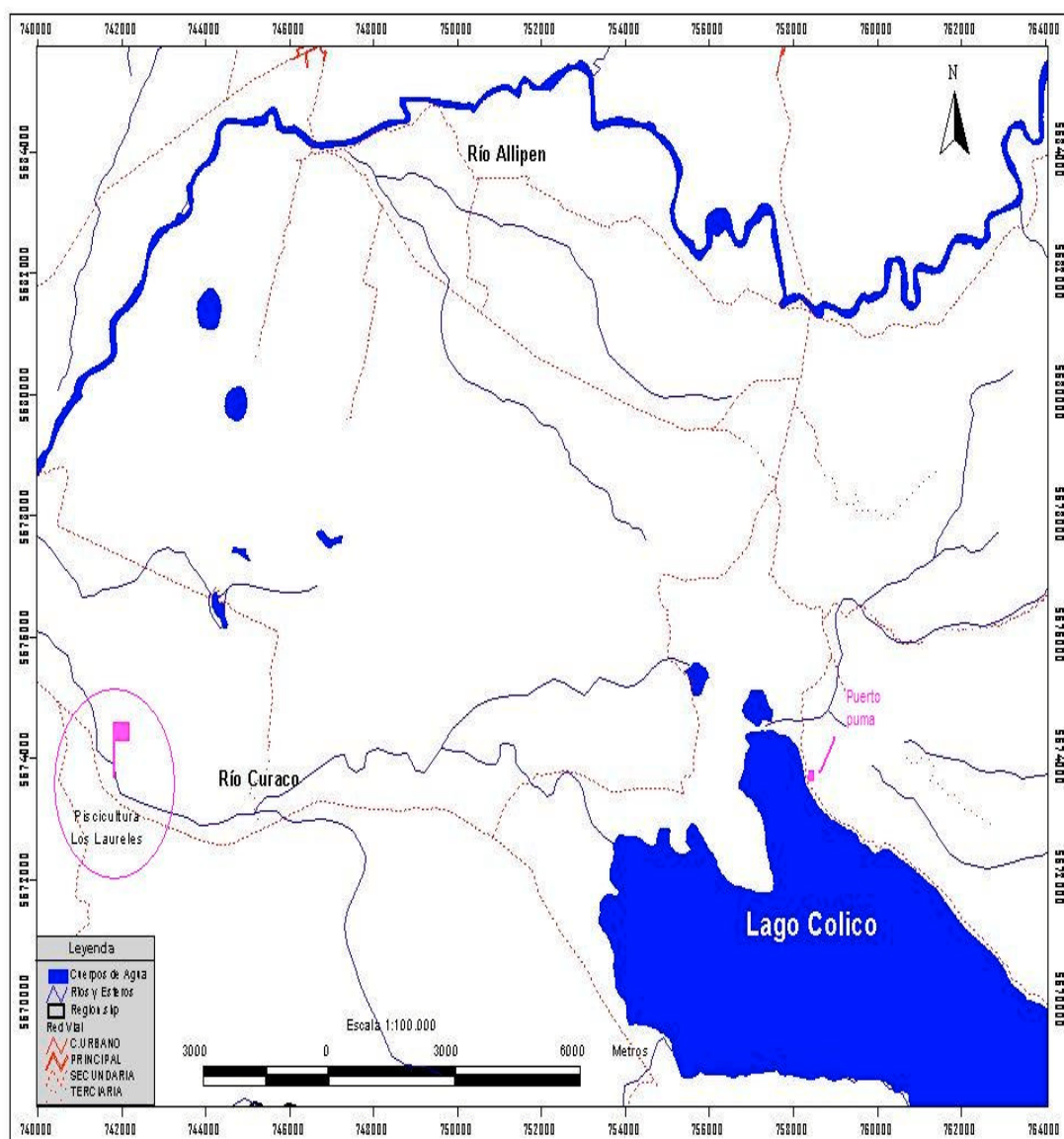


Figura 2. Mapa de ubicación. Sistema experimental

FLUJO METODOLÓGICO

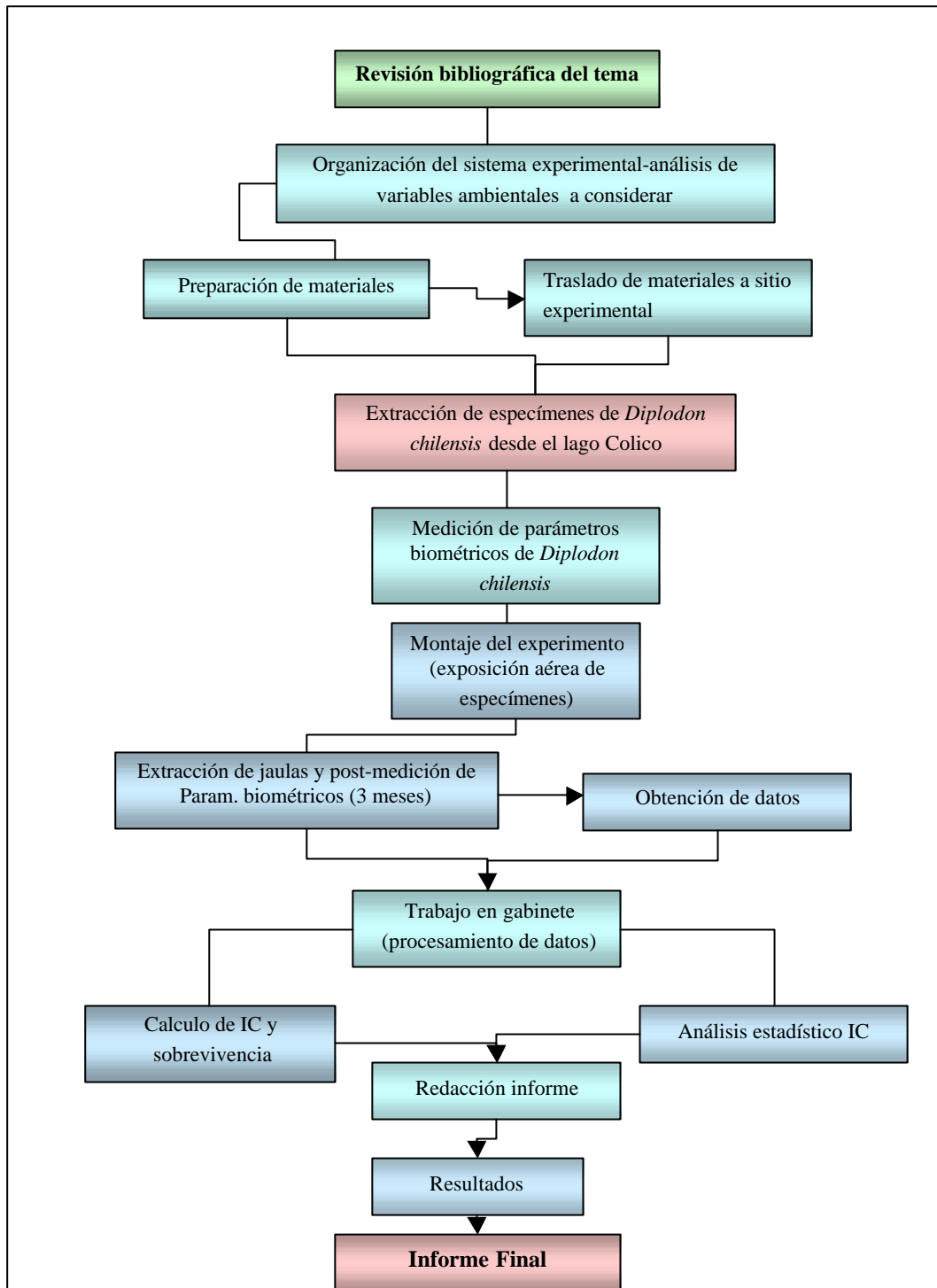


Figura 3. Flujo metodológico general.

2.2 Diseño experimental

El diseño experimental estuvo compuesto de tres grupos de tratamiento con 3 réplicas para cada tiempo de exposición al aire (2, 4 y 8 horas respectivamente) y su control respectivo (sin exposición al aire). Cada grupo de tratamiento y su control respectivo, constó de 25 almejas elegidas al azar del total de especímenes trasladados (Figura 4 y 6). Las almejas de cada tratamiento y control respectivo se colocaron en jaulas de alambre grueso de 5 mm de diámetro y de dimensiones, 30 cm de longitud, 20 cm de ancho y 15 cm de alto y con una abertura de malla de 1,5 cm (Figura 5).

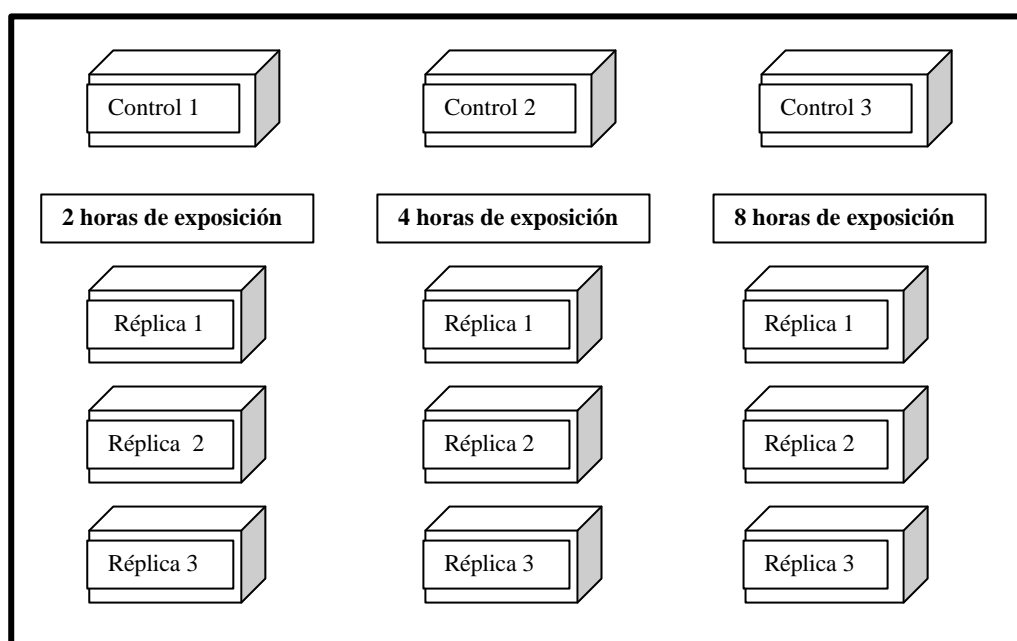


Figura 4. Esquema del sistema experimental implementado para cada uno de los distintos tratamientos y sus respectivos controles .

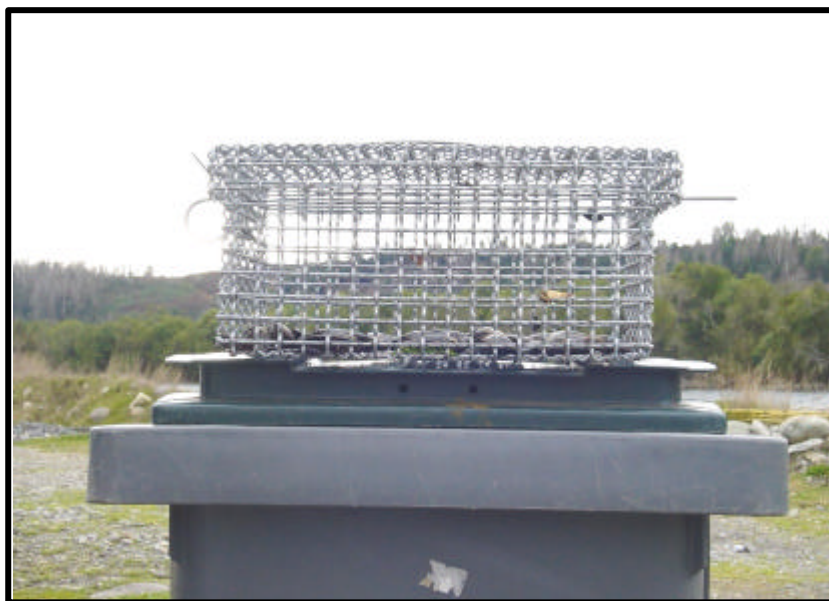


Figura 5. Prototipo de jaula utilizada en sistema experimental para cada uno de los distintos tratamientos.

Una vez posicionados los especímenes rápidamente en sus respectivas jaulas, previamente marcadas, se expusieron a la temperatura ambiental del momento completando 2, 4 y 8 horas de exposición aérea para cada grupo respectivo (Figura 6). Consecutivamente se fueron colocando en el agua del canal transcurrido 2, 4 y 8 horas de exposición al aire asegurándose de que las jaulas no fueran arrastradas por la corriente del agua de dicho canal. En total fueron 12 jaulas las cuales fueron sumergidas en dicho canal (Figura 7), que presenta como principal característica un sustrato areno pedregoso y un ancho de $\pm 3\text{m}$, con una profundidad de $\pm 1.5\text{m}$.



Figura 6. Exposición al aire de especímenes de *Diplodon chilensis*.

Previo a la instalación de las almejas en las jaulas y antes de ser sumergidas en el canal, teniendo casi cumplidas las horas de exposición al aire de cada tratamiento y sus controles respectivos, se procedió a medir rápidamente a través de manipulación directa, la longitud valvar inicial (LV), mediante la utilización de un Vernier digital (± 0.05 mm), y el peso húmedo inicial (PH) de cada uno de los especímenes, utilizando una balanza electrónica de alta precisión (± 0.0001 g). Posteriormente el sistema experimental se depositó y sumergió en dicho canal y se mantuvo allí por tres meses (Figura 7).



Figura 7. Disposición de sistema experimental en canal de alimentación de piscicultura Los Laureles, posterior a la exposición al aire de los especímenes.

Transcurrido el tiempo estipulado para el experimento se extrajeron las jaulas (réplicas y control del sistema experimental), y a continuación se procedió a medir nuevamente la longitud valvar y el peso húmedo de cada almeja.

Las mediciones de longitud valvar y peso húmedo, permitieron determinar el estado fisiológico de los individuos al inicio y al término del experimento mediante la fórmula:

$$IC= P \times L^{-3} \times 100$$

Donde:

IC: Índice de Condición.

P: Peso Húmedo, medido en miligramos.

L: Longitud Valvar medida en milímetros.

Los registros de longitud valvar inicial y longitud valvar final permitieron además determinar la estructura de tamaños de la población antes y después de terminado el experimento.

La sobrevivencia de los especímenes se determinó de acuerdo a Waller et al. (1995) mediante la fórmula:

$$S = \frac{\text{NT vivos}}{\text{NT vivos y muertas}} \times 100$$

NT: Número Total de especímenes.

2.3 Análisis estadístico

A fin de determinar diferencias significativas entre los valores de Índice de Condición Inicial e Índice de Condición Final obtenidos en cada uno de los diferentes tratamientos se procedió a aplicar diferentes pruebas estadísticas que permitan su comparación y/o diferenciación.

En primera instancia se realizó una comparación de la diferencia entre el Índice de Condición Inicial (ICi) y el Índice de Condición Final (ICf) de cada uno de los tratamientos (2, 4 y 8 horas respectivamente), obteniéndose una diferencia total entre ambos índices de condición denominado DIC (ICf – ICi), con el cual se procedió a realizar el test estadístico de ANOVA para determinar si existen o no diferencias entre los valores del DIC entre los tratamientos con el objetivo de

hacer una comparación entre los tratamientos y si los valores de índices de condición calculados difieren entre si, o si existe alguna diferencia significativa entre ellos, que presuma algún efecto en el estado fisiológico de los especímenes. Previo a lo anterior se realizó una prueba de normalidad para los datos, Shapiro-Wilks y además una prueba de homocedasticidad de Bartlett, de los mismos (Walpole et al., 1992).

Posteriormente se realizó un análisis estadístico utilizando como prueba estadística el test de t-student pareado para una población dependiente, con el objetivo de hacer principalmente una comparación entre el índice de condición inicial (ICi) e índice de condición final (ICf) de una misma jaula y para un mismo tratamiento, y así poder establecer si transcurridos los tres meses del experimento existe alguna diferencia en lo que respecta al estado fisiológico de los individuos relacionando el índice de condición inicial y el índice de condición final de un mismo tratamiento, es así como se procedió a comparar ambos índices y además los índices calculados para los distintos controles pudiendo determinar si existen o no diferencias significativas entre los índices de condición inicial e índice de condición final de cada uno de los tratamientos y sus respectivos controles, análisis realizado con el programa estadístico Stat Most versión 3.0.

Para observar si existe alguna diferencia entre los valores obtenidos de Índice de Condición de los individuos que no fueron sometidos a ningún tipo de

tratamiento de exposición al aire, es decir control, y los individuos que si lo estuvieron, es decir con tratamientos de 2, 4 y 8 horas de exposición al aire, en términos de determinar el estado fisiológico final o índice de condición final y ver si hubo diferencias en este Índice, se procedió a comparar mediante la prueba estadística de ANOVA, los valores calculados de índice de condición final de un mismo tratamiento con el valor del índice de condición final de cada control respectivo, con el fin último de determinar si existen o no diferencias significativas entre los índices de condición final control con el índice de condición final de un mismo tratamiento. El análisis se realizó con la ayuda del programa estadístico Stat Most versión 3.0.

Finalmente mediante un análisis de varianza ANOVA, se determinó si existen o no diferencias significativas entre los diferentes tratamientos (2, 4 y 8 horas respectivamente), con respecto al estado fisiológico final de los individuos, esto es, comparando el Índice de Condición Final de los individuos del primer tratamiento (2 horas de exposición con el de 4 horas de exposición, posteriormente el de 2 horas con el de 8 horas y finalmente el de 4 horas de exposición con el de 8 horas de exposición aérea, mediante la prueba estadística de ANOVA con ayuda del programa estadístico Stat Most versión 3.0.

2.4 Medición de parámetros abióticos

Previo a lo anterior y antes de ser implementado el sistema experimental se procedió a tomar en terreno la temperatura del agua del canal de alimentación donde fue implementado el experimento y además la temperatura ambiental o de exposición al aire al cual fueron expuestos los especímenes de *Diplodon chilensis*.

3. RESULTADOS

3.1 Parámetros biométricos

Los valores de longitud valvar (LV) y de peso húmedo (PH) promedio de cada individuo en cada uno de los tratamientos y controles respectivos al inicio y al final del experimento, se presentan en la Tabla I.

Los resultados obtenidos de LV indican que no existe variación entre la longitud valvar registrada al inicio y la longitud valvar registrada al final del periodo en cada individuo, como lo demuestra la estructura de tamaños de la población obtenida en ambos periodos (Figura 8 y 9).

Respecto al peso húmedo promedio de los individuos, tampoco existiría una variación significativa al inicio y al término del experimento (Tabla I).

Tabla I. Parámetros biométricos e índices de condición (IC) inicial y final promedios y sus respectivas desviaciones estándar de los individuos en cada uno de los tratamientos.

2 hrs. Verano	LV inicial mm	LV final mm	Peso H inicial mg	Peso H final mg	IC inicial	IC final
Control 1	51,54 (\pm 7,61)	52,42 (\pm 7,43)	12722 (\pm 4740,09)	13115,4 \pm (4704,77)	9,022 \pm (1,14)	8,92 \pm (1,50)
Réplica 1	55,72 (\pm 6,84)	56,09 (\pm 6,84)	16569,6 (\pm 4953,76)	17237,2 \pm (4976,64)	9,36 \pm (1,13)	9,56 \pm (1,02)
Réplica 2	57,07 (\pm 6,35)	57,9 (\pm 6,90)	16585,2 (\pm 4762,37)	16546 \pm (4633,89)	8,75 \pm (1,15)	8,4 \pm (1,16)
Réplica 3	51,51 (\pm 6,61)	51,92 (\pm 6,62)	16143,6 (\pm 14925,8)	13665,6 \pm (5095,92)	12,15 \pm (14,1)	9,41 \pm (1,39)
4 Hrs. Verano						
Control 2	53,27 (\pm 6,60)	53,55 (\pm 6,54)	14359 (\pm 4405,13)	14777 \pm (4513,6)	9,29 \pm (1,29)	9,41 \pm (1,23)
Réplica 1	54,98 (\pm 7,89)	51,44 (\pm 6,20)	15446 (\pm 5123,36)	13113 \pm (5081,17)	9,03 \pm (1,07)	9,2 \pm (0,87)
Réplica 2	52,74 (\pm 7,89)	52,96 (\pm 7,85)	14079 (\pm 4901,93)	14500 \pm (5183,14)	9,34 \pm (1,33)	9,44 \pm (1,27)
Réplica 3	56,75 (\pm 6,75)	55,82 (\pm 6,75)	17243 (\pm 6180,3)	17754 \pm (6173,29)	9,08 \pm (0,96)	11,08 \pm (8,75)
8 hrs. Verano						
Control 3	48,68 (\pm 7,87)	48,53 (\pm 8,33)	10934 (\pm 4769,27)	10858 \pm (4769,27)	8,99 \pm (1,82)	9,15 \pm (1,55)
Réplica 1	53,77 (\pm 8,24)	Muertos	14986 (\pm 6210,27)	Muertos	9,18 \pm (0,95)	Muertos
Réplica 2	50,42 (\pm 8,57)	Muertos	13247 (\pm 5451,83)	Muertos	10,11 \pm (2,71)	Muertos
Réplica 3	49,84 (\pm 7,14)	55,95(\pm 7,50)	11722,4 (\pm 5034,47)	16377 \pm (6328,35)	9,07 \pm (1,19)	8,94 \pm (1,26)

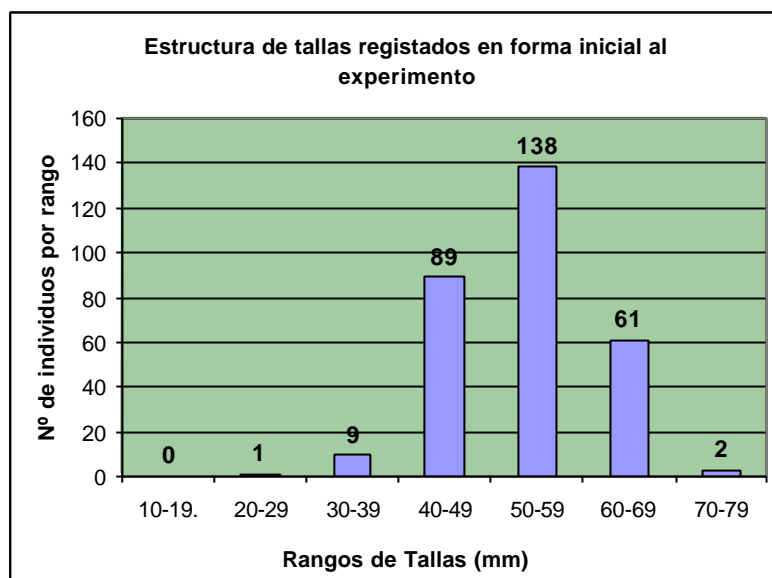


Figura 8. Rangos de tallas y número de individuos por rango registrados antes de ser sometidos al experimento.

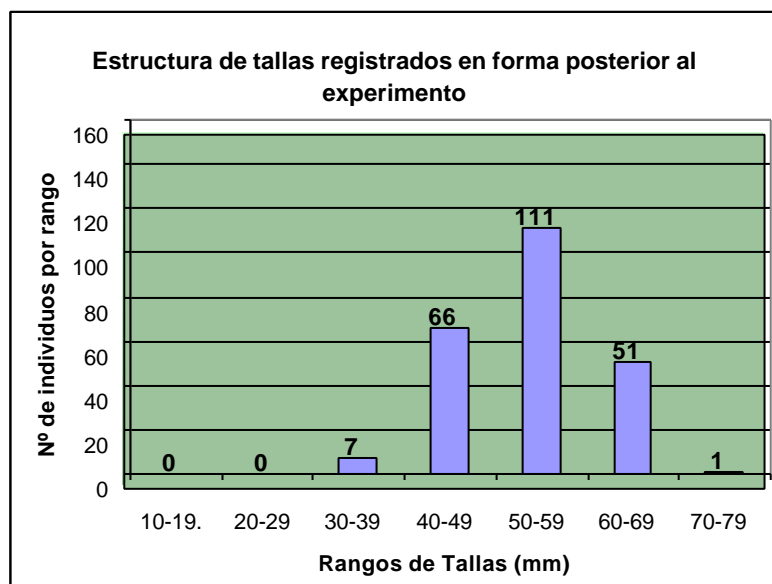


Figura 9. Rangos de tallas y número de individuos por rango registrados posterior a ser sometidos al experimento.

3.2 Parámetros biológicos

El porcentaje de sobrevivencia de los especímenes en cada uno de los tratamientos se presenta en la Figura 11 y Tabla II. Los resultados indican que la sobrevivencia de los especímenes de *Diplodon chilensis* no se vió afectada en los tiempos de exposición de 2 y 4 horas, obteniéndose una sobrevivencia del 100% en cada uno de los tratamientos, no así para el tratamiento de exposición aérea de 8 horas el cual registró una muy baja sobrevivencia (18,6%) de los especímenes (Tabla II y Figuras 10 y 11).



Figura 10. Réplica (8 Hrs. de exposición aérea) que evidencia una baja sobrevivencia de los especímenes de *Diplodon chilensis*, reflejado por apertura de valvas.

Tabla II. Porcentajes de sobrevivencia registrada para cada tratamiento.

2 hrs. Verano	Sobrevivencia (%)
Control 1	100%
Réplica 1	100%
Réplica 2	100%
Réplica 3	100%
4 Hrs. Verano	
Control 2	100%
Réplica 1	100%
Réplica 2	100%
Réplica 3	100%
8 hrs. Verano	
Control 3	100%
Réplica 1	0%
Réplica 2	0%
Réplica 3	18.6%

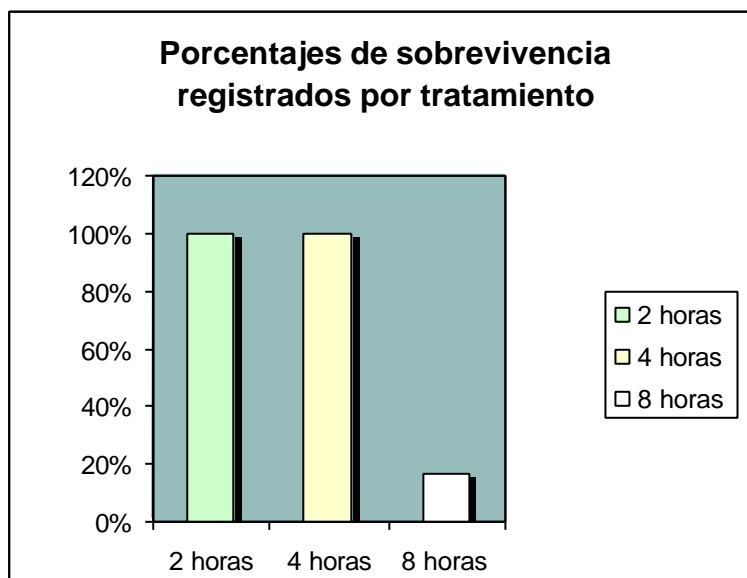


Figura 11. Sobrevivencia de especímenes de *Diplodon chilensis* por tratamiento de exposición aérea.

Los resultados del estado fisiológico (o gordura) promedio de los especímenes, medidos a través del Índice de Condición al inicio del experimento y al final de éste, en cada uno de los tratamientos y sus respectivos controles se presentan en la Tabla I y en las Figuras 12 y 13, donde no se evidencia diferencia alguna entre tratamientos en los valores de IC, corroborado estadísticamente.

En lo que respecta al análisis estadístico realizado a los valores de Índice de Condición Inicial y Final obtenidos, estos indican que no existen diferencias significativas entre los tratamientos de exposición al aire de 2, 4 y 8 horas respectivamente según lo probado mediante el análisis de varianza ANOVA a través del análisis de la diferencia entre el Índice de Condición Inicial y el Índice de Condición Final en todos los tratamientos, ya que la variación media de la diferencia entre ambos índices no presenta diferencias significativas entre los tratamientos con un valor de $p = 0,684$. Presentando además una distribución normal con un valor de “p” (probabilidad) de 0,0156433 para la prueba de Shapiro-Wilks, y varianzas homogéneas con un valor de “p” de 0,00003 para la prueba de Bartlett (Figura 14).

En la Tabla III se muestran los resultados de la comparación con la prueba t de Student entre el Índice de Condición Inicial y el Índice de Condición Final aplicado a los individuos sobrevivientes de cada uno de los tratamientos y controles. Los valores obtenidos señalan que no hay diferencias significativas entre ambos valores ($p > 0,05$).

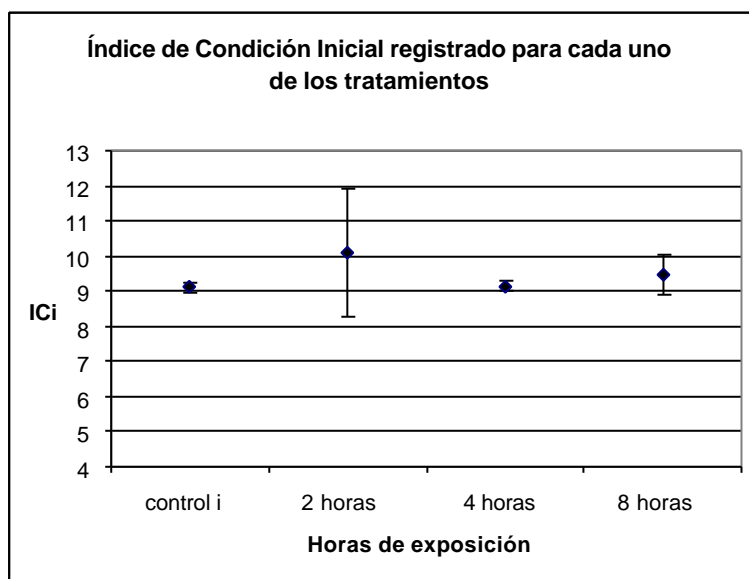


Figura 12. Promedios y desviación estándar del Índice de Condición Inicial para cada uno de los tratamientos.

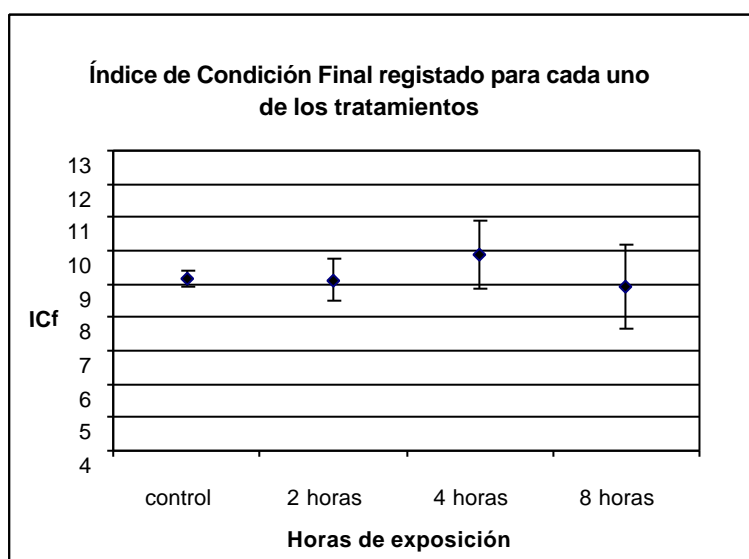


Figura 13. Promedios y desviación estándar del Índice de Condición Final para cada uno de los tratamientos.

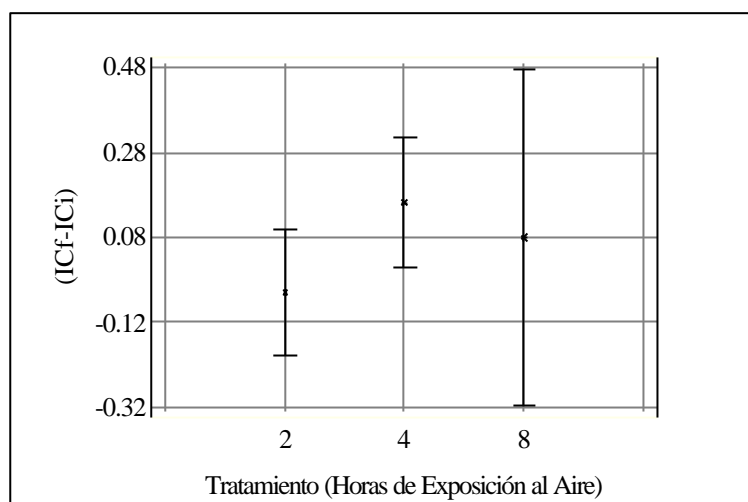


Figura 14. Variación media entre índice de condición inicial y final (DIC) entre tratamientos.

Tabla III. Comparación entre ICI e ICf de cada réplica y control para cada tratamiento, realizado a través de la prueba T-student ($P > 0,05$).

2 hrs. Verano	Valor p t-student
Control 1 ICI v/s ICF	0,3614
ICI Réplica N° 1 v/s ICF Réplica N°1	0,244
ICI Réplica N° 2 v/s ICF Réplica N° 2	0,111
ICI Réplica N° 3 v/s ICF Réplica N° 3	0,17
4 Hrs. Verano	
Control 2 ICI v/s ICF	0,3621
ICI Réplica N° 1 v/s ICF Réplica N° 1	0,159
ICI Réplica N° 2 v/s ICF Réplica N° 2	0,394
ICI Réplica N° 3 v/s ICF Réplica N° 3	0,134
8 hrs. Verano	
Control 3 ICI v/s ICF	0,3819
ICI Réplica N° 3 v/s ICF Réplica N° 3	0,444

En el caso de la comparación realizada entre el índice de condición final de cada jaula control con el índice de condición final de los otros tratamientos, efectuado con el prueba de análisis de Varianza (ANOVA) de una vía para poblaciones independientes, se pudo observar que no existen diferencias significativas entre los valores obtenidos del índice de condición final control y los índices de condición final de cada una de las réplicas para cada tratamiento ya que los valores obtenidos de “p” denotan que no hay diferencias entre el estado de gordura posterior a tres meses, entre control y tratamientos (Tabla IV).

Tabla IV: Comparación entre el ICf de la jaula control con cada ICf de cada tratamiento, realizados a través de la prueba estadística ANOVA ($P > 0,05$).

2 hrs. Exposición	Valor p ANOVA
ICF control 1 v/s ICF Réplica N° 1	0,088
ICF control 1 v/s ICF Réplica N° 2	0,184
ICF control 1 v/s ICF Réplica N° 3	0,234
4 Hrs. Exposición	
ICF control 2 v/s ICF Réplica N° 1	0,539
ICF control 2 v/s ICF Réplica N° 2	0,226
ICF control 2 v/s ICF Réplica N° 3	0,25
8 hrs. Exposición	
ICF control 3 v/s ICF Réplica N° 3	0,661

Finalmente, en lo que respecta al análisis estadístico, la comparación del Índice de Condición Final entre tratamientos, realizado con la prueba de ANOVA, denota que no existen diferencias entre los valores de índices de condición comparados, es decir la variación entre el estado de gordura entre los tratamientos, ya sea entre el tratamiento de 2 y 4 horas, 2 y 8 horas y 4 y 8 horas de tratamiento, no varía significativamente según los valores obtenidos de “p” como muestra la Tabla V.

Tabla V. Comparación entre los valores de índices de condición final entre cada uno de los distintos tratamientos. Prueba estadística de ANOVA ($p > 0,05$).

Comparación entre	Valor p ANOVA
2 y 4 horas de exposición	0,1987
Comparación entre	
2 y 8 horas de exposición	0,5138
Comparación entre	
4 y 8 horas de exposición	0,3242

3.3 Parámetros abióticos

Los rangos de temperaturas registrados durante la exposición al aire de los especímenes fluctuaron entre los 16,8°C, al comienzo del experimento, hasta los 22,1°C al término de éste. Las variaciones de temperatura del agua del canal en el cual se fueron depositando las jaulas del experimento se presentan en la Tabla VI.

Respecto a los registros de temperatura ambiental al momento de la extracción y medición final de los parámetros biométricos de los especímenes, ésta fluctuó entre los 12,5°C y los 13°C. La temperatura del agua canal a la cual se encontraban los especímenes al momento de ser extraídos fue de 14°C (Tabla VI).

Tabla VI. Valores de temperatura ambiente a la cual estuvieron expuestos los individuos de *Diplodon chilensis* durante los diferentes tratamientos de emersión y valores de temperatura del agua del canal al inicio y término del experimento.

Exposición	Parámetro	Rangos T°C aire durante emersión 08-01-04	Diferencia T°C aire durante emersión	Tª al momento de extracción 26-04-04
2 hrs.	T° Ambiente	16,8 – 17,3	0,5	12,5
	T° agua canal	16,4		14
4 hrs.	T° Ambiente	16,8 – 17,2	0,4	13
	T° agua canal	18		14
8 hrs.	T° Ambiente	16,8 – 22,1	5,3	12,5
	T° agua canal	21,4		14

4. DISCUSIÓN

Según los resultados obtenidos respecto a los rangos de tallas y/o longitud valvar registrados de la extracción de especímenes, éstos se ajustarían al tamaño promedio de longitud valvar que según Haas (1969) nominó como *Diplodon chilensis*, tanto a nivel intrapoblacional como interpoblacional; se ajusta además al rango de tallas promedios encontrados en distintos ambientes tanto lóticos como lénticos del sur de Chile (Parada et al., 1989a), así como a los tamaños promedios en individuos que habitan en otras aéreas de la hoya hidrográfica del río Toltén (Parada et al., 1989b).

Inicialmente se puede señalar que el estado fisiológico de los individuos de *D. chilensis*, evaluado a través del Índice de Condición, antes y después de ser sometidos a los diferentes tratamientos de exposición al aire, no varió significativamente, es decir, el estado fisiológico de los especímenes que sobrevivieron al proceso de relocalización en cada uno de los tratamientos al cabo de tres meses de ser evaluado no habría sido afectado, o bien si se afectó, los individuos de *D. chilensis* fueron capaces dentro de esos tres meses de recuperar y estabilizar su estado fisiológico inicial.

En este contexto, estudios similares realizados por Newton et al. (2001), con cuatro especies de uniönidos pertenecientes a las subfamilias Amblesinae y Lampsilinae, donde se evaluó el proceso de relocalización, en dos ambientes

distintos (laguna artificial y río), mediante el estado fisiológico (IC) de los individuos pero con una metodología distinta como es la determinación de la concentración de glicógeno en el pie y en el manto, indican que al cabo de un año que no existen diferencias en los valores iniciales y finales del Índice de Condición de los especímenes cuando fueron relocalizados en un río, sin embargo, sí en las que fueron instaladas en una poza o laguna artificial, donde el Índice de Condición bajó en comparación con los resultados obtenidos desde el río. Para el caso del presente estudio los resultados indicaron que tampoco existieron diferencias significativas antes y después de la exposición al aire en el nivel del estado fisiológico evaluado de los individuos sobrevivientes, eso sí después de transcurridos tres meses, por lo tanto se puede señalar que los especímenes fueron capaces de recuperar su estado fisiológico después del estrés producido por la emersión y en forma prematura a lo señalado por Newton et al. (2001).

Además de lo anterior el crecimiento alcanzado por las diferentes especímenes de bivalvos según lo expresado por Newton et al. (2001), tampoco fue significativo aún cuando existió en algunos casos variación en crecimientos individuales de diferentes especímenes pero que en conjunto no fueron medidas significativas; en forma análoga, para el caso de *D. chilensis* no existió una variación significativa en el rango de tamaños y/o tallas en su conjunto, registradas al inicio del experimento como al término de éste, obtenidas al final del periodo (Figuras 8 y 9). Es importante destacar entonces que el tiempo de

permanencia del experimento al cual fue sometido *D. chilensis* no influiría mayormente en su crecimiento al ser este periodo demasiado corto, resultado totalmente esperable ya que *Diplodon chilensis* presenta un muy lento crecimiento (Parada et al., 1989b).

Respecto al análisis realizado a todos los tratamientos en conjunto (2, 4 y 8 horas respectivamente), con la prueba estadística de ANOVA y donde se comparó la diferencia (DIC) entre el Índice de Condición Inicial (ICi) de todos ellos y el Índice de Condición Final (ICf) (ICf-ICi), se demuestra y se confirma que no existiría diferencias significativas entre los tratamientos realizados y evaluados al cabo de tres meses, ya que al relacionar y analizar esta diferencia (DIC) de los tres tipos de tratamientos, no se encuentran diferencias, con lo cual se deduce que la respuesta para una recuperación del estado fisiológico de *Diplodon chilensis* después de ser expuestos se pudo haber producido dentro de los tres meses que duró el experimento. Al ser evaluado posteriormente el estado fisiológico, éste no mostró variaciones, circunstancia que se confirma al observar la variación media de la Diferencia de Índices de Condición (DIC) a las 8 horas de exposición aérea y su respectiva desviación, en la cual no existe estadísticamente diferencias significativas entre los tratamientos, respecto a este parámetro (Figura 14). Lo que sí se presenta es una mayor dispersión de los datos pasadas las 8 horas de exposición, debido quizás a la versatilidad de las variables como talla, sexo de los especímenes, edad, etc., pero que en sí misma no tiene una mayor relevancia estadística, corroborado finalmente por la

ausencia de una correlación positiva y negativa de los datos de DIC en base a la respuesta de los individuos, a través del tiempo para cada uno de los tratamientos. Por otro lado al observar los promedios de Índice de Condición Inicial y Final de cada uno de los diferentes tratamientos no se evidencia diferencia entre los valores obtenidos para este parámetro, teniendo como referencia el tratamiento control para ambos casos y donde se puede observar que no existe variación entre los distintos tratamientos antes y después de implementado el experimento (Tabla I).

Finalmente, y como ya se mencionó anteriormente, para el caso del análisis de los resultados obtenidos de IC, en la comparación realizada de Índices de Condición Inicial y Final de un mismo tratamiento (t-student) como en la comparación realizada entre control e Índices de Condición Final (ANOVA) de distintos tratamientos, se puede afirmar que para ambos casos tampoco existen diferencias significativas entre los valores de Índices de Condición en el tiempo que transcurrió el experimento; esto demuestra que a pesar de que estos individuos estuvieron expuestos a tiempos diferentes de exposición aérea, el estado de gordura o estado fisiológico de los individuos que sí sobrevivieron, no varió en forma significativa transcurridos los tres meses de duración del experimento, aún para el caso de las 8 horas de exposición al aire donde se registró y observó una evidente situación de estrés y una disminución en la sobrevivencia debido principalmente por el alza de la temperatura ambiental del momento (22°C), pero que sin embargo no denota una disminución en el estado

fisiológico de los especímenes que sobrevivieron siendo por lo tanto tres meses un tiempo de respuesta suficiente para que aquellos especímenes que sobrevivieron pudieran recuperarse después de la perturbación a la cual fueron expuestos.

Los resultados de sobrevivencia están estrechamente relacionados con la temperatura del aire del momento y el tiempo de exposición. A mayor temperatura del aire y a mayor tiempo de exposición, menor es la sobrevivencia (Tablas II y VI, Figura 11). Lo anterior fue detectado en el tratamiento de 8 horas de emersión, cuyas temperaturas fluctuaron entre 16,8°C obtenidos a las 9⁰⁰hrs., hora de inicio del experimento hasta los 22°C, alrededor de las 17⁰⁰hrs., hora de término del experimento.

En lo que respecta a la sobrevivencia de especímenes registrada en los otros dos tipos de tratamientos (2 y 4 horas de exposición) a la cual fue sometido *D. chilensis*, éstas no se vieron afectadas ya que los rangos de temperaturas y humedad relativa a esa hora de la mañana (9⁰⁰-12⁰⁰hrs.) no variaron considerablemente no representando una limitante para la sobrevivencia y recuperación de los individuos (Tabla II).

Estudios similares llevados a cabo en *D. chilensis* en época de otoño-invierno (Parada et al., 2004), mostraron un 100% de sobrevivencia a los 2, 4 y 8 horas de exposición al aire. Dicho experimento registró temperaturas máximas de 12°C en el transcurso del desarrollo de éste. La comparación con el presente

estudio permite afirmar que las altas temperaturas en tiempos prolongados, provocan una desecación significativa de los especímenes la que se manifiesta inicialmente con abertura de valvas y movimientos del pie.

Es importante también destacar que la actividad reproductiva de *Diplodon chilensis* aumenta en época estival (Peredo et al., 1986), al igual que la temperatura ambiental, la disponibilidad de alimento y las temperaturas de las aguas lo que coincide con la época elegida para efectuar la relocalización, lo cual podría influir en la disminución de la tasa de sobrevivencia obtenida al final del proceso, siendo esta temporada un periodo crítico, ya que los ejemplares de *Diplodon chilensis* aumentan su esfuerzo reproductivo (Parada et al., 1987) lo cual la hace más sensible para llevar a cabo este tipo de proceso en esta época en particular. En este contexto y según lo expresado por Waller et al. (1995) en experiencias realizadas en otras especies de bivalvos de agua dulce como *Amblema plicata* y *Obliquaria reflexa*, y bajo las mismas condiciones de exposición aéreas a la cual fue expuesto *D. chilensis* en un proceso de relocalización, la actividad metabólica y reproductiva de esas especies también aumenta en época estival y el estrés producido en ellas al momento de efectuar este mismo proceso, tampoco es menor ya que presentan, ambas especies, un comportamiento típico de estrés como valvas abiertas, liberación de mucus y actividad de sifones, y además una baja sustancial en la sobrevivencia pasadas las 8 horas de exposición aérea.

Para el caso de *Diplodon chilensis* el estrés producido ya sea por la manipulación o el alza de la temperatura o la exposición aire, y como se pudo comprobar posteriormente, no afectó el estado fisiológico de los individuos (IC) que sobrevivieron a este tipo de proceso al cabo de los tres meses evaluados, sin embargo la sobrevivencia de *Diplodon chilensis* si se vió afectada, en el tratamiento de 8 horas de exposición, por lo que se deduce que principalmente el alza de la temperatura ambiental durante el tratamiento, sumado a las horas de exposición aérea afectarían de forma negativa un proceso de relocalización al verse disminuida su sobrevivencia final. Al igual que *Amblema plicata* y *Obliquaria reflexa* (Waller et al., 1995), *Diplodon chilensis* muestra un mismo tipo de comportamiento y señales de estrés al ser expuesto a periodos largos al aire con elevadas temperaturas (22,1°C), por lo tanto en un proceso de relocalización de esta especie en particular, el manejo y manipulación de los especímenes no sería una causa mayor en la mortalidad de los especímenes de almejas de agua dulce, ni tampoco las temperaturas moderadas (16-17,2°C) a la cual pueden ser expuestos. Sin embargo, es muy importante destacar que el rango de temperaturas es una limitante para un proceso de relocalización dependiendo de la especie, y que en este caso en particular se registró a los 22,1° C (8 horas de exposición aérea), donde se pudo observar claras señales de un comportamiento típico de estrés al ser vistos algunos especímenes con valvas abiertas, movimientos del pie, liberación de mucus y donde se registró una baja considerable en la sobrevivencia a las 8 hrs. de exposición (Figura 11).

Bajo este alcance, la sobrevivencia final que obtuvo de *Diplodon chilensis* si se vió afectada a las 8 horas de exposición al aire, en relación a los otros tratamientos de 2 y 4 horas de exposición (Figura 11), debido principalmente a la alza de la temperatura atmosférica del momento (22°C), y donde los especímenes fueron expuestos directamente a las condiciones ambientales del momento (Figura 6), por lo que se deduce que para esta especie en particular y como ya se ha mencionado, la elevada temperatura ambiental del momento sumado a las horas de exposición al aire, es un factor preponderante en la sobrevivencia que pueda alcanzar *Diplodon chilensis* en un proceso de relocalización, pudiendo influir de manera negativa al momento de querer efectuar este tipo de proceso en esta época del año en particular, por los bajos porcentajes de sobrevivencia que se puedan obtener pasadas 8 horas de exposición aérea y principalmente con elevadas temperaturas.

Aún cuando la sobrevivencia a las 8 horas de exposición se redujo considerablemente, el estado fisiológico de los especímenes que sobrevivieron a este tipo de tratamiento no se vió afectado ni positiva ni negativamente, estimado para un periodo corto de tiempo (3 meses), pudiendo señalar que los individuos sobrevivientes al experimento fueron capaces de recuperar su estado fisiológico después del estrés producido en el proceso de relocalización durante este periodo de tiempo.

En este mismo contexto y al igual que lo reportado por Waller et al. (1995) los menores porcentajes de sobrevivencia y recuperación se registraron a las 8 horas de exposición aérea, situación que se asemeja a lo sucedido en *Diplodon chilensis* aún cuando se trate de otra especie de bivalvo dulceacuícola, pero que en igual forma fueron expuestas y manipuladas con el fin último de la relocalización. Es así que para el caso de *Obliquaria reflexa* los menores porcentajes de sobrevivencia se registraron pasadas 8 horas de exposición aérea en varias de sus réplicas, donde se registraron porcentajes de sobrevivencia de un 82% y 86%. Para el caso de *Amblema plicata* también se registraron bajos porcentajes de sobrevivencia para el tratamiento de 8 horas de exposición aérea con un registro de un 44%, 92% y 100%. En forma análoga y para el caso de *Diplodon chilensis* los menores porcentajes de sobrevivencia también se registraron pasadas las 8 horas de exposición al aire con registros de sólo un 18,6% sólo en una de sus réplicas, aunque comparativamente estos valores son muy superiores a los encontrados por Waller et al., 1995.

Es importante destacar además que de las dos especies de bivalvos estudiadas por Waller et al. (1995), *Amblema plicata* sería el bivalvo que más características comparte con *Diplodon chilensis*, como por ejemplo el rango de tamaño o de tallas que va desde 41 a 119 mm para el caso de *Amblema plicata* y de 33 a 72 mm para el caso de *Diplodon chilensis*. También y muy importante de destacar es la semejanza con respecto al periodo reproductivo y el periodo de incubación que ambas especies presentan que en el caso de *Amblema plicata* y

Diplodon chilensis ambas especies son taquitícticas (periodos de incubación cortos), y su mayor actividad reproductiva se produce también en primavera-verano, donde existe una liberación de gloquidios en el verano tardío. Así, al comparar los porcentajes de sobrevivencia para ambas especies se puede observar de que existe una semejanza con respecto a lo observado en *Amblema plicata* y respecto a *Diplodon chilensis* ya que para ambos casos se registró una alta mortalidad, para el caso de el tratamiento de 8 horas de exposición aérea, y por lo tanto una baja sobrevivencia de especímenes para la época en la cual se llevó a cabo el experimento debido probablemente al proceso que en ese momento se pueda estar produciendo, especialmente referido al ciclo reproductivo.

Establecido en los antecedentes anteriormente expuestos sobre el índice de condición final obtenido y además sobre la sobrevivencia final obtenida podemos afirmar que la hipótesis planteada no se cumpliría en su totalidad, ya que el proceso de relocalización en época estival no se constituiría en una estrategia adecuada de manejo y conservación de los ejemplares de *Diplodon chilensis*, por lo tanto se rechaza dicha hipótesis aún cuando el estado fisiológico no se vería afectado, ya que sí se ve afectada la sobrevivencia final de los individuos, debido fundamentalmente al alza de las temperaturas lo cual imposibilitaría un proceso de relocalización en esta época en particular, al ser esta variable la mayor limitante en este tipo de proceso y además por no poseer un control sobre ésta.

Bajo este alcance y en relación a los resultados obtenidos de sobrevivencia en *Diplodon chilensis*, estudios de relocalización de corto plazo en la época de otoño-invierno (Parada et al., 2004) señalan que esa época del año es la más apropiada para llevar a cabo este proceso en términos de obtener una mayor sobrevivencia al final del proceso, minimizando el estrés y a la vez aumentando la sobrevivencia final en todas las réplicas de todos los tratamientos (100%), en contraste con lo sucedido en época estival donde la sobrevivencia si se vió afectada, obteniéndose bajos porcentajes a las 8 horas de exposición aérea (18,6%) y donde además se pudieron observar algunos indicios de estrés por parte de los individuos. Por lo tanto, como factor determinante, la temperatura a la cual se pueda llevar a cabo un proceso de relocalización y una posible emersión de *D. chilensis* debieran ser inferiores a los 22,1°C, ya que es esta temperatura a la cual se registró un menor porcentaje de sobrevivencia.

Finalmente y bajo el sentido de una aplicación práctica de los resultados y de la metodología del presente trabajo, podemos decir que este tipo de experimento puede servir de base para posteriores intentos en procesos de relocalización de la misma especie en diferentes puntos del país bajo las condiciones planteadas, específicamente respecto a las altas temperaturas como factor limitante de dicho proceso; asimismo sirve como una idea innovadora dentro de los esfuerzos por recuperar la fauna que presente algún problema de conservación dentro del país y que además no sólo pueda aplicarse a especies de bivalvos, si no que además,

como una idea real de poder realizarla en otras especies como ha sucedido en otras latitudes del mundo.

5. CONCLUSIONES

- ✍ La menor sobrevivencia (18,6%) obtenida en *Diplodon chilensis* para el proceso de relocalización llevado a cabo, se presentó a las ocho horas de exposición aérea con temperaturas que alcanzaron los 22°C.
- ✍ El factor más importante de considerar al momento de querer efectuar un proceso de relocalización es principalmente la temperatura, presentándose como un factor limitante al querer efectuar este tipo de estrategia de manejo y conservación.
- ✍ El estado fisiológico final de los individuos y según los resultados obtenidos no presentó variaciones significativas en todos los tratamientos en relación con el Índice de Condición inicial a la exposición durante el tiempo que permaneció el experimento, es decir, se puede establecer que los individuos de *D. chilensis* lograron recuperar su estado fisiológico dentro de este periodo al no presentar variaciones significativas en forma posterior.
- ✍ La época estival no se recomienda para un proceso de relocalización por las altas temperaturas que se puedan presentar, por el aumento de la actividad reproductiva que puedan incidir en la obtención de una menor sobrevivencia, siendo la época de otoño-invierno la más adecuada para efectuar un proceso de relocalización de *Diplodon chilensis*, y donde la

variable temperatura si está más controlada, y además porque la actividad reproductiva de *Diplodon chilensis* es menor.

6. BIBLIOGRAFÍA

- ✍ ALVARENGA LC de F & C N RICCI (1981) Bivalvia. En: Aquatic Biota of Tropical South America. Part. 2: Anarthropoda (Eds. Hurlbert, S.H.; G. Rodriguez). San Diego, California: 208-217.
- ✍ ANTHONY JL & JA DOWNING (2001) Exploitation trajectory of a declining fauna: a century of freshwater mussel fisheries in North America. Canadian Journal Fishshery and Aquatic Sciencies. Sci. 58:2070-2090.
- ✍ BONETTO AA (1973) Náyades de la Patagonia. Revista Asociación Ciencias Naturales Litoral. 4: 177-185.
- ✍ BUSSE K (1970) Nuevo método para medir flujos de agua producidos por organismos filtradores. Medición experimental en *Diplodon chilensis* (Gray), 1854 (Mollusca: Lamellibranchiata). Noticiero Mensual Museo de Historia Natural. Santiago. 172: 3-10.
- ✍ CODINA RG, A LUCIA, MC DAMBORONEA & GA DARRIGAN (1999) Pautas Científicas para el control de *Limnoperna fortunei* (Bivalvia: Mytilidae) en la central hidroeléctrica de Yacretá, Río Paraná

(Argentina Paraguay). Libro de resúmenes del IV Congreso Latinoamericano de Malacología. 6-10.

- ✍ DAUKAS P, BJ PETERSON & WB BOWDEN (1981) The clearance rates of chlorophyll a of the freshwater mussels *Anodonta implicata* Say and *Elliptio complanata* (Lightfoot). Biological Bulletin 161: 325.

- ✍ DILLEHAY TD (1984) A late ice-age settlement in southern Chile. Scientific American 251: 100-109.

- ✍ FISCHER J & DB LINDERMAYER (2000) An assessment of the published results of animal relocations. Review Biological Conservation 96 (2000).

- ✍ HAAS F (1930-31) Versuch einer kritischen Sichtung der südamericanischen Najaden. Senckenbergiana 12(4-5):175; 13(1): 30; (2): 87.

- ✍ HAAS (1969) Superfamilia Unionacea. Das Tierreich (Berlin) Lieferung 88, Seite I-X: 1-663.

- ✍ HENRIQUEZ OE (2002) Importancia de *Diplodon chilensis* en el sistema del lago Chico de San Pedro. XI Taller nacional de Limnología,

Universidad Católica de Temuco, Comité Nacional de Limnología, Temuco
29-31 de Agosto.

- ✍ JARA-SEGUEL P, S PEREDO, C PALMA, E PARADA & G LARA
(2000) Quantitative karyotype of *Diplodon chilensis* (Gray 1828)
(Bivalvia: Hiriidae) Gayana (Chile): 64: 189-193.

- ✍ LARA G & E PARADA (1991) Seasonal changes in the condition index
of *Diplodon chilensis chilensis* (Gray, 1828) in the sandy and muddy
substrata. Villarrica Lake, Chile (39°18'S; 72°05'W). Boletín de la
Sociedad de Biología de Concepción, Chile 62: 99-106.

- ✍ LAYZER JB & ME GORDON (1993) Reintroduction of mussels into the
upper Duck River, Tennessee II. Proceeding of a UMRCC symposium,
12-14 october 1992, St. Louis, Mo. Edited by K.S. CUMMINGS, A.C.
BUCHANAN, C.A. MAYER & T.J. NAIMO. Upper Mississippi river
Conservation Committee, Rock Island III 89-92 pp.

- ✍ LEVINTON JS (1982) Marine Ecology. Prentice-Hall. Inc. New Jersey.
526 pp.

- ✍ MARTÍN PR & AL ESTEBENET (1999) La almeja asiática *Corbicula
fluminea* (Bivalvia: Corbiculidae) en el centro-sur de la provincia de

- Buenos Aires, Argentina. Libro de Resúmenes del IV Congreso Latinoamericano de Malacología. 6-10 de septiembre Coquimbo, Chile. p 34.
- ✍ NEWTON TJ, EM MONROE, R KENYON, S GUTREUTER, KI WELKE & PA THIEL (2001) Evaluation of relocation of unionid mussels into artificial ponds. *Journal of North American Benthological Society* 20(3): 468-485.
- ✍ PARADA E, S PEREDO, I VALDEBENITO, C PAILAHUEQUE & M. PEREDO (2004) Efecto de la exposición al aire sobre el estado fisiológico y sobrevivencia de almejas de agua dulce sometidas a un proceso de relocalización. Resumen de trabajo expuesto en XI taller de Limnología Valdivia. 1-3 diciembre 2004.
- ✍ PARADA E & S PEREDO (2002) Estado actual de la taxonomía de bivalvos dulceacuícolas chilenos: progresos y conflictos. *Revista Chilena de Historia Natural* 75: 691-701.
- ✍ PARADA E, G LARA & S PEREDO (1996) The role of Hyrids in the energy transfer of Araucanian Lakes of Southern Chile. Fourth International Congress of Medical and Applied Malacology. U de Chile and International Society of Medical and Applied Malacology 7-11 october 1996.

- ✍ PARADA E, S PEREDO & GALLARDO C (1990) Tácticas reproductivas y dinámica poblacional de *Diplodon chilensis* (Gray, 1828) (Bivalvia: Hiriidae). Revista Chilena de Historia Natural, 63: 23-25.
- ✍ PARADA E, S PEREDO, G LARA & ANTONIN F (1989a) Contribución al conocimiento de los Hyriidae chilenos. Boletín de la Sociedad de Concepción, Chile 60: 173-182.
- ✍ PARADA E, S PEREDO, G LARA & I VALDEBENITO (1989b) Growth, age and life span of the freshwater mussel *Diplodon chilensis* (Gray, 1828). Archiv fur Hydrobiology. (Stuttgart) 115: 563-573.
- ✍ PARADA E, S PEREDO & C GALLARDO (1987) Esfuerzo reproductivo en *Diplodon chilensis chilensis* (Gray, 1828) (Bivalvia, Hyriidae), una proposición para su determinación (+). Boletín de la Sociedad de Concepción, Chile 58: 121-126.
- ✍ PATEL M (1997) Freshwater mussels. Interdisciplinary Minor in Global Sustainability. Senior Seminar. University of California, Irvine, June 1997.
- ✍ PEREDO S, E PARADA, P JARA-SEGUEL & PALMA-ROJAS C (2003) Comparative Karyology of lentic and lentic populations of the *Diplodon chilensis* (Bivalvia: Hyriidae). The Veliger 46 (4): 314-319.

- ✍ PEREDO S & E PARADA (1986) Reproductive cycle in the freshwater mussel *Diplodon chilensis* (Gray, 1828). *The Veliger* 28 (4): 418-425.
- ✍ SÁNCHEZ M & J INOSTROZA (1985) Excavaciones arqueológicas en el alero Quino I. *Boletín del Museo Regional de la Araucanía (Chile)*: 2: 53-62.
- ✍ SEPÚLVEDA A (1988) Estudio preliminar de la contaminación fecal en aguas naturales utilizando un organismo bioindicador y la técnica de filtración de membrana. Seminario para optar al título de Tecnólogo Médico. Universidad Austral de Chile. Valdivia. 50pp.
- ✍ SHEEHAN RJ, RJ NEVES & HE KITCHEL (1989) Fate of freshwater mussels transplanted to formely polluted reaches of the Clinch and North Fork Holston Rivers, Virginia. *Journal of Freshwater Ecology*. 5(2): 139-149.
- ✍ SOTO D & G MENA (1999) Filter feeding by freshwater mussel *Diplodon chilensis*, as biocontrol of salmon farming eutrophication. *Aquaculture* 171: 65-81.
- ✍ TRDAN RJ & WR HOECH (1993) Relocation of two state-listed freshwater mussel species (*Epioblasma torulosa rangiana* y *Epioblasma triquetra*) in Michigan. Proceeding of a UMRCC symposium, 12-14

- october 1992, St Louis, Mo. Edited by K.S. CUMMINGS., A.C.BUCHANAN, C.A. MAYER & T.J. NAIMO. Upper Mississippi River Conservation Committee, Rock Island III 89-92 pp.
- ✍ VALDOVINOS C & R CUEVAS (1996) Tasas de aclarancia de *Diplodon chilensis* (Bivalvia:Hiriidae): un suspensívoro bentónico dulceacuícola de Chile Central. Medio Ambiente 13(1): 114-118.
- ✍ WALLER D, S GUTREUTER & J RACH (1999) Behavioral responses to disturbance in freshwater mussels with implication for conservation and management. Journal of the North American Benthological Society 18:381-390.
- ✍ WALLER D, JJ RACH & WG COPE (1995) Effects of handling and aerial exposure on the survival of Unionid mussels. National Biological Service. Wisconsin 199-207.
- ✍ WALPOLE R & MYERS R (1992) Probabilidad y estadística. Mc Graw-Hill, 3° Edición. Mexico. 797pp.
- ✍ WILLIAMS JD, ML CUMMINS, KS HARRIS & RJ NEVES (1993) Conservation status of the freshwater mussels of the United States and Canada. Fisheries 18: 6-22.

- ✍ WILLIAMS JD & M MULVEY (1997) Recognition of freshwater mussel taxa. A conservation challenge. En: Meffe GK & R Carrol (eds) Principles of conservation biology: 64- 65. Sinauer Associates, Inc. Publishers, Sunderland, Massachusetts.