

Desarrollo de un sistema de cría semi-intensiva
para producción de pejerrey (*Odontesthes
bonariensis*) en jaulas flotantes

*Tesis presentada para optar al título de Doctor en Ciencias Naturales de
la Universidad Nacional de la Plata Facultad de Ciencias Naturales Y
Museo*



Autor: Lic. Patricio José Solimano

Director de Tesis: Dr. Darío Cesar Colautti

Co-Director de Tesis: Dr. Claudio Rafael Mariano Baigún

Lugar de trabajo: Laboratorio de Ecología y Producción pesquera

Instituto de Investigaciones Biotecnológicas

Instituto Tecnológico Chascomús (IIB-INTECH)

CONICET-UNSAM

Agradecimientos

Primero quiero agradecer a mi familia, que mucho me ayudo para que estudie Biología y hoy llegue hasta acá. Gracias a mi Vieja, la primer bióloga de la familia y de tal palo tal astilla. A mis hermanos, Jero, Pau y Marti por las palabras de apoyo y a mi Viejo por el aguante y por la pelada que también herede. A mis abuelos. Gracias.

A Julia porque me haces feliz y me aguantas y más aún me seguís en esta locura.

A mis directores, Darío y Claudio gracias por la paciencia que tuvieron, por tantas enseñanzas, por su ayuda y por la calidad del tiempo pasado. A los muchachos del laboratorio (Faca, Lolo, Javi y Balbon) por los buenos momentos y lo mucho pescado.

A alguien que me agunto en su casa para recibirme y me agunto en su casa para doctorarme mi gran amiga Laura creo que sin vos seguiría estudiando. A mis amigas del alma, Sabi, Pato y Ceci con ustedes di mis primeros pasos entre los peces. A mis primeros maestros Jorge y Adriana mil gracias.

Al gran grupo Punta Lara y en especial a los peces (Ari, Faca y Nacho) por lo aprendido y los momentos de pesca y filosofía vividos. A la gente de aguas, (Pau, Nadia, Benito, Gona, Fer, Pepe...) y una distinción aparte a Roberto Escaray, sin él el experimento tres no salía. A Ana Bernasconi por la gran ayuda y por el trabajo puesto.

A la gente de Konstanz, Reinner, Nik, Stefan, Onur, Joan, Marck, y varios más, aprendí mucho allá y viví un gran tiempo.

A mis amigos por estar siempre hacerme reír y vivir, Santi, Javi, Fer, Mariano, Santiago, Gustavo, Fabito, Andrés y Alejandro. Al Pampeano, gracias por caminar conmigo. A Marinito gracias por compartir el hogar y por esas discusiones científicas que no llegaron a ningún lado y a toda la gente del INTECH por apoyar y hacer del trabajo un buen lugar.

Y a muchos más que aportaron en este producto Gustavo y Marcela, a Susana San Pietro, a Javier y a Roberto por los alimentadores.

Por último y lo más importante tengo que dedicarle esta tesis a dos personas que ya no están, por ayudarme a llegar hasta acá. A mi abuelo "Tata" me llevaste a pescar por primera vez y por eso te doy las gracias, a Pato por tu rebeldía fuiste una gran amiga y compañera de aventura en esto que soy ahora con los peces.

Resumen

El pejerrey, *Odontesthes bonariensis*, es la especie nativa de mayor importancia socioeconómica que habita las aguas interiores de la Argentina. Históricamente, el manejo del recurso “pejerrey” ha estado limitado a siembras de larvas obtenidas a partir de desoves artificiales para reforzar las poblaciones naturales. El manejo está así planteado porque la producción, de individuos de mayor talla para realizar siembras más efectivas o incluso para el consumo, en sistemas semi-intensivos o intensivos, aun implica costos que son superiores a los posibles beneficios.

Desde hace varios años se encuentra en desarrollo la tecnología de cría de pejerrey en jaulas flotantes adaptadas a las lagunas pampásicas. Esta técnica, ha arrojado resultados productivos muy promisorios y permitiría obtener juveniles de pejerrey (6 a 10 cm), a densidades de 50 a 100 ind/m², a costos menores que los del sistema tradicional. Experiencias previas de cultivo extensivo en jaulas flotantes comprobaron que la producción de pejerrey en este sistema sin otro suministro de alimento que el natural, se encuentra fuertemente condicionada por la disponibilidad de zooplancton. Esta situación determina que la cría en jaulas, apelando únicamente a la producción de los cuerpos de agua, resulte eficiente como herramienta para la producción de juveniles pero presenta limitaciones para obtener ejemplares de más de un año, cuando las condiciones limnológicas de los ambientes de cría son limitantes.

El objetivo general de esta tesis fue desarrollar un paquete tecnológico y de pautas de manejo, que permita criar pejerreyes en un sistema de cría semi-intensivo en jaulas flotantes dentro de lagunas pampásicas. A estos efectos se realizaron una serie de experimentos orientados a resolver la problemática planteada.

El primer experimento evaluó si los peces cultivados en jaulas dentro de lagunas aceptaban el alimento balanceado y si el complemento alimentario artificial extra era capaz de mejorar el crecimiento y la supervivencia de los pejerreyes durante el período invernal, considerado crítico para el cultivo extensivo en jaulas. Los resultados mostraron que todas las tasas obtenidas como la producción fueron mejores en las jaulas subsidiadas con alimento, donde se obtuvieron los peces de mayor tamaño y las mejores producciones conocidas hasta el momento en la literatura. De este modo, se pudo establecer que si durante el período crítico para el crecimiento de los pejerreyes bajo condiciones extensivas se provee alimento balanceado, aún a bajas temperaturas, el pejerrey puede crecer por encima de los parámetros conocidos para la cría en jaulas sin provisión de alimento.

El segundo experimento buscó maximizar el crecimiento mediante el manejo de las raciones otorgadas, tratando de establecer raciones máximas y mínimas para poder obtener altas tasas de crecimiento y producción. Para este experimento se testaron dos raciones de alimento balanceado, una equivalente al 5% de la biomasa bajo cultivo y otra equivalente al 7%, tratamientos 5% y 7% respectivamente y un tratamiento control que consistió

en mantener a los peces bajo cultivo extensivo. Tempranamente los peces de los tratamientos 5% y 7% mostraron mejores tallas y pesos con respecto al tratamiento control, demostrando nuevamente que el cultivo semi-intensivo mejora las condiciones de cría y los rendimientos.

A lo largo del invierno los peces de los tratamientos 5% y 7% crecieron de manera similar donde se deduce que el crecimiento encontró en este periodo un límite superior donde por el agregado de alimento no mejoró las tasas evaluadas. Esto puede deberse a la temperatura o al zooplancton en defecto, ya que cuando las condiciones mejoraron a finales del invierno y principios de primavera los peces alimentados a 7% presentaron mejores crecimientos y producciones con respecto a los peces del tratamiento 5%. De este experimento se concluye que durante condiciones de baja temperatura y baja producción en la laguna, la tasa de alimentación balanceada no debe superar el 5%, pero cuando las condiciones mejoran esta debe ser superior o igual al 7% para maximizar el crecimiento y optimizar las capacidades de la técnica de cultivo y de la especie.

Considerando los resultados previos se planteo el tercer experimento en el cual se evaluaron bajo un sistema de cría semi-intensivo diferentes densidades de siembra y como estas influyen en el crecimiento de los peces y la producción del sistema de cultivo. Tres densidades fueron testeadas, 300, 600 y 900 individuos por jaula (25, 50 y 75 ind./m³). Los resultados mostraron que existieron diferencias tanto en el crecimiento de los peces como en la producción del sistema a las diferentes densidades. A menor densidad se

observaron mayores crecimientos y a mayor densidad mejores producciones. Por otro lado, no se evidenciaron grupos dominantes ni una gran variación de los coeficientes de variación ni en largo ni en peso, donde se deduce que el pejerrey presenta un comportamiento de cardumen. Por último, se encontró una relación positiva entre la supervivencia y la densidad. Esto evidencia que el pejerrey es un pez que soporta muy bien el hacinamiento del sistema de cultivo a las densidades testeadas, por lo que se concluye que la especie podría cultivarse en jaulas a densidades mayores que la máxima testada y obtenerse así mejores rendimientos.

Con la totalidad de los datos colectados durante los experimentos y la información disponible sobre crecimiento de pejerrey bajo diferentes sistemas de cultivo, se ajustaron modelos con los cuales se realizaron simulaciones de crecimiento a partir de los 80 hasta los 330 días de vida partiendo de un ejemplar hipotético que a dicha edad presenta un peso promedio de 1,5g y de 6,5 cm . El resultado de la simulación indicó que aplicando la técnica de cultivo semi-intensivo en jaulas flotantes se podrían obtener peces de 128,7 g en menos de un año. Si bien este peso se encuentra por encima de los que se alcanzó mediante cualquier método de cría, debería practicarse un experimento de cultivo por el término de un año para validar al modelo.

Finalmente teniendo en cuenta la información generada a lo largo del trabajo se sugieren pautas para monitorear stocks bajo cultivo así como también normas para obtener los mayores beneficios productivos cuando se aplica la técnica.

Abstract

The pejerrey, *Odontesthes bonariensis* is the most important socioeconomic native fish species inhabiting inland waters of Argentina. Historically, the management of the resource “pejerrey” has been limited to the stocking of larvae obtained from artificial spawning, to enhance natural populations. Management is made in this way because the production of bigger individuals for stocking or consumption in semi-intensive or intensive culture systems, implies costs that outweigh the potential benefits.

For several years a new technology for pejerrey culturing in cages adapted to pampasic lakes has been developed. This technique has obtained very promising and productive results, and could yield juvenile of pejerrey (6-10 cm) at densities of 50-100 ind/m², at lower costs than the traditional system. Previous experiences in extensive floating cages culture found that the production of pejerrey under this system with no other food supply than natural one, is strongly conditioned by the availability of zooplankton. This situation means that the aquaculture in cages, appealing only to the production of the water bodies, can be efficient as a tool for juvenile production but presents limitations to obtain individuals of more than one year when limnological conditions of environments are limiting.

The overall objective of this thesis was to develop a technology and management package that allows the culture of pejerrey in a semi-intensive system in floating cages within pampasic lakes. For this purpose, a series of experiments were designed to resolve the different issues.

The first experiment assessed if the fish raised in cages within lakes accepted the artificial food and if the supplementary food was able to improve the growth and survival of pejerrey during the winter period, considered critical for extensive cage culture. The results showed that pejerrey contained in cages with subsidized food showed better growth rates and production, being the biggest production so far in the literature for pejerrey culture. Thus, it was established that the winter is a critical period for cage culture of pejerrey where it is necessary to subsidize with artificial food and so the fish can grow beyond the parameters obtained by the extensive culture even at low temperatures.

The second experiment sought to maximize growth through management of the food rations, trying to set maximum and minimum values to obtain high growth rates and productions. For this experiment two balanced feed rations, one equal to 5% of biomass under culture and another equal to 7% were tested treatments 5% and 7% respectively and a control treatment consisted in keeping the fish under extensive rearing. Early the fish in treatments 5% and 7% showed better length and weight compared to extensive cultured fish, demonstrating that the semi-intensive culture conditions could improve yields.

During the winter the fish in treatments 5% and 7% grew similarly being deduced from this that the growth in this period found an upper limit where an aggregate of food did not improve the evaluated rates. This effect may be due to low temperature or low zooplankton biomass, because when the

conditions improved in late winter or early spring fish fed at 7% showing better growth and production over the fish of the 5% treatment. From this experiment it was concluded that during conditions of low temperature and low production in the lake, balanced feed rate should not exceed 5%, but when conditions improve this must be greater or equal to 7% in order to maximize growth and optimize the possibilities of the culture technique and species.

Considering previous results, a third experiment was designed in which different stocking densities were evaluated and how they influence the growth of the fish and the production of the semi-intensive culture system. Three densities were tested, 300, 600 and 900 individuals per cage (25, 50 and 75 ind./m³). The results show that there are differences in both the growth of the fish and production of the system under different densities. At lower density were obtained the highest growth rates and at higher density were observed the better productions. On the other hand, there was no dominant group or a large change in the coefficients of variation on length or weight, thus being deduced that pejerrey is a schooling species. Finally, a positive relation was found between the stocking density and the survival with increased survival at higher density. This shows that the pejerrey is a fish that supports fine overcrowding in the culture system, at the tested densities, concluding that the species could be grown in cages at densities greater than the maximum tested and thus obtain better yields.

With all the data collected during the experiments and the available information on pejerrey culture under different systems, growth models were fitted and growth simulations were performed from 80 to 330 days, starting from a hypothetical fish of 1,5g and 6,5 cm. The result of the simulation indicated that if the technique of semi-intensive culture in floating cages is applied the fishes under culture could obtain 128.7g in less than one year. While this weight is above of the reached through any previous culture method, it should be practiced and experiment in optimum conditions for a period of one year to validate the model.

Finally taking into account the information generated throughout the work guidelines for monitoring stocks under semi intensive culture as well as management criteria are suggested for obtaining the biggest possible benefits when this production technology is applied.

Índice

Agradecimientos	2
Resumen	3
Abstract	7
Capítulo I: Introducción General	15
I.1 Contexto Global	15
I.2 Acuicultura	17
I.3 Jaulas	18
I.3.1 Historia de la acuicultura en Jaulas.	18
I.3.2 Clasificación.	20
I.3.3 Ventajas y desventajas del cultivo en jaulas flotantes	20
I.4 Sur América y la acuicultura	23
I.5 Argentina y la Acuicultura	24
I.6 El pejerrey	26
I.7 Objetivos	29
I.7.1 Objetivo general	29
I.7.2 Objetivos específicos	29
I.8 Hipótesis	30
I.8.1 Hipótesis general	30
I.8.2 Hipótesis complementarias	30
Capítulo II: Materiales y métodos general	31

II.1 Área de estudio, caracterización del ambiente y sus comunidades	31
II.2 Las jaulas flotantes, diseño y características	36
II.3 Alimentadores	38
II.4 Parámetros físico químicos	39
II.5 Muestreo	40
II.6 Análisis de datos	42
II.6.1 Crecimiento	42
II.6.2 Índices de condición	46
II.6.3 Medidas de la heterogeneidad	50
II.6.4 Producción y conversión alimentaria	51
II.7 Análisis estadístico	52
Capítulo III: Provisión de alimento artificial como mecanismo para mejorar la producción de pejerrey en jaulas flotantes	56
III.1 Introducción	56
III.2 Materiales y métodos	57
III.3 Resultados	61
III.4 Discusión y Conclusiones	71
Capítulo IV: Experiencia de cultivo de Pejerrey en jaulas flotantes a diferentes tasas de alimentación buscando maximizar el crecimiento de los peces, minimizando el tamaño de ración	81
IV.1 Introducción	81
IV.2 Materiales y métodos	84

IV.3 Resultados	88
IV.4 Discusión y Conclusiones	104
Capítulo V: Experiencia de cultivo semi-intensivo a diferentes densidades de siembra	120
V.1 Introducción	120
V.2 Materiales y métodos	122
V.3 Resultados	124
V.4 Discusión y conclusiones	141
Capítulo VI: Ajuste de modelos predictivos de crecimiento para el pejerrey bajo distintos métodos de cultivo	153
VI.1 Introducción	153
VI.2 Materiales y métodos	155
VI.3 Resultados	157
VI.4 Discusión y conclusiones	161
Anexo I: Efecto del sistema de cultivo y de la ración de alimento balanceado sobre la composición de ácidos grasos de pejerrey cultivado en jaulas flotantes	169
A.1.1 Introducción	169
A.1.2 Materiales y métodos	172
A.1.3 Resultados	173
A.1.4 Conclusiones	177
Apéndice A: Construcción de la jaula de cría y maniobra de anclaje	180

Bibliografía: _____ **188**

Capítulo I: Introducción General

I.1 Contexto Global

La vida silvestre acuática es uno de los recursos alimenticios de importancia mundial. La humanidad utiliza 142 millones de toneladas de pescado anualmente, de las cuales consume de manera directa un total de 115 millones de toneladas anuales (FAO 2010). Este recurso se explota por medio de la pesca y la acuicultura. Entre los recursos alimentarios animales de mayor importancia, el pesquero es el único que todavía se obtiene en mayor proporción por extracción (pesca) en lugar de la cría o el cultivo.

El reporte de FAO sobre el estado mundial de las pesquerías y la acuicultura determinó el nivel de explotación pesquera en el 2010, mencionando que aproximadamente un 15% de los stocks están subexplotados, un 53% están plenamente explotados, un 28% están sobreexplotados y el 3% agotados. Con las capturas globales decayendo desde 1980 y otros conflictos sin resolver, la pesca global no parece sustentable (Pauly *et al.*, 2002), es así que se conoce a este momento como “la crisis de las pesquerías”.

Según la FAO (2010), “en 2007 el pescado representó el 15,7 % del aporte de proteínas animales de la población mundial y el 6,1 % de todas las proteínas consumidas. En el ámbito mundial, el pescado proporciona a más de 1.500 millones de personas cerca del 20% de su aporte medio per cápita de proteínas animales y a 3.000 millones de personas el 15 % de dichas proteínas”.

Dentro de este panorama entra en juego la acuicultura para tomar una posición preponderante en la producción de alimento de origen acuático. Si bien es una forma de producción que se viene llevando a cabo por centurias, no fue sino hasta las últimas décadas que su desarrollo la llevó a ser el sector que produjo más del 45% del pescado consumido en el año 2008 (FAO 2010), 52.5 millones de toneladas (Tablas I-1 y I-2).

Tabla I-1: Producción de pesca y acuicultura en ambientes marinos y continentales para los diferentes años en millones de toneladas.

	AÑOS					
	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Continental						
Pesca	8,6	9,4	9,8	10,0	10,2	10,1
Acuicultura	25,2	26,8	28,7	30,7	32,9	35,0
Total Continental	33,8	36,2	38,5	40,6	43,1	45,1
Marina						
Pesca	83,8	82,7	80,0	79,9	79,5	79,9
Acuicultura	16,7	17,5	18,6	19,2	19,7	20,1
Total Marina	100,5	100,1	98,6	99,2	99,2	100,0
Total Pesca	92,4	92,1	89,7	89,9	89,7	90,0
Total Acuicultura	41,9	44,3	47,4	49,9	52,5	55,1
Total Mundial	134,3	136,4	137,1	139,8	142,3	145,1

FAO (2010) *datos del 2009 son estimaciones provisionarias de FAO.

Tabla I-2: Usos de los productos de pesca y acuicultura en los diferentes años (en millones de toneladas), población humana mundial y el consumo *per cápita*.

		AÑOS					
		2004	2005	2006	2007	2008	2009
Usos							
Consumo Humano		104,4	107,3	110,7	112,7	115,1	117,8
Otros usos		29,8	29,1	26,3	27,1	27,2	27,3
Población	en	6,4	6,5	6,6	6,7	6,8	6,8
billones							
Suministro	<i>per</i>	16,2	16,5	16,8	16,9	17,1	17,2
cápita (kg)							

FAO (2010) *datos del 2009 son estimaciones provisionarias de FAO.

I.2 Acuicultura

La acuicultura en su concepción más amplia se define como el cultivo de animales o plantas acuáticos. Este término incluye variadas técnicas aplicadas a una amplia cantidad de organismos vegetales y animales (moluscos, artrópodos, peces, etc.) y realizada en una diversidad de ambientes (agua salada, salobre y agua dulce). Es por esto que la acuicultura involucra un amplio abanico de actores para su funcionamiento y desarrollo. Las formas de acuicultura y sus muchas variantes se podrían dividir en dos grandes grupos.

- 1- Según los aportes nutricionales que se otorguen al sistema de cultivo puede realizarse la siguiente clasificación. (modificado de Tacon, 1993; Tacon & De Silva, 1997; Tacon & Foster, 2003).

Intensiva: Los peces crecen dependiendo totalmente del aporte alimenticio externo.

Semi-intensiva: El aporte de nutrientes es tanto producto del sistema de cultivo natural o por fertilización, como por aporte externo de alimento balanceado.

Semi-extensiva: El sistema de cultivo genera la mayoría de los aportes nutricionales. Los aportes externos constan de desechos tanto de procesos de la agricultura como de fertilización.

Extensiva: No existen aportes externos para elevar la producción del sistema; todos los aportes nutricionales se generan dentro del mismo.

2- Por la infraestructura de acuerdo a Beveridge (2004), se puede dividir en tal sentido según estén emplazadas en tierra, en estanques, cavas, piletas o tanques, o si están emplazados en agua, en jaulas, corrales o encierros.

I.3 Jaulas

Son un sistema de cultivo emplazado en agua, que retiene a las especies cultivadas confinadas en un volumen determinado, sin tener contacto con el fondo. Puede estar construida de madera, mallas de red o alambrados. Las jaulas son los sistemas de base acuática más utilizados, presentando varias formas dependiendo del ambiente y de la especie a cultivar (Beveridge, 2004).

I.3.1 Historia de la acuicultura en Jaulas.

Probablemente las primeras jaulas fueron utilizadas por pescadores como sistemas de contención de peces hasta su venta (Beveridge & Little 2002), y estas no debieron ser más grandes que una canasta o una trampa de peces

modificada. Según Li (1994), el cultivo en jaulas fue puesto en práctica en China durante la dinastía Han hace 2200-2100 años. En lo que parece ser la primera prueba escrita del uso de jaulas, Hu (1994), relata como Zhou-Mi describe en el año 1243 la venta de juveniles de peces para su posterior puesta en jaulas de tela sostenida por palos de bambú en lo que parece ser un estanque. Hu (1994) además relata como para el año 1840 se pescaban larvas de peces en el río Jiangxi y como una serie de visitantes describen la misma durante 1876 y concluye diciendo que estas eran colocadas en jaulas flotantes para su engorde y crecimiento.

Ya a partir de comienzos del siglo XIX se pueden ver diferentes tipos de jaulas flotantes hechas principalmente de bambú a lo largo de toda Asia menor, empezando por Camboya y hasta Indonesia, las cuales siguen siendo de uso común en esta zona del mundo.

La acuicultura en jaulas moderna utiliza mallas sintéticas, metales y polímeros de diferentes. Su origen no es claro en la historia, aunque sin duda Japón fue de vital importancia para su desarrollo. Según se sabe, Milne (1974), el profesor Harada de la universidad de Kinki, hizo los primeros experimentos en 1954 con los que se empezó a producir *yellow tail* (*Seriola quinqueradiata*) tres años después. En Noruega el cultivo de salmónidos con este sistema se lleva a cabo desde 1960 y en Escocia desde el año 1965. Se puede ver que el cultivo en jaulas moderno es un fenómeno bastante reciente.

I.3.2 Clasificación.

Las jaulas flotantes de cría se clasifican en (Beveridge, 2004):

Fijas: Si las estructuras que sostienen la bolsa de red se encuentran cimentadas al fondo.

Flotantes: Si la estructura que sostiene la bolsa de red flota por diferentes medios en el agua pueden ser sostenidas por boyas o por un marco. Las mismas presentan variadas formas y tamaños y son las más usadas en la actualidad.

Sumergidas: Son jaulas cuya bolsa de red está cerrada por red en todos sus lados dejando solo un pequeño lugar por donde se ingresan y retiran los peces. Este tipo de jaulas es poco usado y pocas veces han pasado más allá del diseño y uso científico.

Sumergibles: Son las jaulas más modernas, donde la bolsa de red está sostenida por una estructura rígida y cerrada por red en todos sus lados. La estructura puede ser sumergida o elevada dependiendo principalmente de las condiciones climáticas adversas.

I.3.3 Ventajas y desventajas del cultivo en jaulas flotantes (Beveridge, 2004).

Para poder realizar una evaluación del sistema de las jaulas flotantes como sistema de cultivo estas deben ser juzgadas en contraposición con otros sistemas en términos de recursos necesarios para su construcción y operación,

nivel de conocimiento y tecnología necesaria para ello, calidad del producto producido, impacto social y ambiental y rendimiento económico.

Mientras que muchas jaulas de alta mar son extremadamente complejas, muchos de los diseños más utilizados por productores de agua dulce son sencillos, por lo que se pueden armar en poco tiempo usando materiales locales. Además son de fácil manejo, tanto para su cuidado y mantención como para el cultivo del producto.

Debido a la sencillez del sistema un productor puede incrementar sus instalaciones por el solo agregado de más unidades, cuando la experiencia crece o el capital lo permite. Si las regulaciones cambian, las jaulas son fácilmente adaptables o pueden ser transportadas, mientras los sistemas de cultivo en tierra requieren disponibilidad de terrenos y mayores inversiones (Costa-Pierce, 1997) y son menos versátiles ante cambio de regulaciones.

Mientras muchos sistemas tienen una alta dependencia energética, el sistema de cultivo en jaulas flotantes, no tiene necesidades importantes de suministro de energía. De este modo el impacto social de las mismas, como fuente potencial de ingreso para las partes más desprotegidas de las poblaciones son altísimas ya que estas pueden ser emplazadas fácilmente en zonas poco accesibles o desarrolladas (Gonzales, 1984).

A pesar de que los materiales pueden ser diversos y con estos variar el precio final de una jaula, o que la ganancia económica dependa directamente de la capacidad y por ende del diseño de la misma, cuando se la compara con otros

métodos de cultivo, como por ejemplo en los trabajos de Shaw & Muir (1986), Blakstad (1993) y Heen (1993), las jaulas siempre muestran un costo de instalación y un costo de operación menor al de cualquier otro sistema.

Las jaulas flotantes presentan una serie de desventajas. Una de las principales, tal vez sea el impacto que tienen sobre el ambiente (Naylor *et al.*, 2000), Esto se debe al hecho de están emplazadas en sistemas naturales y dependen del agua circundante, lo que lleva a que los desechos producidos por los peces dentro del sistema, puedan ser importantes y producir problemas de contaminación para el medio ambiente y otros efectos como la sombra de jaula. Por otro lado es muy difícil combatir y evitar la diseminación de enfermedades, tanto a otras jaulas como al medio circundante así como también la introducción de especies exóticas en ambientes naturales por escape. También cabe destacarse que en el sistema de cultivo en jaulas la seguridad es muy difícil de controlar. Las mismas pueden estar sujetas a robo, ya que es muy común que las jaulas se emplacen en aguas con diferentes tipos de uso. Finalmente merece mencionarse la amenaza que pueden representar otros organismos no deseados al sistema, como es el caso de aquellos que pueden competir por el alimento o alimentarse de los peces en cultivo o bien desarrollarse de manera tal que dificulten la operación de las jaulas como es el caso del desarrollo excesivo de macrófitas.

I.4 Sur América y la acuicultura

La acuicultura se ha desarrollado mayoritariamente en países en vías de desarrollo (Tidwell & Allen, 2001). En el año 2008 los países Asiáticos fueron los que más aportaron a la producción a nivel mundial, con más de 46 millones de toneladas (88% de la producción mundial). En segundo lugar se encuentra América con casi 2.5 millones de toneladas, y en tercer lugar Europa con 2.35 millones de toneladas (FAO, 2010).

El crecimiento de cada región presenta diferentes dinámicas siendo América Latina y el Caribe, dentro del contexto mundial, el grupo de países que más ha crecido (21.1%) en el período que va desde 1970 a 2008 (FAO, 2010).

Dentro de América Latina, Chile es el principal productor en acuicultura. Primariamente la industria acuícola chilena se basa en salmónidos y en una forma de explotación de base industrial, y secundariamente en la producción de moluscos bivalvos y el alga *Gracilaria*. En total Chile, produjo en el año 2008, 843.000 toneladas de productos de acuicultura (FAO, 2010).

Es importante destacar el papel que está jugando Brasil en el desarrollo y en la producción de animales en sistemas de acuicultura. Este país producía 30.000 toneladas en el año 1990 y ya para el año 2000 su producción se incrementó a más de 278.000. Si bien la producción brasilera se basa principalmente en especies introducidas como tilapias, carpas y camarones peneidos, las especies nativas como el pacú, el tambaqui y los surubíes

presentan un fuerte interés tanto para la producción como para su desarrollo local (Morales & Morales, 2005).

Naylor *et al.*, (2000) en el contexto global y Saint Paul, (1986) en el contexto Latino Americano plantean los problemas que tienen las especies introducidas en los ambientes naturales, por esto es relevante, como plantean Ross *et al.*, (2008), la necesidad de desarrollar especies nativas en los diferentes países y ambientes. Cabe destacar que si bien como ya se dijo la acuicultura se viene desarrollando por milenios, el 97% de las especies cultivadas se domesticó en los últimos 100 años, mientras que cuando hablamos de especies que se producen en tierra el 90% de ellas se domesticó hace 2000 años (Duarte *et al.*, 2007).

Por ende es necesario desarrollar el cultivo de especies nativas al estar mejor adaptadas al ambiente local, porque el riesgo ambiental es menor, porque no presentan problemas de aceptación por los pobladores ya acostumbrados a ellas, y porque son generadoras de trabajo y bienestar nutricional para los grupos locales que las explotan.

I.5 Argentina y la Acuicultura

El organismo responsable de la administración de la actividad acuícola a nivel nacional es la Dirección de Acuicultura (SAGPyA) y el Centro Nacional de Desarrollo Acuícola (CENADAC), dependiente de esta Dirección. Argentina puede ser considerado el primer país de América Latina en obtener desoves e interesarse por la acuicultura de sus especies nativas, cuando en

1904 se reproduce artificialmente al pejerrey (*Odontesthes bonariensis*) (Tulián, 1909; Marini & Mastrarrigo, 1963; Bonetto & Castello, 1985).

La actividad de la acuicultura comercial semi-industrial en Argentina comenzó a crecer a partir de los años noventa. El principal cultivo que se desarrolla en el país es de trucha arco-iris (*Oncorhynchus mykiss*) con 1.231 toneladas (2003). Esta producción se lleva a cabo principalmente en la zona sur del país y equivale al 74% de la producción acuícola argentina. El segundo lugar en la producción es ocupado por el Pacú (*Piaractus mesopotamicus*) que se desarrolla en la zona norte del país con una producción de 300 toneladas en el año 2003 y el tercer lugar corresponde a la producción de ostras y mejillones en el litoral marítimo con una producción de aproximadamente 80 toneladas en el mismo año (Morales & Morales, 2005).

Según Luchini (2004), existen cuatro regiones productivas para la acuicultura en Argentina: a) La región marina costera, importante para la producción de moluscos; b) La región sur y oeste, característica por la producción de salmónidos; c) La noreste apta para la producción de tilapia, pacú entre otros y d) La región este, es apta para la producción de pejerrey (*Odontesthes bonariensis*) principalmente y de otras especies secundariamente. En esta última región existen más de 2 millones de hectáreas de lagunas (Reartes, 1995; Espinach Ros *et al.*, 1998; López *et al.*, 2001), donde es posible en muchas de ellas una acuicultura del pejerrey con sistemas emplazados en las lagunas.

I.6 El pejerrey

El pejerrey, *Odontesthes bonariensis*, es la especie nativa de mayor importancia socioeconómica que habita las aguas interiores de la Argentina (Thorton *et al.*, 1982; Bonetto & Castello, 1985; Reartes, 1995; Grosman & Sergueña, 1996; Lopez & Garcia, 2001; Somoza *et al.*, 2008). La atracción que genera su pesca recreacional y la calidad de su carne son las claves de su trascendencia y el motivo de siembra e introducción en distintos puntos del país y del mundo con el fin de atraer al turismo o complementar el aprovechamiento de los cuerpos de agua.

Las pesquerías del pejerrey en la región Pampeana han sufrido considerables cambios en su aprovechamiento y manejo. Con anterioridad a 1970 aproximadamente, existieron en el área importantes pesquerías comerciales que proveían al mercado interno de este producto (Baigún & Delfino, 2003). En las últimas décadas esta actividad fue desplazada por la pesca recreacional, quedando la pesca comercial limitada a unos pocos ambientes alejados de los centros urbanos (López *et al.*, 2001). Este ordenamiento del recurso, sin embargo, ofrece grandes limitaciones de carácter pesquero, ecológico y socio-económico. En la cuenca del río Salado, la concurrencia de diversos intereses y demandas de diferentes sectores vinculados con el uso de las lagunas y sus recursos exige el desarrollo de tecnologías alternativas. Así como de medidas de manejo actualizadas y acordes a la actual situación y las variantes de la misma en los diferentes cuerpos de agua.

Históricamente, el manejo del recurso pejerrey ha estado limitado a siembras de larvas obtenidas a partir de desoves artificiales. En los últimos tiempos en un intento de incrementar la eficiencia de esta práctica, se han liberado juveniles criados en estanques con costos de producción elevados. A pesar de la amplia difusión de estos planes de siembra extensiva, y aunque la eficiencia de esta herramienta no ha sido evaluada, los resultados no parecen estar justificados por los costos (Gomez, 1998; Colautti *et al.*, 2004).

Desde hace varios años se encuentra en desarrollo la tecnología de cría de pejerrey en jaulas flotantes adaptadas a las características de las lagunas pampásicas (Colautti & Remes Lenicov, 2001, 2005; Colautti *et al.*, 2010). Esta técnica innovadora para la especie y la región, ha arrojado resultados productivos muy promisorios y permitiría obtener juveniles de pejerrey (6 a 10 cm), a densidades de 50 a 100 ind/m², a costos menores que los del sistema tradicional. Colautti & Remes Lenicov (2005), a partir de experiencias de cría y engorde de larvas y juveniles en jaulas en una laguna, encontraron que la condición, talla y peso a diferentes edades resultó superior o similar a lo obtenido en experiencias llevadas a cabo en estanques (Grosman & Gonzalez Castelain, 1996; Berasain *et al.*, 2000; Miranda *et al.*, 2006). Las técnicas tradicionales pueden satisfacer a costos razonables únicamente las necesidades de cría de los primeros días de vida del pejerrey debido al importante consumo de alimento que implica la extensión de los períodos de cultivo (Miranda *et al.*, 2006). Por su parte, el uso de las jaulas permite obtener peces de un año de edad o extender los períodos de cría prácticamente sin

incrementar los costos. No obstante, Remes Lenicov & Colautti, (2005) y Colautti *et al.*, (2010) comprobaron que la producción de pejerrey en jaulas flotantes sin otro suministro de alimento que el natural, se encuentra fuertemente condicionada por la disponibilidad de zooplancton. Esta situación determina que la cría en jaulas, apelando únicamente a la producción de los cuerpos de agua, resulte eficiente como herramienta para la producción de juveniles pero presente limitaciones para obtener ejemplares de más de un año o de tamaño para consumo en grandes cantidades, cuando las condiciones limnológicas de los ambientes de cría son limitantes (turbidez, temperatura, calidad del zooplancton, etc.).

Estas restricciones pueden ser resueltas mediante investigación y desarrollo tecnológico. Sabiendo que la biomasa zooplanctónica disponible en el cuerpo de agua es la principal limitante de la producción, la aplicación de la técnica de provisión de alimento artificial complementario durante el periodo de cría se perfilaría como una alternativa que permitiría potenciar a este sistema de cultivo en jaulas flotantes expandiendo sus capacidades productivas. Posibilitaría en caso de alcanzarse los objetivos que se proponen, pasar de la escala experimental a la de adopción por parte actores sociales con la consecuente incorporación de la actividad al circuito económico regional.

I.7 Objetivos

I.7.1 Objetivo general

El objetivo general de esta tesis es desarrollar y ajustar un paquete tecnológico y de pautas de manejo, que permita criar pejerreyes en un sistema de cría semi-intensivo en jaulas flotantes dentro de lagunas pampásicas.

I.7.2 Objetivos específicos

a) Determinar raciones máximas y mínimas de alimentación balanceada que permitan maximizar el crecimiento, la producción y la optimización del uso del alimento para el cultivo de pejerrey

b) Establecer densidades de siembra apropiadas para orientar el cultivo a, maximizar el crecimiento, la producción o el número final de individuos.

c) Desarrollar modelos matemáticos que establezcan y describan las potencialidades del método de cultivo de pejerrey y sirvan de control para cultivos o experimentos en desarrollo.

I.8 Hipótesis

I.8.1 Hipótesis general

El sistema de cultivo de pejerrey extensivo en jaulas flotantes en lagunas pampeanas puede generar mejores crecimientos y producciones por unidad de área si es transformado en semi-intensivo mediante el subsidio de alimento artificial en cantidades apropiadas.

I.8.2 Hipótesis complementarias

a) El descenso de las tasas de crecimiento que se ha documentado en el cultivo extensivo en jaulas flotantes cuando las condiciones ambientales resultan desfavorables puede evitarse mediante el suministro de alimento artificial.

b) El tamaño de la ración otorgada influencia directamente el crecimiento de los peces bajo cultivo aunque es posible maximizar la eficiencia del sistema otorgando las raciones óptimas en función del momento del año y biomasa bajo cultivo

c) Cuando el pejerrey es cultivado bajo condiciones semi-intensiva con un régimen de provisión de alimento adecuado, el crecimiento y la producción son influenciados por la densidad de cultivo.

Capítulo II: Materiales y métodos general

II.1 Área de estudio, caracterización del ambiente y sus comunidades

En la Argentina la región pampeana ocupa las provincias de Buenos Aires, sur de Santa Fe y Córdoba y parte de La Pampa (Figura II-1-a). Los diferentes experimentos realizados en esta tesis fueron llevados a cabo en una laguna que pertenece a la cuenca baja del río Salado (Figura II-1-b), en la unidad geomorfológica denominada Pampa deprimida. Desde el punto de vista geológico el Salado es una cuenca sedimentaria donde sedimentos Cretácicos, Terciarios (Bajo y Alto) Plio-Pleistocenos y Pleistocenos están superpuestos sobre un basamento Precámbrico (Miretzky *et al.*, 2000). La Pampa deprimida presenta un clima húmedo con una temperatura media que varía entre los 13-16 °C, donde el viento sopla con una velocidad media de 10,1 Km/h (Torremorel *et al.*, 2007), la precipitación media anual fluctúa entre los 850 y los 950 mm (Miretzky *et al.*, 2000; Torremorel *et al.*, 2008). El terreno se caracteriza por una muy baja pendiente de 0.05% en promedio (Dangavs *et al.*, 1996), donde la infiltración y la evaporación son los principales componentes del ciclo hidrológico (Sala, 1975).

Los cuerpos de agua más conspicuos de la región son las lagunas (Figura II-1-c). Estas son cuerpos de agua lénticos someros que presentan características compartidas ya que la mayoría tiene un tamaño superior a las 100 hectáreas, de carácter eutróficas a hipereutróficas (Quiros & Drago, 1999), por lo general

permanentes y muy pocas superan los 4 metros de profundidad siendo polimícticas principalmente por la acción del viento. Según Ringuelet (1962) se trata de un sistema de cuerpos de agua que van de oligohalinos a mesohalinos. Considerando la composición iónica de las lagunas pampeanas por lo general son bicarbonato-sódicas (Fernandez Cirelli & Miretzky, 2002).

Dentro de esta región se encuentran más de un centenar de estas lagunas que pueden presentarse en tres estados: a) turbios orgánicos, dominados por fitoplancton; b) claros, dominados por macrófitas (Scheffers, *et al.*, 1993) (estos dos son estados alternativos de equilibrio, intercambiables) y c) turbios inorgánico, común en zonas tropicales, dominado por los sedimentarios inorgánicos en suspensión (Quirós *et al.*, 2002).

La laguna seleccionada para realizar los experimentos fue La Salada de Monasterio (35°47'S; 57°52') (Figura II-1-d y e), una laguna turbia orgánica (Allende, *et al.*, 2009) de aproximadamente 600 hectáreas, una profundidad media de 1,3 metros y que está cubierta por abundantes parches de vegetación arraigada (*Scirpus californicus*). En su cuenca presenta un bajo impacto humano y la principal producción que se realiza en la misma es la ganadería extensiva. La laguna, mostró durante el período de trabajo (2008-2011), modificaciones en sus características tornándose más clara y con abundancia de macrófitas hacia inicios del 2010.

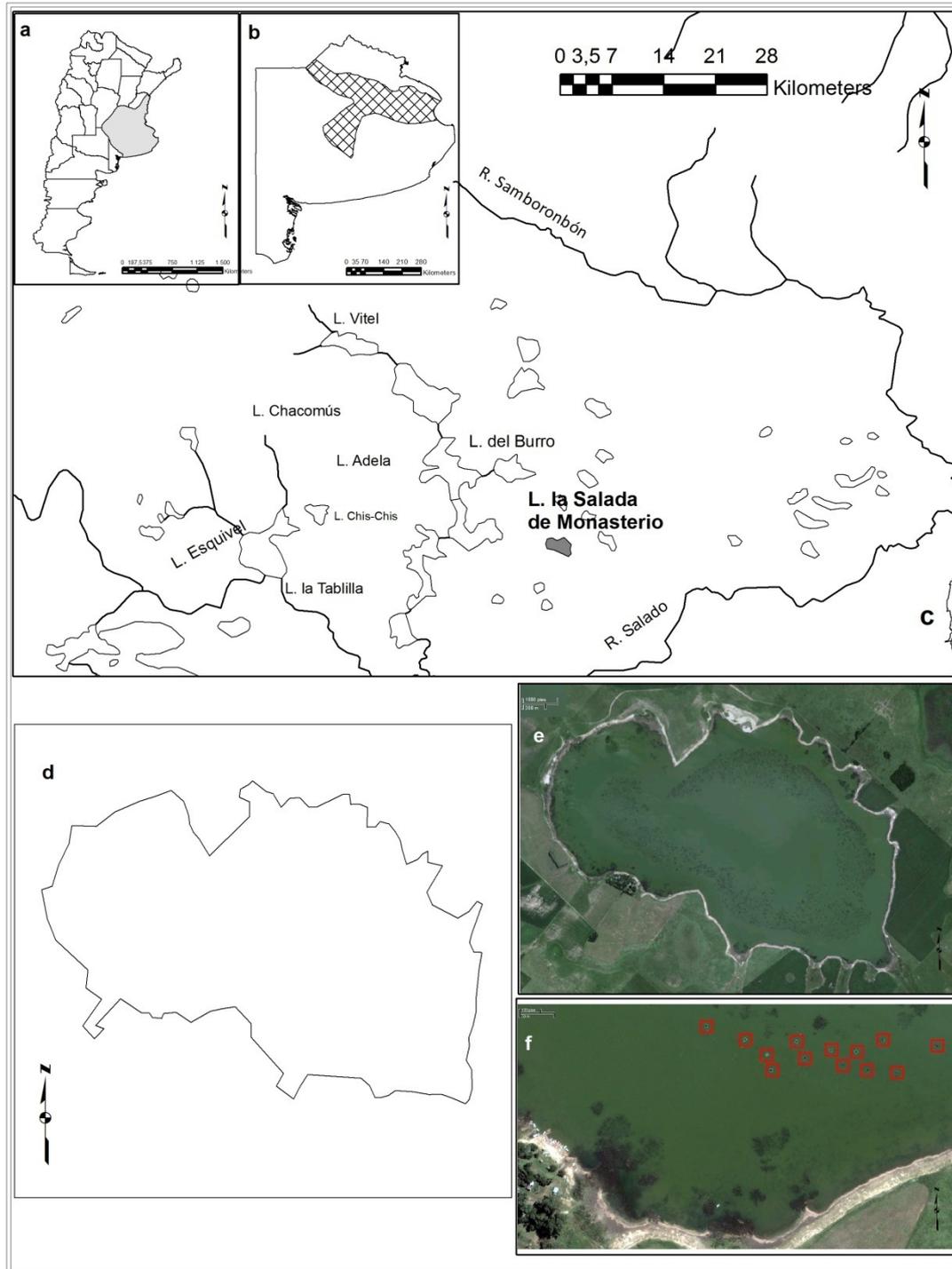


Figura II-1: a) Argentina y Region Pampeana. b) Prov. de Buenos Aires y Cuenca del Río Salado. c) Detalle de la Cuenca mostrando el Sistema de Lagunas Encadenadas. d) Laguna la Salada de Monasterio. e) Imagen satelital de la Laguna la Salada de Monasterio. f) Detalle de las jaulas dentro de la laguna.

La Salada de Monasterio fue estudiada por Allende *et al.*, (2009) en un trabajo sobre varias lagunas donde se comparo la producción y la composición de la comunidad fitoplanctónica de las mismas y por Miretzky *et al.*, (2000) en función de sus características hidroquímicas.

Según Allende *et al.*, (2009) las clorofitas seguidas por las cianobacterias, son los grupos algales dominantes en la laguna, donde las biomásas fitoplanctónicas medidas se ubicaron en valores intermedios entre las lagunas estudiadas, pero entre las más bajas de las lagunas turbias orgánicas analizadas.

II.1.2 Comunidad Zooplanctónica

Son varios los estudios realizados en la pampa deprimida sobre la comunidad zooplanctónica, (Olivier, 1961; Ringuelet *et al.*, 1972; Boltovskoy *et al.*, 1990; Gabellone *et al.*, 2001; Solari *et al.*, 2002; Benítez & Claps, 2000; Claps *et al.*, 2002; Claps *et al.*, 2004; Diovisalvi *et al.*, 2010) entre otros. Todos estos estudios enfatizan la importancia de los rotíferos y de las larvas de copépodos por su aporte a la densidad del zooplancton. En un ciclo anual se presentan fluctuaciones en la composición y la abundancia del zooplancton lagunar, donde se observan valores altos, tanto de biomásas como de abundancia de individuos en primavera y principios del verano, con una disminución de los valores hacia fines del verano y otoño. Cabe destacarse que en el invierno son comunes aumentos puntuales poco extensos en tiempo, en la biomasa zooplanctónica (Claps *et al.*, 2004, Colautti *et al.*, 2010; Diovisalvi *et al.*, 2010), ya que se desarrollan especies invernales principalmente de copépodos

ciclopoidios (Colautti *et al.*, 2010). Con respecto a la composición cualitativa de la comunidad zooplanctónica se puede observar que en primavera los rotíferos son los organismos más abundantes mientras que en invierno, por lo general, los copépodos son los que más aportan a la biomasa (Claps *et al.*, 2004; Colautti *et al.*, 2010).

En la laguna La Salada de Monasterio los trabajos de Colautti *et al.*, (2009), García de Souza *et al.*, (2009, 2011) muestran que este patrón anual se cumple periódicamente año a año, con valores máximos de biomasa zooplanctónica durante la primavera (Agosto-Diciembre) y con picos puntuales en invierno (Julio), mientras que en verano y otoño las biomásas obtenidas son menores.

II.1.3 Ictiofauna

La ictiofauna de la región pampeana está caracterizada por presentar una fuerte influencia parano-platense, con una disminución de la diversidad de esta fauna que ocurre de norte a sur y de este a oeste (Ringuelet, 1975; Lopez *et al.*, 2001). En la zona de estudio Berasain *et al.*, (1999) realizaron un informe técnico pesquero donde la fauna encontrada estuvo dominada por el dientudo (*Oligasarcus jenynsii*) en número de individuos y por el sabalito (*Cyphocharax voga*) en biomasa, donde el pejerrey represento solamente el 10,5% de la captura en número de individuos. Las restantes especies mencionadas en dicho informe fueron *Rhamdia sapo*, *Hoplias malabaricus*, *Cheirodon interruptus*, *Astyanax* sp., *Hyphessobrycon anisitsi*, *Bryconamericus ieringi*, *Pimelodella laticeps*, *Hypostomus commersoni*, *Loricariichthys anus*, *Cyprinus carpio* y *Symbranchus marmoratus*.

Es importante destacar que el estudio citado se realizó durante un período en el cual el cuerpo de agua se encontraba en un estado de aguas claras debido a la dominancia de macrófitas. Durante el desarrollo de los experimentos la laguna presentó, como se comentó anteriormente, el estado de aguas turbias orgánicas, en la cual los peces zooplanctófagos como el pejerrey se ven favorecidos (Quiros, 1998). Conforme algunos muestreos ícticos realizados en la laguna durante los experimentos, se pudo detectar que esta especie asumió un rol de relevancia en la comunidad y que algunas especies apuntadas como importantes en 2007 mostraron escasa o nula representación. Esta dinámica de cambios cualitativos y cuantitativos del ensamble de peces es un hecho documentado en las lagunas pampeanas de la región (Berasain *et al.*, 2005).

II.2 Las jaulas flotantes, diseño y características

Las jaulas flotantes son unidades para cultivo de peces. Los tamaños, formas, y materiales con que se pueden construir son muy variadas y dependen del ambiente, la especie, los materiales disponibles en la zona, los costos y las posibilidades del acuicultor. Existen desde modelos netamente artesanales hasta altamente industrializados. No obstante, hay ciertas características que toda jaula de cría debe satisfacer: bajo costo y peso, fácil manejo y reparación, durabilidad y resistencia acordes a las condiciones de uso, facilitar una alta tasa de intercambio de agua (jaula/ambiente) y que no produzca lesiones a los peces.

Teniendo en cuenta los objetivos de esta tesis, los actores sociales a los que está orientado el desarrollo, las características de la especie y de los ambientes, se utilizó un modelo de jaula flotante acorde a las características de las lagunas pampásicas y con ciertas particularidades que lo hacen apto para el cultivo de pejerrey (Colautti *et al.*, 2010), con ciertas modificaciones. Entre las características que reúnen las jaulas se destacan, que pueden construirse con materiales locales de fácil acceso, el modelo es sencillo de construir, presenta un volumen intermedio para maximizar el intercambio de agua con el ambiente con el fin de aprovechar al máximo el alimento natural de las lagunas (zooplancton), y que soporta las inclemencias climáticas.

Las jaulas flotantes que fueron utilizadas en esta tesis constaron de una bolsa de malla de red para contener a los peces, de un marco de madera para sostener la bolsa de red, un sistema de flotación adosado al marco, de un sistema de fondeo que mantiene a la jaula en posición en la laguna y de una tapa de red anti-predadores. El detalle del diseño, construcción y colocación se describe en el apéndice "A" de esta tesis.

La forma y tamaño de todas las jaulas flotantes fue cuadrada con una longitud de lado de 4.10 m en su parte externa y de 3.45 m en su sector interno donde la bolsa de red se hundía aproximadamente 1m.

En resumen cada jaula se construyó con los siguientes materiales, diez tablas de saligna (*Eucaliptus*) de varias medidas, aproximadamente 40 bidones dependiendo del tamaño de los mismos, 80 bulones galvanizados con sus respectivas tuerca y arandelas, 60 pitones N° 8 galvanizados, un rollo de sogá

de trenzada de nylon (5 mm), hilo de costura de redes N°18, tres tubos de lastre de ¾ pulgadas, diferentes bolsas de red para la contención de los peces (Tabla II-1), 100 precintos plásticos de 5cm, una red anti-predadores y un sistema de fondeo que consto de dos pesos muertos de cemento unidos a la jaula por sogas de 12mm.

Tabla II-1: Diferentes mallas de red usadas en los experimentos, con sus respectivas medidas.

Tipo de red	Medidas bolsa de red	Color	Tamaño de malla
Nursery	2x1x1,4 m	Blanco	0,8X0,8 mm
Mosquitero	3,45x3,45x1,4 m	Negro/Blanco	1,5x1,5 mm
Cristal	3,45x3,45x1,4 m	Blanco	3,5X7 mm
Anti-Granizo	3,45x3,45x1,4 m	Negro	2,5x10 mm

II.3 Alimentadores

Para el desarrollo de esta tesis se utilizaron dos tipos de alimentadores automáticos para dosificar las raciones proporcionadas a los peces.

El primero de ellos fue diseñado por el grupo de trabajo. El alimentador se construyó con un armazón de tubos de PVC, con una parte superior cuya función es contener el alimento a modo de una tolva y una parte inferior en la que se colocaron las piezas mecánicas para dosificar las raciones de alimento.

En una caja plástica conectada por cables al dosificador se instalaron la

batería y los mecanismos electrónicos programables encargados de regular el funcionamiento del instrumento (Figura II-2).

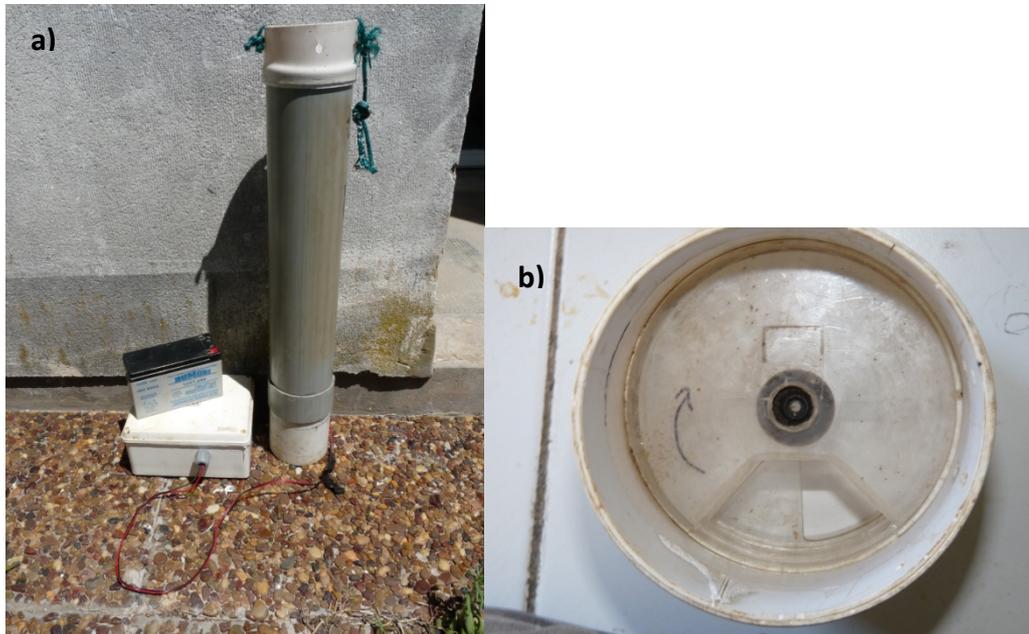


Figura: II-2: a) Alimentador automático diseñado por el grupo de trabajo. b) Detalle de la parte mecánica del alimentador.

El segundo tipo de alimentador usado, fue de la marca (Automatic Pet Feeder; modelo: YF-WS10A; Yufeng Industrial Group Co., Limited China) utilizado para alimentar mascotas, funcionando el mismo con 4 pilas "A" y pudiéndose programar el número de raciones diarias y el tamaño de la misma.

II.4 Parámetros físico químicos

Los parámetros físico químicos medidos se describirán en particular para cada experimento, ya que en cada uno los parámetros relevados fueron diferentes.

II.5 Muestreo

II.5.1 Maniobra para la obtención de muestras de peces

Cada vez que se realizó un muestreo los peces fueron capturados dentro de la jaula mediante una red de arrastre de 1,5 m de alto por 4 m de largo con un tamaño de malla de 1,5 x 1,5 mm. Durante la operatoria de muestreo, la red fue pasada por dos operarios desde uno de los lados de la jaula al opuesto recorriendo los bordes enfrentados (por lo general se finalizaba en el lado en el que se encontraba el bote amarrado a la jaula). Los peces fueron capturados y dejados en un pliegue de la red dentro del agua hasta ser extraídos con un copo de mano y depositados en contenedores plásticos de 50 litros, llenos con agua de la laguna en un 50% de su capacidad. Esta maniobra se realizó tanto para el conteo de individuos como para la toma de ejemplares a los que se les tomaron las medidas que se detallan a continuación.

II.5.2 Mediciones realizadas a los peces

Las medidas biológicas obtenidas en todos los experimentos fueron largo total (Lt), largo estándar (Lst) en centímetros (cm), peso (W) en gramos (g). También en fechas de muestreo puntuales se realizaron conteos del número total de peces en las jaulas (N).

El Lt y Lst se tomaron con un ictiómetro (precisión 0,1cm). Se midieron, dependiendo del experimento, de 10 a 25 individuos por jaula. Los peces fueron anestesiados previamente a proceder a la toma de datos. El anestésico utilizado fue una solución de benzocaína 10%. Dado que la información se

obtuvo *in-situ*, los peces anestesiados se colocaron en un recipiente plástico de 50 litros, llenos con agua de la laguna en un 50% de su capacidad y con aireación, hasta constatar su recuperación y ser devueltos a su respectiva jaula. Este procedimiento no se realizó en el primer experimento en el cual los peces muestreados fueron sacrificados en cada fecha de muestreo.

Dado que obtener el W a bordo es una tarea que difícilmente puede concretarse con buena precisión, en cada fecha de muestreo se sacrificaron de 5 a 30 peces (dependiendo de cada muestreo), de los cuales se obtuvo el W en el laboratorio por medio de una balanza electrónica con un precisión de 0.01 g. Asimismo a los individuos sacrificados se les midió el Lst y Lt de igual manera que a los peces en la laguna.

El conteo de individuos (N) se realizó de dos maneras dependiendo del muestreo. En el conteo al final de cada experimento (final del experimento respectivo) los peces fueron capturados con la red de muestreo. Se realizaron tres lances sucesivos por jaula contándose todos los individuos obtenidos en cada uno y pasándolos a otro recinto. Luego la bolsa de red fue levantada en su totalidad (elevando los lastres del fondo) para hacer un conteo total de individuos que no habían sido obtenidos en los tres lances de la red. Para los conteos de individuos de fechas intermedias se pasó la red tres veces, se contó el número de individuos por pasada. El número de individuos por fecha intermedia, se estimó a partir de resultados obtenidos en experimentos previos, en los cuales se probó que en tres pasadas de red se captura el 90,48% del total de individuos. Este sistema se implementó para no estresar a los

peces con la maniobra de izado de la bolsa de red, en la cual los individuos terminaban atrapados en los pliegues de la malla o permanecían expuestos a la atmosfera. La periodicidad con la que se obtuvieron los datos fue diferente en cada experimento y será aclarada en la sección materiales y métodos de cada capítulo.

II.6 Análisis de datos

II.6.1 Crecimiento

En acuicultura, los métodos para calcular y predecir el crecimiento de los peces, son esenciales para validar la posibilidad de cultivar y estimar la rentabilidad de una especie o de un emprendimiento. Para ello, varios modelos y estimadores del crecimiento pueden ser usados, estos son de gran importancia en el planeamiento y la evaluación de la producción. Sin embargo los diferentes modelos disponibles presentan ventajas y debilidades que deben ser consideradas al momento de elegir uno para la evaluación de una especie en producción.

Para reportar el crecimiento de los peces en los diferentes experimentos de esta tesis se siguieron los lineamientos y clasificaciones descritos por Hopkins (1992) y se calcularon tanto tasas de crecimiento absoluto como específico.

II.6.1.1 Tasas de crecimiento

II.6.1.1.1 Tasas de crecimiento absoluto

Las tasas de crecimiento absoluta son extensamente utilizadas casi como un método “estándar” para expresar crecimiento debido a lo simple y sencillo de su cálculo e interpretación. Estas tasas de crecimiento así expresadas asumen que la relación talla-peso/tiempo es lineal y que la tasa de crecimiento es igual sin importar la talla o el peso de los peces a considerar (Hopkins, 1992). Para esta tesis se calcularon la ganancia en peso diario (Wpd) y la ganancia en largo total diario (Ltpd).

Estas tasas presentan la fortaleza de ser fáciles de interpretar y son sencillas de calcular, pero tienen limitaciones al asumir un crecimiento lineal con el tiempo y se hace imposible comparar experimentos o tratamientos donde la talla de los peces al inicio del mismo es diferente o donde los tiempos de cultivo no sean iguales (Ricker, 1979). Estas tasas se calcularon de la siguiente manera.

Ganancia en peso promedio diario (Wpd)

$$\underline{Wpd} \text{ (g/día)} = (Wf - Wi) / (tf - ti)$$

Donde Wf y Wi son los pesos promedio de los peces de la jaula al tiempo ti cuando se inicia el período del experimento y se extiende hasta el tiempo tf cuando finaliza el período testeado.

Ganancia en largo promedio diario (Ltpd)

$$\underline{Ltpd} \text{ (cm/día)} = (Ltf - Lti) / (tf - ti)$$

Donde L_{tf} y L_{ti} son los correspondientes largos totales promedio de los peces de la jaula cuando finaliza el período testeado (t_f) y cuando se inicia el mismo período (t_i) respectivamente.

II.6.1.1.2 Tasas de crecimiento instantáneo

Tasa de crecimiento específico: (TCE) (Ricker, 1979)

$$TCE = 100 * (\ln(W_f) - \ln(W_i)) / D$$

Donde \ln es el logaritmo natural, aplicado al peso final (W_f) y al peso inicial (W_i) correspondiente al período evaluado y D es la duración en días de dicho período.

Esta ecuación asume que el peso de los individuos bajo estudio crece de manera exponencial. Sin embargo, esta asunción es válida solamente para peces de pequeño tamaño criados durante períodos de tiempo cortos (Hopkins, 1992). Más aun, mientras un organismo crece en tamaño, la tasa de su actividad metabólica disminuye (Brett, 1979; Brett & Groves, 1979; Jobling, 1994) y como resultado su tasa de crecimiento relativo disminuye. Además los peces son animales ectotérmicos y por ende la temperatura del agua afecta la tasa metabólica de los mismos. Así, mientras la temperatura aumenta también lo hace la tasa de crecimiento específico para una talla determinada hasta llegar a una temperatura óptima de crecimiento donde un incremento en la temperatura genera una disminución en la tasa de crecimiento (Brett, 1979; Jobling, 1994; 1997; Wootton, 1998)

II.6.1.1.3 Crecimiento por unidad termal. (Iwama & Tautz 1981; Cho 1992)

Para reducir los problemas que afectan a la tasa de crecimiento específica (TCE), la temperatura y el tamaño corporal Iwama & Tautz (1981) desarrollaron el coeficiente de crecimiento por unidad termal (CUT) que fue luego modificado por Cho (1992). El mismo se expresa de la siguiente manera:

$$\text{CUT} = 1000 * (W_f^{1/3} - W_i^{1/3}) / (T^{\circ} \times D)$$

Donde T° es la temperatura promedio del período considerado y D es el número de días entre mediciones siendo W_f y W_i los pesos finales e iniciales del período evaluado respectivamente

Cho (1992) plantea que esta ecuación presenta un mejor ajuste a los patrones reales de crecimiento de los peces, principalmente dado por la función potencial subyacente y la inclusión de la temperatura dentro de las variables consideradas. Además se considera que el CUT está menos influenciado por el tamaño de los peces (Kaushik, 1995; 1998; Bureau *et al.*, 2000) y por la temperatura (Azevedo *et al.*, 1998; Cho & Bureau, 1998; Bureau *et al.*, 2000; Bailey & Alanärä, 2006) que el TCE. Sin embargo, últimamente han aparecido en la literatura estudios donde se demuestra que el CUT no es tan estable como se había predicho anteriormente (Jobling, 2003; Rónyai & Csengeri, 2008), lo que reduciría las ventajas de este modelo. El mismo fue utilizado por Hualde *et al.*, (2011) en el pejerrey patagónico y estos autores concluyen que el modelo puede ser aplicado para evaluar el crecimiento del pejerrey.

II.6.2 Índices de condición

Una práctica común es evaluar el estado nutricional de los peces, por medio de índices de condición como un indicador del bienestar de los individuos (Baigún *et al.*, 2009). El supuesto básico detrás de los índices de condición es que un pez en “mejor” condición, es más pesado que otro pez de la misma talla (Richter *et al.*, 2000). Así un índice de condición nos estaría hablando del estado nutricional de los peces (Gutreuter & Childress, 1990).

El índice de condición más utilizado en la literatura es el K propuesto por Fulton, (1911), cuya ecuación es $K=100*(W/L^3)$ (donde W es el peso del pez, y L es el largo). Esta ecuación asume que el crecimiento de los peces es isométrico o sea, la pendiente de la relación largo peso es igual a 3, supuesto que muchas veces no se cumple (Bagenal & Tesch, 1978). Ello trae aparejado problemas de interpretación cuando se comparan peces de diferente tamaño. Por ejemplo, si la pendiente de la regresión largo peso es mayor que 3 va a existir una correlación positiva entre el índice K y el tamaño de los peces, por ende peces más grande presentaran mayores valores de K (Jones *et al.*, 1999).

Por las dificultades que presenta el índice K, se han desarrollado varios índices de condición alternativos. En el caso del pejerrey Colautti *et al.*, (2006) desarrollaron un índice de condición “peso relativo”, que fue puesto a prueba por Baigún *et al.*, (2009) quienes concluyeron que era el más apropiado para evaluar la condición en la especie. No obstante, el mismo presenta la limitación de que solo puede ser aplicado en el intervalo de tallas que va de 120 mm a 520 mm de longitud estándar. Por lo tanto su aplicación no es

válida en esta tesis ya que muchos de los peces utilizados quedan por fuera del rango en que se puede aplicar este índice.

Colautti *et al.*, (2006) utilizaron este rango de tallas ya que los peces no crecen de la misma manera a lo largo de toda su vida, sino siguiendo diferentes patrones (Parker & Larkin, 1959; Ricker, 1979; Charnov *et al.*, 2001; Shuter *et al.*, 2005). Ello se define en la literatura como “stanzas” de crecimiento, cuya primera utilización se debe a Vasnetsov (1953). Una de las modificaciones que define diferentes stanzas es que las pendientes de las relaciones largo peso se modifiquen cada vez que cambia los patrones de crecimiento de los peces (Ricker, 1979). Por ende Colautti *et al.*, (2006) ajustaron el modelo sobre el cual se basa su índice para el stanza que abarca a la fracción adulta de la población y juveniles mayores de 120 mm. Dichos autores también dejaron constancia de que para peces de menor talla resultaba necesario ajustar nuevos modelos capaces de reflejar de manera adecuada la condición de dicho intervalo de tallas. Teniendo en cuenta lo comentado y la necesidad de evaluar de manera apropiada la condición de los peces utilizados en los experimentos es que se trabajó en desarrollar un nuevo índice de condición para la fracción de la población por fuera del rango de tamaños que puede ser evaluada mediante el peso relativo de Colautti *et al.*, (2006).

Para calcular el índice de condición se utilizaron todos los datos de pejerreyes cultivados en jaulas flotantes que se poseían (n=3587), muchos de ellos ya publicados (Colautti *et al.*, 2008; Colautti *et al.*, 2009; García de Souza *et al.*, 2009; Solimano *et al.*, 2009; Colautti *et al.*, 2010; García de Souza *et al.*, 2011;

Solimano *et al.*, 2011). Las tallas representadas en la base de datos abarcaban desde 0,6 cm a los 18,8 cm en largo estándar (Lst). Los peces que iban desde los 0,6 cm a los 1,3 cm en Lst fueron descartados ya que corresponden a larvas y Fuiman, (1983) considera que las larvas presentan patrones de crecimiento muy diferentes a la de los peces juveniles y adultos. Para establecer el límite de tamaño superior para el estadio larva se siguieron los lineamientos propuestos por Chalde *et al.*, (2011). No obstante, en esta tesis no se utilizaron peces de tallas menores al referido valor límite en ningún experimento.

Mediante el ajuste de curvas potenciales sucesivas a los datos de largo y peso fraccionando el rango total de tallas se pudieron identificar tres stanzas de crecimiento diferentes para el pejerrey. La primera se identificó en el intervalo de talla en Lst que va desde 1,3 cm a 3 cm y presentó una relación largo peso $W=0,008*Lst^{3,18}$. La segunda abarcó el rango de 3,1 cm hasta 8,5 cm y presentó una relación largo peso $W=0,011*Lst^{2,86}$. Por último, se definió una stanza desde los 8,6 cm a los 18,8 cm y cuya relación largo peso fue $W=0,003*Lst^{3,46}$ (Gráfico II-1).

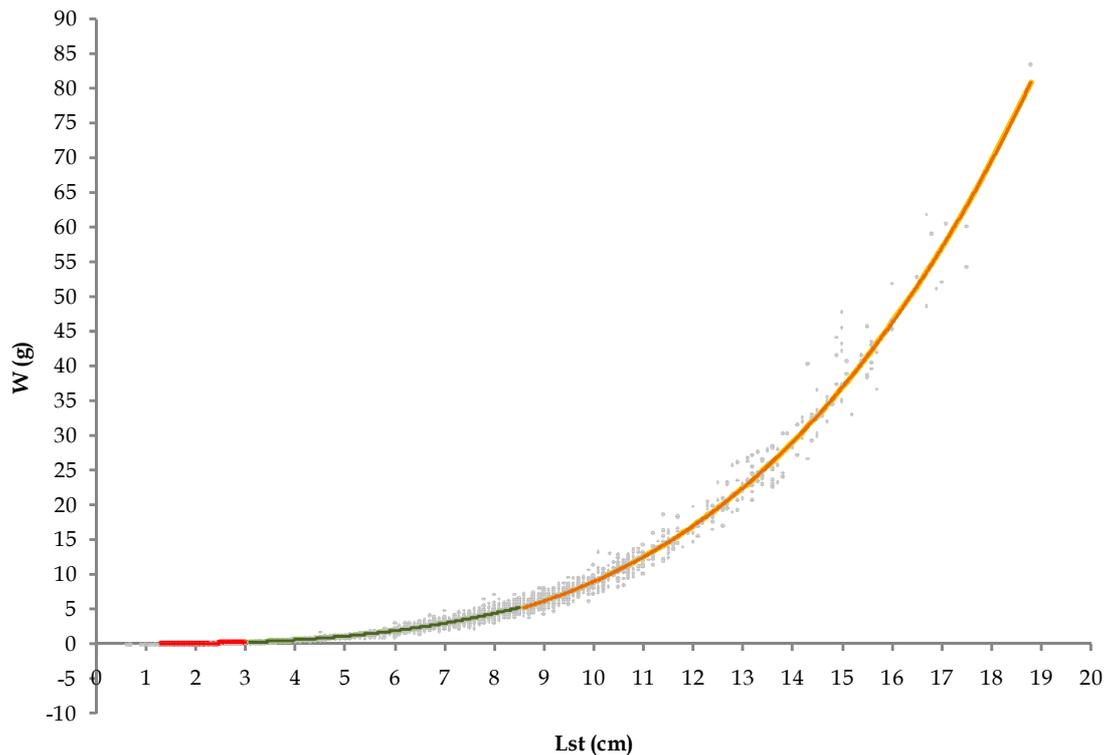


Gráfico II-1: Relaciones entre el largo y el peso de los diferentes stanza de crecimiento identificados en pejerreyes cultivados en jaulas flotantes (puntos grises); **Rojo:** modelo ajustado para los peces en el intervalo 1,3-3 (cm); **Verde:** modelo ajustado para los peces en el intervalo 3,1-8,5 (cm); **Naranja:** modelo ajustado para los peces en el intervalo 8,6-18,8(cm).

A partir de estas ecuaciones se pudo obtener el peso estimado por la recta (W_{esp}) para cualquier pez de determinada talla y para obtener el valor del peso específico por stanza (W_{rS}) se utilizó la siguiente ecuación.

$$W_{rS} = W_{obs} / W_{esp}$$

Donde el W_{obs} , es el peso observado del individuo a determinada talla obtenido en los muestreos.

De este modo, los individuos que presentaron un valor de W_{rS} cercano o superior a 1 se consideraron en buena condición, mientras que desviaciones de este valor por debajo de 1 se valoraron como de baja condición de los individuos.

II.6.3 Medidas de la heterogeneidad

El comportamiento de los peces en acuicultura es evaluado por medio de los coeficientes de variación (CV) tanto de la talla o del peso a lo largo del período de cultivo. Con los mismos se puede observar si existen grupos dominantes cuando los CV aumentan a lo largo del tiempo, o si los CV se mantienen estables o disminuyen la especie presentaría un comportamiento de cardumen con una baja competencia intraespecífica. Por esto se evaluó la heterogeneidad dentro de las jaulas en búsqueda de jerarquías de alimentación (Jobling & Baardvik, 1994; Jobling & Koskela, 1996) o la inexistencia de las mismas con preponderancia de comportamiento de cardumen (Jobling *et al.*, 1999; Van Ham *et al.*, 2003).

Con este fin se calcularon el coeficiente de variación para las variables largo total y peso (CVLt y CVw), así como cambios en el coeficiente de variación (ΔCV) para ambas variables, Las ecuaciones utilizadas fueron las siguientes:

$$\underline{CVw(\%)} = (DE_{\text{período}} / W_{\text{período}}) * 100$$

$$\underline{CVLt(\%)} = (DE_{\text{período}} / Lt_{\text{período}}) * 100$$

Donde DE es la desviación estándar de los datos.

$$\underline{\Delta CVw(\%)} = CVw_{(f)} / CVw_{(i)}$$

$$\underline{\Delta CVLt(\%)} = CVLt_{(f)} / CVLt_{(i)}$$

Los valores de delta CV (Lt y W) se estimaron para las jaulas, ya que el indicador se refiere a la heterogeneidad dentro de la jaula y no entre jaulas.

II.6.4 Producción y conversión alimentaria

Para evaluar la performance del sistema de cultivo se calcularon para cada período y para la totalidad del experimento los siguientes parámetros.

II.6.4.1 Peso final de los peces en la jaula (Jw) o biomasa, según corresponda a un período o a la totalidad del experimento se estimó como.

$$\underline{Jw(g)} = W_{\text{período}} * N_{\text{período}}$$

II.6.4.1 Producción. La producción, según corresponda a la total del período productivo o solo al tiempo del experimento, puede ser total (PrT) considerando la biomasa total obtenida durante todo el período productivo, desde el día del nacimiento de los peces o experimental (PE) solo tomando la producción de biomasa ganada por los peces en el período experimental correspondiente, descontando la biomasa con la que se empezó dicho período. Las ecuaciones empleadas fueron.

$$\underline{PE (g/m^2)} = (Jw_{(2)} - Jw_{(1)}) / A$$

Donde A es el área de la jaula en m².

$$\underline{PrT (g/m^2)} = Jw_{\text{período}} / A$$

Para evaluar el aprovechamiento del alimento y el protocolo de alimentación en los peces de los tratamientos, se calculó la tasa de conversión alimenticia (TCA) (Steffens, 1987) de acuerdo a la siguiente fórmula.

$$\underline{TCA} = W_{\text{Alimento}} / Jw_{\text{período}}$$

Siendo W alimento la cantidad de alimento balanceado otorgada durante el período considerado.

Las conversiones alimentarias, pueden tomar valores de $-\infty$ a $+\infty$, para el análisis de estos datos se considero un valor de $-\infty$ a 0 como que la biomasa de peces en la jaula disminuyo durante el periodo testeado. Si los valores fueron entre 0 y 1 la influencia del zooplancton durante el periodo fue importante ya que la biomasa de peces creció por encima de la cantidad de alimento otorgado durante el periodo. Valores de 1 a $+\infty$ se los considero y analizo como valores de conversión normales. Los promedios de los tratamientos fueron calculados solamente si los valores de las replicas correspondientes presentaban el mismo signo.

Para poder realizar comparaciones con estudios previos se transformó el largo estándar (L_{st}) en largo total (L_t) utilizando la ecuación propuesta por Berasain *et al.* (2000):

$$L_{st} = 0.8493 * L_t - 0.162.$$

II.7 Análisis estadístico

Las unidades experimentales en acuicultura pueden ser variadas, desde tanques y acuarios a grandes cavas o jaulas flotantes en el ambiente. Se ha sugerido que los datos de crecimiento deben ser analizados usando la media de la unidad experimental en vez de el dato de las mediciones individuales de cada pez (Cowey, 1992). El argumento más usado para este acercamiento es que los tratamientos, como por ejemplo diferentes dietas, están asignados

no a animales individuales sino a un grupo de animales dentro de la unidad experimental (Baker, 1986).

Estudios sobre los efectos de las jerarquías sociales de dominancia en el crecimiento y en el consumo de alimento (McCarthy *et al.*, 1992; Jobling *et al.*, 1995) han demostrado que la variabilidad dentro de las unidades experimentales debe ser considerada al sacar conclusiones de los experimentos. La variabilidad interna de la unidad experimental se pierde cuando las mediciones individuales son utilizadas en forma conjunta y las medias calculadas para realizar el análisis (Ruohonen, 1998).

Un error común es pensar que cuando se mide a nivel individual no es necesario tener réplicas, lo cual es inadecuado ya que los individuos dentro de una unidad experimental no son estadísticamente independientes (ver además Baker, 1986). Hulbert (1984) denominó este error pseudoreplicación y puede ser cometido aun en la presencia de replicación dentro del experimento si se toman las mediciones individuales de las diferentes réplicas y son analizadas en forma conjunta.

La utilización de un análisis de la varianza anidado (ANOVA anidada) (Sokal & Rohlf, 1995) considerará en el mismo análisis ambos niveles de variación (entre jaulas y dentro de las jaulas). Vale la pena aclarar que esto no evita la necesidad de tener replicas para los tratamientos, ya que de no tenerlas se confundirían los efectos asociados al tratamiento y a la unidad experimental y no habría estimación para el error residual de la varianza. Sin embargo, un

análisis anidado a los datos permite reducir la cantidad de réplicas necesarias (Ruohonen, 1998). El autor referido, aclara además que este tipo de análisis es preferible si se posee datos de mediciones individuales, ya que en caso de no tener igual número de observaciones cuando se juntan los datos para el cálculo de la media, se incrementa el riesgo de cometer un error de tipo I (aceptar una falsa hipótesis alternativa).

Por último, los modelos anidados permiten flexibilidad en el diseño dando lugar a una óptima y económica solución a las restricciones presentes en acuicultura (espacio necesario para experimentación y los costos de las instalaciones de acuicultura a replicar)

Dentro de esta tesis se realizaron análisis de ANOVA anidados tanto a los datos de talla (L_t), como de peso (W) de los peces y a los datos obtenidos mediante la aplicación del índice de condición por stanzas (WrS), ya que de los tres casos se poseía datos de los individuos medidos por jaula en un número que se aclara para cada experimento en sus respectivos capítulos. Por otro lado, se realizaron análisis de ANOVA simple y test de t para las diferentes tasas calculadas por período en los diferentes experimentos. Los valores de p aceptados como significativos fueron los menores a 0,05. Los test fueron realizados con el software Statistica 6.0.

Los supuestos de homogeneidad de varianza y normalidad fueron testeados mediante los test de Levenes y Kolmogorov-Smirnov con el software

Statistica 6.0. En los casos donde no se cumplió alguno de los supuestos se realizaron las transformaciones necesarias.

Capítulo III: Provisión de alimento artificial como mecanismo para mejorar la producción de pejerrey en jaulas flotantes

III.1 Introducción

El cultivo de pejerrey de manera extensiva en jaulas flotantes surge como un enfoque novedoso y a través de su implementación se han obtenido algunos de los mejores rindes publicados para el cultivo de pejerrey (Colautti *et al.*, 2001; Colautti *et al.*, 2009; Colautti *et al.*, 2010; García de Souza *et al.*, 2011). No obstante presenta algunas limitaciones o restricciones que generan mermas en el crecimiento de los peces cultivados cuando la producción de la laguna decrece en función de sus cambios estacionales (Colautti *et al.*, 2010). Estos autores plantean que el crecimiento de los peces en cultivo se ve desacelerado por la disminución de la biomasa zooplanctónica. Este acoplamiento entre producción y estacionalidad es un hecho normal en las lagunas pampeanas (Torremorell *et al.*, 2008). No obstante, en el trabajo de Colautti *et al.*, (2010), no es posible distinguir cual de las dos variables es la que ejerce mayor influencia sobre el crecimiento de los peces. Los mismos autores, basándose en algunos resultados del trabajo, plantean la hipótesis de que agregando alimento balanceado al sistema, existiría la posibilidad de que las tasas de crecimiento puedan mejorarse.

El pejerrey es cultivado de manera intensiva en estanques es alimentado con formulaciones balanceadas. El alimento artificial es aceptado por el pejerrey,

pero nunca se ha probado reforzar la dieta mediante la provisión de alimento balanceado a pejerreyes cuando en el medio de cultivo hay alimento natural (zooplancton) en abundancia, como es el caso de las jaulas flotantes instaladas en lagunas.

El primer experimento planteado en esta tesis pretende evaluar si los peces cultivados en jaulas dentro de lagunas aceptan el alimento balanceado, y si el complemento alimentario extra que se proporciona hace que el crecimiento y la supervivencia de los pejerreyes mejoren durante el período invernal. De este modo, se plantea comprobar si es posible mejorar la producción de pejerrey en jaulas flotantes mediante un ajuste tecnológico, acoplado alimentadores automáticos a las jaulas con el fin de ofrecer alimento balanceado a los peces durante el período en que la producción y la temperatura de las lagunas disminuyen impactando negativamente en el crecimiento.

III.2 Materiales y métodos

Los pejerreyes que se utilizaron en este experimento provinieron de la estación Hidrobiológica de Chascomús de una eclosión correspondiente al día 26-09-2008. La transición a alimentación exógena de las larvas se produjo en cavas (25X10x2m) que posee el INTECH en su predio, donde dos de las mismas fueron llenadas hasta 1 metro de profundidad y acondicionadas 30 días antes de la siembra. El acondicionamiento se basó en fertilizar las cavas con superfosfato y guano de gallina. Las cavas se llenaron con agua salada (15

g/l) y al momento de la siembra, para el día de la siembra, se obtuvieron valores de biomasa zooplanctónica de 100 µg/l (principalmente rotíferos) (García de Souza *et al.*, 2009). Así, se aseguró que las cavas tuvieran alimento natural al momento de la liberación de las larvas. El día 26-09-2008 se sembraron aproximadamente 10.000 larvas por cava (400.000 individuos/hectárea) y se mantuvieron bajo las condiciones indicadas por 20 días. El día 16-10-2008 los peces se retiraron de las mismas y fueron aclimatados en piletas, previamente llenadas con agua proveniente de la cava. Por goteo con agua dulce se disminuyó paulatinamente la salinidad del agua por 24 horas hasta alcanzar una salinidad de 4 g/l. Dicho tratamiento siguió los lineamientos propuestos por Tsuzuki *et al.*, (2001) para preparar a los peces para el traslado y evitar el golpe osmótico del sembrado en el ambiente.

Los pejerreyes fueron transportados el 17-10-2008 hasta la laguna la Salada de Monasterio (35.8331 S, 57.8871 W) en bolsas de 20 l plásticas llenas (50-50%) de agua (salinidad de 4 g/l) y oxígeno. Los juveniles se sembraron en 4 jaulas, en las cuales fueron criados de manera extensiva hasta cumplir 111 días de edad (15 de enero). En enero (2009), se instalaron las cuatro jaulas que formarían parte del experimento en la laguna la Salada de Monasterio. La malla de red usada a lo largo de todo el experimento fue del tipo antigranizo. El día 15 de enero se extrajeron los peces de las jaulas de cría y cada jaula experimental fue sembrada con 300 pejerreyes que en el momento de la siembra medían en promedio 10.22 cm de largo total y 6.52 g en peso húmedo (promedio de 30 individuos obtenidos de un pool general).

El diseño experimental consistió en dos tratamientos. Un primer tratamiento (SZ) en el que se realizó cría extensiva durante todo el período experimental y el otro tratamiento (SA) que se basó en la cría extensiva hasta la llegada de las condiciones invernales en donde se comenzó a proveer alimento artificial. De este modo el experimento además se dividió en dos períodos, uno inicial de cultivo extensivo en todas las unidades experimentales (período 1) y otro final (período 2) en el cual un grupo fue criado de manera extensiva y otro de manera semi-intensiva.

Desde el 15 de enero hasta el 11 de marzo (período 1) todos los peces fueron criados de manera extensiva (zooplancton como única fuente de alimento). Desde el 11 de marzo hasta el 15 de septiembre (período 2), a los peces de dos de las jaulas escogidas al azar al comienzo del experimento, se les otorgó alimento balanceado (réplicas SA1 y SA2) por medio de alimentadores automáticos. Los alimentadores suministraron porciones fijas de 36 gramos de alimento balanceado por día, dividido en cuatro raciones, se decidió esta ración ya que en este experimento se apuntaba a evaluar simplemente si el hecho de suplementar con una ración fija que representase un aporte extra al alimento otorgado por la laguna, generaba algún efecto sobre los peces bajo cultivo.

El alimento balanceado escogido fue de la marca Shullet™ y su composición porcentual era; 42.9% proteína, 1.5% lípidos, 43.8% carbohidratos, 7.5% ceniza y alrededor de 4% de vitaminas, fosforo y minerales. El mismo se puede conseguir solamente en forma de pellet cilíndricos con un tamaño de 5x2 mm.

Las dos jaulas restantes continuaron bajo las mismas condiciones del Período 1 y fueron consideradas control (réplicas SZ1 y SZ2).

Aproximadamente cada 15 días se tomaron mediciones de profundidad, pH, temperatura, conductividad, oxígeno y transparencia. Con un sensor multiparamétrico Horiba U10 se midieron la conductividad, pH y temperatura. El oxígeno se midió con un oxímetro Lutron DO-5508 y la transparencia se midió mediante disco de Secchi. Los datos fueron obtenidos en un sector de la laguna próximo a las jaulas y las mediciones fueron tomadas en superficie.

Las muestras de zooplancton se obtuvieron cada quince días en el mismo sitio donde se procedió a tomar los parámetros físico-químicos, utilizando una bomba de succión, filtrando 60 litros de la columna de agua (20 litros superficiales, 20 litros en la mitad de la columna y 20 litros cerca del fondo, las tres muestras fueron integradas) de la laguna utilizando una red de plancton de un tamaño de malla de 50 μ m. Las mismas fueron contadas para obtener la densidad media de individuos por litro (ind/L) de cada grupo taxonómico. Se tomaron submuestras de cada grupo y los individuos en ellas fueron medidos para obtener la distribución de talla de los organismos. La biomasa en peso seco (μ g dw/L) del zooplancton fue calculada de acuerdo con Bottrell *et al.*, (1976) y Dumont *et al.*, (1975).

Para este experimento se sacrificaron 30 peces que fueron, pesados y medidos al momento de la siembra, del pool general de peces. Para los muestreos

siguientes (principio y final del período 2), 20 peces por jaula fueron sacrificados para obtener su peso (W) y medidas largo total (Lt) y estándar (Lst). En la fecha final de muestreo todos los peces de la jaula fueron contados para estimar el porcentaje de supervivencia.

El tratamiento de los datos, así como los parámetros de crecimiento y producción evaluados fueron todos los enumerados en la sección materiales y métodos general.

III.3 Resultados

El período de estudio comprendió las estaciones de verano (Período 1) y otoño-invierno (Período 2), mostrando ambos períodos características termales muy diferentes (Tabla III-1). Durante el período 2, el descenso en la profundidad de la laguna estuvo asociado a un aumento en la conductividad, pH y turbidez, mientras que el oxígeno disuelto permaneció en niveles altos durante todo el experimento. A pesar de estas diferencias, los rangos registrados de los parámetros medidos estuvieron en concordancia con las variaciones naturales descritas para lagos pampeanos (Quirós *et al.*, 2002) y dentro del rango de tolerancia del pejerrey (Gómez *et al.*, 2007).

La abundancia de zooplancton a lo largo del experimento fue mayor durante el período 1 pero su biomasa mostró mayores valores durante el período 2 (Tabla III-1). Esto se debe a que en el período 1 la comunidad zooplanctónica estuvo dominada por individuos de menor tamaño pero en gran número,

primariamente rotíferos. Por su parte, en el período 2 se encontraron menor cantidad de individuos pero de mayor tamaño, principalmente copépodos.

Tabla III-1: Parámetros de calidad de agua y disponibilidad de zooplancton Período 1: (Enero-Marzo), Período 2: (Marzo-Septiembre). DE: Desviación estándar; Max: Valor máximo alcanzado por la variable en el período; Min: Valor mínimo alcanzado por la variable en el período. *Zooplancton.

Período 1					
Variable	N	Media	DE	Max	Min
Profundidad (cm)	4	123	7,5	135	120
Disco de Secchi (cm)	4	37,5	4,93	35	32
Conductividad (mS/cm)	5	1,47	0,17	1,71	1,34
pH	5	8,7	0,35	8,9	8,1
Oxígeno disuelto (mg/L)	5	8,18	1,37	9,7	6,1
Temperatura (°C)	5	24	0,65	27,5	23,4
Zoo (ind/L)*	5	1341,4	1862,5	4647,5	181
Zoo (mg dw/L)*	5	44,65	12,79	62,55	26,69

Período 2					
Variable	N	Media	DE	Max	Min
Profundidad (cm)	12	97	7,86	110	90
Disco de Secchi (cm)	12	22,36	5,78	31	15
Conductividad (mS/cm)	11	1,77	0,05	1,8	1,68
pH	11	9,12	0,13	9,31	8,97
Oxígeno disuelto (mg/L)	12	10,73	1,77	13,3	9,4
Temperatura (°C)	12	12,87	4,72	22,1	7,2
Zoo (ind/L)*	12	478,89	270,5	968,75	152,3
Zoo (mg dw/L)*	12	271,33	133,63	415,9	34,05

Al final del período 1 los peces no mostraron diferencias significativas en los pesos ni en los largos totales finales alcanzados entre los tratamientos, siendo el W y el Lt medios obtenidos por el tratamiento SA 12,19 (± 0.75 cm) y 11.6 g

(± 2.3 g) mientras que para el tratamiento SZ fueron de 11.9cm (± 0.72 cm) y 10.9 g (± 2.3 g).

En el período 2 los peces de los tratamientos SA mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$) tanto en W como en Lt con respecto a los peces del tratamiento control SZ (Tabla III-2 y Gráficos III-1 y III-2).

Tabla III-2: Medidas obtenida en el Período 2 (Marzo-Septiembre). Réplicas SA 1 y SA 2 tratadas con adición artificial de alimento, réplicas SZ 1 y SZ 2 sin adición artificial de alimento. Lt: Largo Total promedio; W: Peso húmedo promedio; DE: Desviación estándar; Max: Valor máximo para la variable; Min: Valor mínimo para la variable. N= 20 ind/jaula

Jaula	Lt (cm)				W (g)			
	Media	DE	Max	Min	Media	DE	Max	Min
SA 1	18,15	1,48	21,8	15,5	47,11	13,54	83,6	25,9
SA 2	16,81	0,95	18,1	14,3	35,01	7,26	47,9	20
Tratamiento SA	17,48	0,95	21,8	14,3	41,06	8,56	83,6	20
SZ 1	15,15	0,78	16,9	13,9	24,11	4,19	32,9	19,2
SZ 2	15,19	0,88	17,8	13,6	22,86	4,79	38,6	17
Tratamiento SZ	15,17	0,03	17,8	13,6	23,48	0,88	38,6	17

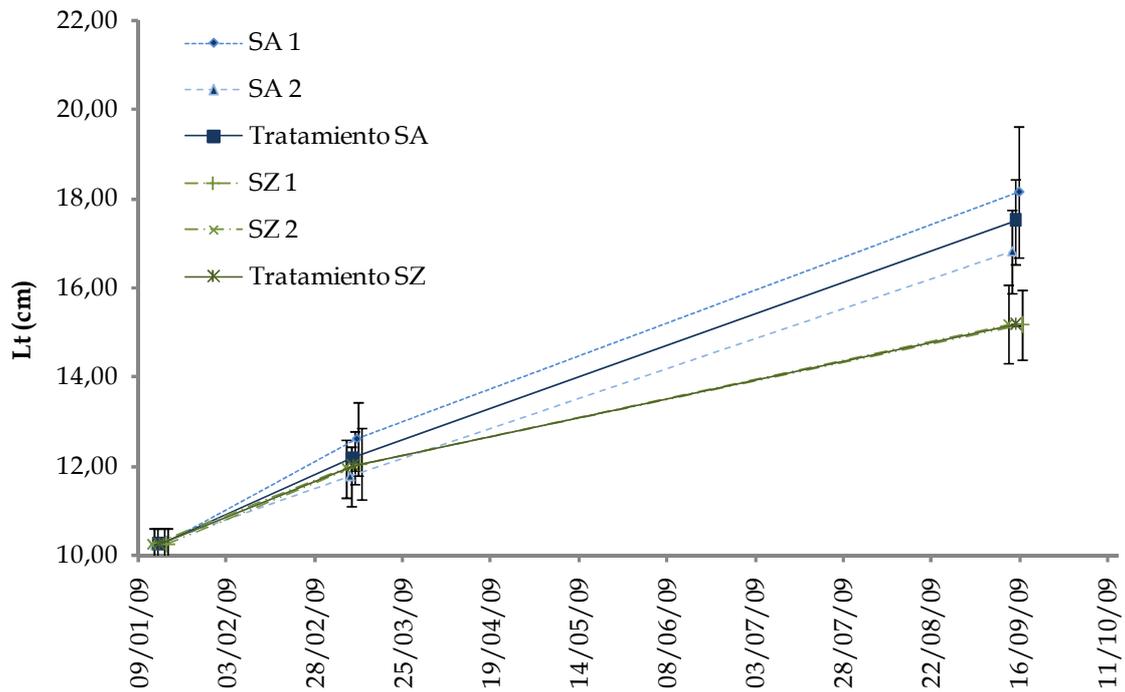


Gráfico III-1: Largo total. Variación de los Lt promedio y sus respectivos desvíos estándar. Las líneas punteadas indican el promedio de los peces de las diferentes réplicas. Las líneas rellenas indican el promedio de las réplicas de los tratamientos.

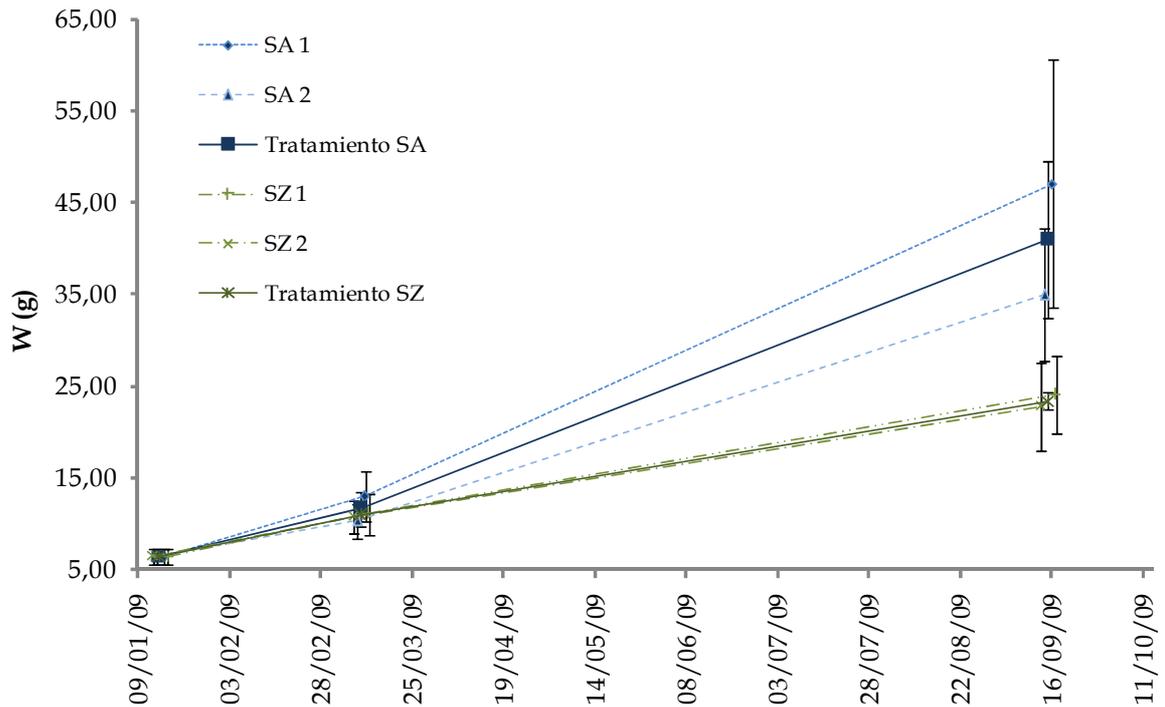


Gráfico III-2: Peso. Variación de los W promedio y sus respectivos desvíos estándar. Las líneas punteadas indican el promedio de los peces de las diferentes réplicas. Las líneas rellenas indican el promedio de las réplicas de los diferentes tratamientos.

Con respecto a las tasas de crecimiento absoluto para el período 1 los valores de crecimiento diario promedio no mostraron diferencias significativas para ninguna de las dos variables obtenidas siendo el Wpd de 0,09 g/día y el Ltpd de 0,035 cm/día para el período.

En el período 2 el Ltpd disminuyó un 50% para el tratamiento control, donde ambas réplicas SZ1 y SZ2 mostraron similar valor de Ltpd. Para el tratamiento SA la disminución fue cercana al 25%. Se registraron diferencias significativas ($p < 0,05$) en los valores de Ltpd por tratamiento para este período. (Tabla III-3)

Los valores obtenidos de Wpd para ambas réplicas del tratamiento control SZ fueron los más bajos del experimento, mientras que los valores de ambas réplicas del tratamiento SA fueron los más altos registrados (Tabla III-4). En este caso también se observaron diferencias significativas entre los tratamientos testeados.

Tabla III-3: Valores de Ltpd. Período 1(Enero-Marzo); Período 2 (Marzo-Septiembre); Total (Enero-Septiembre).

Ltpd (cm/día)	Período 1	Período 2
SA1	0,0435	0,0294
SA2	0,0280	0,0268
Tratamiento SA	0,0358	0,0281 ^a
SZ1	0,0329	0,0166
SZ2	0,0311	0,0173
Tratamiento SZ	0,0320	0,0169 ^b

Superíndices indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p>0,05$)

Tabla III-4: Valores de Wpd. Período 1(Enero-Marzo); Período 2 (Marzo-Septiembre); Total (Enero-Septiembre).

Wpd (g/día)	Período 1	Período 2
SA1	0,1178	0,1815
SA2	0,0695	0,1312
Tratamiento SA	0,0936	0,1563 ^a
SZ1	0,0845	0,0689
SZ2	0,0782	0,0641
Tratamiento SZ	0,0813	0,0665 ^b

Superíndices indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p>0,05$)

La tasa de crecimiento específico (TCE) se comportó de manera similar al Ltpd (Tabla III-5). Los valores de TCE para el período 1 fueron los más altos registrados durante el experimento, pero los mismos no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos para este período. Si bien los valores de TCE disminuyeron para el período 2 el tratamiento SA presentó valores superiores a los del tratamiento control SZ para dicho período. Estas diferencias en el valor de TCE entre los tratamientos fueron significativas ($p < 0.05$) para el período 2.

Tabla III-5: Valores de TCE. Período 1 (Enero-Marzo); Período 2 (Marzo-Septiembre); Total (Enero-Septiembre).

TCE (%W/día)	Período 1	Período 2
SA1	1,229	0,675
SA2	0,824	0,644
Tratamiento SA	1,027	0,660^a
SZ1	0,953	0,413
SZ2	0,908	0,396
Tratamiento SZ	0,931	0,405^b

Superíndices indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0.05$)

Los valores de CUT obtenidos para el período 1 no mostraron diferencias entre las medias del tratamiento SA y el tratamiento control SZ, mientras que los valores obtenidos para el período 2 mostraron diferencias significativas entre tratamientos, siendo los valores del tratamiento SA un 40% más altos aproximadamente a los obtenidos en el período 1 y los valores del

tratamiento SZ obtenidos durante este período muy similares a los del período 1(Tabla III-6).

Tabla III-6: Valores de CUT. Período 1(Enero-Marzo); Período 2 (Marzo-Septiembre); Total (Enero-Septiembre).

CUT ($g^{1/3} / ^\circ c \cdot día$)	Período 1	Período 2
SA1	0,37	0,52
SA2	0,24	0,45
Tratamiento SA	0,30	0,49 ^a
SZ1	0,28	0,27
SZ2	0,26	0,26
Tratamiento SZ	0,27	0,27 ^b

Superíndices indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0,05$)

El índice de condición W_rS por stanzas muestra que los peces presentaron una buena condición a lo largo de todo el experimento siempre superior o muy cercano a uno. Se puede observar que durante el período 1 el valor del mismo disminuyó y así al comienzo del período 2 se observaron valores menores del índice en todas las jaulas con respecto al comienzo del experimento. Esta tendencia se mantuvo a lo largo de todo el invierno, pero mientras que para los peces de tratamiento control se acentuó el descenso de la condición con respecto al período 1, la disminución de la condición fue menor en los peces de las jaulas SA obteniéndose valores promedio de 1,05 para los peces bajo tratamiento SA y de 1 para los peces en el tratamiento

control SZ. Estas diferencias fueron significativas ($p < 0,05$) para la última fecha de muestreo (Tabla III-7).

Tabla III-7: Valores de WrS. Por fecha de muestreo. SA 1 y SA 2 réplicas con adición artificial de alimento, SZ 1 y SZ 2 réplicas sin adición artificial de alimento y respectivos tratamientos, Wrs: representa la media del índice de condición; DE: desvió estándar. N=20 ind/jaula

WrS	15/01/09		11/03/09		15/09/09	
	WrS	DE	WrS	DE	WrS	DE
SA1	1,21	0,067	1,15	0,046	1,06	0,099
SA2	1,21	0,067	1,18	0,038	1,04	0,089
Tratamiento SA	1,21	0,000	1,17	0,022	1,05 ^a	0,013
SZ1	1,21	0,067	1,17	0,053	1,03	0,080
SZ2	1,21	0,067	1,18	0,034	0,98	0,086
Tratamiento SZ	1,21	0,000	1,17	0,005	1,00 ^b	0,037

Superíndices indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0,05$)

Los coeficientes de variación tanto en Lt como en W mostraron similares tendencias, y no variaron ampliamente con el tiempo. Ambos valores como sus diferenciales no evidenciaron una tendencia a crecer o a disminuir dependiente de del tratamiento. (Tablas III-8 y III-9).

Tabla III-8: Coeficiente de variación para la variable Lt y el delta correspondiente. Período 1; Período 2; Δ CV Lt delta entre ambos períodos.

Coeficiente de variación LT	Período 1	Período 2	Δ CV Lt
SA1	6,56	8,16	1,24
SA2	5,74	5,65	0,99
SZ1	6,62	5,14	0,78
SZ2	5,39	5,77	1,07

Tabla III-9: Coeficiente de variación para la variable peso con el delta correspondiente. Período 1; Período 2; Δ CV w delta entre ambos períodos.

Coeficiente de variación W	Período 1	Período 2	Δ CV w
SA1	21,16	28,74	1,36
SA2	18,75	20,73	1,11
SZ1	20,18	17,38	0,86
SZ2	16,75	20,93	1,25

La supervivencia obtenida después de 243 días de experimentación fue de 62,6% y de 32,3% para las réplicas SA1 y SA2 respectivamente, mientras que para las réplicas control SZ1 y SZ2 fue de 13,6% y de 37% respectivamente. Estos resultados generaron una PE y una PrT muy variable entre las diferentes réplicas y tratamientos, aunque las producciones obtenidas en el

tratamiento SA fueron en todos los casos superiores a las del tratamiento control SZ. (Tabla III-10)

Tabla III-10: Biomasa y producción del período experimental (Enero-Septiembre) y producción total, por réplica y por tratamiento. SA 1 y SA 2 son réplicas con adición artificial de alimento. SZ 1 y SZ 2 son réplicas sin adición artificial de alimento y respectivos tratamientos. Jw: Peso final de los peces en la jaula; PE: Producción del período experimental; PrT: Producción total

Jaula	Jw (g/jaula)	PE (g/m ²)	PrT (g/m ²)
SA 1	8858,07	685,86	848,9
SA 2	3710,91	161,67	324,7
Tratamiento SA	6284,49	423,77	586,8
SZ 1	988,85	-72,39	90,64
SZ 2	2537,86	69,6	232,64
Tratamiento SZ	1763,36	-1,40	161,64

Las conversiones alimenticias obtenidas durante este experimento fueron de 1,02 para la réplica SA1 y de 5,42 para SA2. Estos valores presentaron una gran variación principalmente debido a la gran diferencia en las mortalidades exhibidas por cada réplica.

III.4 Discusión y Conclusiones

Este experimento explora por primera vez la posibilidad de cambio facultativo de un sistema extensivo de cultivo de pejerrey realizado previamente por Colautti & Remes Lenicov, (2001) y por Colautti *et al.*, (2010) hacia un cultivo semi-intensivo en lagunas pampeanas. Experimentalmente

ya se ha probado un sistema de cultivo semi-intensivo para *Odontesthes hatcheri* en un lago oligotrófico frío por Hualde *et al.*, (2011) lo que sugiere que esta técnica puede ser usada en otras geografías con especies relacionadas.

A lo largo del período estudiado las variables ambientales medidas no muestran un patrón diferente al que se observa para otras lagunas de similar latitud durante los mismos momentos del año (Quirós *et al.*, 2002; Diovisalvi *et al.*, 2010). Según Colautti *et al.*, (2010) los cambios ambientales que se evidencian en el momento del año analizado afectarían negativamente al crecimiento de los peces bajo cultivo extensivo. En este experimento los peces del tratamiento control SZ presentan un descenso en todas sus tasas de crecimiento durante el período 2, mientras que los peces en el tratamiento SA muestran que aún a temperaturas bajas se puede lograr una mejora en todas las variables y tasas estudiadas. Esto demuestra que en ambientes naturales, a los que los peces están adaptados, la temperatura tendría un rol secundario en la regulación del crecimiento del pejerrey y pone en un nivel preponderante a la disponibilidad de alimento como regulador primario del crecimiento de los individuos.

En este estudio la abundancia zooplanctónica observada en el período 1 fue en algunos casos diez veces mayor que la del período 2, sugiriendo una mayor probabilidad para que los peces encuentren presas. Por otro lado durante el período 2 el zooplancton mostró mayores biomásas que durante el período 1, esto se debió a la presencia de zooplancton de mayor tamaño durante este período (principalmente copépodos ciclopoideos), que tienen

una mayor facilidad para escapar a la depredación por parte de los peces planctívoros (Drenner *et al.*, 1978; Walls *et al.*, 1990). Bajo estos dos hechos, es posible explicar parcialmente al menos los bajos crecimientos que se obtuvieron en las réplicas del tratamiento control SZ1 y SZ2 en el período 2 con la menor abundancia de zooplancton y su mayor capacidad de escape, más aún si tenemos en consideración los crecimientos observados para las réplicas tratadas con alimento SA1 y SA2 para el mismo período.

Las necesidades energéticas para el mantenimiento diario de los peces son función de su peso, y varían en relación a su temperatura óptima de crecimiento entre los 40 a 100 Kj/Kg por $W^{0,75-0,80}$ (Jobling, 1985; Steffens, 1989; Talbot, 1993). Por ende, mientras más pesado es el individuo, mayor será su gasto basal de energía, y mayores serán sus necesidades de alimento para mantenerse. Durante el experimento el peso individual de los peces en las diferentes unidades experimentales fue en aumento y del mismo modo lo hicieron sus requerimientos nutricionales. Esto puede ser de vital importancia cuando se busca establecer una relación entre la biomasa de zooplancton, casi cinco veces menor en el período 1 con respecto al 2, y la biomasa de peces que fue de seis a diez veces mayor al final del experimento con respecto al peso de los individuos con los que se empezó el experimento.

La talla alcanzada por los peces cultivados en las réplicas del tratamiento SA, es la mayor registrada en la literatura hasta el momento, bajo todas las formas de cultivo probadas para la especie y donde el tiempo de cultivo se haya extendido entre los 242 y los 374 días como máximo. Esto puede

comprobarse al consultar los trabajos de Luchini *et al.*, (1984); Berasain *et al.*, (2000); (2001); Colautti & Remes Lenicov, (2001) y Colautti *et al.*, (2010).

Entre las tasas de crecimiento absolutas evaluadas se puede observar como durante el período 1 todas las tasas se mantuvieron altas y parejas en todas las unidades experimentales, mientras que durante el período 2, cuando se modificaron las condiciones las tasas se comportan de manera diferente dependiendo del tratamiento que corresponda.

Con respecto al Ltpd se observó un rápido incremento en largo durante el período 1 y una marcada desaceleración durante el período 2. Si bien los peces no crecen a una velocidad constante a lo largo de toda su vida y es normal una desaceleración mientras esta transcurre, las diferencias significativas observadas en este experimento evidenciaron un empeoramiento de las condiciones durante el período 2 que influenciaron negativamente en el crecimiento diario en largo de los peces, siendo este empeoramiento significativamente más pronunciado en el tratamiento control.

Para el caso del Wpd cabe destacar que los valores obtenidos durante el período 2 por las réplicas del tratamiento SA son los más altos de todo el experimento mientras que los valores obtenidos en el período 2 en las réplicas SZ 1 y SZ 2 fueron los más bajos. Esto se relaciona con los pesos finales obtenidos por los dos tratamientos siendo los mismos en el tratamiento SA casi un 100% superior a los obtenidos en el tratamiento SZ. De este modo, se

demuestra que el invierno es un período crítico para el crecimiento de los peces en cultivo extensivo, pero que es posible mejorar los rendimientos de la técnica de cultivo con el aporte extra de alimento balanceado. De hecho fue posible duplicar el peso de los individuos.

Con respecto a la tasa de crecimiento específico TCE, se ve un comportamiento similar al Ltpd, ya que el largo crece de manera lineal y también la TCE al obtenerse con los logaritmos del peso. Es amplia la literatura que plantea la gran influencia negativa sobre esta tasa que tiene el tamaño de los peces y la disminución de la temperatura (Cho, 1992; Jobling, 1993; Kaushik, 1998). Por ende, los peces más grandes tendrán una TCE menor que peces más chicos y que el período 1 tendrá mejores TCE que el período 2 debido a las características termales de ambos períodos. En ambos casos, para las temperaturas, se pueden ver valores de TCE más altos durante el período 1, mientras que para el tamaño de los peces las réplicas individuales presentaron valores menores durante el período 2 con respecto a la misma unidad experimental durante el período 1 cuando los peces eran más pequeños.

Si utilizamos la TCE solo para comparar el efecto del tratamiento se observan diferencias significativas durante el período 2, aún estando la TCE influenciada por el tamaño de los peces y ser el período 2 un período extenso en tiempo. El hecho que la TCE del tratamiento SA haya resultado significativamente más alta a lo largo del período 2 demuestra que se mejoró ampliamente las condiciones de cultivo con la adición de alimento. Los

valores obtenidos entre los tratamientos SA y SZ ponen de manifiesto la utilidad del TCE para comparar cambios en las condiciones de cultivo.

El modelo de crecimiento por unidad termal CUT propuesto por Iwama & Tautz (1981) y modificado luego por Cho (1992), fue desarrollado como un modelo que toma en cuenta la temperatura y según estos autores, no estaría influenciado por la talla de los individuos como el TCE, por lo que permitiría evaluar peces de diferentes tallas. En el caso de este experimento vemos que los organismos del tratamiento control SZ no modificaron su valor de CUT para ambos períodos, mientras que si lo hacen los del tratamiento SA, mejorando su valor de CUT significativamente. Por lo tanto, los peces en el tratamiento control mantienen su valor de CUT a temperaturas bajas creciendo en la misma magnitud por grado aún con menos grados de temperatura en el ambiente. De este modo se evidencia una merma en el crecimiento que se correlaciona con la disminución de la temperatura ambiente. Por otro lado, los peces en el tratamiento SA duplican su crecimiento por grado de temperatura con la adición de alimento a temperaturas bajas y de este modo se puede concluir que la merma observada en los peces control está relacionada a la falta de suplementación y no a la temperatura ya que ésta está incluida en el modelo CUT y el crecimiento por unidad termal resulta así significativamente superior en los peces bajo condiciones de cultivo semi-intensiva.

Con respecto a las tasas de crecimiento es altamente recomendable en climas templados la utilización de tasas absolutas (Wpd, Ltpd), de la tasa de

crecimiento instantáneo (TCE) así como del modelo de crecimiento por unidad termal (CUT), para la comparación del crecimiento entre diferentes tratamientos. Ya que cada una de ellas da una interpretación diferente, aun cuando nunca acabada de los procesos que van sucediendo entre los peces y el ambiente.

La condición (WrS) de los peces en este experimento fue óptima. Tan solo para la réplica (SZ1) al final del experimento su valor resultó por debajo de 1. Esta condición excelente se puede atribuir al momento de la siembra en la laguna considerado por Colautti *et al.*, (2009) como el momento óptimo para maximizar el crecimiento, así como a la muy buena condición en la que se encontraba la laguna durante el período crecimiento inicial de los peces (Colautti *et al.*, 2009). La tendencia a lo largo de todo el experimento fue a obtener valores cada vez menores del índice de condición WrS, lo que demuestra que este período es negativo para los peces. Sin embargo, fue posible obtener diferencias significativas al final del experimento entre el tratamiento SA y el control SZ en sus índices de condición. Ello demuestra que los peces del tratamiento SA se encontraron en mejor condición con respecto a los peces del tratamiento control SZ después del invierno y por consiguiente en una mejor situación para aprovechar el incremento en la producción natural del cuerpo de agua al llegar la primavera.

El coeficiente de variación fue evaluado solo por réplica porque lo que se busca con esta variable es ver la dispersión de los datos de los individuos. Si el coeficiente de variación aumenta a lo largo del experimento, ello se puede

asociar a que ciertos individuos que tienen un comportamiento más agresivo y dominante acceden al alimento más fácilmente que otros (Jobling, 1993; Jobling & Koskela, 1996). Mientras que si el coeficiente se mantiene estable o disminuye a lo largo del experimento los peces en cultivo no presentarían jerarquías y todos los individuos en cultivo accederían a la misma cantidad de alimento (Saether & Jobling, 1999; Boujard *et al.*, 1996; Koskela *et al.*, 1997; Jobling *et al.*, 1999; Van Ham *et al.*, 2003). Estas dos posibilidades son relevantes en el caso de que el recurso alimenticio escasee por que estaría influenciando la mortalidad (principalmente de los peces sumisos por no acceder al alimento) y la producción del sistema de cultivo, además dentro de las producciones para la comercialización se busca que los individuos en cultivo lleguen a talla comercial al unisonó, por esto esta característica pasa a ser relevante. En el caso de este experimento se ve una homogeneidad de los coeficientes de variación a lo largo del tiempo por lo que se deduce que el pejerrey bajo condiciones de cultivo se comporta como un cardumen. Cabe destacar que este comportamiento se presentó en ambos tratamientos y si bien quedo demostrado que hay un déficit en la alimentación de los peces del tratamiento control SZ, no se ve que se generen jerarquías alimenticias dentro del sistema.

La producción experimental por unidad de área (PE) obtenida en la réplica SZ2 fue negativa, esto significa que la biomasa final fue inferior a la inicial. Ello se puede atribuir a la mortalidad ocurrida en los peces de esta jaula, esto más la muy baja producción obtenida en la otra réplica control SZ1, ayuda a

complementar como ya lo dijo Colautti *et al.*, 2010, que el período 2 es un período de condiciones desfavorables para el cultivo de pejerrey en jaulas flotantes de manera extensiva, donde la mortalidad y el bajo crecimiento que se produce durante el período invernal hacen del cultivo extensivo del pejerrey en este tipo de ambientes una práctica poco eficiente. Por otro lado ya que en las réplicas del tratamiento SA fueron obtenidas las mayores producciones totales (PrT) registradas para el cultivo de pejerrey desde la eclosión hasta un año de vida, se concluye que el suministro facultativo de alimento se vuelve necesario para este período de tiempo.

Las tasas de conversión de alimento para este experimento no son exactas ya que no se sabe con cuantos individuos se contaba al fin del período 1. Aunque los valores son muy disimiles, se considera un valor muy cercano a 1 en una unidad experimental SA 1 es excelente aun considerando el aporte de zooplancton de la laguna. La tasa de conversión se discutirá mejor en los siguientes experimentos de esta tesis, donde los diseños experimentales de los mismos están orientados a la obtención más exacta de esta variable, mientras que el estudio presente buscaba fundamentalmente probar si con la adición de alimento se podía mejorar la eficiencia del sistema de cultivo.

El cultivo de peces en jaulas flotantes en ambientes naturales con suplemento de alimento artificial, es una práctica común ampliamente aplicada en peces como los Salmonidos, Cyprinidos y Ciclidos (Halwart *et al.*, 2007). Para el caso de la tilapia (*Oreochromis niloticus*), Cruz, (1997) plantea que se debe hacer un cambio de una acuicultura extensiva a una semi-intensiva, cuando las

condiciones alimentarias no son óptimas. Tomando en consideración que el pejerrey es cultivado de manera intensiva tanto en Argentina como en Japón, nuestros resultados son relevantes para avanzar en nuevas técnicas alternativas para el cultivo de la especie.

Este nuevo enfoque para avanzar en el mejoramiento del método de cultivo propuesto por Colautti & Remes Lenicov, (2001) y por Colautti *et al.*, (2010), pasando del cultivo extensivo a un cultivo semi-intensivo tal como se mostró en este experimento, además de los resultados expuestos, genera nuevos interrogantes. Uno muy importante es saber si se ha obtenido bajo este sistema de cultivo el máximo potencial de crecimiento para la especie, lo que es de vital importancia para poder generar modelos donde se pueda establecer correctamente cuanto tiempo tomara producir un animal de talla comercial y de este modo poder calcular costos y beneficios de la práctica. En el mismo sentido surgen interrogantes acerca de cuánto más alimento hay que agregar para optimizar este crecimiento, cual es el momento óptimo en que se debe subsidiar la jaula con alimento balanceado y que densidad de siembra son factibles en condiciones de cultivos semi-intensivos.

Estos interrogantes se generan al comprobarse, como se ha expuesto previamente, que el sistema de cultivo extensivo no puede mantener tasas de crecimiento altas basado únicamente en la producción natural de la laguna como única fuente alimenticia. Así, el sistema semi-intensivo se muestra como un método con grandes potenciales en la región, tanto por lo sencillo de su implementación como por la importancia de la especie cultivada.

Capítulo IV: Experiencia de cultivo de Pejerrey en jaulas flotantes a diferentes tasas de alimentación buscando maximizar el crecimiento de los peces, minimizando el tamaño de ración

IV.1 Introducción

El cultivo de pejerrey (*Odontesthes bonariensis*) en jaulas flotantes se muestra como una de las mejores técnicas de cultivo para la especie. Conforme los resultados presentados en el capítulo anterior, transformar el cultivo extensivo en uno semi-intensivo arrojó los mejores crecimientos conocidos para la producción del pejerrey bajo cualquier forma de cultivo.

Como se mencionó en la introducción de esta tesis, la técnica de cultivo en jaulas flotantes presenta varias ventajas con respecto al cultivo en tierra en sistema de piletas. En este sentido, los gastos de mantenimiento y funcionamiento por ejemplo son extremadamente menores en el cultivo en jaulas. No obstante las variables ambientales como la temperatura, las condiciones del agua de cultivo y la disponibilidad de alimento natural, que se sabe influyen sobre el cultivo (Colautti *et al.*, 2010), no pueden ser controladas. De estas tres variables solo la disponibilidad de alimento, con la adición de alimento balanceado, puede ser modificada mediante manejo en el cultivo en jaulas flotantes. No obstante, la optimización de la ración como medida de manejo resulta de gran relevancia en la búsqueda de maximizar el crecimiento, evitar la sobreoferta de alimento balanceado y de este modo

limitar el agregado de nutrientes al medio, mejorar los rendimientos económicos y así encontrar lineamientos de sustentabilidad para la práctica (Azevedo *et al.*, 1998; Eroldoğan *et al.*, 2004; Waidbacher, *et al.*, 2006).

Los antecedentes en el manejo de raciones para pejerrey son escasos. Toda *et al.*, (1998) propone que el alimento otorgado por día sea equivalente al 5% de la biomasa de los peces bajo condiciones de cultivo intensivo. No obstante cabe destacar que en el trabajo mencionado no se aclara cómo se llegó a determinar esta ración. Por otro lado, Tesser & Sampaio, (2001) para el pejerrey marino (*Odontesthes argentinensis*), con un diseño experimental estricto y probando varias tasas de alimentación, concluyeron que una ración de 9% es óptima para peces de pequeño tamaño. Actualmente en la Argentina el pejerrey es cultivado de manera intensiva, utilizando un porcentaje de alimento artificial de aproximadamente del 4% o el 5% de la biomasa bajo cultivo cuando se trata de peces cuyo peso es similar al utilizado en los experimentos que se presentan aquí (Berasain com pers.).

Las raciones de alimento otorgadas para maximizar el crecimiento son altamente dependientes del sistema de cultivo propuesto y en particular de las condiciones como; calidad de agua, tipo de agua, densidad de siembra, etc. Así Eroldoğan *et al.*, (2004) comprobaron que para el Sea Bass Europeo (*Dicentrarchus labrax*), el porcentaje óptimo de alimento a otorgar a los peces en cultivo debe ser equivalente al 2,5% de la biomasa de peces bajo cultivo en agua salada y al 3% de la biomasa de peces bajo cultivo en agua dulce, atribuyendo estas diferencias al stress producido a los peces por el agua

dulce. La relevancia de este estudio recae en que el pejerrey en la actualidad es cultivado de manera intensiva en agua salobre (15 g/l) porque está probado que el agua dulce genera stress en el pez (Tsuzuki *et al.*, 2001). Por esta razón los lineamientos de alimentación para maximizar el crecimiento bajo cultivo semi-intensivo en jaulas flotantes en lagunas son de difícil extrapolación con respecto a los utilizados en cultivos intensivos.

Por otro lado, el sistema de cultivo semi-intensivo genera una sinergia entre el alimento natural y el alimento artificial (Green, 1992; Diana *et al.*, 1994; Tacon & De Silva, 1997; Waidbacher *et al.*, 2006), que puede potenciar el crecimiento de una especie a niveles que con el suministro de alimento balanceado, aun en exceso, no puede ser alcanzado si falta alimento natural en el sistema de cultivo. Esto se ha observado en especies como *Labeo rohita* y tilapia (*Oreochromis niloticus*) (Rahman *et al.*, 2006; Waidbacher *et al.*, 2006).

En base a lo anterior, se considera que es indispensable determinar las capacidades máximas de crecimiento de la especie, así como los insumos necesarios para que los individuos las alcancen y sostengan cuando se desea encarar la producción acuícola de la misma, tanto para evaluar la rentabilidad, como para validar la viabilidad del sistema de cría. De este modo, poder conocer el máximo crecimiento que puede expresar el pejerrey bajo condiciones de cultivo particulares, aportará nuevos lineamientos para la producción posibilitando ajustar modelos y estrategias de manejo para la especie.

El objetivo de este experimento es explorar mediante el manejo de las raciones otorgadas de alimento balanceado los efectos sobre el crecimiento de los peces bajo condiciones de cultivo semi-intensivas en jaulas flotantes dispuestas dentro de lagunas. De este modo se espera obtener una medida del máximo crecimiento que puede expresar el pejerrey y generar un acercamiento a las raciones óptimas para alcanzarlo y sostenerlo.

IV.2 Materiales y métodos

Para la realización de este experimento se utilizaron pejerreyes nacidos el 02-12-2009 en la estación Hidrobiológica Chascomús.

Los primeros 34 días los peces se criaron en jaulas flotantes que tenían una malla de red tipo mosquitero, estando las jaulas instaladas en la laguna aproximadamente desde el día 15 de noviembre. Este método para el pasaje a la alimentación exógena de las larvas, directo en la laguna se implementó como una manera rápida para obtener un alto número de juveniles sin mayores gastos y sin la necesidad de utilizar una cava. De esta manera se sembraron 3 jaulas con aproximadamente 15.000 larvas de pejerrey por jaula (1250 larvas/m³).

El día 4-01-2010 los individuos fueron extraídos de sus jaulas de cría de las que se obtuvieron aproximadamente un total de 15.000 juveniles. Los peces obtenidos se dividieron en varias jaulas con mallas de red tipo mosquitero nuevas libres de fouling para ser utilizados por un período de 80 días en un experimento de cultivo extensivo a diferentes densidades (García de Souza *et*

al., 2011). Al finalizar el experimento de García de Souza, se constató que entre los individuos sembrados a la densidad de 600 peces por jaula (50 ind/m³) no existían diferencias significativas ni en largo ni en peso, utilizándose estos peces para este experimento.

Para el desarrollo del experimento se dispusieron en la laguna La Salada de Monasterio 6 jaulas con malla de red tipo cristal, y se sembraron 300 individuos por jaula (25 ind/m³) el día 13-5-2010. Para esa fecha los peces presentaban una talla y un peso medios de 8,3 cm ± 0,89 y 2,56 g ± 0,9 respectivamente.

Para los lineamientos básicos del diseño de este experimento se consideraron los parámetros de tamaño de ración diaria propuestos por Toda *et al.*, (1998). Dado que el experimento apunta a lograr maximizar el crecimiento se optó por utilizar la ración más conveniente para cultivo intensivo, una superior y por ultimo un control sin suplemento dietario artificial.

A los peces que se encontraban en dos jaulas se les ofreció diariamente alimento balanceado en una cantidad aproximada al 5% de la biomasa presente en las jaulas (tratamiento 5%). Los peces de otras dos jaulas fueron alimentados con una ración diaria aproximada al 7% de la biomasa total contenida en cada una de las dos jaulas (tratamiento 7%), mientras que las dos jaulas restantes fueron mantenidas bajo condiciones de cultivo extensivo (Grupo Control).

El alimento balanceado utilizado fue de la marca Fundus (Don Antonio S.A.) y desarrollado por el grupo de trabajo del CEAN para el pejerrey patagónico (Hualde *et al.*, 2011). El tamaño de pellet utilizado fue de 4 mm y para los primeros meses de experimentación los pellets fueron molidos a mano en un mortero hasta obtener aproximadamente un pellet un 50% más chico (siendo el polvo las partículas extremadamente chicas y las de mayor tamaño descartadas pasándolas a través de un juego de dos tamices). La composición del alimento utilizado fue; humedad 9,3%, proteína 45,2%, lípidos 13,6%, cenizas 13,6%. Energía neta 19,2 (MJ/kg) (Hualde *et al.*, 2011). El suministro diario del mismo se realizó mediante el uso de alimentadores automáticos tres veces por día a las 8, 12 y 16 hs aproximadamente.

Las jaulas fueron asignadas a cada tratamiento al azar. Las réplicas individuales se denominaron J-Sie 1 y 2 para las jaulas del tratamiento al que se le otorgó el 7 %, J-Cin 1 y 2 a las que se les proveyó el 5% de la biomasa de peces contenida en forma de alimento balanceado. Las jaulas JC1 y JC2 fueron réplicas del grupo control.

Los parámetros limnológicos evaluados durante este experimento fueron, profundidad (cm), conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$), temperatura ($^{\circ}\text{C}$) (tomadas cada una hora).

Cada 40 días aproximadamente se midieron 20 peces en la laguna tomándoles el largo total (Lt) y estándar (Lst) y se sacrificaron otros 10 individuos extras para obtener su peso (W), largo total (Lt) y estándar (Lst) en el laboratorio. De

los 10 peces sacrificados, a 5 de ellos después de tomadas las medidas correspondientes, se los utilizó para obtener la composición de ácidos grasos musculares. Estos datos se presentan en el Anexo 1 de esta tesis.

Se realizaron cuatro muestreos cuyas fechas fueron: 13-5-2010, fecha de inicio; 25-6-10, muestreo uno; 18-8-10, muestreo dos; 23-9-10, muestreo tres; 28-10-10, muestreo cuatro.

Los peces medidos el 13-5-2010 fueron 30, todos provenientes del pool general de peces con los que se sembraron las jaulas y los valores obtenidos en esta fecha de muestreo fueron usados como valores iniciales de todas las jaulas.

Los períodos utilizados para calcular las tasas fueron enumerados de la siguiente manera: del 13-5 al 25-6 período 1 (P1); del 25-6 al 18-8 período 2 (P2); del 18-8 al 23-9 período 3 (P3); del 23-9 al 28-10 período 4 (P4) y del 13-5 al 28-10 período total (PTot).

Los individuos dentro de las jaulas fueron contados, para evaluar supervivencia y biomasa a los 43 días de empezado el experimento (comienzo del invierno); a los 133 días (fin del invierno) y a los 168 días (fin del experimento).

Las raciones se regularon y modificaron a partir de los datos de W y número de individuos obtenidos en cada fecha de muestreo. Para la fecha (18-8), en la que no se contó la totalidad de individuos, se consideró cero mortalidad a partir del conteo anterior a dicha fecha, por lo que la biomasa de peces y la

ración a otorgar para la respectiva jaula se calculó a partir del nuevo peso obtenido y el número total de individuos contenidos en la jaula en la última fecha de conteo.

Los análisis estadísticos, el crecimiento y la performance del cultivo, fueron evaluados siguiendo los lineamientos y ecuaciones enumerados en la sección de materiales y métodos generales de esta tesis.

IV.3 Resultados

El estudio se llevo a cabo durante un período de 168 días, abarcando las estaciones de otoño en parte, invierno totalmente y primavera en parte. Las características termales del período siguieron el patrón típico estacional de la zona de estudio (Colautti *et al.*, 2009; García de Souza *et al.*, 2011) (Gráfico IV-1). Al comienzo del período experimental las temperaturas muestran un rápido descenso alcanzando un mínimo para los días 16 y 17 de julio donde las temperaturas medias asumieron valores cercanos a 5° C, con picos de mínima que se ubicaron por debajo de este valor durante estos días. Cabe destacarse que esta temperatura se mantuvo por debajo de los 6°C durante todo el día 16 el 17 y comienzos del día 18 de julio, mostrando a partir de ahí un incremento hasta llegar a los máximos registros en los últimos días del experimento con valores que cercanos a los 25 °C.

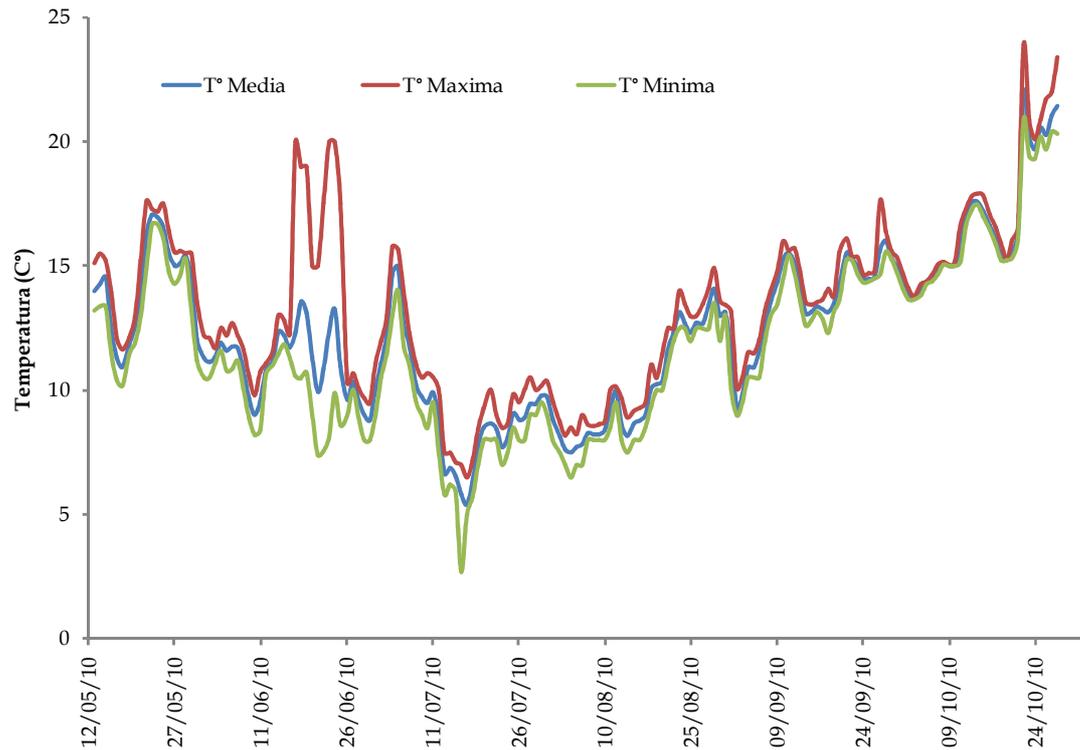


Gráfico IV-1: Temperaturas medias, máximas y mínimas, registradas durante el período experimental.

Los parámetros ambientales monitoreados (Tabla IV-1) se comportaron de manera similar a otros períodos medidos dentro de la misma laguna (Colautti *et al.*, 2009; García de Souza *et al.*, 2011) y lagos de similar latitud (Quirós *et al.*, 2002; Diovisalvi *et al.*, 2010). Cabe destacar que la temperatura media del período 1 y 3 fueron similares. Mientras que la conductividad no mostro un patrón claro a lo largo del experimento, la profundidad de la laguna fue en aumento a lo largo del período de estudio.

Tabla IV-1: Temperatura, conductividad, profundidad promedio, por período. Con sus respectivos errores estándar. $N_{(conductividad)} = 3162$; $N_{(profundidad)} = 2114$; $N_{(temperatura)} = 169$.

Período	Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	DS	Profundidad (cm)	DS	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	DS
P1	1813,38	161,10	X	x	12,68	2,05
P2	1433,17	50,22	200,42	22,95	9,06	1,84
P3	1505,98	83,10	224,67	7,43	12,81	1,66
P4	1453,05	99,80	244,48	10,90	16,42	2,39

El largo total (Lt) de los peces no mostró diferencias significativas para la primera fecha de muestreo (25-06-10) entre los tratamientos y el grupo control. Las diferencias significativas ($p < 0.05$) en largo total (Lt) de los peces entre los tratamientos bajo alimentación (7% y 5%) y el grupo control, se pudieron apreciar a partir de la segunda fecha (18-8-10) de muestreo a aproximadamente 90 días de comenzados los tratamientos. Mientras que para la tercera y cuarta fecha de muestreo (23-9-10 y 28-10-10) se registraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en el Lt de los peces en cultivo entre todos los tratamientos (Tratamiento: 7% > 5% > Control). (Tabla IV-2 y Gráfico IV-3)

Tabla IV-2: Promedios de Largo total por fecha de muestreo por réplica y tratamiento. Largo total (Lt) en centímetros (cm) promedio para cada fecha con su respectivo desvío estándar (DE). N=30 (ind/jaula)

Muestreo	25/06/2010		18/08/2010		23/09/2010		28/10/2010	
Trat/Jaula	Lt(cm)	DE	Lt(cm)	DE	Lt(cm)	DE	Lt(cm)	DE
J-Sie 1	8,53	0,70	9,45	0,59	10,99	1,77	13,58	1,21
J-Sie 2	8,59	0,98	9,39	0,67	11,20	1,83	13,19	2,07
7%	8,56	0,05	9,42 ^a	0,04	11,09 ^a	0,15	13,39 ^a	0,28
J-Cin 1	8,39	0,76	9,60	0,74	10,68	0,96	12,45	1,15
J-Cin 2	8,32	0,74	9,58	0,70	10,32	0,91	12,63	1,38
5%	8,36	0,05	9,59 ^a	0,01	10,50 ^b	0,25	12,54 ^b	0,12
JC 1	8,05	0,60	8,62	0,50	9,44	0,43	11,37	0,62
JC 2	8,57	0,74	9,06	0,62	9,86	0,98	11,90	0,88
Control	8,31	0,37	8,84 ^b	0,31	9,65 ^c	0,29	11,64 ^c	0,37

Superíndices indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0,05$)

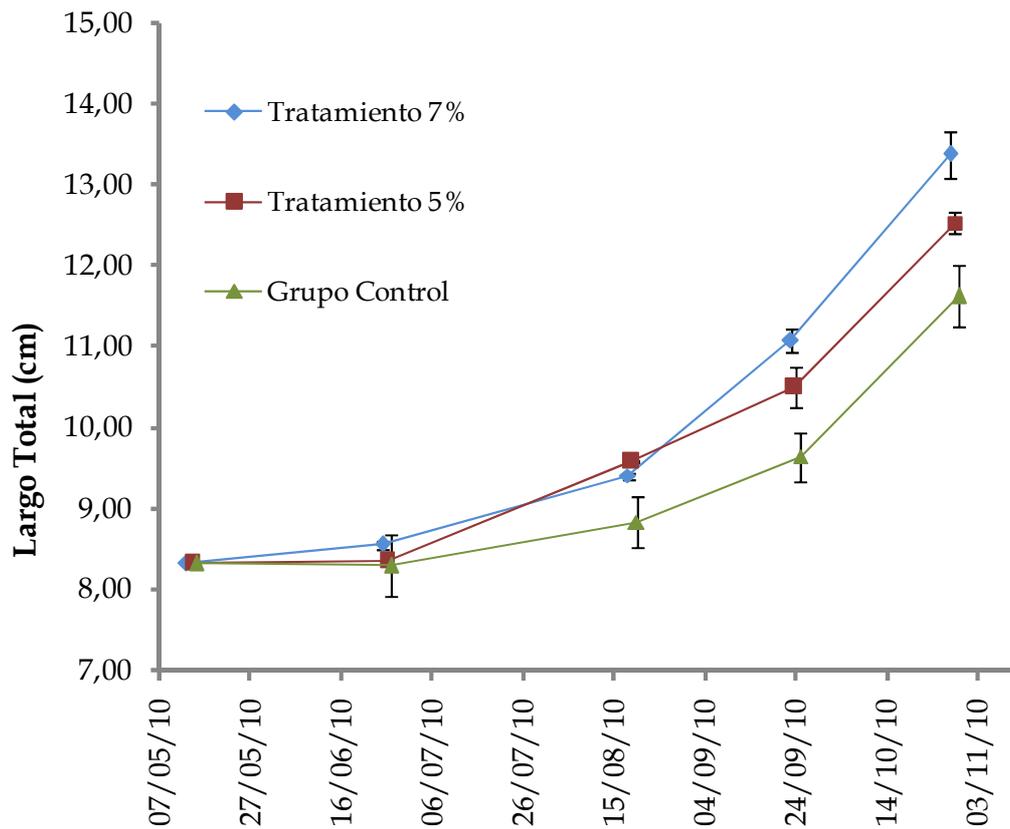


Gráfico IV-3: Largo total tratamientos. Variación del Lt promedio y sus respectivos desvíos estándar por tratamiento durante el período experimental.

Al igual que el Lt, el peso (W) mostró diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los peces de los tratamientos 7% y 5% y los peces del tratamiento control recién en la segunda fecha de muestreo. En la tercera fecha, las diferencias se observaron solo entre el tratamiento 7% y el control; mientras que para la última fecha de muestreo las diferencias vuelven a ser entre los peces de los tratamientos 7% y 5% y el W de los peces control. ((Tratamiento: 7%= 5%)> Control). (Tabla IV-3 y Gráficos IV-4)

Tabla IV-3: Promedios de peso por fecha de muestreo por réplica. Peso (W) en gramos (g) promedio para cada fecha con su respectivo desvío estándar (DE). N=10 (ind/jaula)

Fecha	25/06/2010		18/08/2010		23/09/2010		28/10/2010	
Trat/jaula	W(g)	DE	W(g)	DE	W(g)	DE	W(g)	DE
J-Sie 1	3,30	0,91	4,44	0,83	6,32	0,80	16,72	4,60
J-Sie 2	3,38	1,27	4,45	1,14	7,12	2,15	12,58	2,75
7%	3,34	0,06	4,45 ^a	0,01	6,72 ^a	0,57	14,65 ^a	2,93
J-Cin 1	3,45	1,00	5,06	1,21	6,39	2,21	12,24	4,22
J-Cin 2	2,87	0,62	4,58	1,05	6,58	2,49	13,32	2,00
5%	3,16	0,41	4,82 ^a	0,34	6,48 ^{ab}	0,13	12,78 ^a	0,76
JC 1	2,60	0,39	2,73	0,41	4,35	0,70	8,64	1,55
JC 2	3,29	0,85	3,85	0,61	5,82	2,31	10,42	2,73
Control	2,94	0,49	3,29 ^b	0,79	5,09 ^b	1,04	9,53 ^b	1,26

Superíndices indican diferencias significativas entre los tratamientos (p>0,05)

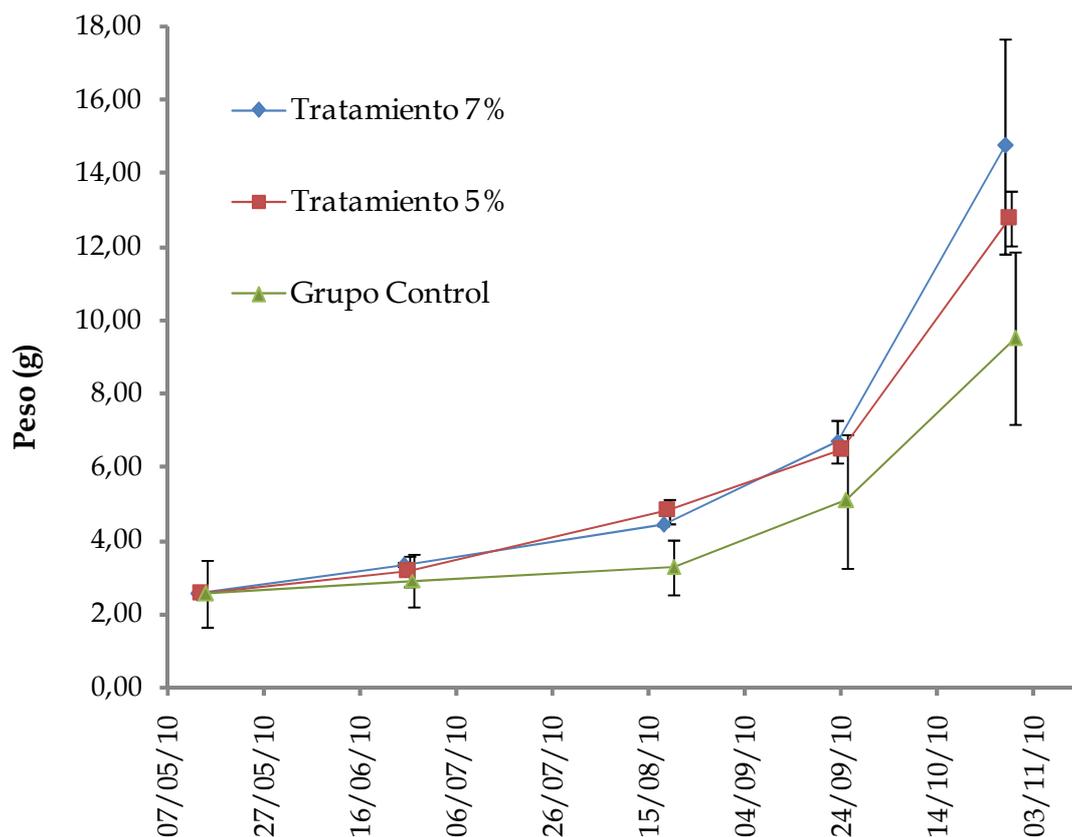


Gráfico IV-4: Peso por tratamiento. Variación de los W promedios y sus respectivos desvíos estándar por tratamientos durante el período experimental.

Las tasas de crecimiento absoluto calculadas fueron bajas para el período 1, tanto en largo promedio diario (Ltpd) como en peso promedio diario (Wpd), lo que evidenció que este período fue poco favorable para el crecimiento de los peces en cultivo. Estos valores se fueron incrementando a lo largo del experimento, observándose ya en el período 2 aumentos en las tasas calculadas en los tratamientos 5% y 7%. Por otra parte, el grupo control mostró un ascenso en sus tasas recién en el período 3. Cabe destacarse que, exceptuando el caso del Wpd en el período 3, los valores de las dos tasas fueron mayores en los tratamientos subsidiados con alimento balanceado (Tabla IV-4 y II-5 Gráfico IV-5 y IV-6).

Tabla IV-4: Valores de ganancia en largo total promedio diaria Ltpd por réplica y tratamiento en los diferentes períodos estudiados.

Ltpd (cm/día)	P1	P2	P3	P4	Ptot
J- Sie 1	0,005	0,017	0,043	0,074	0,031
J- Sie 2	0,006	0,015	0,050	0,057	0,029
7%	0,005	0,016	0,047	0,066	0,030
J- Cin 1	0,001	0,022	0,030	0,051	0,025
J- Cin 2	0,000	0,023	0,021	0,066	0,026
5%	0,001	0,023	0,025	0,058	0,025
JC 1	-0,007	0,011	0,023	0,055	0,018
JC 2	0,006	0,009	0,022	0,058	0,021
Control	0,000	0,010	0,022	0,057	0,020

Superíndices indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0,05$)

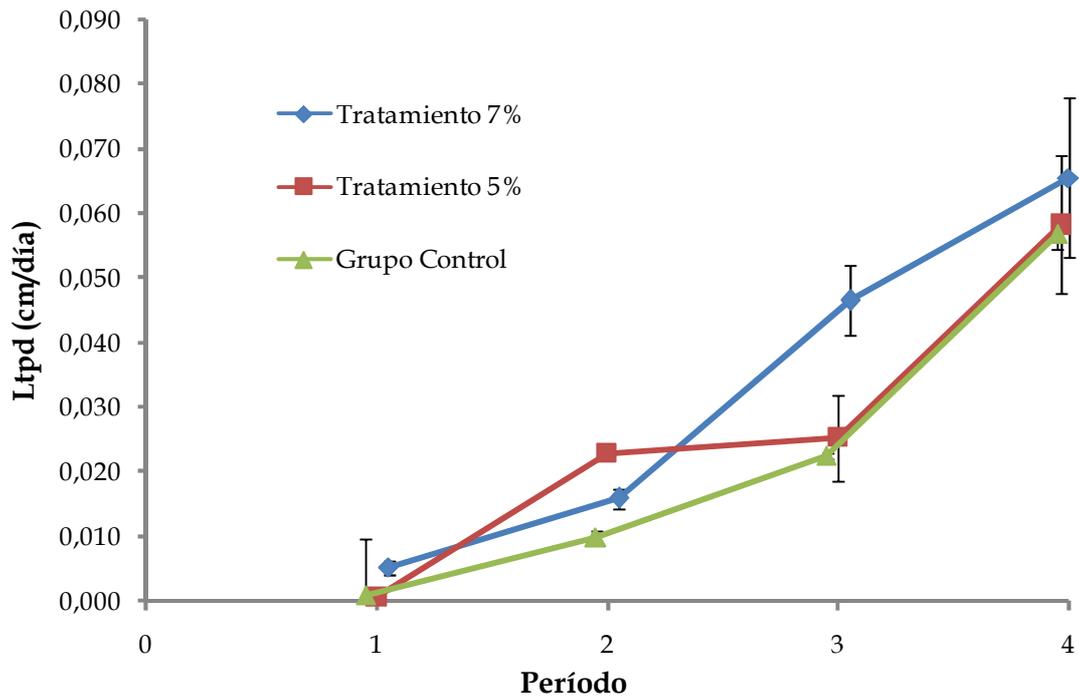


Gráfico IV-5: Largo promedio diario. Variación de Ltpd promedio y sus respectivos desvíos estándar por tratamiento y período.

Tabla IV-5: Valores de ganancia en peso promedio diario Wpd por réplica y tratamiento en los diferentes períodos estudiados.

Wpd (g/día)	P1	P2	P3	P4	Ptot
J- Sie 1	0,017	0,021	0,052	0,297	0,084
J- Sie 2	0,019	0,020	0,074	0,156	0,060
7%	0,018	0,020	0,063	0,227	0,072
J- Cin 1	0,020	0,030	0,037	0,167	0,058
J- Cin 2	0,007	0,032	0,056	0,193	0,064
5%	0,014	0,031	0,046	0,180	0,061
JC 1	0,001	0,002	0,045	0,123	0,036
JC 2	0,017	0,010	0,055	0,131	0,047
Control	0,009	0,006	0,050	0,127	0,041

Superíndices indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0,05$)

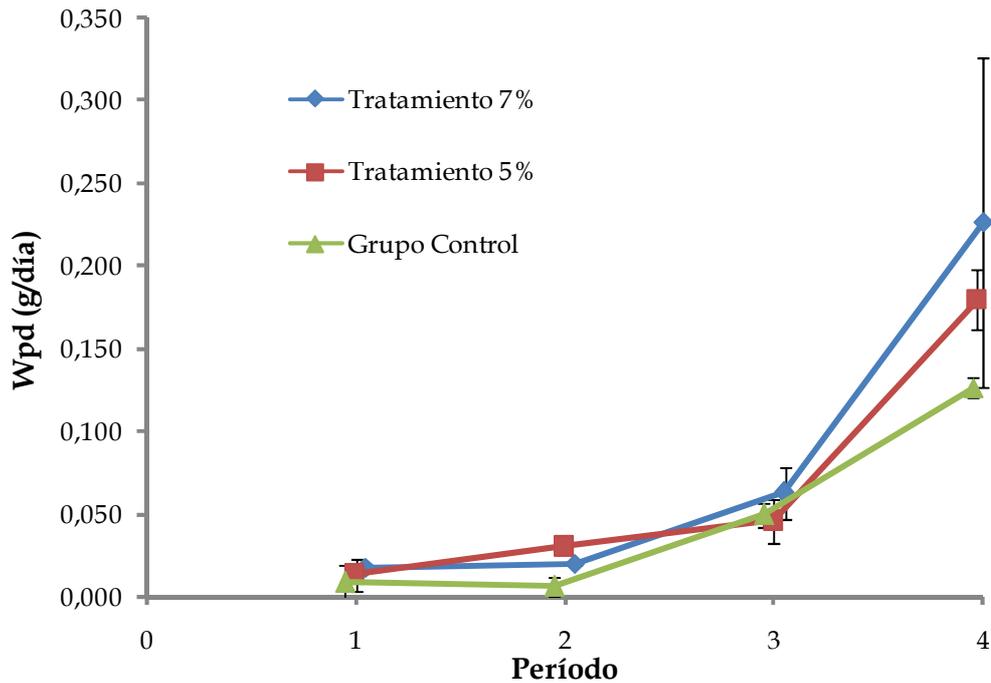


Gráfico IV-6: Peso promedio diario. Variación de Wpd promedio y sus respectivos desvíos estándar por tratamiento y período.

Los valores obtenidos para la tasa de crecimiento específica (TCE) (Tabla IV-6 y gráfico IV-7) permitieron apreciar que el grupo control presentó valores bajos tanto en el período 1 como en el 2, mientras que los valores obtenidos de TCE por los tratamientos 5% y 7% fueron superiores, esto se refleja en TCE que duplicaron los obtenidos por el grupo control. Durante el período 3 el grupo control mostró una aceleración en su crecimiento con TCE altas y lo mismo ocurrió en el tratamiento 7%. Sin embargo, el tratamiento 5% mostró un patrón muy diferente donde se obtuvieron valores de TCE similares a los del período anterior para este tratamiento. En el período 4 los valores de TCE obtenidos fueron los más altos para este experimento, donde se pudo apreciar una relación positiva entre el suministro de alimento y el valor del TCE. Por

último, el período total (Ptot) presentó las TCE más altas en el tratamiento 7%, seguido por el tratamiento 5% y por último el grupo control.

Tabla IV-6: Valores de la tasa de crecimiento específica TCE. Por tratamiento y réplica individual en los diferentes períodos estudiados.

TCE(%W/día)	P1	P2	P3	P4	Ptot
J- Sie 1	0,63	0,59	1,01	2,64	0,55
J- Sie 2	0,65	0,55	1,28	1,64	0,50
7%	0,64	0,57	1,14	2,22	0,53
J- Cin 1	0,72	0,73	0,56	1,85	0,52
J- Cin 2	0,35	0,86	0,90	2,10	0,51
5%	0,54	0,79	0,73	1,98	0,51
JC 1	0,14	0,09	1,29	1,90	0,30
JC 2	0,64	0,32	1,02	1,69	0,45
Control	0,38	0,22	1,16	1,79	0,37

Superíndices indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0,05$)

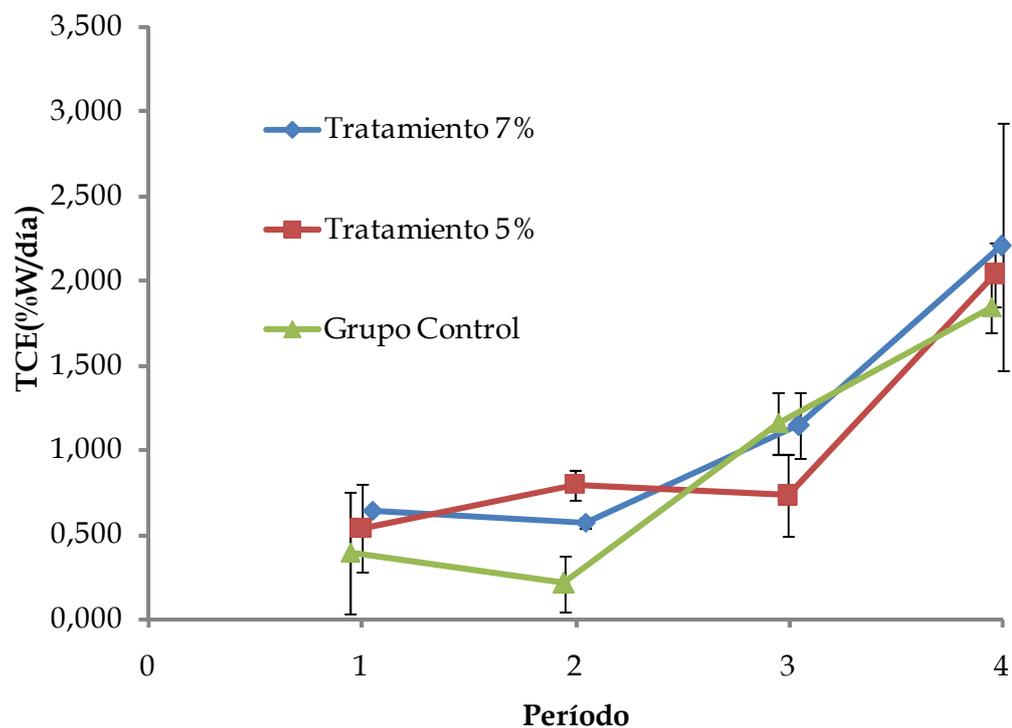


Gráfico IV-7: Tasa de crecimiento específica. Variación de la TCE promedio y sus respectivos desvíos estándar por tratamiento y período.

El modelo de crecimiento por unidad termal (CUT) (Tabla IV-7 y Gráfico IV-8), se comportó de manera similar a las tasas mencionadas previamente. Con este modelo se advierte un incremento constante e importante de los valores obtenidos a lo largo del experimento para el tratamiento 7%, mientras que con respecto al tratamiento 5% se puede observar valores similares de CUT entre el período 2 y el 3 y un aumento en los valores obtenidos en el período 4. Con respecto al grupo control al igual que con las restantes tasas evaluadas, se obtuvieron valores bajos de CUT durante los períodos 1 y 2 (con un descenso en los valores obtenidos en JC2) y un considerable incremento durante los períodos siguientes.

Tabla IV-7: Valores de crecimiento por unidad termal CUT. Por tratamiento y réplica individual en los diferentes períodos estudiados.

CUT(g ^{1/3} / °C*día)	P1	P2	P3	P4
J- Sie 1	0,22	0,32	0,45	1,23
J- Sie 2	0,24	0,29	0,61	0,70
7%	0,23	0,30	0,53	0,98
J- Cin 1	0,26	0,42	0,30	0,78
J- Cin 2	0,10	0,49	0,46	0,86
5%	0,18	0,45	0,38	0,82
JC 1	0,01	0,05	0,51	0,73
JC 2	0,22	0,16	0,50	0,67
Control	0,11	0,12	0,50	0,70

Superíndices indican diferencias significativas entre los tratamientos (p>0,05)

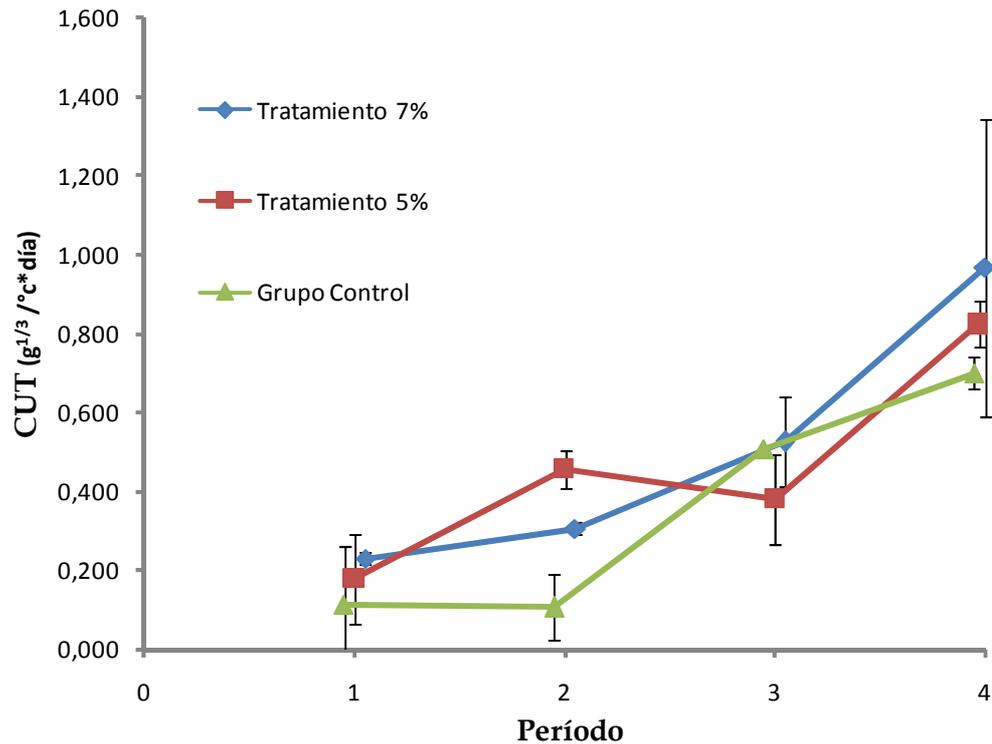


Gráfico IV-8: Crecimiento por unidad termal. Variación del CUT promedio y sus respectivos desvíos estándar por tratamiento y período.

El índice de condición por stanzas (WrS) de los peces con los que se empezó el experimento fue de $0,82 \pm 0,09$, por lo tanto la condición de estos peces era baja y se mantuvo así en los individuos del grupo control hasta la tercera fecha de muestreo (Tabla IV-8). Por otro lado, la condición de los peces cultivados en los tratamientos 5% y 7% ya en el primer muestreo mostró mejorías significativas ($p < 0,05$) en su condición con respecto a los peces control ($(7\% = 5\%) > \text{Control}$). Esta diferencia dejó de existir a partir del tercer muestreo donde los tratamientos 5% y 7% no mostraron diferencias significativas entre ellos ni con el grupo control ($7\% = 5\% = \text{Control}$).

Tabla IV-8: Valores del índice de condición WrS. Por tratamiento y réplica individual por fecha de muestreo. WrS: valor promedio DE: desvió estándar. (N=10 ind/jaula)

Fecha	25/06/2010		18/08/2010		23/09/2010		28/10/2010	
Tratamiento / réplica	Wr stanza	DE	Wr stanza	DE	Wr stanza	DE	Wr stanza	DE
J- Sie 1	1,00	0,06	0,95	0,07	0,95	0,04	1,11	0,14
J- Sie 2	0,96	0,06	0,96	0,06	1,03	0,09	1,00	0,06
7%	0,98 ^a	0,03	0,96 ^a	0,01	0,99	0,06	1,06	0,08
J- Cin 1	1,00	0,06	1,02	0,07	0,98	0,05	1,06	0,06
J- Cin 2	0,98	0,13	1,02	0,09	0,98	0,03	1,07	0,06
5%	0,99 ^a	0,01	1,02 ^a	0,00	0,98	0,00	1,07	0,01
JC 1	0,88	0,05	0,86	0,07	0,99	0,06	1,08	0,05
JC 2	0,90	0,07	0,91	0,04	0,99	0,09	1,05	0,05
Control	0,89 ^b	0,01	0,89 ^b	0,04	0,99	0,00	1,07	0,02

Superíndices indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p>0,05$)

Los patrones de variación de los diferenciales del coeficiente de variación en largo y en peso ($\Delta CV Lt$) ($\Delta CV W$) de los peces no presentan una tendencia clara en este experimento. De los valores totales obtenidos se puede observar que en su gran mayoría los diferenciales son negativos, por lo que se deduce que a lo largo del experimento la variación de tallas y pesos dentro de las unidades experimentales tendió a homogeneizarse (Tablas IV-9 y IV-10).

Tabla IV-9: Valores del diferencial del coeficiente de variación para el largo total. ΔCV Lt por período para las réplicas.

ΔCV Lt	P1	P2	P3	P4	Ptot
J- Sie 1	-2,55	-1,89	9,86	-7,21	-1,79
J- Sie 2	0,72	-4,34	9,21	-0,59	5,01
J- Cin 1	-1,59	-1,45	1,36	0,19	-1,50
J- Cin 2	-1,78	-1,67	1,56	2,09	0,20
JC 1	-3,27	-1,60	-1,27	0,92	-5,22
JC 2	-2,05	-1,85	3,14	-2,54	-3,30

Tabla IV-10: Valores del diferencial del coeficiente de variación para el peso. ΔCV W por período para las réplicas.

ΔCV W	P1	P2	P3	P4	Ptot
J- Sie 1	-7,58	-8,71	-6,17	14,94	-7,52
J- Sie 2	2,39	-11,93	4,69	-8,32	-13,16
J- Cin 1	-6,14	-4,98	10,70	-0,14	-0,56
J- Cin 2	-13,44	1,33	14,93	-22,85	-20,03
JC 1	-20,16	-0,04	1,15	1,89	-17,16
JC 2	-9,18	-10,03	23,79	-13,46	-8,89

Los conteos de individuos realizados por unidad experimental mostraron que la supervivencia al final del experimento fue más alta en el grupo control, seguida por el tratamiento 5% y el tratamiento 7%. De este modo se puede ver una relación negativa pero no significativa entre la ración de alimento proporcionada y la supervivencia obtenida (Tabla IV-11).

Tabla IV-11: Número de individuos y supervivencia. Número de individuos por jaula y tratamiento para cada fecha de muestreo y supervivencia porcentual final. Número inicial de individuos en todos los tratamientos 300 jaula (25 ind/m³).

Supervivencia	25/06/2010	23/09/2010	28/10/2010	%de supervivencia
J- Sie 1	217	202	163	54,3
J- Sie 2	205	168	137	45,7
7%	211	185	150	50,0
J- Cin 1	269	171	170	56,7
J- Cin 2	257	207	159	53,0
5%	263	189	165	54,8
JC 1	217	205	167	55,7
JC 2	275	234	189	63,0
Control	246	219,5	178	59,3

A pesar de haberse registrado supervivencias más elevadas en el grupo Control, las biomásas (Jw) y las dos producciones, experimental (PE) y total (PrT) para el experimento fueron siempre superiores en los tratamientos en los que se proveyó alimento (Tabla IV-12).

Tabla IV-12: Biomasa y producción del período experimental y producción total. Por jaula y tratamiento.

	Jw (g/jaula)	PE (g/m ²)	PrT (g/m ²)
J- Sie 1	2725,4	162,9	227,1
J- Sie 2	1723,2	79,3	143,6
7%	2224,3	121,1	185,4
J- Cin 1	2080,8	109,2	173,4
J- Cin 2	2117,9	112,2	176,5
5%	2099,34	110,70	174,95
JC 1	1442,9	56,0	120,2
JC 2	1969,4	99,9	164,1
Control	1706,1	77,9	142,2

Las conversiones alimenticias (CA) obtenidas muestran una tendencia a disminuir a lo largo del experimento para el tratamiento 7% mientras que el tratamiento 5% presento valores muy dispares en el periodo 3. Los valores obtenidos de CA para el período 1 en su mayoría fueron negativos lo que indica que la biomasa de peces contenida dentro de las jaulas disminuyó, seguramente debido a la alta mortalidad que se produjo en este período. El período 2 muestra CA altos menos en la réplica J-Cin 2 que presentó un valor de 3,9, mientras que el tratamiento 7% obtuvo un CA promedio de 10,9, un valor alto que estaría evidenciando una mala utilización del alimento balanceado por parte de los peces. Para el período 3 los CA del tratamiento 7% mejoran con valores promedio de 7,4, mientras que los valores del tratamiento 5% fueron de 10 y -7,6 de donde se obtiene un promedio de 1,2 el cual no es real y no puede ser evaluado. Por último, el período 4 mostró muy buenos valores de CA tanto en el tratamiento 7% con 3,6 como en el tratamiento 5% con valores promedio de 2,1 (Tabla IV-13).

Tabla IV-13: Conversión alimenticia. (CA.) Por jaula y tratamiento bajo subsidio alimenticio, para los diferentes períodos.

CA	P1	P2	P3	P4
J-Sie 1	-36,4	10,6	7,2	2,0
J-Sie 2	-25,6	11,3	7,6	5,2
7%	-31,0	10,9	7,4	3,6
J-Cin 1	9,2	5,1	-7,6	1,6
J-Cin 2	-38,9	3,9	10,0	2,5
5%	X	4,5	X	2,1

IV.4 Discusión y Conclusiones

Las variables ambientales medidas durante el periodo de tiempo que duro el experimento, se comportaron de manera normal para la laguna (Colautti *et al.*, 2009; Garcia de Souza *et al.*, 2009). Cabe destacar que durante el periodo considerado la profundidad de la laguna fue en aumento, debido a las lluvias que se produjeron en la zona. Con respecto a la temperatura y la conductividad, las mismas se comportaron de manera similar a otros ambientes de similar latitud relevados para el mismo periodo del año estudiado (Quiros *et al.*, 2002; Balboni *et al.*, 2011.)

En lo referente al crecimiento de los peces sometidos a diferentes tratamientos se observó que los peces de los dos tratamientos con alimentación 5% y 7% no mostraron diferencias significativas en W a lo largo del experimento, mientras que con respecto al Lt existieron diferencias significativas, entre ellos, a partir de los 133 días de experimentación. Estas diferencias en el crecimiento son normales en otras especies de peces, como el tambaqui (*Colossoma macropomum*) que crece más si es alimentado a una tasa del 10% que a 5% de la biomasa de peces bajo cultivo y el cobia (*Rachycentron canadum*) (7% > 3%). Esto concuerda con resultados que se han obtenido alimentando *ad-libitum* y con raciones restringidas donde se observó que un aumento en la cantidad de alimento otorgada hasta alcanzar la saciedad de los peces beneficia el crecimiento como por ejemplo en *Dicentrarchus labrax*, *Ictalurus punctatus* y *Piaractus mesopotamicus* (Borghetti *et al.*, 1993; Robinson & Li, 1999; Ng *et al.*, 2000; Eroldoğan *et al.*, 2004; Sun *et al.*, 2006; Rodrigues Silva

et al., 2007). No obstante, estos experimentos por lo general compararon el peso de los peces por períodos de tiempo menor al considerado en el presente caso.

En este capítulo se observaron diferencias significativas entre los tratamientos 5% y 7% bajo cultivo semi-intensivo en las tallas alcanzadas (L_t) pero no para el peso (W). Estos resultados pueden vincularse al hecho de que solo se tomaron diez mediciones individuales de W por jaula y treinta para L_t en cada fecha de muestreo, haciendo de este modo que el poder del test estadístico utilizado haya resultado diferente para cada una de las variables.

Las diferencias observadas entre los tratamientos 5% y 7% se hace evidente recién en el período 3, donde se ve un cambio en la relación de crecimiento que es más notoria en el gráfico de largos totales. Estos resultados indicarían que en el período 3 se puede evidenciar un efecto del tratamiento. En este contexto se puede concluir que existen dos momentos donde se produce un cambio en el crecimiento bajo cultivo semi-intensivo. Un momento inicial donde aparecen diferencias entre los peces tratados y el grupo control, producidas por el alimento extra que se les otorga a los dos tratamientos 5% y 7% y un segundo momento durante el período 3, donde se genera la diferencia entre los dos tratamientos bajo subsidio alimenticio en el cual se prueba que la ración de 5% no resulta suficiente para mantener a los peces en valores máximos de crecimiento durante este momento.

Con respecto a las diferentes tasas y modelos evaluados en este experimento, ningún valor obtenido mostró diferencias significativas entre los tratamientos considerados. Sí hubo tendencias que seguramente puedan ser corroboradas si se aumenta el número de unidades muestrales en un próximo experimento, ya que para el caso de tasas y modelos no es posible aplicar el test anidado propuesto por Rohunen (1998) debido a que estos valores se obtienen por unidad muestral.

El Ltpd y el Wpd presentaron patrones distintos en los diferentes tratamientos de este experimento. El grupo control incrementó los valores de sus tasas a partir del período 3 y el tratamiento 7% aumentó constantemente sus valores de Ltpd y Wpd para cada fecha de muestreo. El tratamiento 5% tuvo un comportamiento particular ya que durante el período 1 y el 2 se registraron valores crecientes aun cuando los valores de los períodos 2 y 3 resultaron similares. Esto indica que durante estos dos períodos el crecimiento de los peces se mantuvo constante a diferencia de lo observado en los otros dos grupos testeados en los cuales las tasas tuvieron tendencias ascendentes durante los periodos 2 y 3. En este contexto, el período 3 se muestra como clave, ya que los tres grupos evaluados se comportaron de manera diferente. Los valores obtenidos durante el período 4 son los más altos para todo el experimento, mostrando así nuevamente que las modificaciones ambientales generadas por la primavera benefician el cultivo de pejerrey en jaulas flotantes en lagunas bajo métodos tanto semi-intensivos como extensivos. La adición de alimento puede generar una sinergia capaz de

llevar a valores más altos las tasas de crecimiento o bien mantener valores de crecimiento moderados durante los períodos menos favorables que luego permiten aprovechar con mayor eficiencia las condiciones favorables que ofrece la primavera.

Los valores totales obtenidos (P_{tot}) presentaron una relación positiva entre el alimento otorgado y el valor tanto de W_{pd} como L_{tpd} obtenidos en los tratamientos.

Con respecto a los TCE obtenidos en este experimento es importante destacar que tanto en el período 1 como el 2 en los tratamientos 5% y 7% se obtuvieron valores de TCE similares, pero siempre superiores a los obtenidos en el tratamiento control. Se concluye que en estos períodos los peces del tratamiento 5% y 7% crecieron de manera similar y a tasas cercanas al máximo mientras que los peces del grupo control presentaron valores por debajo de los registros referidos.

Durante el período 3 se produce un cambio en las condiciones ambientales; un aumento de la temperatura conlleva por definición a un aumento en el TCE (Hopkins, 1992). Esto se observa claramente en los peces del grupo control al igual que en los peces del tratamiento 7% pero no así en los peces del tratamiento 5% donde los valores registrados fueron más bajos que en el período anterior, en el cual este tratamiento había alcanzado la marca máxima. Esto se puede deber al hecho de que el TCE está influenciado negativamente, entre otras cosas, por el tamaño de los peces (Cho, 1992;

Jobling, 1993; Kaushik, 1998). Por ende los peces del tratamiento 5% pueden haber alcanzado bajo las condiciones del tratamiento un tamaño umbral en el cual el aumento de la temperatura no pudo traducirse en el aumento esperable de TCE. En este sentido el incremento en el valor observado en el TCE del tratamiento 7% que presentaba peces de tamaño similar a los del tratamiento 5% se puede deber a que el alimento balanceado extra suministrado en este tratamiento favoreció una respuesta positiva en el TCE. El grupo control también respondió incrementando su TCE ante la mejora de las condiciones ambientales, pero en este caso seguramente se debió a que por tratarse de peces más pequeños el aumento de temperatura y disponibilidad de alimento natural fueron suficientes para generar el efecto mencionado ya que sus requerimientos energéticos son menores que los de los peces de los tratamientos 5% y 7% de mayor tamaño (Jobling, 1985; Steffens, 1989; Talbot, 1993). De este modo, se observa que es de vital importancia manejar adecuadamente las raciones de alimento en función del tamaño de los peces y las condiciones para lograr las sinergias que posibiliten aprovechar al máximo el potencial de crecimiento de la especie.

Cabe destacar que los valores obtenidos durante el período 4 son excelentes y que se ubican dentro de los más altos obtenidos para el cultivo de pejerrey, indicando que mas allá de la ración que se otorgue, con este sistema de cultivo que tiene alta dependencia del ambiente, se pueden obtener grandes beneficios para el cultivo durante el período primaveral.

En este experimento los valores de TCE totales obtenidos muestran valores similares entre los tratamientos 5% y 7% y valores casi un 30 % menores en el caso del tratamiento control, mostrando nuevamente que el cultivo semi-intensivo dentro del período testeado mejora el crecimiento de los peces.

Los valores de CUT obtenidos muestran patrones similares a los de las tasas anteriormente mencionadas, donde se pueden observar valores de CUT altos tanto en los tratamientos 5% y 7% para los períodos 1 y 2 y valores bajos para el tratamiento control durante estos períodos indicando que, como se discutió en el capítulo anterior, que el crecimiento en jaulas instaladas dentro de lagunas aunque tiene vinculo con la temperatura puede mejorarse con adición de alimento artificial. Para el período 3 hay que destacar que se presenta un aumento en la temperatura y un aumento en los valores de CUT de los tratamientos control y 7% lo que implica un crecimiento mayor para los peces de estos tratamientos ya que hay mas unidades termales y mayor crecimiento por cada una de ellas. Opuestamente no se observa una mejora en los valores de CUT del tratamiento 5%. Así más unidades termales e igual valor de CUT implican de todos modos un crecimiento de los peces pero una desaceleración cuando se lo compara con el comportamiento del tratamiento 7%.

En el período 4 como se vio reflejado por las tasas evaluadas anteriormente se observa valores altos de CUT en todos los tratamientos y además las temperaturas más altas del experimento, concluyéndose que este período fue el de mejor crecimiento de los peces durante este experimento.

Las tasas de crecimiento evaluadas para este experimento muestran un patrón donde existirían diferentes momentos caracterizados por distintos patrones de crecimiento en los peces. El primer momento compuesto por los períodos 1 y 2, un segundo momento, donde se ubica el período 3 y por último un momento de condiciones más favorables que abarca el período 4

En el primero de estos momentos los tratamientos 5% y 7% crecieron de manera parecida con valores similares en todas las tasas evaluadas y el tratamiento control presentó valores bajos, donde el crecimiento expresado por los tratamientos con subsidio alimenticio se puede considerar máximo ya que un aumento en la cantidad de alimento otorgado no mejoró las tasas evaluadas.

En el segundo momento, las condiciones de la laguna cambiaron y se observó que los tres tratamientos se comportaron de manera diferente. Para el caso de los peces cultivados en el grupo control se apreció un incremento en todas las tasas evaluadas, principalmente debido al aumento en la disponibilidad de zooplancton que es típica para el momento del año en las lagunas pampásicas (Claps *et al.*, 2004; Colautti *et al.*, 2010; García de Souza *et al.*, 2011) y a las menores necesidades energéticas que presentaban estos peces por su reducido tamaño al empezar este período, mientras que los peces del tratamiento 7% también presentaron altas tasas de crecimiento, como se venía observando a lo largo de los períodos anteriores. No obstante, el tratamiento 5% prácticamente no experimentó cambios en todas sus tasas para este período. Se deduce que esto es consecuencia de que no se pudieron colmar

los requerimientos nutricionales para los peces en cultivo y que seguramente lo ocurrido en este momento estuvo fuertemente vinculado a la biomasa total existente en cada jaula y la disponibilidad total de alimento (natural + artificial).

De la literatura se resume que un aumento en la temperatura afectaría por una parte el metabolismo de los peces, mejorando la retención de energía por un incremento en la digestibilidad aparente (Azevedo *et al.*, 1998) y por otro lado aumentando la demanda de energía para mantenimiento basal de los organismos (Brett & Groves, 1979; Jobling, 1993; Talbot, 1993; Kaushik, 1998). En el tipo sistema de cultivo propuesto se verificó una sinergia entre el alimento natural y el artificial que potencia el crecimiento de los peces en cultivo semi-intensivo (Green, 1992; Diana *et al.*, 1994; Tacon *et al.*, 1997; Waidbache *et al.*, 2006.). Esto se debe principalmente a que el zooplancton estaría otorgando elementos esenciales (principalmente aminoácidos y lípidos) (De Silva, 1993) y el alimento balanceado estaría otorgando energía en forma de carbohidratos. La sinergia entre ambos daría lugar a la puesta en marcha de mecanismos fisiológicos en los cuales estos elementos esenciales se destinan mayoritariamente al crecimiento y los carbohidratos son derivados principalmente a sostener el metabolismo (Shiau & Peng, 1993). Por ende, el zooplancton sería el elemento regulador limitante y a su vez catalizador de esta sinergia dependiendo de su abundancia. De este modo, al aumentar su disponibilidad para los peces en la transición invierno a primavera también aumenta el potencial de crecimiento de los peces en cultivo. En base a esto, se

deduce que el 5% no resultó suficiente para aprovechar al máximo el zooplancton disponible en dicho período. Prueba de esto son los resultados obtenidos en el tratamiento 7% donde las tasas experimentaron notables incrementos. Fenómenos similares han sido documentados por Waidbache *et al.*, (2006) en experimentos de cultivo de tilapia nilotica bajo condiciones de cultivo semi-intensivo.

El último de los momentos, el período 4 de este experimento, presentó un crecimiento alto y acelerado para todos los tratamientos. En este período se puede evidenciar que la primavera y los cambios ambientales que esta conlleva favorecen el crecimiento de los peces bajo las dos modalidades de cultivos experimentados y además provee una idea de la potencialidad de crecimiento que posee esta especie. Este detalle resulta significativo ya que las bajas tasas de crecimiento que se han registrado en el pejerrey han sido uno de los mayores limitantes para su cultivo (Somoza *et al.*, 2008). Con relación a esto, si mediante investigación y desarrollo se logran encontrar los mecanismos para sostener las tasas de crecimiento registradas en primavera durante un año, sería factible obtener en este lapso de tiempo pejerreyes de 23,6 cm y 85,5 g.

El índice de condición por stanzas WrS mostró valores bajos de 0,82 para los peces con los que se empezó este experimento. Estos valores se mantuvieron así en el tratamiento control durante las dos primeras fechas de muestreo, en comparación con lo que sucedió con los tratamientos 5% y 7% que ya para la primera fecha de muestreo presentaron índices cercanos a 1. Por lo tanto, se

puede concluir que la mala condición de los peces se puede revertir con la adición de alimento extra en forma de alimento balanceado incluso en períodos de baja producción de alimento natural por parte del cuerpo de agua. Por otro lado lo sucedido en el período 3 muestra como los peces control, apoyándose en la mejora de las condiciones ambientales, incrementan también rápidamente su índice de condición a valores cercanos a 1. Cabe destacarse que si bien los peces del tratamiento 5% en este período exhiben una merma en las tasas de crecimiento, no muestran un empeoramiento en su condición, deduciéndose que si bien el alimento no es suficiente para mantener altas tasas de crecimiento, los peces no pasaron por un momento deficitario a nivel alimenticio.

La relevancia de estas observaciones reside en lo sucedido con las tallas y pesos en la primera fecha de muestreo, donde no se observaron diferencias significativas. Esto se asoció a las tasas de crecimiento más bajas en los tratamientos 5% y 7%. Lo que permite inferir que los peces debieron primero incrementar su condición para luego poder desviar energía al crecimiento. Lo mismo se demuestra teniendo en cuenta lo sucedido en el tratamiento control, en el cual durante los períodos 1 y 2 la baja condición de los peces estuvo asociada a bajas tasas de crecimiento, mientras que en el resto de los períodos una vez alcanzada una buena condición el grupo control comenzó a mostrar tasas de crecimiento elevadas. Por lo tanto, resulta necesario mantener a los peces en una condición cercana a 1 para lograr sostener crecimientos satisfactorios. En este sentido el WrS podría utilizarse como un índice para

monitorear no solo el estado de los peces bajo cultivo sino también para medir si se están utilizando con eficiencia las instalaciones y el alimento otorgado, incluso estimar si la biomasa en producción está en condiciones de incrementarse o no.

Por último, el período 4 muestra valores de WrS superiores a 1 en todos los tratamientos indicando que los peces incrementaron su peso por encima del valor promedio para sus tallas, demostrando que la primavera es el momento del año óptimo para obtener los mayores incrementos de biomasa en el cultivo de pejerrey en jaulas flotantes dentro de lagunas.

Los coeficientes de variación con los que se empezó el experimento están entre los más altos obtenidos a lo largo de toda la experiencia, implicando que los peces con que se comenzó la experimentación presentaban una amplia variación de tallas y pesos. A lo largo del experimento se ve una tendencia a la disminución en el coeficiente de variación, lo que nos está indicando que las tallas y los peces tendieron homogeneizarse como es de esperar en una especie que tenga comportamiento de cardumen como se observó en Turbot (*Scophthalmus maximus*), White Fish (*Coregonu lavaretus*) y Sea Bass Europeo (*Dicentrarchus labrax*) (Boujard *et al.*, 1996; Jobling *et al.*, 1999; Saether & Jobling, 1999; Van Ham *et al.*, 2003). Sin embargo, en el período 3, cuando hubo un cambio en el ambiente, principalmente los peces en los tratamientos 5% y 7% mostraron un aumento en su CV (ΔCV positivos), lo que nos estaría señalando que un cambio en las condiciones ambientales podría traer aparejado un mejor aprovechamiento de los recursos por algunos individuos

de cada unidad experimental. Aun así, los valores totales obtenidos de ΔCV en su mayoría son negativos lo que podría estar evidenciando que las densidades de siembra 300 ind/jaula (25 ind/m³) no generan efectos negativos debido a un exceso de la competencia por los recursos.

Las supervivencias obtenidas a lo largo del experimento no permiten aseverar que exista una influencia del tratamiento sobre las mismas. Aunque se observe que en el tratamiento 7% existe la mayor mortalidad seguida por el tratamiento 5% y por último el tratamiento control, las diferencias existentes no son significativas y la variación entre réplicas es lo suficientemente amplia como para no permitir asegurar que existe una influencia de la cantidad de alimento ofrecida sobre la mortalidad de los peces.

Las biomásas y producciones obtenidas en este experimento fueron bajas. Igualmente se puede observar una influencia de la alimentación extra que obtuvieron los peces bajo los tratamientos 5% y 7%, ya que las biomásas y producciones obtenidas por estos fueron siempre por lo menos un 20% superiores. Si bien estas producciones están lejos de las obtenidas por otros autores bajo condiciones de cultivo intensivo (Berasain *et al.*, 2000; Miranda *et al.*, 2006; Velasco *et al.*, 2008) y están por debajo de las obtenidas en el primer experimento de esta tesis, el hecho de que los peces fueran sembrados en diciembre, implica que estos fueran criados durante 330 días sin haber pasado por un período de óptimas condiciones del ambiente natural hasta los últimos días de cultivo. Como plantea Colautti *et al.*, (2009) esto representa una clara desventaja para esta práctica. Por otro lado, el aumento de peso que

experimentaron los peces en cultivo durante el último período estudiado, fue del 100%. Por lo tanto, los peces al final del experimento se encontraban en un momento de incremento crítico de los estimadores considerados. Por esta razón en caso de haberse continuado el cultivo, cabría esperar una mejora considerable tanto en la biomasa como de las producciones.

Los peces con los que se empezó el experimento estaban en una condición mala, por lo que el alimento otorgado en el primer período de este experimento fue utilizado por los peces para mejorar su condición y no para crecer. Este resultado indica que la provisión de alimento artificial debe comenzar acoplada al inicio de las condiciones desfavorables ya que este experimento tuvo inicio cuando ya habían sobrevenido las condiciones ambientales desfavorables.

Por último, las malas conversiones alimenticias en los primeros períodos de experimentación, por un lado informan que el período 1 presentó altas mortalidades, y por otro se puede deducir que el pellet utilizado pudo haber sido demasiado grande aún después de ser molido, por lo que debido al tamaño de la boca, algunos peces de mayor tamaño pueden haber tenido acceso a él mientras que otros menores no y esto pudo haber influenciado tanto la mortalidad como la producción final. Sin embargo, como lo demuestran todas las variables evaluadas pasar a un sistema semi-intensivo, mejora ampliamente el cultivo de pejerrey en jaulas flotantes.

Este experimento provee lineamientos que pueden ser utilizados como estrategia de manejo para la producción. Se recomienda que los porcentajes óptimos de alimentación de juveniles de pejerrey, en el cultivo semi-intensivo en jaulas flotantes en lagunas pampeanas, se manejen en dos momentos distintos. En el primer momento "Invierno", caracterizados por temperaturas bajas y producciones bajas, el porcentaje óptimo de alimentación no debe superar el 5% de la biomasa de peces bajo cultivo. En el segundo "Primavera", donde las temperaturas empiezan a aumentar al igual que la producción de la laguna, el porcentaje óptimo de alimentación no pudo ser determinado, ya que la máxima tasa de crecimiento se obtuvo con la máxima tasa de alimentación. Por lo tanto se recomienda otorgar alimento balanceado equivalente por lo menos al 7% de la biomasa de peces bajo cultivo. Estas recomendaciones se justifican en virtud de las modificaciones ambientales que se generan durante la transición invierno primavera que afectan, como se ve en este experimento, la producción de pejerreyes en jaulas flotantes en ambientes naturales. Por ende se sugiere un aumento en la ración otorgada cuando las condiciones ambientales mejoran.

De todos modos dado que se pusieron en evidencia valores de tasas de crecimiento que no pueden ser superadas por la adición de mas cantidad de alimento, se cree que durante el invierno se alcanzó el máximo crecimiento de la especie y por lo tanto una producción adecuada debe acercarse a los parámetros aquí relevados durante este período y superar o igualar los obtenidos por el tratamiento 7% durante la primavera.

Este experimento termina dejando algunos interrogantes, como es el crecimiento extra observado en los peces del tratamiento 7% durante el período 3 y el importante crecimiento experimentado por todos los tratamientos en el período 4. Ello nos indicaría que durante el invierno los peces de los tratamientos 5% y 7% crecieron de igual manera debido al efecto regulador limitante que produce la disponibilidad de alimento natural y la temperatura durante este período, como lo demuestran los análisis realizados y se halla registrado en la literatura (De Silva, 1993). Este comportamiento podría estar relacionado a una merma en la provisión de elementos nutricionales esenciales, particularmente durante los periodos 1 y 2. Esto sugiere que sería posible llegar a mejorar los rendimientos incluso durante el invierno o bajo cultivo intensivo en estanques, si existiese en el mercado una formulación para pejerrey que contenga los lípidos y aminoácidos que requiere la especie para un óptimo desarrollo. Cabe destacarse que la formulación disponible para la realización de este experimento fue desarrollada para el pejerrey patagónico (45,2% de proteína), y que a saber el pejerrey bonaerense necesita un 51% de proteínas en las formulaciones (Piedras, 2004). Por otro lado es nulo el conocimiento que se tiene con respecto a la nutrición a nivel de lípidos u otros nutrientes.

Queda claro que el pejerrey es una especie con comportamiento de cardumen bajo cultivo en jaulas flotantes. De este experimento, como en el primero de esta tesis se observa que no existe un efecto de competencia o de jerarquías de alimentación que afectarían los valores de CVW y CVLt, sino una tendencia a

la homogenización de los grupos. Ello permite inferir que las densidades de siembra podrían ser aumentadas aún más, antes de llegar al punto donde empezaran a afectar la supervivencia y el crecimiento de esta especie.

Capítulo V: Experiencia de cultivo semi-intensivo a diferentes densidades de siembra

V.1 Introducción

Para poder establecer las pautas para una producción acuícola eficiente es necesario, entre otros pasos, lograr establecer la densidad óptima de cultivo para la especie y el sistema (Gomes *et al.*, 2006) dado que la misma definirá entonces la producción y el rendimiento óptimos esperables.

La densidad tiene un efecto directo en la supervivencia y el crecimiento de los peces (Jobling, 1994). Normalmente peces criados a bajas densidades presentan altos crecimientos y altas supervivencias, pero la producción total por lo general es baja (García de Souza *et al.*, 2011; Gomes *et al.*, 2000; Gomes *et al.*, 2006; Islam *et al.*, 2006), mientras que peces criados a altas densidades muestran menores crecimientos pero mayores producciones (El-Sayed, 2002; Garcia de Souza *et al.*, 2011; Gomes *et al.*, 2006; Braun *et al.*, 2010). Muchas veces los efectos de la densidad de siembra son atribuidos al stress generado por el hacinamiento (Lupatsch *et al.*, 2010), pero también afecta la supervivencia, ya sea por canibalismo (Coulibaly *et al.*, 2006) o por efectos denso-dependientes no establecidos, muy normales en peces territoriales y agresivos (Yi *et al.*, 1996). Cabe destacar que la densidad, por lo anteriormente expuesto, influencia fuertemente los réditos de la producción donde es normal la obtención de mejores ganancias y menores costos a altas densidades (Huguenin, 1997; Gomes *et al.*, 2006).

Para el pejerrey (*Odontesthes bonariensis*), no existen trabajos que establezcan una densidad óptima de cultivo bajo sistemas intensivo en tanques o extensivo en cavas, mientras que si existe un trabajo de densidades óptimas de cultivo bajo un sistema extensivo en jaulas flotantes en lagunas pampásicas. En dicho trabajo, presentado por García de Souza *et al.*, (2011), se utilizaron tres densidades diferentes de 300, 600 y 900 individuos por jaula, siendo las mismas idénticas a las utilizadas en este experimento. García de Souza *et al.*, (2011) plantea que las densidades óptimas para el cultivo extensivo en jaulas se deben manejar dependiendo del objetivo de la producción. Si se busca producir peces de gran tamaño para ser utilizados como reproductores, la densidad óptima de cultivo no debe superar los 300 individuos por jaula, mientras que si se desea maximizar las producciones se deben sembrar las jaulas a una densidad de 600 individuos. Este trabajo expone que en el tratamiento cuya densidad fue de 900 individuos por jaula presento un mayor número final de individuos pero se observaron menores supervivencias porcentuales y producciones cuando se las compara con el tratamiento cuya densidad fue de 600 individuos por jaulas. Estas diferencias se podrían atribuir a presiones denso-dependientes que afectaron negativamente a los peces cultivados a la densidad mayor. Estas presiones se pueden deber a un déficit en la cantidad de alimento otorgado por la laguna para sostener este número de peces o por competencia o interacciones intraespecíficas que podrían haber condicionado la mortalidad y el crecimiento de los peces.

Los objetivos de este experimento, son testear como diferentes densidades de siembra influyen la producción y el crecimiento de pejerrey bajo el sistema de cultivo semi-intensivo en lagunas pampásicas. Se busca así establecer pautas de manejo de las densidades para maximizar el rendimiento en términos de biomasa de la técnica de cultivo.

V.2 Materiales y métodos

Para este experimento se utilizaron peces nacidos en la estación Hidrobiológica de Chascomús el día 15-09-2010. Los peces fueron sembrados el mismo día de su nacimiento en una jaula flotante con malla de red tipo *nursery* previamente anclada y acondicionada en la laguna la salada de Monasterio, Buenos Aires, Argentina.

El número de individuos sembrados fue de alrededor de 20.000. El día 10-10-2010, se recolectaron cerca de 10.000 larvas de 25 días de edad que se sembraron en una jaula "común" (dimensiones estándar) con una red de malla tipo mosquitero y se mantuvieron allí por 80 días hasta el 29-12-2011 en que las mismas alcanzaron un tamaño de 3.72 cm (± 0.54) Lt y 0.36 g (± 0.14) W, para ser luego sembradas en las diferentes jaulas del experimento.

El diseño experimental constó de 6 jaulas divididas en tres tratamientos de diferentes densidades de cultivo de 300, 600, 900 individuos por jaula, T 300, T 600 y T 900 respectivamente, cada uno con dos jaulas denominadas 300 J1, 300 J2, 600 J1, 600 J2, 900 J1, 900 J2 respectivamente. Todas las jaulas fueron subsidiadas con alimento balanceado de la marca (GANAVE), formulado

para la alimentación de trucha arcoíris, este presentaba la siguiente composición: proteína 47% mínimo, extracto etéreo 13% mínimo, fibra cruda 2% máximo, humedad 10% máximo, minerales totales 18% máximo, fósforo 1,7% mínimo 2,7% máximo, calcio 4% mínimo 5% máximo, energía digestible mínima 2700 Kcal/Kg (información nutricional aportada por el fabricante). Como los peces bajo cultivo eran pequeños, se diseñó un protocolo de alimentación en el que se suministró alimento balanceado de diferentes tamaños dependiendo principalmente del crecimiento y el largo de los peces a alimentar. Los tres alimentos solo difirieron en las dimensiones del pellet y no en la composición del mismo. Se comenzó el experimento otorgando alimento GANAVE Starter00 con un diámetro de pellet que varía de 0,3 a 0,6 mm. Este alimento se ofreció durante los primeros cuarenta días de experimentación. Luego se modificó el alimento por el GANAVE Starter 0, diámetro del pellet desde 0,5 a 0,6 mm, que se suministró por un período de treinta y seis días hasta el 15-03-2011, reemplazándose el alimento nuevamente por el GANAVE Crumble 1 con un tamaño de pellet 1 a 1,5 mm. Todos los tipos de alimentos presentaban la misma formulación, difiriendo solamente en el tamaño del pellet.

Las raciones entregadas por jaula por día fueron del 3% de la biomasa de peces bajo cultivo, dividida en tres porciones que fueron otorgadas a las 8, 12 y 16 hs. Se escogió este porcentaje ya que se comenzó con peces de pequeño tamaño y por otro lado se considero el periodo evaluado verano-otoño como un periodo más favorable para el cultivo de pejerrey.

Los muestreos se realizaron cada aproximadamente cada 40 días, los días 07-02-2011, 15-03-2011, 02-05-2011. Los períodos evaluados fueron los siguientes: P1 del 29-12-2010 al 07-02-2011; P2 del 07-02 al 15-03; P3 del 15-03 al 02-05; Ptot del 29-12-2010 al 02-05-2011. Para evaluar la supervivencia se realizaron conteos de individuos dentro de las jaulas en todas las fechas de muestreo.

Para cada fecha de muestreo se midieron el Lt y Lst de 25 individuos por jaula siguiendo el protocolo de muestreo estándar en la laguna, mientras que se retiraron 5 peces por jaula para obtener valores de W, Lt y Lst de los mismos en laboratorio. Para la última fecha de muestreo se tomaron 30 individuos por jaula para obtener todas las mediciones referidas en laboratorio.

Los parámetros ambientales monitoreados fueron temperatura (°C), conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) y profundidad (cm) cada una hora por medio de dos medidores automáticos programables de la marca Solinst.

V.3 Resultados

Al comienzo del experimento se registraron las temperaturas más altas que se mantuvieron estables durante los meses de Enero y Febrero, mientras las temperaturas medias obtenidas para este período oscilaron alrededor de los 23 °C. A partir del mes Marzo se observó un descenso de la temperatura que se mantuvo cercana a los 20 °C hasta los primeros días del mes de Abril, donde hacia el final de este mes se pudo observar un brusco descenso de la temperatura que se ubicó alrededor de los 15 °C (Gráfico V-1).

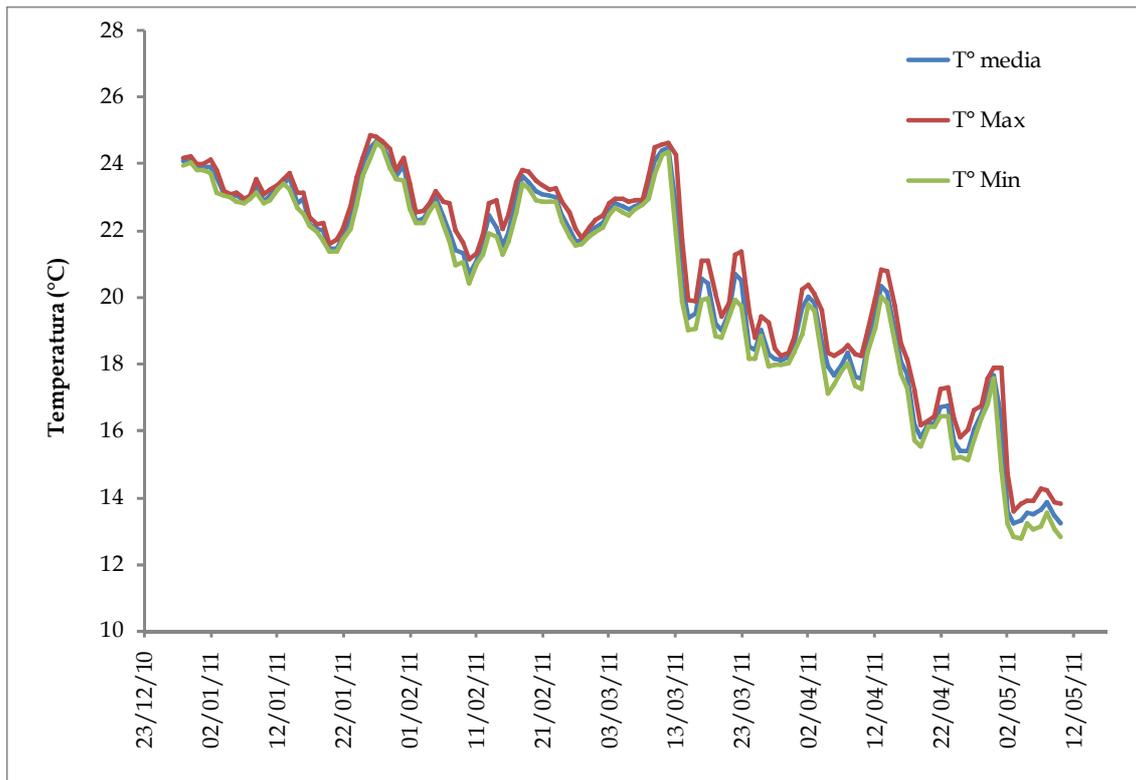


Gráfico V-1: Temperaturas (T°) medias, máximas y mínimas, obtenidas durante el período experimental.

Las variables ambientales monitoreadas mostraron que tanto la temperatura como la profundidad de la laguna fueron en descenso a lo largo del período experimental, mientras que la conductividad mostró un pico máximo durante el período 2 para luego descender a valores similares a los del período 1 durante el período 3 (Tabla III-1).

Tabla V-1: Temperatura, profundidad y conductividad. Valores promedio por período. Con sus respectivos desvíos estándar. N= 154.

Período	Temperatura (°C)	DS	Profundidad (cm)	DS	Conductividad (µS/cm)	DS
P1	23,5	1,1	191,81	4,22	2183,34	88,39
P2	22,4	1,2	184,53	3,96	2453,81	160,10
P3	18,1	1,6	176,23	4,86	2239,44	109,72

En este experimento se presentaron problemas con la integridad de las jaulas debido a la abundante presencia de coipos (*Myocastor coipo*) que roían y arañaban algunos elementos de la estructura de las jaulas. La más afectada por estos efectos fue la jaula 300 J1 ya que en la misma se ve un descenso abrupto en el número de individuos encontrado en el segundo muestreo, mientras que para el último muestreo la malla de red de la jaula se encontró con varios orificios y sin peces en su interior. Por esta razón, las comparaciones en la última fecha de muestreo se realizaron únicamente entre los tratamientos T 600 y T 900 ya que no se contaba con datos duplicados en el tratamiento T 300.

Los largos totales (Lt) obtenidos de los peces en las diferentes réplicas mostraron que ya a partir de la primer fecha de muestreo (07-02-2011), existieron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos, donde los Lt resultaron significativamente más altos en los peces del tratamiento con una densidad de siembra de 300 individuos por jaula (T 300), mientras que no se pudieron observar diferencias para esa primer fecha entre los peces de los dos tratamientos con una densidad de siembra mayor (T 600 y T 900). Tanto para la fecha de muestreo 2 y 3 las diferencias entre todos los tratamientos fueron significativas ($p < 0.05$) (T 300 > T 600 > T 900), teniendo en cuenta que en la fecha de muestreo 3 solo se compararon los Lt de los peces en los tratamientos T 600 y T 900. (Tabla V-2; Grafico V-2)

Tabla V-2: Promedios de largo total por fecha de muestreo por tratamiento y replica.

Lt (cm): Promedio para la fecha. DE: Desvió estándar para la fecha. N= 30
(Ind/jaula)

Jaula/ tratamiento	29-12-2010		07-02-2011		15-03-2011		02-05-2011	
	Lt	DE	Lt	DE	Lt	DE	Lt	DE
300 J1	3,72	0,54	6,62	0,98	8,97	0,58		
300 J2	3,72	0,54	6,86	0,48	8,89	0,57	10,42	0,45
T 300	3,72	0,00	6,74^a	0,17	8,93^a	0,05	10,42	
600 J1	3,72	0,54	6,83	0,85	8,50	0,63	9,53	0,78
600 J2	3,72	0,54	5,98	0,72	7,61	0,70	9,07	0,66
T 600	3,72	0,00	6,40^b	0,60	8,05^b	0,63	9,30^a	0,32
900 J1	3,72	0,54	6,28	0,44	7,38	0,54	8,87	0,58
900 J2	3,72	0,54	6,02	0,53	7,60	0,59	9,12	0,59
T 900	3,72	0,00	6,15^b	0,18	7,49^c	0,16	9,00^b	0,18

Superíndices indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0,05$)

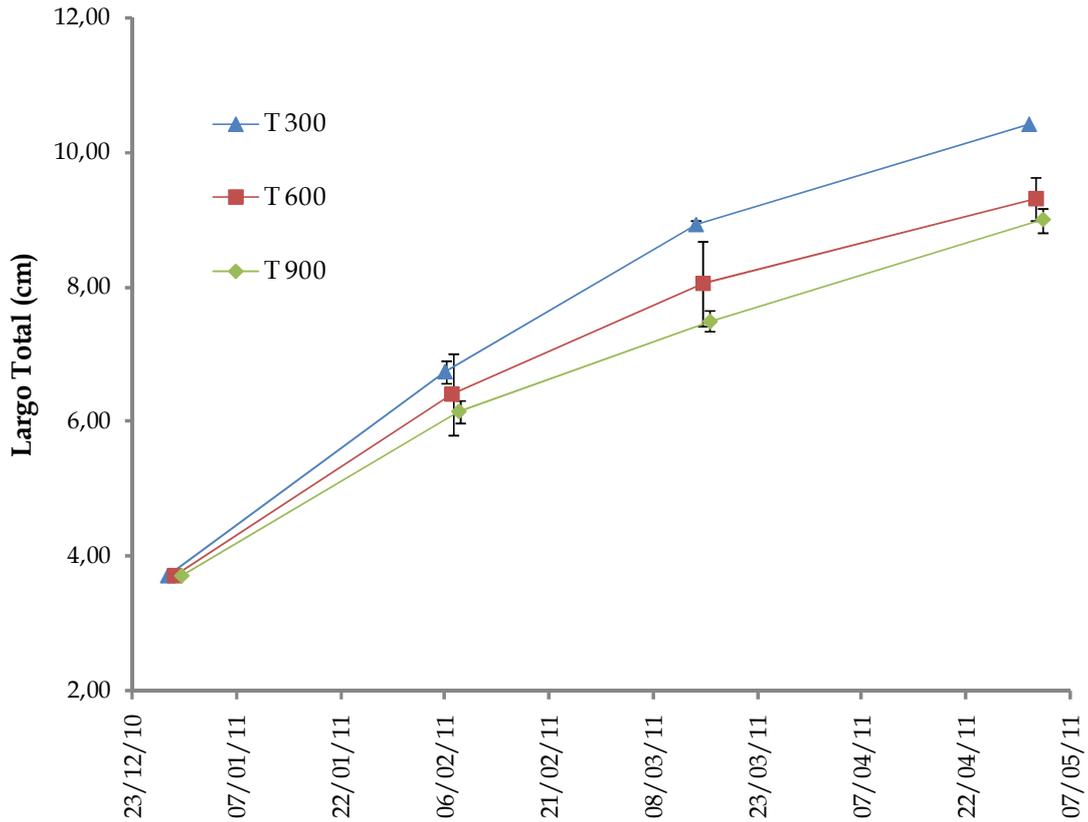


Gráfico V-2: Largo total tratamientos. Variación del Lt promedio y sus respectivos desvíos estándar por tratamientos durante el período experimental.

Los pesos (W) obtenidos durante este experimento no indicaron en el muestreo 1 diferencias significativas entre los peces cultivados a diferentes densidades. En el muestreo 2 solo existieron diferencias significativas entre los W alcanzados por los peces criados a bajas densidades T 300 [(T 300) > (T 600=T 900)] con respecto a los W alcanzados por los peces sembrados a las dos densidades más altas (T 600 y T 900). Para la fecha de muestreo 3, solo se pudieron hacer comparaciones entre los dos tratamientos con mayor densidad debido al inconveniente que malogró a la jaula 300 J1 y entre estos

no se vieron diferencias significativas con respecto al W de los peces (Tabla V-3; Gráfico V-3).

Tabla V-3: Promedios de peso por fecha de muestreo por tratamiento y réplica individual. W (g) promedio para la fecha. DE desvió estándar para la fecha. N = 5 (ind/jaula); 2/5/11 N=30 (ind/jaula)

	29/12/10		07/02/11		15/03/11		02/05/11	
Jaula/ tratamiento	W	DE	W	DE	W	DE	W	DE
300 J1	0,36	0,14	1,34	0,30	4,10	0,00		
300 J2	0,36	0,14	1,50	0,37	3,98	1,26	6,41	1,03
T 300	0,36	0,00	1,42	0,11	4,04^a	0,08	6,41	
600 J1	0,36	0,14	1,84	0,35	3,14	0,75	4,70	1,15
600 J2	0,36	0,14	1,08	0,40	1,94	0,55	3,86	1,00
T 600	0,36	0,00	1,46	0,54	2,54^b	0,85	4,28	0,59
900 J1	0,36	0,14	1,36	0,22	1,88	0,22	3,68	0,73
900 J2	0,36	0,14	1,08	0,24	2,34	0,54	4,18	1,05
T 900	0,36	0,00	1,22	0,20	2,11^b	0,33	3,93	0,35

Superíndices indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0,05$)

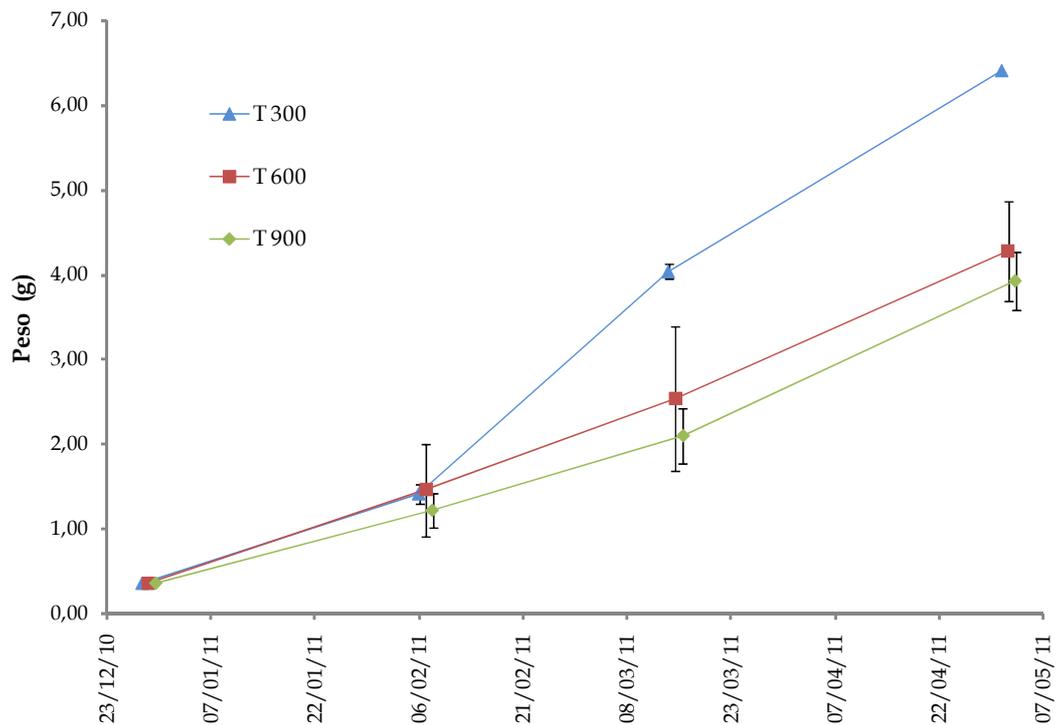


Gráfico V-3: Peso por tratamiento. Variación de los W promedios y sus respectivos desvíos estándar por tratamientos durante el período experimental.

Los largos totales promedio diarios calculados (Ltpd) no mostraron diferencias significativas para ningún período evaluado entre los tratamientos. Cabe destacar que los valores obtenidos para este experimento fueron altos, con una tendencia a disminuir con el transcurso del experimento. Por otro lado, si bien no se evidenció una clara tendencia en los datos, se puede observar que siempre los valores más altos se encontraron en el tratamiento T 300. (Tabla V-4 y Gráfico V-4).

Tabla V-4: Valores de largo total promedio diario. Ltpd (cm/día) por tratamiento y réplica individual en los diferentes períodos estudiados.

Ltpd(cm/día)	P1	P2	P3	Ptot
300 J1	0,07	0,07		
300 J2	0,08	0,06	0,03	0,05
T 300	0,08	0,06	0,03	
600 J1	0,08	0,05	0,02	0,05
600 J2	0,06	0,05	0,03	0,04
T 600	0,07	0,05	0,03	0,04
900 J1	0,06	0,03	0,03	0,04
900 J2	0,06	0,04	0,03	0,04
T 900	0,06	0,04	0,03	0,04

Superíndices indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0,05$)

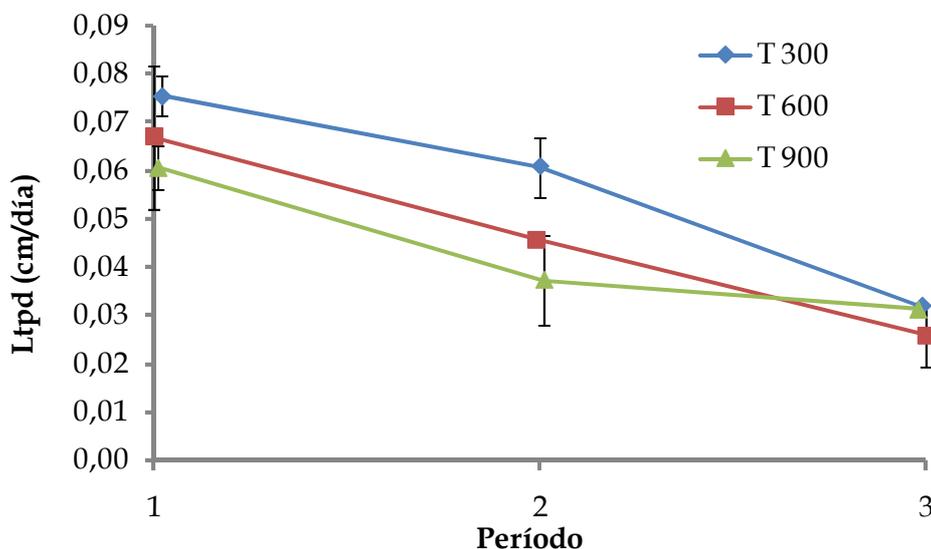


Gráfico V-4: Largo total promedio diario. Variación del Ltpd promedio más sus respectivos desvíos estándar por tratamiento durante el período experimental.

Los valores obtenidos para la tasa peso promedio diario (Wpd) (Tabla V-5 y Gráfico V-5) solo fueron significativos ($p < 0,05$) en el período 2 donde el tratamiento T 300 mostró valores de Wpd significativamente mayores con respecto al resto de los tratamientos que no mostraron diferencias entre ellos. Por otro lado, los valores obtenidos por los diferentes tratamientos solo

fueron similares para el período 1, luego del cual el tratamiento T 300 obtuvo valores de Wpd superiores a los del resto de los tratamientos. Cabe destacar que de todos modos los valores obtenidos durante este experimento fueron similares o superiores para todos los tratamientos en comparación con otros experimentos de esta tesis.

Tabla V-5: Valores de peso promedio diario. Wpd (g/día) por tratamiento y réplica individual en los diferentes períodos estudiados.

Wpd (g/día)	P1	P2	P3	Ptot
300 J1	0,025	0,077		
300 J2	0,029	0,069	0,051	0,049
T 300	0,027	0,073 ^a	0,051	
600 J1	0,037	0,036	0,033	0,035
600 J2	0,018	0,024	0,040	0,028
T 600	0,028	0,030 ^b	0,036	0,035
900 J1	0,025	0,014	0,038	0,027
900 J2	0,018	0,035	0,038	0,031
T 900	0,022	0,025 ^b	0,038	0,032

Superíndices indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0,05$)

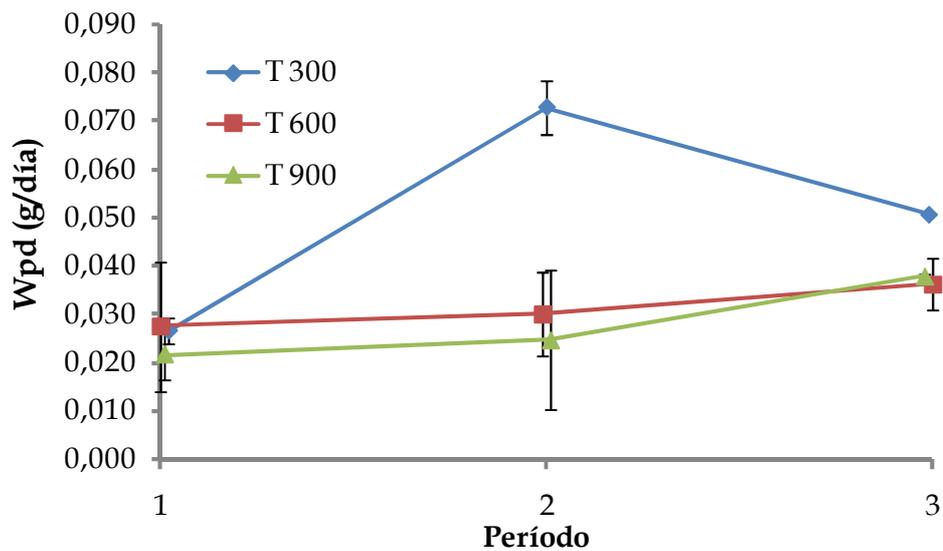


Grafico V-5: Peso promedio diario. Variación del Wpd promedio y sus respectivos desvíos estándar por tratamiento durante el período experimental.

La tasa de crecimiento específica (TCE) calculada para los diferentes períodos de este experimento (Tabla V-6 y Gráfico V-6), no mostró diferencias significativas entre los diferentes tratamientos testeados, de igual manera que ocurrió con otras tasas obtenidas. Se puede observar que el tratamiento T 300 presenta los valores más altos de TCE para los períodos 1 y 2. Por otro lado, se observó una tendencia a la disminución de los valores de TCE alcanzados por las diferentes réplicas durante el transcurso del experimento.

Tabla V-6: Valores de la tasa de crecimiento específica. (TCE) por tratamiento y réplica individual en los diferentes períodos estudiados

TCE (%W/día)	P1	P2	P3	Ptot
300 J1	3,44	3,16		
300 J2	3,70	2,68	1,05	2,38
T 300	3,57	2,88	1,05	
600 J1	4,25	1,46	0,83	2,12
600 J2	2,74	1,79	1,43	1,96
T 600	3,50	1,62	1,13	2,04
900 J1	3,50	0,92	1,37	1,93
900 J2	2,91	2,13	1,20	2,02
T 900	3,21	1,52	1,29	1,97

Superíndices indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0,05$)

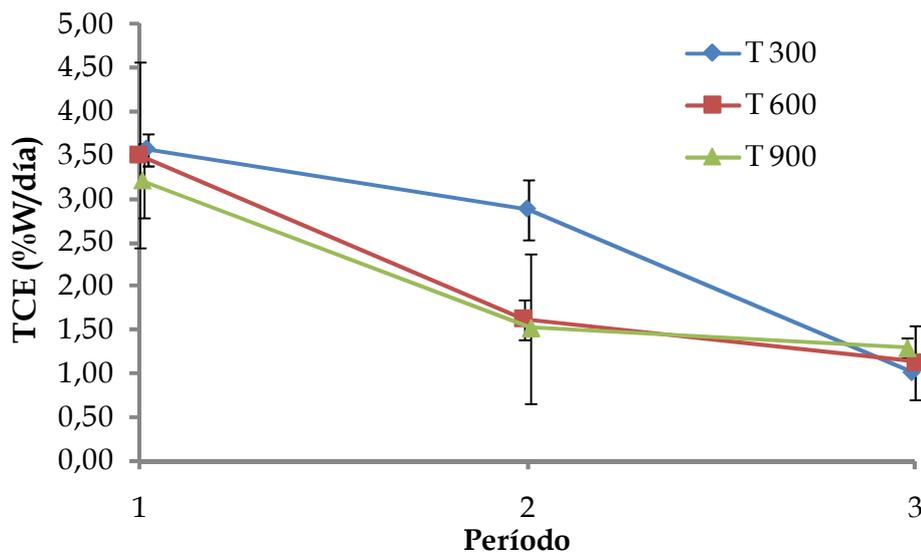


Gráfico V-6: Tasa de crecimiento específica. Variación de la TCE promedio y sus respectivos desvíos estándar por tratamiento durante el período experimental.

Los valores obtenidos aplicando el modelo de crecimiento por unidad termal CUT no muestran diferencias significativas entre los tratamientos (Tabla V-7 y Gráfico V-7). Durante el período 1 todos los tratamientos mostraron valores similares de CUT, mientras que el período 2 se pueden observar los valores

más altos de CUT para este experimento en el tratamiento T 300, por ultimo en el período 3 los valores de CUT descienden y vuelven a ser similares entre todos los tratamientos. De igual manera que las otras tasas evaluadas, los valores de CUT obtenidos para el tratamiento T 300 se encuentran entre los más altos. Sin embargo, a diferencia de las anteriores tasas medidas los valores de CUT no muestran una clara tendencia en este experimento.

Tabla V-7: Valores de CUT ($g^{1/3} / ^\circ C \cdot día$). Por tratamiento y replica individual en los diferentes períodos estudiados.

CUT($g^{1/3} / ^\circ C \cdot día$)	P1	P2	P3
300 J1	0,42	0,62	
300 J2	0,46	0,55	0,31
T 300	0,44	0,58	0,31
600 J1	0,55	0,30	0,24
600 J2	0,34	0,27	0,37
T 600	0,45	0,28	0,30
900 J1	0,42	0,16	0,36
900 J2	0,34	0,37	0,33
T 900	0,38	0,27	0,34

Superíndices indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0,05$)

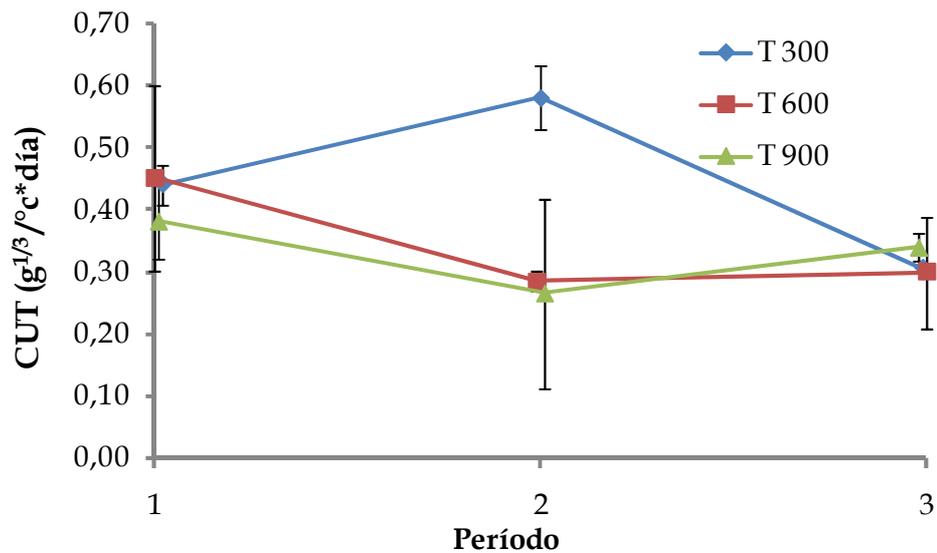


Gráfico V-7: Crecimiento por unidad termal. Variación del CUT promedio y sus respectivos desvíos estándar por tratamiento durante el período experimental.

La condición de los peces medida mediante el WrS muestra que los mismos a lo largo de todo el experimento presentaron una buena condición. Si bien se empezó este experimento con valores superiores a 1, a lo largo del experimento estos valores disminuyeron levemente. Igualmente en este sentido, se observa que la condición de los peces en las diferentes unidades experimentales nunca se alejó de la unidad (Tabla V-8). Con respecto a las diferencias entre los tratamientos estas existieron entre el tratamientos 300 y el 900 ($300 > 900$) en el periodo 2, mientras que durante el periodo 3 no se observan diferencias entre los tratamientos comparados 600 y 900.

Tabla V-8: Valores del índice de condición por stanzas. (WrS.) Por tratamiento y réplica individual por fecha de muestreo. WrS: valor promedio DE: desvío estándar. 29/12/10 y 2/5/11 -N= 30 (ind/jaula); 07/02/2011 y 15/3/11 (5 ind/jaula).

WrStanzas	29/12/2010		07/02/2011		15/03/2011		02/05/2011	
Jaula/ tratamiento	WrS	DE	WrS	DE	WrS	DE	WrS	DE
300 J1	1,11	0,12	1,00	0,06	1,03	0,03		
300 J2	1,11	0,12	0,96	0,05	1,08	0,06	1,07	0,06
T300	1,11	0,00	0,98	0,03	1,06 ^a	0,03	1,07	
600 J1	1,11	0,12	0,96	0,19	1,03	0,10	0,99	0,07
600 J2	1,11	0,12	1,06	0,06	0,97	0,04	0,95	0,09
T 600	1,11	0,00	1,01	0,07	1,00 ^{ab}	0,04	0,97	0,02
900 J1	1,11	0,12	0,95	0,01	0,94	0,06	0,97	0,07
900 J2	1,11	0,12	0,95	0,05	1,02	0,08	0,98	0,09
T 900	1,11	0,00	0,95	0,00	0,98 ^b	0,05	0,98	0,01

Superíndices indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0,05$)

Los CV obtenidos al inicio de este experimento fueron altos con valores de CVLt= 14,4 y CVW= 38,4, lo que nos estaría indicando que los peces con los que se comenzó este experimento presentaban una variación importante entre ellos, tanto en talla como en peso. Por otro lado, a lo largo del experimento se puede observar como existe una tendencia a la homogeneización de las dos variables analizadas, ya que los diferentes delta CV calculados son mayoritariamente negativos al igual que lo son los totales calculados (Tabla V-9 y V-10).

Tabla V-9: Valores del diferencial del coeficiente de variación en largo total. $\Delta CV Lt$ por período para las réplicas.

Delta CV Lt	P1	P2	P3	Ptot
300 J1	0,44	-8,46		
300 J2	-7,41	-0,63	-2,08	-10,12
600 J1	-1,94	-5,13	0,86	-6,21
600 J2	-2,42	-2,84	-1,84	-7,11
900 J1	-7,42	0,32	-0,84	-7,94
900 J2	-5,71	-1,00	-1,29	-7,99

Tabla V-10: Valores del diferencial del coeficiente de variación en $\Delta CV W$ por período para las réplicas.

Delta CV W	P1	P2	P3	Ptot
300 J1	-15,66	-22,76		
300 J2	-13,47	6,76	-15,69	-22,40
600 J1	-19,36	4,73	0,57	-14,06
600 J2	-1,73	-8,31	-2,50	-12,54
900 J1	-22,31	-4,58	8,38	-18,51
900 J2	-16,31	0,83	2,32	-13,16

En los conteos de individuos realizados en las diferentes fechas de muestreo, se puede observar que los valores obtenidos a partir de la segunda fecha muestran una influencia positiva de las mayores densidades de siembra sobre la proporción de peces que sobrevivieron por tratamiento. Las supervivencias obtenidas en este experimento muestran una relación positiva con la densidad de siembra (Tabla V-11).

Tabla V-11: Número de individuos y supervivencia. Número de individuos por jaulas para cada fecha de muestreo y supervivencia porcentual final.

Supervivencia (N/jaula)	07/02/11	15/03/11	02/05/11	% supervivencia
300 J1	312	57*	0	0,00
300 J2	265	226	141	46,67
T 300	288,5	141,5	141	46,67**
600 J1	553	414	376	62,67
600 J2	591	433	333	55,50
T 600	572	423,5	354,5	59,08
900 J1	903	843	664	73,78
900 J2	855	670	512	56,89
T 900	879	756,5	588	65,33

*Jaula que tempranamente empezó con problemas en su integridad.

** Mortalidad no promediada, solamente tomada de una jaula.

Las relaciones entre las producciones totales y experimentales (Prt y PE) y la biomasa (Jw) obtenidas en cada tratamiento fueron muy similares a las relaciones que existen entre estas y la densidad de individuos sembrados en cada tratamiento. Si bien la relación de siembra entre el tratamiento T 300 y T 600 fue el doble, tanto la biomasa obtenida como las producciones obtenidas en el tratamiento T 600 fueron casi un 70% superior a las obtenidas en el tratamiento T 300. Por otro lado, la relación de siembra entre los tratamientos T 900 y T 300 fue del 200%, mientras las producciones y biombras obtenidas en el tratamiento T 900 resultaron 150% mayores a las obtenidas en el tratamiento con la menor densidad de siembra. Así la Jw, PE y Prt fueron mayores a la densidad de 900 individuos por jaula (Tabla V-12).

Tabla V-12. Biomasa y producción del período experimental y producción total. (Jw; PE y Prt) Por jaula y tratamiento al final del experimento.

Jaula/tratamiento	Jw (gr/jaula)	PE (g/m ²)	Prt (g/m ²)
300 J1	X	X	X
300 J2	897,9	65,8	74,8
T 300	897,9	65,8	74,8
600 J1	1768,0	129,3	147,3
600 J2	1286,9	89,2	107,2
T 600	1527,4	109,3	127,3
900 J1	2445,7	176,8	203,8
900 J2	2137,7	151,1	178,1
T 900	2291,7	164,0	191,0

La conversión alimenticia (CA) en los diferentes tratamientos en el período 1 mostró valores muy bajos que promediaron 0,29 para todos los tratamientos, mientras que para el período 2, se observó un comportamiento dispar tanto entre las jaulas del tratamiento T 300 como entre este tratamiento y los otros dos testeados (T 600 y T 900) en este experimento. Por un lado, en las réplicas del tratamiento T 300, se obtuvieron valores de -2,17 para la jaula 300 J1 y de 0,90 para la jaula 300 J2. Los valores de la réplica 300 J1 se deben a la gran mortalidad o escape de los peces contenidos en esta jaula por los problemas que presentó la misma y discutidos anteriormente. Por su parte, la jaula 300 J2 presentó valores inferiores a 1 en este período por lo que se consideró que no está afectada por los problemas de la anterior y este valor se puede considerar como valor de referencia para este período para este tratamiento. En los tratamientos T 600 y T 900 los valores de CA obtenidos fueron 3,35 y 2,47 respectivamente y se consideraron valores normales para el cultivo de semi-intensivo de pejerrey en jaulas flotantes. Para el período 3 los valores

obtenidos en los tratamientos T 600 y T 900 son muy similares a los del período anterior mientras que los valores del tratamiento T 300 (solo una jaula) son extremadamente altos, debido al hecho de que esta jaula experimentó una alta mortalidad y su biomasa se incrementó poco y esto afectó el cálculo de esta variable (Tabla V-13).

Tabla V-13: Conversión alimenticia (CA) por período, por jaula y tratamiento.

CA	P1	P2	P3
300 J1	0,26	-2,17	
300 J2	0,28	0,90	229,16
T 300	0,27	X	X
600 J1	0,19	3,47	3,74
600 J2	0,33	3,22	2,86
T 600	0,26	3,35	3,30
900 J1	0,28	3,50	2,73
900 J2	0,38	1,43	3,51
T 900	0,33	2,47	3,12

V.4 Discusión y conclusiones

Las variables físico químicas relevadas durante el experimento, no fueron diferentes a las de otros lagos someros de similar latitud para el período de tiempo estudiado (Quirós et al., 2002; Diovisalvi et al., 2010) ni para otros años en la misma laguna (Colautti et al., 2009; García de Souza et al., 2011).

Las tallas alcanzadas por los peces en los diferentes tratamientos de este experimento, demuestran que existe una influencia negativa en el crecimiento de los pejerreyes con el aumento de la densidad de siembra al igual que sucede con los ejemplares de esta especie criados de manera extensiva (García

de Souza *et al.*, 2011) y con otros peces como el Tambaqui (*Colossoma macropomun*), la Tilapia (*Oreochromis niloticus*), el Dorado (*Salminus brasiliensis*) o el Sutchi CatFish (*Pangasius sutchi*) (Yi *et al.*, 1996; El-Sayed, 2002; Gomes *et al.*, 2006; Islam *et al.*, 2006; Braun *et al.*, 2010).

Una parte de la explicación de estas diferencias se puede atribuir al acceso por individuo al alimento natural otorgado por la laguna, ya que este no puede ser regulado. Se puede suponer que mediante un diseño aleatorio como el de este experimento a todas las jaulas ingresó una cantidad similar de alimento natural desde la laguna, pero los peces pueden no haber accedido a una cantidad equivalente por individuo, sino una proporcional al número de individuos sembrados por jaula. De este modo, los peces del tratamiento T 300 pueden haber obtenido el doble de alimento natural que los peces en el tratamiento T 600 y el triple que los peces del tratamiento T 900, esto pudo afectar el desarrollo de los peces a mayores densidades.

Además, si se toma en cuenta que el zooplancton es uno de los reguladores del crecimiento como se ha probado en el segundo experimento de esta tesis, y si se consideran los datos de García de Souza *et al.*, (2011) que demuestran la existencia de una presión denso-dependiente sobre el recurso en una explotación extensiva, las diferencias encontradas entre los tratamientos T 300 >T 600 >T 900 quedarían explicadas al menos en parte.

Con respecto a los W alcanzados por los peces en este experimento, se observa que los individuos del tratamiento T 300 aumentaron de peso más

rápidamente y muestran diferencias significativas con respecto a los peces de los otros dos tratamientos en el periodo 2. Esto se puede explicar, al igual que para las tallas, por la mayor disponibilidad de alimento proporcionado por la laguna que tiene cada pez debido a la menor demanda general dentro de la jaula. Cabe destacar que los peces de los tratamientos T 600 y T 900 alcanzaron similares W finales sin poder obtenerse diferencias significativas entre ellos. Además, para la última fecha de muestreo se sacrificaron 30 individuos de cada unidad experimental, por lo que a diferencia del experimento anterior, el poder del test estadístico es igual en el caso del W y el Lt. Por ende, se puede concluir que el suplemento de alimento artificial sumado al aporte de alimento natural proporcionado por la laguna permiten acelerar el crecimiento en talla y peso de los peces a una densidad de 300 ind/jaula. No obstante, en el caso de las otras dos densidades ensayadas, no se observaron diferencias en el crecimiento en peso, por lo cual se deduce que si los peces tienen un acceso aunque sea restringido al alimento natural, se pueden estabilizar sus tasas de crecimiento proveyendo una ración artificial. Esto sugiere que, sería posible incrementar las densidades de cultivo por encima del máximo utilizado en este experimento para obtener mejores producciones utilizando la misma infraestructura.

Con respecto al Ltpd cabe destacar que este experimento fue el único de esta tesis que comenzó con juveniles de pequeño tamaño ($3,72 \text{ cm} \pm 0,54 \text{ cm}$). En estos, el crecimiento en largo es rápido y va desacelerando a lo largo de la vida, por consiguiente el Ltpd mostró valores altos en la primera fecha de

muestreo y una disminución al transcurrir el experimento. Si bien existe una relación negativa entre la densidad de siembra y los valores de Ltpd, las diferencias entre los tratamientos nunca fueron significativas.

En contraposición con el Ltpd, el Wpd muestra una mejora a lo largo del experimento. Con respecto a los tratamientos, se pudo observar diferencias significativas en el Wpd en el período 2 entre el tratamiento T 300 y los otros dos tratamientos. A lo largo de este período se puede apreciar el primer cambio brusco en el ambiente, principalmente una disminución en la temperatura que pudo afectar la producción zooplanctónica de la laguna. Dicho efecto de la temperatura sobre la producción es normal para este tipo de ambientes, como se observó en los otros experimentos de esta tesis y como sucede en los trabajos de Colautti *et al.*, (2009); García de Souza *et al.*, (2011) y Torremorel *et al.*, (2008). De haber sido así, y como se presentó en el experimento 2 de esta tesis, existiría un efecto regulador del zooplancton y la temperatura sobre el crecimiento de los pejerreyes bajo cultivo y por ello es de esperar que una disminución en la producción de la laguna afecte en mayor medida el crecimiento de los peces en los tratamientos con mayor densidad de siembra.

Los valores de TCE calculados para este experimento se encuentran entre los más altos registrados para el cultivo en jaulas flotantes de pejerrey. Esto se puede deber a que el período presentó temperaturas altas y se trabajó con peces pequeños en un momento de su ciclo vital próspero para el crecimiento. Ya se ha mencionado que esta tasa es influenciada positivamente por la

temperatura y negativamente por el tamaño de los peces (Hopkins, 1992), lo que es importante a la hora de comparar valores de TCE entre los diferentes experimentos.

Cabe destacar que no existieron diferencias significativas entre los TCE obtenidos por los tratamientos en este experimento, si bien los valores totales más altos se encuentran en el tratamiento T 300. Se aprecia que el período 2 aportó mucho de esta diferencia ya que los TCE del período 1 son similares entre sí y los del período 3 muestran que el tratamiento T 300 presenta los valores más bajos de los tres tratamientos testeados.

Por otro lado, se pudo observar una clara desaceleración de esta tasa a lo largo del tiempo, lo que se puede explicar en parte por la talla de los peces que va en aumento y a la temperatura que va en descenso influenciando negativamente esta tasa (Hopkins, 1992) a lo largo del experimento. Por ende, el TCE refleja el crecimiento de los peces durante el intervalo de tiempo estudiado de una manera más comprensible y verosímil si se lo compara con el W_{pd} y el L_{tpd} .

El modelo de crecimiento por unidad termal CUT muestra valores muy heterogéneos para los diferentes períodos estudiados y los diferentes tratamientos. Si bien los peces del tratamiento T 300 presentan valores por lo general superiores a los obtenidos en los otros dos tratamientos, su interpretación es difícil aunque se puede observar que durante el período 2 los valores de CUT en el tratamiento T 300 doblaron a los valores calculados

para los otros dos tratamientos. Ello demuestra la importancia que presenta este período para las diferencias finales que se observan entre los peces de los diferentes tratamientos.

El índice de condición WrS muestra que los peces presentaron una buena condición a lo largo del experimento. Si bien los índices con los que se comenzó eran altos (superiores a 1) y con los que se finalizó fueron cercanos a 1, se puede concluir que los peces no pasaron por un período negativo para su condición y que en todo momento se encontraron con posibilidades de derivar recursos hacia el crecimiento. Si se tiene en cuenta que los períodos otoñales son un momento de baja producción en las lagunas pampeanas y malos para el cultivo extensivo de pejerrey en jaulas (Colauttiet *al.*, 2010), el hecho de que todos los tratamientos fueran subsidiados con alimento balanceado estaría favoreciendo al mantenimiento de buenos índices de condición a lo largo de este experimento. Esto toma relevancia si se compara la condición que presentaron los peces al finalizar este experimento el 02-05-2011 (WrS promedio= 1) con los peces con los que se comenzó el 13-05-2010 el experimento 2 de esta tesis los cuales presentaron condiciones de 0,82. De este modo queda en evidencia que los peces del experimento 2 se encontraban en una muy mala condición y por dicha razón no comenzaron a crecer inmediatamente, sino hasta mejorar su condición y alcanzar un índice WrS cercano a 1.

Los valores obtenidos para el coeficiente de variación CV tanto en Lt como en W para los peces con los que comenzó el experimento fueron altos. Ello pudo

deberse a las condiciones de cría a las que fueron sometidos antes de comenzar la parte experimental, donde la densidad de cría fue extremadamente alta (10.000 individuos por jaula) y llevada a cabo de manera extensiva. Este tipo de experiencia nunca había sido realizado con anterioridad y pudo haber generado presiones a la hora de alcanzar el alimento natural disponible.

Un aspecto importante del experimento es que los deltas ΔCV obtenidos presentaron una tendencia a disminuir a lo largo del período experimental. De esto se puede deducir que si existieron presiones denso-dependientes durante los primeros meses de la cría de los pejerreyes, estas fueron sustraídas al modificar las condiciones de cultivo. Ello pudo obedecer a la disminución de la densidad de cría, siendo la máxima aquí utilizada casi diez veces menor, como también al agregado de alimento balanceado. Esta homogenización de los valores de L_t y W que se observa por la disminución en los ΔCV demuestra que las jerarquías alimenticias dentro del pejerrey no existen como se plantea para diferentes especies en los trabajos de Boujard *et al.*, (1996); Saether *et al.*, (1999); Jobling *et al.*, (1999); Van Ham *et al.*, (2003). Esto quedo evidenciado en este experimento donde se advierte que las presiones competitivas denso-dependientes por el alimento, bajo condiciones de cultivo semi-intensivo no existen incluso a densidades de siembra de 900 individuos por jaula en contraste a lo que sucede bajo condiciones de cultivo extensivo (Garcia de Souza *et al.*, 2011) donde puede observarse un efecto negativo a densidades de 900 individuos por jaula con respecto a densidades

de 600 individuos por jaula. Esta es una característica muy importante a la hora de escoger una especie para acuicultura ya que se puede asegurar que no existirá pérdida por canibalismo o presiones que no pueden ser controladas (Yi *et al.*, 1996) y que los individuos bajo cultivo alcanzarán la talla de comercialización más o menos al unísono.

La supervivencia mostró una leve influencia positiva con la densidad de siembra, obteniéndose las mejores supervivencias en la densidad más alta, contrario a lo encontrado por García de Souza *et al.*, (2011) que obtuvo mejores supervivencias a una densidad de 300 individuos por jaula criando a los peces bajo condiciones extensivas. En ese caso la mortalidad elevada observada a densidades de 900 y 600 individuos por jaula bajo cultivo extensivo se atribuye por los autores a que el suministro de alimento natural por parte de la laguna fue insuficiente. Esta hipótesis encuentra asidero en los resultados de este tercer experimento donde se criaron los peces de manera semi-intensiva, y se observó que el alimento balanceado extra otorgado mejoró la supervivencia final. Se puede concluir que al ser el pejerrey un pez poco agresivo y que no forma jerarquías de alimentación se favorece la supervivencia mediante las interacciones sociales al igual que pasa con otros peces poco agresivos como el pikeperch (*Sander lucioperca*) (Rónyai & Csengeri, 2008) donde una mayor densidad favorece la supervivencia. Tampoco esto se observa en otras especies gregarias y poco agresivas donde no existe una influencia ni negativa ni positiva entre la densidad y la

supervivencia de las mismas como el Tambaqui (*Colossoma macropomun*), o el Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*) (Gomes *et al.*, 2006; Lupatsch *et al.*, 2010).

Las producciones y biomásas finales obtenidas por los diferentes tratamientos mostraron una relación positiva con la densidad de siembra estando las biomásas y producciones más altas en el tratamiento T 900, lo que se contrapone con los resultados obtenidos por Garcia de Souza *et al.*, (2011) donde bajo cultivo extensivo se obtuvieron los mejores rendimientos en biomasa y producción a densidades de 600 individuos por jaula. Los resultados obtenidos por estos autores muestran diferencias significativas en el crecimiento de los peces cultivados a 300, 600 y 900 individuos por jaula, mientras el experimento aquí expuesto no mostró estas diferencias por lo menos en peso entre los tratamientos T 600 y T 900. Ello torna altamente relevante la adición de alimento balanceado al sistema si se quieren obtener producciones máximas que bajo otro tipo de sistema de cultivo no podrían obtenerse. Los resultados de este experimento son congruentes con los obtenidos para otras especies como el Tambaqui, el Spotted Wolffish (*Anarhichas minor*), la Tilapia, el Dorado (*Salminus brasiliensis*), el Pangasius y varios salmonidos (Ellis *et al.*, 2002; Gomes *et al.*, 2006; Islam *et al.*, 2006; Waibatcher *et al.*, 2006; Braun *et al.*, 2010; Trembley-bourgeois *et al.*, 2010), donde las mejores producciones se han obtenido a mayores densidades. En muchos de estos trabajos al igual que este experimento no se logró establecer el punto de quiebre donde un aumento en la densidad genera un descenso en la producción, como sucede en el estudio de García de Souza *et al.*, (2011) en

pejerrey o en estudios con tilapias (El-Sayed 2002; Waibatcher *et al.*, 2006). Aun así, por ser el pejerrey un pez poco agresivo y no territorial, es posible deducir que soportaría el hacinamiento en buenas condiciones mientras el suministro de alimento sea suficiente. No obstante, el punto de quiebre mencionado anteriormente para el pejerrey bajo cultivo semi-intensivo en jaulas flotantes no se ha obtenido siendo relevante su investigación y búsqueda.

Con respecto a las conversiones alimenticias (CA) que se obtuvieron en este experimento, se puede observar como para el período 1 estas fueron buenas (promedio=0,29). Esto implica que por cada gramo otorgado de alimento balanceado los peces crecieron entre 3 y 4 gramos. Se concluye que en dicho momento existió un claro efecto del zooplancton aportado por la laguna sobre el crecimiento de los peces y una baja influencia del alimento balanceado durante este período.

La interpretación de estos datos permite elucidar varios problemas. Primero, los peces en este período presentaban un pequeño tamaño, por ende los requerimientos cantidad de energía necesaria para crecer y mantenerse es poca (Kaushik, 1998) y el zooplancton otorgado por la laguna pudo haber sido suficiente. Segundo, las porciones otorgadas por día fueron del orden de los 3 a los 10 gramos; estas porciones tan bajas en una superficie tan grande como la jaula pueden haber sido desaprovechadas por los peces. Por último, el período de estudio de aproximadamente 40 días en un momento donde los peces crecen rápidamente, pudo haber reducido el efecto de la porción de

alimento balanceado otorgada. Por consiguiente, se considera que bajo las condiciones de cultivo utilizadas en este experimento durante el primer período no es necesario otorgar el aporte extra de alimento balanceado al sistema, más si se tiene en cuenta que en muchas producciones el alimento balanceado puede llegar a ser más del 50% del gasto.

Por otro lado, el período 2 es donde se observó que los peces del tratamiento T 300 presentaron las tasas más altas tanto del experimento como cuando se las compara con las calculadas para los otros dos tratamientos. Durante este período el tratamiento T 300 presentó valores de CA de 0,9 mientras que los CA de los tratamientos T 600 y T 900 fueron superiores a 2 muy similares a los obtenidos por los otros experimentos de esta tesis. Así se puede deducir que el zooplancton empieza a ser limitante en los tratamientos T 600 y T 900 en este período, disminuyendo sus tasas de crecimiento, mientras que el tratamiento T 300 no tendría limitaciones de zooplancton por lo que su crecimiento en este período no presentaría reducciones.

Por último, los CA obtenidos en el período 3 muestran que tanto el tratamiento T 600 como el T 900 continúan con la tendencia del período anterior, mientras que el tratamiento T 300 mostró un estancamiento en la biomasa debido principalmente a la mortalidad que influyó al CA, donde se obtuvieron valores de CA extremadamente altos.

Para el manejo de las densidades en el cultivo de pejerrey en jaulas flotantes de manera semi-intensiva se proponen dos estrategias de manejo diferentes.

Por un lado, si se desean obtener peces de gran tamaño rápidamente ya sea como reproductores o si los peces en cultivo tienen un valor de mercado diferente superando cierta talla como es el caso de la Tilapia en Tailandia o el Tambaqui en ciertas zonas de Brasil (Diana *et al.*, 1994; Gomes *et al.*, 2006), se recomienda sembrar densidades cercanas o menores a 300 individuos por jaulas y manejar la cantidad de alimento otorgado dependiendo de la cantidad de alimento natural presente en el cuerpo de agua. Por otro lado, si se desea maximizar la producción, se debe sembrar un número mayor o igual a 900 individuos por jaulas y lo más importante en este caso es mantener la suplementación alimenticia en valores 3% al 5% en verano, otoño e invierno y elevar estos valores por encima del 7% durante la segunda primavera.

Capítulo VI: Ajuste de modelos predictivos de crecimiento para el pejerrey bajo distintos métodos de cultivo

VI.1 Introducción

En los peces la temperatura ambiental, la cantidad de alimento y el tamaño de los individuos son los tres principales factores que afectan el crecimiento (Jensen, 1985). En los sistemas intensivos de acuicultura se busca maximizar el crecimiento haciendo que la temperatura no fluctúe (tratando de mantenerla dentro del óptimo de la especie) y la alimentación no sea un elemento limitante. Dentro de este contexto el elemento que regula el crecimiento pasa a ser el tamaño de los individuos.

De este modo, dadas adecuadas condiciones de cultivo, el crecimiento expresado como una tasa $\Delta W/\Delta t$ puede ser expresado en función del peso siguiendo una relación del modo $\Delta W/\Delta t = a \cdot W^b$ (Parker & Larking, 1959), así Jobling, (1993) plantea la relación entre la tasa de crecimiento específica TCE y el peso como $TCE = a \cdot W^b$. Por otro lado Brett *et al.*, (1969); Elliot, (1975) para salmonidos y Jobling, (1983) para *Gadus morhua* describieron que existe una relación lineal derivada de la ecuación de Parker y Larking donde la tasa de crecimiento específica TCE se relaciona con el peso de la siguiente manera: $\ln TCE = a + b \cdot \ln W$, donde “b” es el exponente del peso y “a” es la tasa de crecimiento de un pez de un gramo. Para la mayoría de los peces el parámetro “b” parece mantenerse constante en torno de -0,4 (Jobling, 1983). Este valor, por un lado, expresa la desaceleración que presenta el TCE con

respecto al aumento en peso, pero por otra parte, se mantiene constante en un gran número de especies bajo condiciones de cultivo adecuadas. Por medio de esta ecuación Jobling, (1983) plantea que se puede comparar los valores de “a” para prácticas donde los peces no presenten tallas iniciales iguales, y de este modo sortear los problemas que presenta el TCE para la comparación de tratamientos y experimentos donde las tallas iniciales a los diferentes momentos comparados no son homogéneas.

Si estos modelos presentaran un buen ajuste a los datos de esta tesis permitiría comparar los diferentes experimentos desarrollados, junto a otros de cría extensiva (Colautti *et al.*, 2008; Colautti *et al.*, 2009; García de Souza *et al.*, 2009; García de Souza *et al.*, 2011), con los llevados a cabo de manera intensiva por el grupo de trabajo de la estación Hidrobiológica Chascomús (Berasain *et al.*, 2000; Berasain *et al.*, 2001; Miranda *et al.*, 2006; Velasco *et al.*, 2008).

Al ser las jaulas flotantes sistemas de cultivo que se asientan en el ambiente, tanto la disponibilidad de alimento natural como las fluctuaciones de temperatura influyen el desarrollo de los individuos en cultivo como se ha demostrado a lo largo de esta tesis. Talbot, (1993) describe el efecto de la estacionalidad sobre la tasa de crecimiento TCE en ambientes templados y en este caso se observa un comportamiento de la TCE en el cual los patrones obtenidos muestran los valores más altos en primavera y verano llegando a los valores más bajos en invierno. No obstante, las tasas vuelven a elevarse en las sucesivas primaveras aunque sin alcanzar los máximos obtenidos en la

previa. Estos patrones de crecimiento así planteados presentan la forma de una función polinomial, por lo menos para el primer año de vida, presentando una tasa crecimiento que pasa a ser función del momento del año asociada a la edad de los peces mostrando una forma básica que satisface la siguiente ecuación: $TCE = a \cdot X^2 + b \cdot X + c$, donde X puede ser tomada como la edad de los peces. Esto marca una diferencia fundamental con el modelo de Brett *et al.*, (1969); Elliott, (1975) y Jobling, (1983) en el cual el decaimiento de la tasa de crecimiento TCE disminuye de manera lineal como función del incremento de tamaño de los individuos.

El objetivo de este capítulo es por un lado comparar cómo se comporta la TCE del pejerrey cuando es cultivado bajo diferentes métodos aplicando modelos de crecimiento. Por otro lado, se tratará de generar un modelo general de crecimiento del pejerrey en jaulas flotantes que contemple las fluctuaciones ambientales presentes en la Pampa y que permita predecir el crecimiento teórico bajo este tipo de sistema de cultivo.

VI.2 Materiales y métodos

Para la realización de este capítulo se confeccionó una base de datos donde se volcaron los resultados obtenidos en los tres experimentos de esta tesis (Capítulo III, IV y V), tanto de los tratamientos bajo cultivo semi-intensivo como extensivo. Además se incluyeron en la misma trabajos previos del grupo con cultivo en jaulas de manera extensiva (Colautti *et al.*, 2008; Colautti *et al.*, 2009; García de Souza *et al.*, 2009; García de Souza *et al.*, 2011) a los que

se agregaron una serie de experimentos no publicados y por último se utilizaron los datos de cultivo intensivo realizados por Berasain *et al.*, (2000); Berasain *et al.*, (2001); Miranda *et al.*, (2006) y Velasco *et al.*, (2008).

A los datos se les ajustaron el modelo propuesto por Jobling, (1993) y un modelo polinomial como propone Talbot, (1993) para peces criados en climas templados. Los diferentes modelos se ajustaron a pares de datos TCE-Edad y TCE-W para peces en el rango de edades medias de 80 a 320 días aproximadamente, ya que en este lapso de tiempo es donde se encontraban la mayoría de los datos de todos los sistemas de cultivo.

La edad media de los peces fue calculada de la siguiente manera: $Em = (Efp - Eip) / 2$ donde Em es la edad media, Efp es la edad final del período evaluado y Eip es la edad inicial del periodo evaluado.

Mediante la utilización del software Statistica 6.0 se ajustaron por el método de mínimos cuadrados los diferentes modelos no lineales a cada set de datos. La significancia aceptada para los parámetros de ajuste fue de 0,05. Cuando dos modelos ajustaron significativamente a los datos se escogió el que presentaba una suma de cuadrados menor.

Con los modelos seleccionados se corrió una simulación partiendo de un pez hipotético que para los 80 días de edad presentaba un peso de 1,5 g y 6,5 cm Lt, la simulación se corrió hasta los 330 días de edad. Se escogió este valor y ventana temporal por encontrarse ambos dentro de los rangos de los datos utilizados para los ajustes.

VI.3 Resultados

Los modelos exponenciales ajustados, mostraron parámetros significativos (a y b) tanto para sistemas intensivos como semi-intensivos y no mostraron un buen ajuste para el sistema de cultivo extensivo ya que el parámetro b no fue significativo (Cuadro VI-1).

Tabla VI-1: Modelo exponencial. Parámetros ajustados por el modelo exponencial, $TCE=a*W^b$.

Método	Extensivo		Semi-Intensivo		Intensivo	
Parámetro	a	b	a	b	a	b
Valor estimado	1,34	-0,04	3,17	-0,57	4,51	-0,7
Error estándar	0,28	0,15	0,48	0,14	0,79	0,13
valor de t	4,79	-0,27	6,67	-4,07	5,68	-5,51
valor de p	0,00002	0,79	0,00001	0,001	0,00001	0,00001
limite de confianza inferior	0,78	-0,34	2,16	-0,86	2,88	-0,96
Limite de confianza superior	1,91	0,26	4,19	-0,27	6,15	-0,44
Sumatoria de cuadrados	No calculado		9,89		8,58	

Los polinomios que se ajustaron lo hicieron significativamente a los datos en todos los casos estudiados, y además mostraron las sumatorias de cuadrados más bajas al compararlos con los modelos exponenciales (Cuadro VI-2). Por esto se escogieron las funciones polinómicas para modelizar el comportamiento del TCE del pejerrey en función de la edad bajo los tres tipos de sistema de cultivo.

Tabla VI-2: Modelo polinomial. Parámetros ajustados por el modelos polinomial,
 $TCE=a*Em^2+b*Em+c$.

Método	Extensivo			Semi-Intensivo			Intensivo		
Parámetro	A	b	c	a	b	c	a	b	c
Valor estimado	0,0001	-0,054	5,79	2E-04	-0,09	11,36	6E-05	-0,033	5,227
Error estándar	2E-04	0,01	0,73	6E-04	0,03	2,75	2E-04	0,01	0,7
valor de t	5,36	-5,86	7,87	3,13	-3,38	4,13	3,3	-4,44	7,47
valor de p	3E-06	1E-06	0	0,007	0,005	0,001	0,003	0,0002	0
limite de confianza inferior	8E-04	-0,07	4,3	6E-04	-0,15	5,46	2E-04	-0,05	3,78
Limite de confianza superior	1E-03	-0,04	7,26	3E-03	-0,03	17,26	1E-04	-0,02	6,67
Sumatoria de cuadrados	No calculado			9,44			5,55		

Los polinomios obtenidos fueron.

a) Para el sistema de cultivo intensivo:

$$TCE=0,000057*Em^2-0,033*Em+5,22.$$

b) Para el sistema de cultivo semi-intensivo:

$$TCE=0,0002*Em^2-0,09*Em+11,36.$$

c) Para el cultivo extensivo

$$TCE=0,00014*Em^2-0,054*Em+5,785.$$

Los modelos graficados muestran los patrones obtenidos (Gráfico VI-1). En la figura puede observarse que los sistemas de cultivo extensivo como semi-intensivo presentan una típica curva polinomial en forma de U con valores mínimos de TCE entre los 200 y 250 días de edad, mostrando luego un claro

incremento. El modelo obtenido para el sistema de cultivo intensivo también muestra un descenso progresivo de los TCE en función de la edad que alcanza sus mínimos hacia los 200 días de edad pero no experimenta un incremento sensible hacia edades mayores. De este modo, la función polinomial obtenida por el sistema de cultivo intensivo es distinta a la obtenida por los otros dos métodos de cultivo evaluados, manifestando el TCE en este caso un comportamiento en función de la edad, más afín al modelo de Jobling (considerando a la edad como un indicador indirecto del peso).

Cabe destacar que para los primeros días los valores obtenidos por el sistema de cultivo semi-intensivo son los más altos y si bien para el período que va de los 170 a los 250 días de edad el sistema de cultivo intensivo fue el que obtuvo los mejores valores de TCE, a partir de ese punto los sistemas de cultivo en jaulas mostraron fuertes aumentos que resultaron muy superiores a los del sistema intensivo de cultivo.

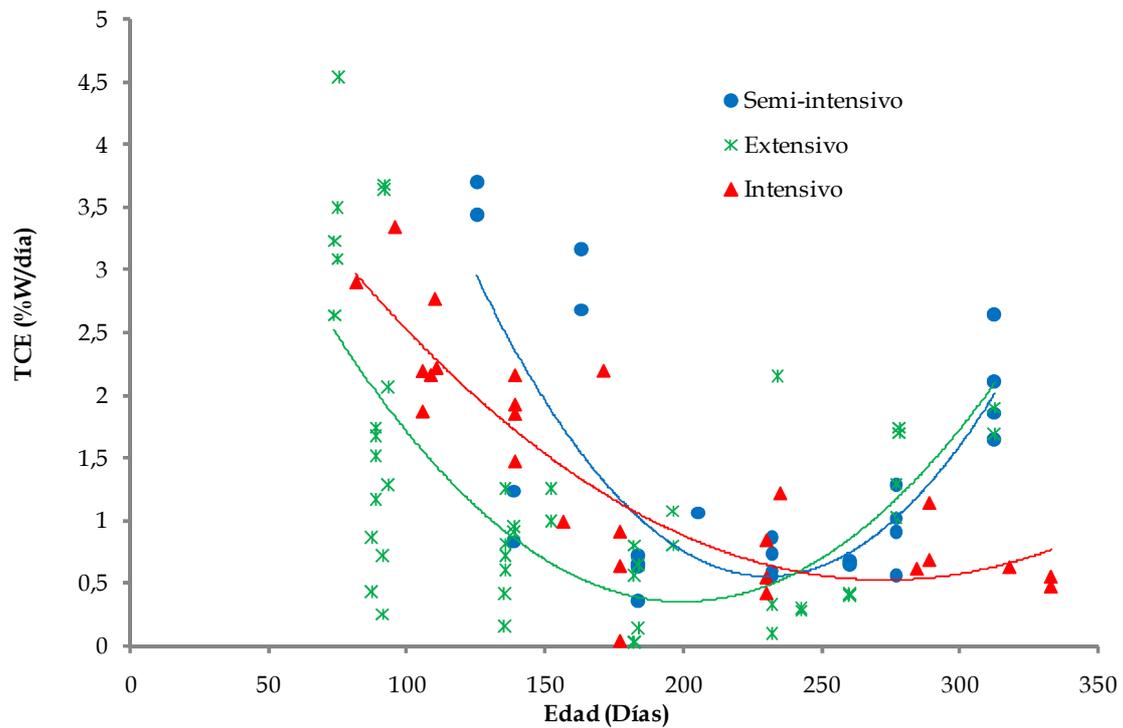


Gráfico VI-1: Tasa de crecimiento específico en función de la edad de los peces: TCE ($\%W/día$) a las diferentes edades evaluadas.

Las simulaciones corridas considerando los TCE teóricos correspondientes a cada sistema de cría partiendo de peces de 1,5 g de peso, mostraron que para el día 330 los peces bajo sistema de cultivo semi-intensivo podrían alcanzar un peso de 128,7 g mientras que bajo cultivo extensivo se podría alcanzar un peso de 34,5 g y por último los menores pesos obtenidos pertenecen al cultivo intensivo con un peso calculado de 24,2 g (Gráfico VI-2). Cabe destacar que la trayectoria de crecimiento que muestran los peces modelados pone de manifiesto que los individuos bajo cultivo semi-intensivo siempre presentan mejores pesos que los peces en los otros sistemas de cultivo, mientras los peces cultivados intensivamente presentan mejores pesos a lo largo de la

mayoría del tiempo con respecto a los individuos en cultivo extensivo. No obstante, a partir del día 290, se observa que existe una mejora y un incremento en el peso que termina superando a los valores alcanzados por el cultivo intensivo hacia el final del período considerado.

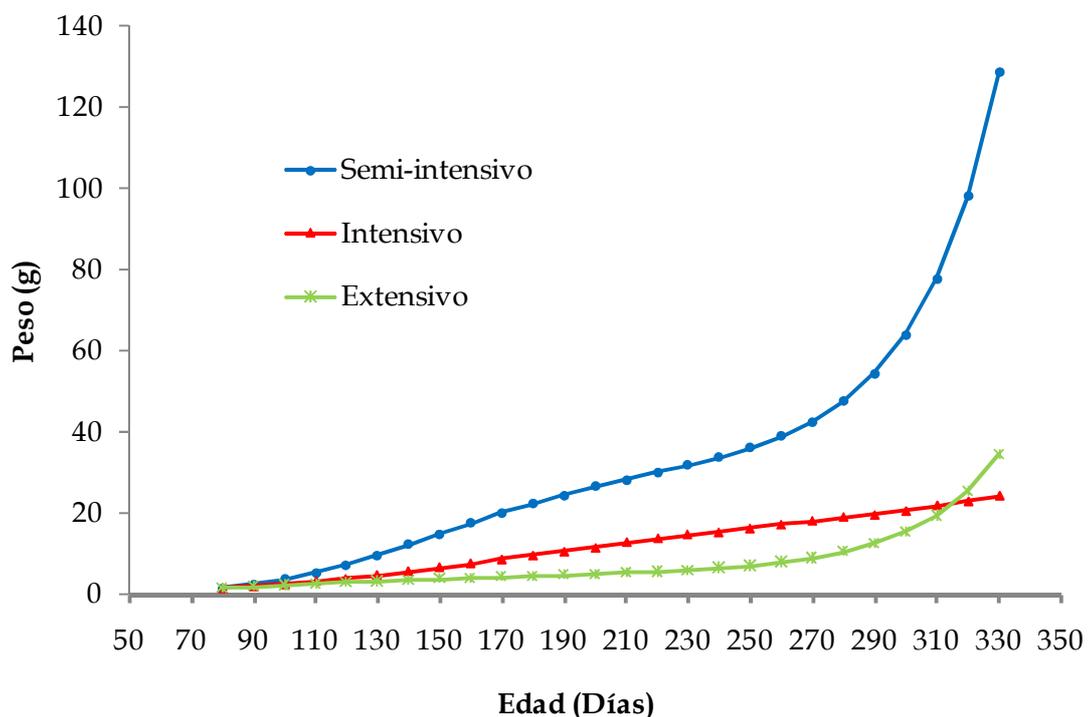


Gráfico VI-2: Pesos estimados por edad para cada uno de los modelos polinomiales ajustados.

VI.4 Discusión y conclusiones

Los diferentes modelos planteados muestran que los cambios en la tasa de crecimiento específico del pejerrey, bajo los distintos sistemas de cultivo evaluados, puede ser descripto como función de la edad a partir de un modelo de tipo polinomial y esto es común para la mayoría de los peces de

climas templados (Talbot, 1993) debido a la influencia que ejercen sobre el crecimiento las fluctuaciones ambientales estacionales presentes en este tipo de ambientes.

No obstante, la edad en este caso covaría con la estacionalidad ya que los peces de todos los experimentos evaluados nacieron en primavera o a comienzos del verano. Por esto a partir de los 100 días de edad se empieza a observar un descenso en los valores de TCE en correlación con un empeoramiento de las condiciones del ambiente para el crecimiento de los peces, lo que se manifiesta en un descenso de la temperatura, acoplado con un descenso en la producción de la laguna (Quirós et al., 2002; Claps et al., 2004; Torremorel *et al.*, 2008). Esto se refleja en el gráfico VI-1 y se mantiene hasta aproximadamente los 270 días de edad de los peces.

Aproximadamente a los 270 días de edad, los peces bajo cultivo ingresan en la primavera, estación en la que se modifican drásticamente las condiciones ambientales (Quirós et al., 2002; Claps et al., 2004; Torremorel *et al.*, 2008) y como consecuencia de ello los peces respondieron con aumentos en su tasa de crecimiento, registrados en la TCE a partir de aproximadamente de los 270 días de edad. Resulta evidente entonces que para los sistemas que tienen mayor dependencia del ambiente como las jaulas las condiciones de primavera resultan óptimas para el cultivo. En este sentido, la primavera trae aparejado un incremento en las temperaturas con un considerable aumento de las producciones en las lagunas pampásicas (Claps et al., 2004; Torremorel *et al.*, 2008; Colautti *et al.*, 2010). Si bien los cambios en estas dos variables ya

han sido identificadas como clave para el cultivo en climas templados (Talbot, 1993), en el caso del pejerrey cultivado en jaulas flotantes en lagunas, se puede observar que permite alcanzar tasas de crecimiento nunca antes registradas aprovechando las condiciones que ofrece la primavera extremadamente relevantes para esta práctica.

Por otro lado, el sistema de cultivo intensivo, presentó buenos ajustes a una función polinomial, y también a una exponencial comportándose según lo planteado por Joblin (1993), aunque con cierta influencia de la estacionalidad. Esta puede deberse, por un lado, a que las temperaturas de los experimentos intensivos considerados fluctuaron entre 10 y 22,9 °C siguiendo la estacionalidad. Por otro lado, el fotoperiodo que no es regulado en los cultivos intensivos de pejerrey, podría inducir estacionalidad al crecimiento (Hogman, 1968; Pálsson *et al.*, 1992), dada su influencia sobre el control hormonal (Sumper, 1992; Talbot, 1993). De este modo, aunque bajo el sistema intensivo los peces parecen captar la estacionalidad del medio, ésta solo se expresa como una leve mejoría en el TCE en la segunda primavera ya que estaría atenuada por las condiciones de cultivo que en este momento del año no le permitiría a los peces expresar su potencial de crecimiento como ocurre en el cultivo en jaulas.

El modelo simulado a partir de un pez hipotético de 1,5 g muestra que el sistema de cultivo semi-intensivo podría producir peces de 128,7 g al cabo de 330 días. Si bien esto no pudo comprobarse experimentalmente, porque los ensayos realizados se extendieron por periodos de tiempo menores, las tasas

de crecimiento registradas en cada uno indican que ello sería factible en caso de someterse a los peces al sistema semi-intensivo desde el día 0 de cultivo. Aunque hubiese sido muy interesante probar al sistema de cultivo semi-intensivo en jaulas durante un ciclo anual, esto no se realizó debido a que las pruebas presentadas en este trabajo estuvieron orientadas a responder preguntas puntuales que generasen respuestas para avanzar en el conocimiento y ajuste de la técnica. El modelo deja en claro la importancia de la segunda primavera para capitalizar las ventajas del cultivo en jaulas, ya que de este modo es posible obtener las altas tasas de crecimiento que aun no se sabía que el pejerrey era capaz de manifestar.

De todos modos, el resultado de las simulaciones, permite formular la hipótesis de que es posible obtener, aplicando el método de cultivo semi-intensivo, ejemplares aptos para la comercialización en el término de un año. Esto deberá ser comprobado en futuros experimentos, ya que al correr el modelo aplicando las tasas de crecimiento registradas en los experimentos de esta tesis desde los 1,5 g de peso individual, los peces de cada edad fueron mucho más grandes que los de los experimentos pero se aplicaron las tasas de crecimiento correspondientes a cada edad asumiendo que la tasa no se reduce en función del tamaño del pez. Esta limitación del modelo debe ser debidamente testeada ya que si bien para muchos autores la TCE es dependiente del peso generando una desaceleración constante en conforme aumenta el peso, los resultados de los experimentos demuestran que en el cultivo semi-intensivo para el lapso de tiempo evaluado, la TCE fue más

dependiente de las condiciones de cultivo que del tamaño alcanzado por el pez. Aunque es posible que el modelo de todos modos tienda a sobreestimar los valores de peso para edades más allá de los 200 días, demuestra al menos en el campo teórico, que en el pejerrey tendría un potencial de crecimiento extraordinario y que sería una posibilidad plausible lograr alcanzarlo y sostenerlo si se aplican pautas de manejo apropiadas.

Consideraciones finales

Con relación a lo manifestado en los párrafos previos y sobre la base de los resultados de los experimentos realizados en esta tesis, es posible establecer una serie de pautas de manejo generales, que permitirían guiar el cultivo de pejerrey de manera semi-intensiva. De ser aplicada la técnica siguiendo las pautas referidas se podría testear este modelo y por consiguiente también las potencialidades de la especie, bajo lo que podríamos llamar las condiciones conocidas más apropiadas para el cultivo semi intensivo en jaulas flotantes en lagunas pampásicas.

Para alcanzar el objetivo planteado deberían considerarse las observaciones que se enuncian a continuación y a partir de las cuales se delinean las pautas de manejo referidas y la estrategia para optimizar el cultivo semi-intensivo de pejerrey en jaulas flotantes.

- Dado que la primavera es el momento en que se obtienen las mejores tasas de crecimiento cuando se cria pejerrey en jaulas y que el cultivo semi-intensivo de pejerrey, además las mejora, la siembra inicial debe

realizarse a principios de dicha estación para aprovechar al máximo los potenciales beneficios.

- Los primeros estadios de crecimiento pueden realizarse de manera extensiva, pero, se debe pasar a un cultivo semi-intensivo cuando los peces alcancen tamaños cercanos a los 5 a 6 cm o sobrepasen 1 g de peso.
- Es recomendable que las raciones de alimento artificial se mantengan en el orden del 5% de la biomasa en cultivo durante el primer año, y cuando se llega a la segunda primavera aumentar las raciones por lo menos a valores cercanos al 7% de la biomasa de peces bajo cultivo.
- Para maximizar el rendimiento del alimento se recomienda monitorear las tasas alcanzadas por los peces cultivados y compararlas con las expuestas en esta tesis, teniendo en cuenta talla y periodo del año con el fin de realizar los ajustes que resulten necesarios en la ración artificial.
- Otro lineamiento que debe tener el acuicultor para saber si el cultivo está en buen estado y las raciones son correctas, es el índice de condición por stanzas aquí formulado y testeado, ya que si los peces bajan su condición por debajo de 1, el crecimiento se desacelera o detiene. De no mantenerse dentro del óptimo a esta variable, se pueden perder las ventajas que ofrece la primavera, ya que como se observó, los peces en condición baja aprovechan las buenas

condiciones alimentarias para alcanzar primero un buen estado y luego dirigen su energía a crecimiento.

- Las densidades de cultivo a las que se puede llegar a mantener al pejerrey en sistemas de cultivo semi-intensivos puede ser una de las grandes ventajas de la técnica, los peces no sufren el hacinamiento en las jaulas. Donde no se evidenciaron diferencias importantes entre cultivos semi-intensivos realizados a densidades de 600 (50 ind/m³) y a 900 (75 ind/m³) individuos por jaula. Esta variable puede ser una de las claves para hacer de la acuicultura del pejerrey una producción rentable, ya que se podría aumentar la densidad sin afectar el crecimiento de manera importante, pero si se pueden obtener fuertes mejorías en la producción final del emprendimiento.
- Con respecto a las supervivencias obtenidas, no se observó una relación clara y fuerte con la cantidad de alimento y una leve relación con la densidad de siembra. Por ende se deduce que las supervivencias obtenidas son características de la especie o del sistema de cultivo, donde los peces fueron muriendo a una tasa estable. Se concluye que este tipo de caracteres se podría mejorar mediante manejo genético buscando los organismos más resistentes para utilizarlos como reproductores y de este modo hacer que este carácter se herede y mejore a lo largo del tiempo. Y mejorando la seguridad del sistema de cultivo buscando impedir roturas y escapes.

Se concluye que la potencialidad que muestra la técnica evidencia que el pejerrey es una especie con posibilidades ciertas de cultivo en la región y cuya tasa de crecimiento y producción puede ser mejorada respecto a las técnicas usuales de cultivo intensivo o cultivo extensivo en jaulas. En todo caso, resulta crítico disponer ambientes con adecuadas condiciones limnológicas, particularmente en lo que se refiere a la composición del zooplancton y estar en condiciones de reforzar la dieta con alimento artificial a fin de hacerle manifestar a la especie su máximo potencial de crecimiento durante todo el período de cultivo. Ello no obstante puede variar en función del tipo de laguna, por lo que se recomienda profundizar este tipo de estudio y enfoque de cría por regiones en las cuales el pejerrey presenta un alto potencial de cultivo.

Anexo I: Efecto del sistema de cultivo y de la ración de alimento balanceado sobre la composición de ácidos grasos de pejerrey cultivado en jaulas flotantes

A.1.1 Introducción

En acuicultura los estudios sobre ácidos grasos se han transformado en un tópico importante. Por una parte, los ácidos grasos son indispensables ya que son vitales para el desarrollo normal de los organismos, porque un déficit dietario de ácidos grasos, produce una disminución del crecimiento, un freno en la reproducción y por último la muerte de los peces (Tocher, 2010). Y por otro lado, los peces son casi la única fuente de ácidos grasos omega-3 en la dieta humana (Tocher, 2010) siendo ampliamente reconocidos los beneficios que estos traen a la salud (Steffens, 1997).

La gran importancia de los ácidos grasos se debe a que el ácido linoleico (18:2n-6) y el ácido α -linolénico (18:3n-3) son esenciales en la dieta de todos los vertebrados (Horrobin & Manku, 1990). Que sean esenciales significa que los organismos no pueden producirlos y estos deben ser ingeridos en la dieta. Estos ácidos esenciales, luego de sucesivas elongaciones y desaturaciones se convierten en ácido araquidónico (Ara, 20:4n-6), eicosapentaenoico (Epa, 20:5n-3) y docasaheptaenoico (Dha, 22:6n-3), que cumplen funciones indispensables para la vida, como parte estructural de las membranas plasmáticas y en la formación de eicosanoides (importantes en sus funciones biológicas) (Ver Steffens, 1997 para más detalles). En muchos organismos que

no tienen la capacidad de elongar y desaturar los ácidos grasos de 18 carbonos, estos tres últimos pasan a ser esenciales también.

Los requerimientos dietarios de ácidos grasos en los peces están asociados tanto a su hábitat como a su nivel trófico (Iverson *et al.*, 2004). Los peces de agua dulce presentan la habilidad de elongar y desaturar ácidos grasos de 18 carbonos a Ara, Epa y Dha, mientras que los peces marinos no presentan esta capacidad y los obtienen de la dieta, por lo que son esenciales para ellos (Sargent *et al.*, 1995; Tocher, 2010). Esto se debe a que el ambiente marino es rico en ácidos grasos poli-insaturados (Dha, Epa y Ara), ya que las algas marinas presentan altos niveles de los mismos, mientras que las algas presentes en ambientes de agua dulce no. Por lo tanto se considera a la capacidad de elongar y desaturar ácidos grasos de 18 carbonos, como una adaptación al ambiente (Tocher, 2010).

Por otro lado, los peces herbívoros tienen la capacidad de elongar y desaturar ácidos grasos de 18 carbonos a Ara, Epa y Dha, mientras que los carnívoros obtienen los mismos de su dieta ya que presentan una baja habilidad para realizar este proceso (Sargent *et al.*, 1999).

Así la composición de ácidos grasos está en el orden del 1% al 3% de Dha de Epa y Ara para peces de agua dulce argentinos (Brenner & Bernasconi, 1997) y entre el 3 y 10 % para peces Cyprinidos y Salmónidos europeos (Steffens, 1997), mientras que los peces marinos presentan entre un 15 a un 30% de Dha, de un 5 a un 15% de Epa y entre 0,3 a 2% de Ara (Iverson *et al.*, 2002) y esta

composición está íntimamente relacionada con sus requerimientos dietarios de ácidos grasos.

Estas características generan uno de los grandes problemas de la acuicultura ya que muchos peces presentan importantes requerimientos nutricionales a nivel de ácidos grasos esenciales en su dieta, y por esta razón las formulaciones balanceadas utilizan aceites de pescado para poder alcanzar estos requerimientos.

Naylor *et al.*, (2005) plantea que de esta manera la acuicultura no puede ser sostenible. La elección obvia para reemplazar estos ácidos grasos de origen animal con alto contenido de Ara, Dha y Epa, son los aceites vegetales con elevado nivel de ácidos grasos de 18 carbonos como, linoleico y α -linolénico. Pero todos los peces alimentados con altos niveles de aceites vegetales reducen sus contenidos de Epa y Dha, comprometiendo sus beneficios para los consumidores (Izquierdo *et al.*, 2003; Regost *et al.*, 2003; Torstensen *et al.*, 2004; Bell & Waagbø, 2008). Así la búsqueda de nuevas especies que presenten la cualidad de poder elongar y desaturar ácidos grasos de 18 carbonos, más una composición muscular de ácidos grasos rica en Dha, Epa y Ara, como la de los peces marinos se hace vital, tanto para favorecer la salud humana como para hacer de la acuicultura una práctica sostenible.

El pez blanco de Patzcuaro (*Menidia estor*) es un Atheriniforme de origen mexicano, al igual que el pejerrey bonaerense tiene muchas características análogas con los peces marinos, y en el pasado fue considerado una especie carnívora. Martínez Palacio *et al.*, (2008) hipotetizan que los ácidos grasos

Ara, Epa y Dha deberían ser incluidos en la dieta balanceada del pez blanco, para cubrir sus requerimientos nutricionales. Pero estudios realizados sobre el zooplancton, su alimento natural, huevos y larvas llevaron a los investigadores a concluir que *M. estor* presenta una alta capacidad de elongar y desaturar ácidos grasos de 18 carbonos y que estos serían los únicos esenciales dentro de su dieta, los cuales son fácilmente incorporados en las formulaciones con aceites vegetales. El pejerrey es un pez, que presenta características que lo asocian a sus congéneres marinos (Tsuzuki *et al.*, 2001), sin embargo presenta bajo nivel trófico y aunque vive en un amplio rango de salinidades también lo hace en agua dulce. Conforme lo comentado precedentemente, es de esperarse que presente una importante capacidad para elongar y desaturar ácidos grasos de 18 carbonos, lo que lo posicionaría como una especie con valores extra para el desarrollo de una acuicultura sostenible.

El objetivo de este capítulo es generar una primera aproximación al estudio de ácidos grasos en el pejerrey, tratando de observar si el método de cultivo o la estacionalidad afectan la composición de ácidos grasos en el músculo de *O. bonariensis*.

A.1.2 Materiales y métodos

Los peces utilizados en este experimento, fueron los mismos que se utilizaron para el experimento 2 de esta tesis, de los cuales en 5 individuos de cada jaula por fecha de muestreo se realizó un análisis de los ácidos grasos musculares.

De cada pejerrey se tomaron muestras de 0,5 g de músculo de la parte dorsal anterior derecha y se le extrajeron los lípidos por el método de Folch *et al.*, (1957) previa homogeneización; la cuantificación de los mismos se realizó por pesada constante, bajo corriente de nitrógeno y a temperatura ambiente, de una alícuota del extracto lipídico.

Para analizar la composición de ácidos grasos totales se utilizó aproximadamente 100 µg de los lípidos anteriormente extraídos. Estos se transesterificaron, utilizando F₃B al 10% en metanol. Los mismos se calentaron a 64°C durante 3 horas en ambiente de nitrógeno, llevándose a temperatura ambiente y extrayéndose los ésteres metílicos con cloroformo mediante tripe lavado con agua destilada. Luego se evaporó la fase orgánica y se resuspendió en hexano. Los esteres metílicos así obtenidos se analizaron por cromatografía gas-líquido en las siguientes condiciones, columna capilar Omega Wax 250 (Supelco, Bellefonte, PA, USA) de 39 m, 0.25 mm de diámetro interno y 0.25 µm de film. La temperatura se programó para obtener un incremento lineal de 3°C/min desde 175 a 230 °C. Los picos del cromatograma fueron identificados comparándolos con estándares adecuados.

A.1.3 Resultados

Los análisis de ácidos grasos realizados a los peces en las diferentes fechas de muestreo, no muestran un efecto del tratamiento en la composición de ácidos grasos del músculo de los pejerreyes cultivados, ni de la época del año (Tablas A1-1 a A1-4).

Cabe destacarse que el pejerrey posee altos niveles de ácidos grasos omega-3, siendo el Dha el componente mayoritario en las muestras analizadas.

El contenido lipídico del músculo expresado en mg lípido/g músculo, mostró valores altos en los peces bajo alimentación balanceada al comienzo del experimento y valores bajos para los peces control, mientras que esta relación cambio para las últimas fechas de muestreo.

Tabla A1-1: Composición porcentual de ácidos grasos de los peces para el Muestreo 25-06-10. Por tratamiento, M: Media; De: Desvió estándar.

14:0: ácido mirístico; 16:0: ácido palmítico; 16:1n-7: ácido palmitoleico; 18:0: ácido esteárico; 18:1n-9: ácido oleico; 18:2 n-6: ácido linoléico; 18:3n-3: ácido α -linolénico; 20:4n-6: ácido araquidónico; 20:5n-3: ácido eicosapentenoico; 22:5n-6: ácido docosapentaenoico; 22:5n-3: ácido docosapentaenoico; 22:6n-3: ácido docosahexaenoico.

Ác. graso	control		5%		7%	
	M	DE	M	DE	M	DE
14:0	0,97	±0,13	1,18	±0,36	1,08	±0,16
16:0	20,11	±3,01	19,74	±1,30	20,40	±1,88
16:1n-7	4,00	±1,12	5,12	±0,71	4,60	±0,47
18:0	5,52	±0,47	4,79	±0,48	4,76	±0,51
18:1n-9	6,11	±1,68	12,46	±1,17	13,49	±2,01
18:2 n-6	2,05	±0,39	4,24	±0,77	4,17	±0,78
18:3n-3	5,24	±0,71	3,21	±0,61	2,52	±0,70
20:4n-6	6,46	±0,84	4,40	±0,79	4,10	±0,58
20:5n-3	11,04	±0,53	8,88	±1,12	8,45	±1,30
22:5n-6	5,46	±5,02	2,60	±1,26	1,99	±0,89
22:5n-3	5,21	±1,41	3,68	±0,29	3,30	±0,45
22:6n-3	26,11	±2,75	26,91	±2,17	28,99	±2,66
mg de lip/g musc	13,2	±2,53	15,77	±1,61	16,37	±1,64

Tabla A1-2: Composición porcentual de ácidos grasos de los peces para el Muestreo 18-08-10. Por tratamiento, M: Media; De: Desvió estándar.

14:0: ácido mirístico; 16:0: ácido palmítico; 16:1n-7: ácido palmitoleico; 18:0: ácido esteárico; 18:1n-9: ácido oleico; 18:2 n-6: ácido linoléico; 18:3n-3: ácido α -linolénico; 20:4n-6: ácido araquidónico; 20:5n-3: ácido eicosapentenoico; 22:5n-6: ácido docosapentaenoico; 22:5n-3: ácido docosapentaenoico; 22:6n-3: ácido docosahexaenoico.

Ác. graso	control		5%		7%	
	M	DE	M	DE	M	DE
14:0	0,95	$\pm 0,13$	1,27	$\pm 0,77$	0,89	$\pm 0,15$
16:0	21,46	$\pm 1,71$	19,15	$\pm 1,54$	16,85	$\pm 1,56$
16:1n-7	2,89	$\pm 0,50$	4,39	$\pm 1,59$	3,30	$\pm 0,44$
18:0	5,65	$\pm 0,49$	4,15	$\pm 0,43$	5,35	$\pm 2,42$
18:1n-9	3,68	$\pm 0,93$	11,97	$\pm 5,11$	6,95	$\pm 2,39$
18:2 n-6	1,87	$\pm 0,50$	4,42	$\pm 1,52$	3,29	$\pm 0,96$
18:3n-3	4,26	$\pm 0,46$	2,49	$\pm 0,34$	3,21	$\pm 1,57$
20:4n-6	5,66	$\pm 0,43$	3,57	$\pm 1,13$	2,89	$\pm 1,33$
20:5n-3	11,28	$\pm 0,76$	7,45	$\pm 0,87$	8,06	$\pm 1,94$
22:5n-6	3,07	$\pm 1,12$	2,09	$\pm 1,48$	3,91	$\pm 1,66$
22:5n-3	5,45	$\pm 1,16$	4,46	$\pm 2,07$	4,56	$\pm 1,33$
22:6n-3	33,03	$\pm 1,73$	30,38	$\pm 3,87$	32,21	$\pm 3,93$
mg de lip /g musc	8,7	$\pm 1,02$	11,56	$\pm 2,4$	10,92	$\pm 1,33$

Tabla A1-3: Composición porcentual de ácidos grasos de los peces para el Muestreo 23-9-10. Por tratamiento, M: Media; De: Desvió estándar.

14:0: ácido mirístico; 16:0: ácido palmítico; 16:1n-7: ácido palmitoleico; 18:0: ácido esteárico; 18:1n-9: ácido oleico; 18:2 n-6: ácido linoléico; 18:3n-3: ácido α -linolénico; 20:4n-6: ácido araquidónico; 20:5n-3: ácido eicosapentenoico; 22:5n-6: ácido docosapentaenoico; 22:5n-3: ácido docosapentaenoico; 22:6n-3: ácido docosahexaenoico.

Ác. graso	control		5%		7%	
	M	DE	M	DE	M	DE
14:0	1,95	±1,38	1,18	±0,42	1,54	±0,52
16:0	22,08	±1,25	21,99	±0,33	24,35	±5,25
16:1n-7	4,03	±0,66	3,84	±0,56	4,67	±1,01
18:0	4,87	±1,43	5,23	±0,42	4,37	±0,43
18:1n-9	5,23	±0,54	7,60	±1,14	10,73	±1,95
18:2 n-6	2,22	±1,25	2,98	±0,40	4,37	±0,51
18:3n-3	5,67	±0,63	3,91	±1,24	3,34	±1,06
20:4n-6	5,01	±0,53	3,79	±0,33	3,07	±0,63
20:5n-3	10,13	±0,40	8,01	±0,51	6,75	±1,14
22:5n-6	1,76	±0,11	1,36	±0,13	1,12	±0,22
22:5n-3	3,79	±0,34	3,36	±0,36	3,19	±0,33
22:6n-3	32,50	±2,13	35,84	±2,32	32,49	±5,73
mg de lip / g musc	11,86	±1,57	8,75	±1,77	10,82	±1,19

Tabla A1-4: Composición porcentual de ácidos grasos de los peces para el Muestreo 28-10-10. Por tratamiento, M: Media; De: Desvió estándar.

14:0: ácido mirístico; 16:0: ácido palmítico; 16:1n-7: ácido palmitoleico; 18:0: ácido esteárico; 18:1n-9: ácido oleico; 18:2 n-6: ácido linoléico; 18:3n-3: ácido α -linolénico; 20:4n-6: ácido araquidónico; 20:5n-3: ácido eicosapentenoico; 22:5n-6: ácido docosapentaenoico; 22:5n-3: ácido docosapentaenoico; 22:6n-3: ácido docosahexaenoico.

Ác. graso	control		5%		7%	
	M	DE	M	DE	M	DE
14:0	2,47	$\pm 1,00$	1,76	$\pm 0,46$	1,30	$\pm 0,29$
16:0	27,64	$\pm 4,78$	24,68	$\pm 2,30$	24,74	$\pm 2,18$
16:1n-7	6,27	$\pm 2,49$	4,62	$\pm 0,61$	3,67	$\pm 0,50$
18:0	6,64	$\pm 1,16$	6,48	$\pm 0,31$	6,67	$\pm 1,21$
18:1n-9	9,91	$\pm 1,08$	9,32	$\pm 2,01$	11,93	$\pm 3,17$
18:2 n-6	2,96	$\pm 1,00$	4,67	$\pm 0,94$	3,96	$\pm 0,69$
18:3n-3	5,14	$\pm 1,10$	4,02	$\pm 1,18$	2,45	$\pm 0,90$
20:4n-6	3,94	$\pm 0,98$	3,65	$\pm 0,66$	2,99	$\pm 0,46$
20:5n-3	6,24	$\pm 1,64$	6,08	$\pm 1,13$	4,72	$\pm 0,53$
22:5n-6	1,22	$\pm 0,32$	1,13	$\pm 0,22$	1,03	$\pm 0,19$
22:5n-3	3,02	$\pm 0,86$	3,10	$\pm 0,65$	2,86	$\pm 0,29$
22:6n-3	24,10	$\pm 5,06$	30,48	$\pm 2,21$	33,68	$\pm 2,31$
mg de lip / g musc	13,71	$\pm 2,52$	6,18	$\pm 0,76$	7,4	$\pm 2,33$

A.1.4 Conclusiones

Los análisis de ácidos grasos realizados a los peces en los diferentes tratamientos, no muestran que exista una modificación importante en la composición de ácidos grasos de los peces cultivados bajo los distintos métodos, como si sucede en lenguados, besugo, caballa y pez globo (Koizumi & Hiratsuka, 2009). Esto es relevante ya que queda demostrado que la calidad, respecto a su alto contenido en ácidos grasos poli-insaturados, de la carne de los pejerreyes obtenidos por el método de cultivo semi-intensivo no se modifica mayoritariamente. Por consiguiente el sistema puede asegurar

pescado de calidad aún con el agregado de alimento balanceado, característica importante para el cultivo de esta especie ya que el pejerrey es muy apreciado por los consumidores por el buen sabor de su carne (Somoza *et al.*, 2008).

Por otro lado, la cantidad de grasa en músculo de los pejerreyes analizados no presentó un incremento por la incorporación de alimento balanceado a la dieta. Cabe destacar que si se observan los distintos patrones de disminución o almacenamiento de grasa en músculo en los grupos testeados se aprecia que mientras los peces alimentados con alimento balanceado, presentaron mayor cantidad de grasa muscular en las primeras fechas de muestreo durante el invierno, los peces en los tratamientos control mostraron acumulación de lípidos durante las últimas fechas de muestreo cuando llegó la primavera y el engorde se debió a la incorporación de mayores cantidades de alimento natural. De esto se deduce que los peces en los tratamientos 5% y 7% no necesitaron acudir a sus reservas de grasa durante el invierno, mientras los peces control sí. Entonces cuando las condiciones mejoraron los peces en los tratamientos bajo subsidio alimenticio acudieron a las reservas de grasas para crecer, mientras que los peces control aumentaron sus reservas después de un periodo poco favorable.

Los análisis de ácidos grasos realizados a los pejerreyes muestran que el pejerrey bonaerense presenta altos niveles de ácidos grasos poli-insaturados omega-3 principalmente Dha. Estas características lo alejan de otros peces de agua dulce de la Argentina (Brenner & Bernasconi, 1997) y lo acercan a la

composición de ácidos grasos que presentan muchos peces marinos (Iverson *et al.*, 2002), al igual que sucede con el pez blanco de Patzcuaro (Martinez Palacio *et al.*, 2008). Esta propiedad hace del pejerrey un muy importante recurso para la obtención de ácidos omega-3 altamente insaturados en la dieta humana, los cuales tienen un rol particularmente importante en la nutrición debido a su participación en muchos procesos fisiológicos (Horrocks & Yeo, 1999; Horrocks & Farooqui, 2004).

Por otro lado el hecho de que su composición se modifique levemente con la incorporación de alimento balanceado a su dieta, hace relevante la continuación de estudios que hagan factible el llevar a escala comercial la producción y de este modo, a partir de una disponibilidad sostenida del recurso, posibilitar la incorporación de este pez a la dieta de los habitantes. Esto representaría una solución a las actuales limitaciones que impiden el consumo masivo de pejerrey, que según Baigún & Delfino, (2003) es bien aceptado por los habitantes de la Argentina y otras partes del mundo aunque su obtención y manejo presentan aun déficits importantes.

Apéndice A: Construcción de la jaula de cría y maniobra de anclaje

Como se ha dicho anteriormente las jaulas flotantes utilizadas en esta tesis constaban de una bolsa de malla de red para contener a los peces, de un marco de madera para sostener la bolsa de red, un sistema de flotación adosado al marco, de un sistema de fondeo que mantiene a la jaula en posición en la laguna y de una tapa de red anti-predadores. A continuación se describen sus principales características

a) Estructura del marco.

La forma y tamaño de marco de todas las jaulas flotantes fue cuadrada con una longitud externa de lado de 4.10 m y e interno de 3.45 m. El material con que se construyó fueron tablas de madera, de Saligna (*Eucaliptus*), dado que es de fácil obtención en los mercados locales, de bajo costo y con resistencia al trabajo mecánico e intemperie intermedios.

Cada lado del marco constó de dos tablas, una externa de 3,96 x 0,15 x 0,025 m, y otra interna de 3,56 x 0,15 x 0,025 m, quedando así los extremos de cada lado escalonados. Los cuatro lados se encastraron entre sí mediante sus extremos escalonados formando de este modo un cuadrado.

Los lados del marco se unieron por dos tablas de Saligna que se ubicaron de manera diagonal en cada esquina del cuadrado. Así, se formaron dos diagonales de madera por esquina, una diagonal (60 cm) “corta” que quedó ubicada sobre las 4 maderas de los dos lados sobre el vértice del ángulo y una

diagonal “larga” (1,20 m aproximadamente) que sobresalió del ángulo unos 40 cm hacia el interior de la jaula. De este modo se colocaron 8 diagonales por jaula (4 cortas y 4 largas) (Esquema A-1)

Para unir las tablas diagonales a las tablas de cada lado se utilizó un total de dieciséis bulones galvanizados de 6 x 0,8 cm, con sus respectivas tuercas y dos arandelas, totalizando ocho bulones por diagonal. Cada madera que conformó un lado del marco quedó atornillada a cada diagonal por dos bulones. (Esquema A-1)

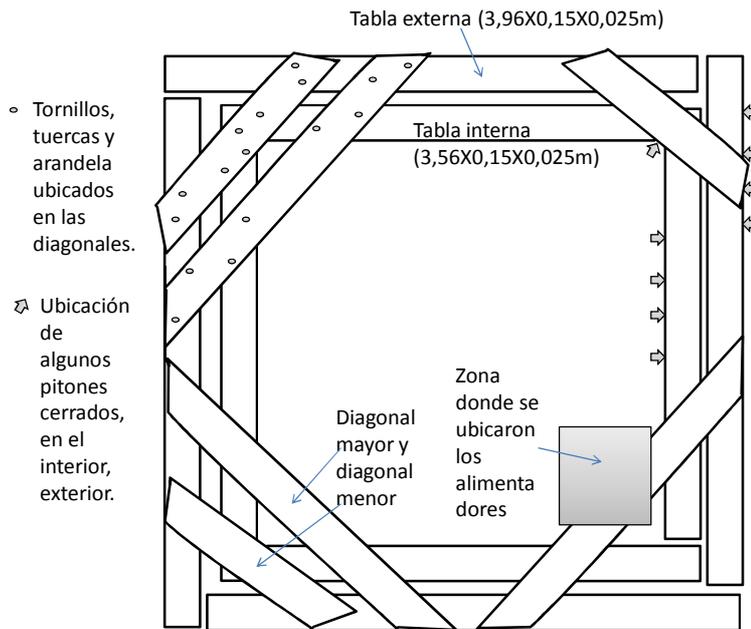
Para poder desarmar y transportar las jaulas, se cortaron dos lados opuestos de cada marco de manera escalonada en la zona media de los mismos., obteniéndose dos mitades de marco en forma de U. Ya en la laguna y previo a su instalación, las dos mitades de marco se unieron mediante cuatro tablas de 50 cm de Saligna con cuatro bulones galvanizados (6 x 0,8 cm) con tuerca y dos arandelas.

Los lados del marco tienen aproximadamente 40 cm de ancho, por lo tanto es posible desplazarse sobre él para operar la jaula.

Tanto del lado lateral interno como del externo del marco se colocaron pitones cerrados galvanizados (N°8) cada aproximadamente 40 cm. En los vértices internos se colocaron tres pitones, uno central (sobre la diagonal corta) y dos sobre los laterales del marco equidistantes aproximadamente 5 cm del central. La función de los pitones internos era sostener la malla de red que contendría a los peces, y para hacer de guía (los pitones centrales del

vértice) a las sogas que sostenían los lastres que hundían a la malla de red. Los pitones que se colocaron en la cara externa del marco cumplieron la función de sostener la red anti-predadores. (Esquema A-1)

La flotación del marco se obtuvo mediante bidones de plástico; con este fin se utilizaron bidones de 60 l (400 x 310 x 580 mm), de 30 l (390 x 250 x 430 mm) y de 20 l (330 x 210 x 380 mm). La elección de estos tipos de bidones se realizó por la facilidad con la que pueden ser obtenidos ya que son descartados luego de que su contenido es utilizado como insumo agrícola. Su colocación se llevó a cabo atando cada bidón al marco con dos lazos de sogas trenzadas de nylon de 5 mm (de aproximadamente 2 m). Los extremos de sogas sobrantes de cada lazo se unieron entre sí configurando un entramado, que evitaba la pérdida de bidones si algún lazo se cortaba o aflojaba. El número de bidones atados por cada lado del marco varió dependiendo de qué tipo de bidones se utilizó, teniendo no obstante la precaución que toda la base del marco fuera ocupada con bidones. (Figura A-1)



Esquema A-1: Dibujo esquemático, vista desde arriba de un marco de jaula flotante, con aclaraciones de donde se ubicaron los tornillos, los pitones cerrados, zona para alimentador y las diagonales de madera.



Figura A-1: Jaula flotante en funcionamiento en la laguna la Salada de Monasterio.

b) Características de la red

La red utilizada para contener los peces fue de monofilamento de nylon con una abertura de malla que varió dependiendo el experimento. La utilización de cada medida de malla obedeció principalmente al tamaño de los peces que contenían, siendo reemplazadas periódicamente para evitar que la colmatación por algas impidiera el intercambio de agua con el ambiente. Las medidas de la red y de las diferentes mallas usadas se pueden ver en el cuadro II-1 (Sección materiales y métodos).

En la parte superior de la malla de la red se le cosió una soga trenzada de nylon (5 mm) con hilo para costura de redes (N°18) haciendo nudos cada 6 cm. Esta soga sirvió para colgar mediante el uso de precintos plásticos (5 x 0,5 cm), la red dentro del marco de madera, vinculando la soga a los pitones del marco y formando la red una bolsa rectangular. En la parte inferior de la bolsa se colocaron tres sogas de 3,45 m de forma paralela, dos en las aristas de la pared de la bolsa con el fondo y uno medio en el centro del fondo de la bolsa. La función de las sogas fue sostener el lastre que hunde la bolsa de manera pareja. Este lastre constó de tres tubos hierro o tubos plásticos rellenos con arena de 3/4 pulgadas y de entre 3.5 a 4 m de largo, que se unieron a las sogas mencionadas precedentemente por medio de precintos plásticos de 5 cm cada unos 30 cm. A los tubos de lastre se les ató una soga de 5 mm de aproximadamente 2 m de largo en cada extremo, con el fin de levantar los tubos y con ellos la bolsa de malla de red hasta la altura del

marco y hasta unos 30 cm por encima de la superficie del agua. Este sistema puede ser usado tanto para el traslado de la jaula armada sobre el agua (izada) como para vaciar completamente el contenido de la misma.

c) Red anti-predador:

En la parte superior del la jaula a modo de tapa, se colocó un cuadrado de aproximadamente 4 m de lado, construido de malla de red (tipo mosquitero). La misma cumplió la función de impedir el ingreso de predadores (principalmente aves) al interior de la jaula.

d) Sistema de anclaje o fondeo:

El sistema de fondeo se constituyó de dos pesos muertos contruidos con ruedas de auto llenas de cemento. A estas, se les agregó una agarradera central que fue armada con un alma de acero de construcción de $\frac{1}{2}$ pulgada envainado en una manguera plástica negra de $\frac{3}{4}$ pulgada. Esta se utilizó para atar las sogas de anclaje de 12 mm de espesor y 15 m de largo que unían a los pesos muertos con dos diagonales largas opuestas del marco quedando así un peso muerto por diagonal. En la zona de amarre a la jaula, la soga fue envainada con una manguera plástica común de 1,5 pulgadas para evitar el desgaste prematuro debido al roce con el marco. Con el objeto de reducir la fatiga sobre los materiales, se sujetó a la soga de anclaje un bidón plástico localizado a unos 5 m de la jaula, cuya función fue amortiguar los embates de las olas y el viento. Por último a cada muerto se ató un cabo con una boya con

la función de marcar la posición del peso muerto y posibilitar el reacomodamiento del mismo en caso de que se produjeran desplazamientos.

Maniobra de anclaje y ubicación de la jaula.

Con la jaula en la orilla de la laguna, se ensamblaron las dos mitades, y se colocó la bolsa de red, los tubos de lastres izados y la tapa. Luego se procedió a atar los dos muertos por medio de su respectiva soga de anclaje a dos de las diagonales largas de madera opuestas. Uno de los pesos muertos se colocó sobre la jaula mientras que el otro se ubicó sobre la proa del bote; la soga de este último se ató a la popa para arrastrar la jaula con el bote hasta el sitio donde se ubicó. Ya en el sitio se arrojó el primer peso muerto desde el bote y, luego se tomó el segundo peso muerto, que estaba ubicado sobre la jaula, se lo subió al bote y se procedió a tensar con la soga del mismo, para luego anclar el segundo peso muerto, dejando la jaula en posición.



Bibliografía:

- Allende, L.; Tell, G.; Zagarese, H.; Torremorell, A.; Pérez, G.; Bustingorry, J.; Escaray, R.; Izaguirre, I. 2009. Phytoplankton and primary production in clear-vegetated, inorganic-turbid, and algal-turbid shallow lakes from the pampa plain (Argentina). *Hydrobiologia*. 624, 45-60.
- Azevedo, P.A.; Cho, C.Y.; Leeson, S.; Bureau, D.P. 1998. Effects of feeding level and water temperature on growth, nutrient and energy utilization and waste outputs of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquatic Living Resources*. 11, 227-238.
- Bagenal, T.B. & Tesch, F.W. 1978. Age and Growth. In: T.B. Bagenal (ed.) *Methods for the Assessment of Fish Production in Fresh Waters*, 3rd edn. IBP Handbook No 3. Oxford: Blackwell Scientific Publications, pp. 101-136.
- Baigún, C. & Delfino, R. 2003. Sobre ferrocarriles lagunas y lluvias: características de las pesquerías comerciales de pejerrey en la cuenca del río Salado (Provincia de Buenos Aires). *Biología Acuática*. 20:12-18.
- Baigún, C.; Colautti, D.; Grosman, F. 2009. Assessment of condition in pejerrey populations: which indices work best? *Neotropical Ichthyology*. 7, 453-446.
- Bailey, J. & Alanärä, A. 2006. Digestible energy need (DEN) of selected farmed fish species. *Aquaculture*. 251, 438-455.

- Baker, D.H. 1986. Problems and pitfalls in animal experiments designed to establish dietary requirements for essential nutrients. *J. Nutr.* 116, 2339-2349.
- Balboni, L.; Colautti, D.C.; Baigún, C.R.M. 2011. Biology of growth of *Hoplias aff. malabaricus* (Bloch, 1794) in a shallow pampean lake (Argentina). *Neotropical Ichthyology*. 9, 437-444.
- Bell J.G. & Waagbø R. 2008. Safe and nutritious aquaculture produce: benefits and risks of alternative sustainable aquafeeds. In: *Aquaculture in the Ecosystem* (ed.) Holmer, M.; Black, K.D.; Duarte, C.M.; Marba, N.; Karakassis, I. pp.185-225. SpringerVerlag BV, Berlin, Germany.
- Benítez H.H. & Claps M.C. 2000. - Zooplankton de una laguna pampásica (Monte) y su afluente (El Totoral). Caracterización estructural en un ciclo anual. *Diversidad y Ambiente*, 1, 87-96.
- Berasain, G.E. & Colautti, D. 1999. Estudio de la laguna La Salada de Monasterio (Pdo. de Chascomús). Campaña de relevamientos limnológicos e ictiológicos. Subsecretaría de Actividades Pesqueras, MAA Prov. Bs. As. Informe Técnico n° 23:1-18.
- Berasain, G.; Colautti, D.; Velasco, M. 2000. Experiencias de cría de pejerrey *Odontesthes bonariensis* durante su primer año de vida. *Revista de Ictiología*. 8, 1-7
- Berasain, G.; Velasco, C.; Colautti, D. 2001. Experiencias de cultivo intensivo de larvas, juveniles y reproductores de pejerrey *Odontesthes bonariensis*. In GROSMAN, F. (ed) *Fundamentos biológicos económicos y sociales para*

- una correcta gestión del recurso pejerrey. Azul, Argentina: Editorial Astyanax. p.33-40.
- Berasain G.E.; Colautti, D.C.; Remes Lenicov, M.; Velasco, C.A. 2005. La comunidad de peces de la laguna Chascomús, análisis estacional e histórico de su composición y estructura. *Biología Acuática*. 22, 47-58.
- Beveridge, M.C.M. & Little, D.C. 2002. History of aquaculture in traditional societies. In: *Ecological Aquaculture* B.A. Costa-Pierce, (ed.), pp. 3-29. Blackwell Science, Oxford
- Beveridge, M.C.M. 2004. *Cage Aquaculture* (Third edition). Oxford: Blackwell Publishing, p.368.
- Blakstad, F. 1993. The economic aspects of land based versus ocean based Atlantic salmon farming. In: Carrillo, M.; Dahle, L.; Morales, J.; Sorgeloos, P.; Svennevig, N.; Wyban.(Ed.) *From Discovery to Commercialization*. Published Abstract From World Aquaculture 1993. European Aquaculture Society Especial Publication. 19, 305. FIDE:
- Beveridge, M.C.M. 2004. *Cage Aquaculture* (Third edition). Oxford: Blackwell Publishing, p.368.
- Boltovskoy A.; Dippolito A.; Foggetta M.; Gómez N.; Alvarez G. 1990. La laguna Lobos y su afluente: limnología descriptiva, con especial referencia al plancton. *Biología Acuática*. 14, 3-38.
- Bonetto, A.A. & Castello, H.P. 1985. *Pesca y Piscicultura en aguas continentales de América Latina*. Monografía O.E.A. Biología: 118 pp.

- Borghetti, J.R. & Canzi, C. 1993. The effect of water temperature and feeding rate on the growth rate of pacu (*Piaractus mesopotamicus*) raised in cages. *Aquaculture*. 114, 93-101.
- Bottrell, H.H.; Duncan, A.; Gliwicz, Z.M.; Grygierek, E.; Herzig, A.; Hillbricht-Ilkowska, A.; Kurasawa, H.; Larsson, P.; Weglenska, T. 1976. A review of some problems in zooplankton production studies. *Norwegian Journal of Zoology*. 24, 419-456.
- Boujard, T.; Jourdan, M.; Kendouri, M.; Divanach, P. 1996. Diel feeding activity and the effect of time-restricted self-feeding of growth and feed conversion in European sea bass. *Aquaculture* 139, 117- 127.
- Braun, N.; Lima, R.L.; Baldisserotto, B.; Dafre, A.L.; Nuñez, A.P.O. 2010. Growth, biochemical and physiological responses of *Salminus brasiliensis* with different stocking densities and handling. *Aquaculture*. 301, 22-30.
- Brenner, R. & Bernasconi, A. 1997. Aporte de ácidos grasos esenciales de la serie n_6 y n_3 a la dieta humana por pescados comestibles del río Paraná. *Medicina* 57, 307-314.
- Brett, J.R. 1979. Environmental factors and growth. In: Hoar, W.S., Randall, D.J., Brett, J.R. (eds.) *Fish Physiology*, Vol. VIII. London, Academic Press Inc Ltd. p. 599-675.
- Brett, J.R. & Groves, T.D.D. 1979. Physiological energetics. In: Hoar, W.S., Randall, D.J., Brett, J.R. (eds.) *Fish Physiology*, Vol. VIII. London, Academic Press Inc Ltd. p. 279-352.

- Brett, J. R.; Shelbourn, J. E.; Shoop, C. T. 1969. Growth rate and body composition of fingerling sockeye salmon, *Oncorhynchus nerka*, in relation to temperature and ration size. Journal of the Fisheries Research Board of Canada. 26, 2363-2394.
- Bureau, D.P.; Azevedo, P.A.; Tapia-Salazar, M.; Cuzon, G. 2000. Pattern and cost of growth and nutrient deposition in fish and shrimp: Potential implications and applications. In: Cruz-Suárez, L.E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Olvera-Novoa, M.A., Civera-Cerecedo, R. (eds.) Avances en Nutrición Acuícola V. Yucatán, Mérida, Fish nutrition research laboratory. p. 111-140.
- Chalde, T.; Fernández, D.A.; Cussac V.E.; Somoza, G.M. 2011. The effect of rearing temperature in larval development of pejerrey, *Odontesthes bonariensis*. Morphological indicators of development. Neotropical Ichthyology. 9, 747-756.
- Charnov, E.L.; Turner, T.F.; Winemiller, K.O. 2001. Reproductive constraints and the evolution of life histories with indeterminate growth. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 98. 9460-9464.
- Cho, C.Y. 1992. Feeding systems for rainbow trout and other salmonids with reference to current estimates of energy and protein requirements. Aquaculture. 100, 107-123.
- Cho, C.Y. & Bureau, D.P. 1998. Development of bioenergetic models and the Fish-PrFEQ software to estimate production, feeding ration and waste output in aquaculture. Aquatic Living Resources. 11, 199-210.

- Claps, M.; Benítez, H.; Gabellone, N. 2002. - Vertical distribution of zooplankton in a pampasic shallow lake (Argentina). *Verh. Inter. Ver. Limnol.* 28, 1032-1036.
- Claps, M.C.; Gabellone, N.A.; Benítez, H.H. 2004. Zooplankton biomass in an eutrophic shallow lake (Buenos Aires, Argentina): spatio-temporal variations. *Ann. Limnol.-Int. J. Lim.* 40(3), 201-210.
- Colautti, D. & Remes Lenicov, M. 2001. Cría y engorde de larvas y juveniles de pejerrey en jaulas. Páginas 53-61 en: Fabian Grosman (ed.). *Fundamentos biológicos, económicos y sociales para la correcta gestión del recurso pejerrey* Ed. Astyanax.
- Colautti, D.C.; Berasain, G.E.; Remes Lenicov, M.; Velasco, C.A.; Lunaschi, L.I. 2004. Crecimiento supervivencia y producción del pejerrey criado en jaulas y estanques. *Jornadas de Biología del pejerrey. Aspectos básicos y acuicultura IIB-INTECH Chascomús Argentina Diciembre.*
- Colautti, D. & Remes Lenicov, M. 2005. Avances en el desarrollo tecnológico para la cría y engorde de pejerrey, *Odontesthes bonariensis* en jaulas flotantes. III Congreso Argentino de Limnología. Chascomús 30 de octubre al 2 de noviembre de 2005.
- Colautti, D.C.; Remes Lenicov, M.; Berasain, G.E. 2006. A standard weight equation to assess the body condition of pejerrey *Odontesthes bonariensis*. *Biocell.* 30, 131-135.
- Colautti, D.; Garcia, J.; Solimano, P.; Carriquiriborde, P. 2008. Relación entre la composición y abundancia del zooplancton con la producción de

juveniles de pejerrey, *Odontesthes bonariensis* en dos lagunas pampásicas.

IV Congreso Argentino de Limnología. 26 al 30 de Octubre. Bariloche. Argentina.

Colautti, D.C.; Garcia de Souza, J.R.; Solimano, P.J.; Maiztegui, T.; Baigún C.R.M. 2009. Influencia de la estacionalidad ambiental Sobre el cultivo extensivo de juveniles de pejerrey *Odontesthes bonariensis* en lagunas pampeanas. II Conferencia Latinoamericana sobre el cultivo de especies nativas. 2 y 3 de noviembre. Chascomus, Bs. As. Argentina .

Colautti, D.C.; Garcia de Souza, J.R.; Balboni, L.; Baigun, C.R.M. 2010. Extensive cage culture of pejerrey (*Odontesthes bonariensis*) in a shallow pampean lake in Argentina. *Aquaculture Research* 41: 376-384.

Costa-Pierce, B.A. 1997. From Farmers To Fishers: Developing Reservoir Aquaculture For People Displaced By Dams. World Bank technical papers ; no. 369 , Fisheries series. World Bank, Washington, D.C.

Coulibaly, A.; Ouattara, I.N.; Koné, T.; N'Douba, V.; Snoeks, J.; Gooré, G.; Kouamélan, E.P. 2006 First results of floating cage culture of the African catfish *Heterobranchus longifilis* Valenciennes, 1840: Effect of stocking density on survival and growth rates. *Aquaculture*. 263, 61-67.

Cowey, C.B. 1992. Nutrition: estimating requirements of rainbow trout. *Aquaculture* 100, 177-189

Cruz, P.S. 1997. Aquaculture fed and fertilizer resource atlas of the Philippines. FAO Fisheries Technical Paper 366. FAO, Rome.

- Dangavs, N.V.; Blasi, A.M.; Merlo, D.O. 1996. Geolimnología de la laguna Chascomús, Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista Mus. La Plata*. 11, 167-195.
- De Silva, S.S. 1993. Supplementary feeding in semi-intensive aquaculture systems. In: *Farm Made Aquafeeds Proceedings of the FAO/AADCP, Bangkok, Thailand* (ed. by M.B. New, A.G.J. Tacon & I. Csavas), pp. 24-60 14-18, FAO. Rome, Italy.
- Diana J.S.; Lin C.K.; Jaiyen K. 1994. Supplemental feeding of tilapia in fertilized ponds. *Journal of the World Aquaculture Society*. 25, 497-506.
- Diovisalvi, N.; Berasain, G.; Unrein, F.; Colautti, D.; Fermani, P.; Llamas, M.E.; Torremorel, A.M.; Lagomarsino, L.; Perez, G.; Escaray, R.; Bustingory, J.; Ferraro, M.; Zagarese, H. 2010. Chascomús: estructura y funcionamiento de una laguna pampeana turbia. *Ecología Austral*. 20, 115-127.
- Drenner, R.W.; Rudi Strickler, J.; O'Brien, W.J. 1978. Capture probability: The role of zooplankton escape in the selective feeding of planktivorous fish. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*. 35, 1370-1373.
- Duarte, C.M.; Marba', N.; Holmer, M. 2007. Rapid domestication of marine species. *Science*. 316, 382-383.
- Dumont, H.J.; Van De Velde, I.; Dumont, S. 1975. The dry weight estimate of biomass in a selection of Cladocera, Copepoda and Rotifera from the plankton, periphyton and benthos of continental waters. *Oecología*. 19, 75-97.

- El-Sayed, A. 2002. Effects of stocking density and feeding levels on growth and feed efficiency of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) fry. *Aquaculture Research*. 33, 621–626.
- Elliot, J.T.M. 1975. The growth rate of brown trout fed on maximum rations. *J. Animal Ecology*. 44: 805-821.
- Ellis, T.; North, B.; Scott, A.P.; Bromage, N.R.; Porter, M.; Gadd, D. 2002. The relationships between stocking density and welfare in farmed rainbow trout. *Journal of Fish Biology*. 61, 493–531.
- Eroldoğan, O.T.; Kumlu, M.; Aktaş, M. 2004. Optimum feeding rates for European sea bass *Dicentrarchus labrax* L. reared in seawater and freshwater. *Aquaculture*. 231, 501-515.
- FAO. 2010. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2010. Fisheries and Aquaculture Department, UN Food and Agriculture Organization, Rome, 219 pp.
- Fernández Cirelli, A. & Miretzky, P. 2002. Lagos poco profundos de la Pampa Argentina. Relación con aguas subterráneas someras. In Fernández Cirelli, A. & Chalar Marquisá, G. (Eds.), *El agua en Iberoamérica. De la limnología a la gestión en Sudamérica* (pp. 43–52). Buenos Aires: CYTED XVII, CETA - Centro de estudios Transdisciplinarios del Agua, Facultad de Ciencias Veterinarias.
- Folch, J.; Lees, M.; Stanley, G.H.S. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*. 226, 497-509.

- Fuiman, L.A. 1983. Growth gradient in fish larvae. *Journal of fish biology*. 23, 117-123.
- Fulton, T.W. 1911. *The Sovereignty of the Sea*. London, Edinburgh.
- Gabellone, N.A.; Solari, L.C.; Claps, M.C. 2001. Planktonic and physical-chemical dynamics of a markedly fluctuating backwater pond associated with a lowland river (Salado River, Buenos Aires, Argentina). *Lakes & Reservoirs*. 6, 133-142.
- Garcia de Souza, J.R.; Solimano, P.J.; Maiztegui, T.; Baigún, C.R.M.; Colautti, D.C. 2009. Selectividad alimentaria en post-larvas de pejerrey (*Odontesthes bonariensis*) criadas bajo régimen de cultivo extensivo. II conferencia sobre el cultivo de peces nativos. 2 y 3 de noviembre, Chascomús, Bs. As. Argentina.
- Garcia de Souza, J.R.; Solimano, P.J.; Baigún, C.R.M.; Colautti, D.C. 2011. Efecto de la densidad de cría de pejerrey (*Odontesthes bonariensis*) en el cultivo extensivo en jaulas flotantes (Buenos Aires, Argentina). III conferencia sobre el cultivo de peces nativos; III Conferencia Brasileira sobre el cultivo de especies nativas. 13 al 15 de Julio, Lavras, MG. Brasil.
- Gomes, L.C.; Chagas, E.C.; Martins-Junior, H.; Roubach, R.; Ono, E.A.; Lourenço, J.N.P. 2006. Cage culture of tambaqui (*Colossoma macropomum*) in a central Amazon floodplain lake. *Aquaculture*. 253, 374-384.
- Gomes, L.C.; Baldisserotto, B.; Senhorini, J.A. 2000. Effect of stocking density on water quality, survival, and growth of larvae of matrinxã *Brycon cephalus* (Characidae), in ponds. *Aquaculture*. 183, 73-81.

- Gómez, S.E. 1998. Consideraciones sobre producción, cultivo y comercialización del pejerrey *Odontesthes bonariensis*. *Aprona Boletín Científico*. XI (34), 2-8.
- Gomez, S.E.; Menni, R.C.; Gonzalez Naya, J.; Ramirez, L. 2007. The physical-chemical habitat of the Buenos Aires pejerrey, *Odontesthes bonariensis* (Teleostei, Atherinopsidae), with a proposal of a water quality index. *Environmental Biology of Fishes*. 78, 161-171.
- Gonzales, E. R. 1984. Small scale tilapia technology adopted in fishing villages in Laguna Lake, Philippines. *Aquaculture*. 41, 167-179.
- Green B.W. 1992. Substitution of organic manure for pelleted feed in production of tilapia. *Aquaculture*. 101, 213-222.
- Grosman, F. & Gonzalez Castelain, J. 1996. Experiencias de alimentación y crecimiento con alevinos de pejerrey *Odontesthes bonariensis* dirigidas a optimizar la siembra. *Rev. Ictiol.* 4, 5-10.
- Grosman, F. & Sergueña, S. 1996. Parámetros biológicos y sociales de una pesquería deportiva de pejerrey (*Odontesthes bonariensis*). Páginas 133-141 en *Actas VI Jornadas Pampeanas de Ciencias Naturales, Santa Rosa (La Pampa)*.
- Gutreuter, S. & Childress, W.M. 1990. Evaluation of condition indices for estimation of growth of largemouth bass and white crappie. *North American Journal of Fisheries Management*. 10, 434-441.
- Halwart, M.; Soto, D.; Arthur, J.R. 2007. Cage aquaculture regional reviews and global overview. *FAO Fisheries Technical Paper 498*, FAO, Rome.

- Heen, K. 1993. Comparative Analysis of the Cost Structure and Profitability in the Salmon Aquaculture Industry. Pages 220-238 in K. Heen, R. L. Monahan, and F. Utter, (ed). Salmon aquaculture. Halsted Press, New York. FIDE: Beveridge, M.C.M. 2004. Cage Aquaculture (Third edition). Oxford: Blackwell Publishing, p.368.
- Hogman, W.J. 1968. Annulus formation on scales of four species of coregonids reared under artificial conditions. Journal of the Fisheries Research Board of Canada. 25, 2111-2112.
- Hopkins, K.D. 1992. Reporting fish growth: a review of the basics. Journal of the World Aquaculture Society 23 (3), 173 - 179.
- Horrocks, L.L.A. & Yeo, Y.K. 1999. Health benefits of docosahexaenoic acid (DHA). Pharmacological research. 40, (3). 211-225.
- Horrocks, L.L.A. & Farooqui, A.A. 2004. Docosahexaenoic acid in the diet: its importance in maintenance and restoration of neuronal membrane function. Prostaglandin, leukotrienes and essential fatty acids. 70, 361-372.
- Horrobin, D.F. & Manku, M.S. 1990. Clinical biochemistry of essential fatty acids. In: D.F. Horrobin (Ed), Omega-6 Essential Fatty Acids. Pathophysiology and Roles in Clinical Medicine. Wiley-Liss, New York, pp. 21-53. FIDE: Steffens, W. 1997. Effects of variation in essential fatty acids in fish feeds on nutritive value of freshwater fish for humans. Aquaculture. 151, 97-119.

- Hu, B.T. 1994. Cage culture development and its role in aquaculture in China. *Aquaculture Research*, 25 (3), 305-310.
- Hualde, J.P.; Ceferino Torres, W.D.; Moreno, P.; Ferrada, M.; Demicheli, M.A.; Molinari, L.J.; Luquet, C.M. 2011. Growth and feeding of Patagonian pejerrey *Odontesthes hatcheri* reared in net cages. *Aquaculture Research*. 42, 754-763.
- Huguenin, J. 1997. The design, operations and economics of cage culture systems. *Aquac. Eng.* 16, 167-203.
- Hurlbert, S.H. 1984. Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. *Ecol. Monogr.* 54, 187-211.
- Islam, M.S.; Rahman, M.; Tanaka, M. 2006. Stocking density positively influences the yield and farm profitability in cage aquaculture of Sutchi Catfish, *Pangasius sutchi*. *Journal of applied Ichthyology*. 22, 441-445.
- Iverson, S. J.; Frost, K. J.; Lang, S. 2002. Fat content and fatty acid composition of forage fish and invertebrates in Prince William Sound, Alaska: factors contributing to among and within species variability. *Marine Ecology Progress Series*. 241, 161-181.
- Iverson, S.J.; Field, C.; Bowen, W.D.; Blanchard, W. 2004. Quantitative fatty acid signature analysis: A new method of estimating predator diet. *Ecological Monographs*. 74, 11-235.
- Iwama, G.K. & Tautz, A.F. 1981. A Simple Growth Model for Salmonids in Hatcheries. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 38, 649-656.

- Izquierdo M.S.; Obach A.; Arantzamendi L.; Montero D.; Robaina L.; Rosenlund G. 2003. Dietary lipid sources for seabream and seabass: growth performance, tissue composition and flesh quality. *Aquaculture Nutrition*. 9, 397-407.
- Jensen, J.W. 1985. The potential growth of salmonids. *Aquaculture*. 48,223-231.
- Jobling, M. 1983. Growth studies with fish overcoming the problems of size variation. *Journal of Fish Biology*. 22, 153-157.
- Jobling, M. 1985. Growth. In *Fish Energetics, New Perspectives*, pp. 213-230 In: Tytler, P. & Calow, P. Beckenham (Ed:) Croom Helm.
- Jobling, M. 1993. Bioenergetics: feed intake and energy partitioning. In *Fish Ecophysiology*, pp. 1-44 In: Rankin J.C. & Jensen, F.B. (Eds.) London: Chapman Hall.
- Jobling, M. 1994. *Fish Bioenergetics*. London, Chapman & Hall. 300 pp.
- Jobling, M. & Baardvik, B.M., 1994. The influence of environmental manipulations on inter- and intra-individual variation in food acquisition and growth performance of Arctic charr, *Salvelinus alpinus*. *Journal of Fish Biology*. 41, 1067-1087.
- Jobling, M.; Arnesen, A.M.; Baardvik, B.M.; Christiansen, J.S.; Jørgensen, E.H. 1995. Monitoring feeding behaviour and food intake: methods and applications. *Aquaculture Nutrition*. 1, 131-143.
- Jobling, M. & Koskela, J. 1996. Interindividual variations in feeding and growth in rainbow trout during restricted feeding and in a subsequent period of compensatory growth. *Journal of Fish Biology*. 49, 658-667.

- Jobling, M. 1997. Temperature and growth: modulation of growth rate via temperature change. In: Wood, C.M., McDonald, D.G. (Eds.) *Global Warming: Implications for Freshwater and Marine fish*. Ontario, Cambridge university press. p. 225-253.
- Jobling, M.; Koskela, J.; Winberg, S. 1999. Feeding and growth of whitefish fed restricted and abundant rations: influences on growth heterogeneity and brain serotonergic activity. *Journal of Fish Biology* 54, 437-449.
- Jobling, M. 2003. The thermal growth coefficient (TGC) model of fish growth: a cautionary note. *Aquaculture Research*. 34, 581-584.
- Jones, R.E.; Petrell, R.J.; Pauly, D. 1999. Using modified length-weight relationships to assess the condition of fish. *Aquaculture Engineering*. 20, 261-343.
- Kaushik, S.J. 1995. Nutrient requirements, supply and utilization in the context of carp culture. *Aquaculture*. 129, 225-241.
- Kaushik, S.J. 1998. Nutritional bioenergetics and estimation of waste production in nonsalmonids. *Aquatic Living Resources*. 11, 211-217.
- Koizumi, K. & Hiratsuka, S. 2009. Fatty acid compositions in muscles of wild and cultured ocellate puffer *Takifugu rubripes*. *Fisheries Science*. 75, 1323-1328.
- Koskela, J.; Jobling, M.; Pirhonen, J. 1997. Influence of the length of the daily feeding period on feed intake and growth of whitefish, *Coregonus laíaretus*. *Aquaculture*. 156, 35-44.

- Li, S. 1994. Fish culture in cages and pens. In: Li, S. & Mathias, J. (Ed.) Fresh water fish culture in China: principles and practices, Elsevier, Amsterdam. pp 305-346. FIDE: Beveridge, M.C.M. 2004. Cage Aquaculture (Third edition). Oxford: Blackwell Publishing, p.368.
- López, H.L.; Baigún, C.; Iwaszkiw, J.M.; Delfino, R.L.; Padin, O. 2001. La cuenca del Salado: uso y posibilidades de sus recursos pesqueros. Univ. Nac. La Plata (Eds.), 60 p.
- López, H.L. & García, M.L. 2001 Aspectos históricos e importancia regional del pejerrey bonaerense. Páginas 8-18 en: Fabian Grosman (Ed.). Fundamentos biológicos, económicos y sociales para la correcta gestión del recurso pejerrey Ed. Astyanax.
- Luchini, L.; Quirós, R.; Avendaño, T. 1984. Cultivo de pejerrey (*Basilichthys bonariensis*), en estanques. Memorias de la Asociación Latinoamericana de Acuicultura. 5, 581-587.
- Luchini, L. 2004. Perspectivas en acuicultura: nivel mundial, regional y local. Argentina. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos (SAGPyA), Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, Dirección de Acuicultura. <http://www.sagpya.mecon.gov.ar>.
- Lupatsch, I.; Santos, G.A.; Schrama, J.W.; Verreth, J.A.J.; 2010. Effect of stocking density and feeding level on energy expenditure and stress responsiveness in European sea bass *Dicentrarchus labrax*. Aquaculture. 298, 245-250.

- Marini, T.L. & Mastrarrigo, V. 1963. Recursos acuáticos vivos. Vol. II, apéndice, (1° etapa), Consejo Federal de inversiones, Buenos Aires, Argentina.
- FIDE: Velasco, C.A.; Berasain, G.E.; Ohashi, M. 2008. Producción intensiva de juveniles de pejerrey (*Odontesthes bonariensis*). Instituto de Limnología "Dr. R.A. Ringuelet". *Biología Acuática* v.24,53-58.
- Martínez-Palacios, C.A.; Ríos Durán, M.G.; Fonseca-Madrigal, J.; Toledo-Cuevas, M.; Sotelo-López A.; Ross L.G. 2008. Developments in the nutritions of *Menidia estor* Jordan 1880. *Aquaculture Research*. 39, 738 - 747.
- McCarthy, I.D.; Carter, C.G.; Houlihan, D.F. 1992. The effect of feeding hierarchy on individual variability in daily feeding of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* Walbaum.. *Journal of Fish Biology*. 41, 257-263.
- Milne, P.H. 1974. A visit to Japan's fish farming industry. *Fish Farming International*. 1(2), 38-55.
- Miranda, L.A.; Berasain, G.E.; Velazco, C.A.; Shirojo, Y.; Somoza G.M. 2006. Natural Spawning and Intensive culture of pejerrey *Odontesthes bonariensis* juveniles. *Biocell*. 30 (1), 157-162.
- Miretzky, P.; Connzono, V.; Fernandez Cirelli, V. 2000. Hydrochemistry of pampasic ponds in the lower stream bed of Salado River drainage basin, Argentina. *Environmental geology*. 39, 951-956.
- Morales, Q.V.V. & Morales, R.,R. 2005 Síntesis regional del desarrollo de la acuicultura. 1. América Latina y el Caribe /Regional review on aquaculture development. 1. Latin America and the Caribbean. FAO

- Circular de Pesca/FAO Fisheries Circular. No. 1017/1. Roma/Rome, FAO. 2006. 177 pp.
- Naylor, R.L.; Goldberg, R.J.; Primavera, J.H.; Kautsky, N.; Beveridge, M.C.M.; Clay, J.; Folke, C.; Lubchenco, J.; Mooney, H.; Troell, M. 2000. Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature*. 405, 1017-1024.
- Naylor, R. & Burke, M. 2005. Aquaculture and ocean resources: raising tigers of the sea. *Annual Review of Environment and Resource*. 30, 185-218.
- Ng, W.K.; Lu, K.S.; Hashim, R.; Ali, A. 2000. Effects of feeding rate on growth, feed utilization and body composition of tropical bagrid catfish. *Aquaculture International*. 8, 19-29.
- Olivier, S. 1961. Estudios limnológicos en la laguna Vitel (Pdo. Chascomús-Buenos Aires-Arg.). *Agro*. 6, 1-128.
- Pálsson, J.O.; Jobling, M.; Jorgensen, E.H. 1992. Temporal changes in daily food intake of Arctic charr, *Salvelinus alpinus* L., of different sizes monitored by radiography. *Aquaculture*. 106, 51-61.
- Parker, L.A. & Larkin, P.A. 1959. A concept of growth in fishes. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*. 16: 721-745.
- Piedras, S.R.N.; Pouey, J.L.O.F.; Rutz, F. 2004. Effects of different dietary levels of crude protein and digestible energy on Performance of pejerrey fingerlings. *R. bras. Agrociência*. 10,(1), 97-101.
- Quirós, R. 1998. Fish effects on trophic relationships in the pelagic zone of lakes. *Hydrobiologia*. 361, 101-111.

- Quirós, R. & Drago, E. 1999. The environmental state of Argentinean lakes: An overview. *Lakes and Reservoirs: Research and Management*, 4, 55–64
- Quirós, R.; Renella, A.R.; Boveri, M.B.; Rosso, J.; Sosnovky, A. 2002. Factores que afectan la estructura y el funcionamiento de las lagunas pampeanas. *Ecología Austral*, 12, 175-185.
- Rahman, M.M.; Verdegem, M.C.J.; Nagelkerke, L.A.J.; Wahab, M.A.; Milstein, A.; Verreth, J.A.J. 2006. Growth, production and food preference of rohu *Labeo rohita* (H.) in monoculture and in polyculture with common carp *Cyprinus carpio* (L.) under fed and non-fed ponds. *Aquaculture*. 257, 359–372
- Reartes, J.L. 1995. El pejerrey (*Odontesthes bonariensis*): Métodos de cría y cultivo masivo. COPESCAL (FAO) Doc. Ocas. 9, 35 pp.
- Regost C.; Arzel J.; Robin J.; Rosenlund G.; Kaushik S.J. 2003. Total replacement of fish oil by soybean or linseed oil with a return to fish oil in turbot (*Psetta maxima*) - 1. Growth performance, flesh fatty acid profile, and lipid metabolism. *Aquaculture*. 217, 465-482.
- Remes Lenicov M. & Colautti D. 2005. Influencia de la disponibilidad natural de zooplancton sobre el cultivo del pejerrey, *Odontesthes bonariensis*, en jaulas flotantes. III Congreso Argentino de Limnología. Chascomús 30 de octubre al 2 de noviembre de 2005.
- Richter, H.; Lückstädt, C.; Focken, U.L.; Becker, K. 2000. An improved procedure to assess fish condition on the basis of length-weight relationships. *Archive of Fishery and Marine Research*. 48(3), 226–235

- Ricker, W.E. 1979. Growth rates and models. In: Hoar, W.S., Randall, D.J., Brett, J.R. (eds.) *Fish Physiology*, Vol. VIII. London, Academic Press Inc Ltd. p. 677-743.
- Ringuelet, R.A. 1962. *Ecología Acuática Continental*. Manuales EUDEBA. IX-138 pp. Bs.As.
- Ringuelet R.A.; Moreno I.; Feldman E. 1972. - El zooplancton de las lagunas de la Pampa Deprimida y otras aguas superficiales de la llanura bonaerense (Argentina). *Physis*. 74, 187-200.
- . Ringuelet, R.A. 1975. Zoogeografía y ecología de los peces de aguas continentales de la Argentina y consideraciones sobre las áreas ictiológicas de América del Sur. *Ecosur* 2, (3), 1-122
- Robinson, E.H. & Li, M.H., 1999. Effect of dietary protein concentration and feeding rate on weight gain, feed efficiency, and body composition of pond-raised channel catfish *Ictalurus punctatus*. *Journal of the World Aquaculture Society*. 30, 311-318.
- Rodrigues Silva, C.; Gomes, L.C.; Brandao, F. R. 2007. Effect of feeding rate and frequency on tambaqui (*Colossoma macropomum*) growth, production and feeding costs during the first growth phase in cages. *Aquaculture* 264. 135- 139.
- Rónyai, A. & Csengeri, I. 2008. Effect of feeding regime and temperature on on-growing results of pikeperch (*Sander lucioperca* L.). *Aquaculture Research*. 39, 820-827.

- Ross, L.G.; Martinez Palacios C.A.; Morales, E.J. 2008. Developing native fish species for aquaculture: the interacting demands of biodiversity, sustainable aquaculture and livelihoods. *Aquaculture Research*. 39(7), 675-683.
- Ruohonen, K. 1998. Individual measurements and nested designs in aquaculture experiments: a simulation study. *Aquaculture*. 165, 149-157.
- Saether, B.S. & Jobling, M. 1999. The effects of ration level on feed intake and growth, and compensatory growth after restricted feeding, in turbot *Scophthalmus maximus* L. *Aquaculture Research*. 30, 647- 653.
- Saint-Paul, U. 1986. Potential for aquaculture of South American freshwater fishes: A review. *Aquaculture*. 54(3), 205-240.
- Sala, J. 1975. Geología de la Provincia de Buenos Aires. Recursos Hídricos. VI Congreso Geol. Argentino. Relatorio. Buenos Aires, p. 169 - 251.
- Sargent J.R.; Bell J.G.; Bell M.V.; Henderson R.J.; Tocher D.R. 1995. Dietary origins and functions of long-chain (n-3) polyunsaturated fatty acids in marine fish. *Journal of Marine Biotechnology*. 3, 26-28.
- Sargent J.; Bell G.; McEvoy L.; Tocher D.R.; Estevez A. 1999. Recent developments in the essential fatty acid nutrition of fish. *Aquaculture*. 177, 191-199.
- Scheffer, M.; Hosper, S.H.; Meijer, M.L.; Moss B.; Jeppesen, E. 1993. Alternative equilibria in shallow lakes. *Trends in Ecology and Evolution*. 8, 275-279.
- Shaw, S.A. & Muir, J.F. 1987. *Salmon: Economics and Marketing*. London: Croom Helm. 270 pp.

- Shiau S.Y. & Peng C.Y. (1993) Protein sparing effect by carbohydrates in diets for tilapia, *Oreochromis niloticus* *O. aureus*. *Aquaculture*. 117,327-334.
- Shuter, B.J.; Lester, N.P.; LaRose, J.; Purchase, C.F.; Vascotto, K.; Morgan, G.; Collins, N.C.; Abrams, P.A.; 2005. Optimal life histories and food web position: linkages among somatic growth, reproductive investment, and mortality. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 62, 738–746.
- Sokal, R.R. & Rohlf, F.J., 1995. *Biometry*, 3rd edn. Freeman, New York.
- Solari, L.; Claps, M.; Gabellone, N. 2002. River backwater pond interactions in the lower basin of the Salado River (Buenos Aires, Argentina). *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 141, 1-21.
- Solimano, P.J.; Garcia, J.R.; Maiztegui, T.; Colautti, D.C. Baigún C.R.M. 2009. Efecto del suministro de alimento sobre el crecimiento del pejerrey *Odontesthes bonariensis*, cultivado en jaulas flotantes. II Conferencia Latinoamericana sobre el cultivo de especies nativas. 2 y 3 de noviembre. Chascomús, Bs. As. Argentina.
- Solimano, P.J.; Garcia de Souza, J.R.; Baigún C.R.M.; Colautti, D.C. 2011. Efectos de la adición de diferentes raciones de alimento artificial sobre el cultivo del Pejerrey *Odontesthes bonariensis*, en jaulas flotantes.). III conferencia Latinoamericana sobre el cultivo de peces nativos; III Conferencia Brasileira sobre el cultivo de especies nativas. 13 al 15 de Julio, Lavras, MG. Brasil.
- Somoza, G.M.; Miranda, L.A.; Berasain, G.E.; Colautti, D.C.; Remes Lenicov, M.; Strüssmann, C.A. 2008. Historical aspects, current status and

- prospects of pejerrey aquaculture in South America. *Aquaculture Research*. 39, 784-793.
- Steffens, W. 1987. Principios fundamentales de la alimentación de los peces. Editorial Acribia, S. A. Zaragoza, España, 227pp.
- Steffens, W. 1989. Principles of Fish Nutrition. Chichester. Ellis Horwood, 384pp.
- Steffens, W. 1997. Effects of variation in essential fatty acids in fish feeds on nutritive value of freshwater fish for humans. *Aquaculture*. 151, 97-119.
- Sumpter, J. P. 1992. Control of growth of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*. 100, 299-320.
- Sun, L.; Chen, H.; Huang, L.; Wang, Z. 2006. Growth, faecal production, nitrogenous excretion and energy budget of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*) relative to feed type and ration level. *Aquaculture*. 259, 211-221.
- Tacon, A.G.J. 1993. Application of nutrient requirement data under practical conditions: special problems of intensive and semi-intensive fish farming systems. *Journal of Applied Ichthyology*. 11, 205-214.
- Tacon, A.G.J. & De Silva, S.S. 1997. Feed preparation and feed management strategies within semi-intensive fish farming systems in the tropics. *Aquaculture*. 151, 379-404.
- Tacon, A.G.J. & Forster I.P. 2003. Aquafeeds and the environment: policy implications. *Aquaculture*. 226, 181-189.

- Talbot, C. 1993. Some aspects of the biology of feeding and growth in fish. Proceedings of the nutrition society. 52, 403-416.
- Tesser, M.B.; Sampaio, L.A. 2001. Criação de juvenis de peixe-rei (*Odontesthes argentinensis*) em diferentes taxas de arraçoamento. Cienc. Rural. 36 (4), 1278-1282.
- Thorton, R.; Dangavs, N.V.; Freggiaro, D.; Strelsik, A.; Garcia, C.; Freyre, L.; Gariboglio, M.A.; Frangi, J.; Toscani, H.A. 1982. Los ambientes lagunares de la Pcia. de Buenos Aires. Documento relativo a su conocimiento y manejo. Boletín CIC: 1-55.
- Tidwell, J.H. & Allan, G.L. 2001. Fish as food: aquaculture's contribution: ecological and economic impacts and contributions of fish farming and capture fisheries. European Molecular Biology Organization, EMBO Report. 2, 958-963.
- Tocher, D.E. 2010. Fatty acid requirements in ontogeny of marine and freshwater fish. Aquaculture Research. 41, 717-732.
- Toda K.; Tonami, N.; Yasuda N.; Suzuki. S. 1998. Cultivo del pejerrey en Japón. Ed. Asociación Argentino Japonesa del Pejerrey, publicada en Japón por la New Fish Development Association. 69 pp.
- Torremorell, A.; Bustigorry, J.; Escaray, R.; Zagarese H.E. 2007. Seasonal dynamics of a large, shallow lake, laguna Chascomús: The role of light limitation and other physical variables. Limnologica. 37, 100-108.
- Torremorell, A.; Llames, M.E.; Pérez, G.L.; Escaray, R.; Bustingorry, J.; Zagarese, H. 2008. Annual patterns of phytoplankton density and primary

- production in a large, shallow lake: the central role of light. *Freshwater Biology*. 54, 437-449.
- Torstensen B.E.; Frøyland L.; Ørnsrud R.; Lie, Ø. 2004. Tailoring of a cardioprotective fillet fatty acid composition of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed vegetable oils. *Food Chemistry*. 87, 567-580.
- Tremblay-Bourgeois, S.; Le Francois, N.R.; Roy, R.L.; Benfey, T.J.; Imsland, A.K. 2010. Effect of rearing density on the growth and welfare indices of juvenile spotted wolffish, *Anarhichas minor* (Olafsen). *Aquaculture Research*. 41, 1179-1189.
- Tsuzuki, M.Y.; Ogawa, K.; Strussman, C.A.; Maita, M.; Takashima, F., 2001. Physiological responses during stress and subsequent recovery at different salinities in adult pejerrey *Odontesthes bonariensis*. *Aquaculture*. 200, 349-362.
- Tullián, E. 1909. Piscicultura Argentina. Sus comienzos. 1904-1909. The Standard, 1-7. FIDE: Velasco, C.A.; Berasain, G.E.; Ohashi, M. 2008. Producción intensiva de juveniles de pejerrey (*Odontesthes bonariensis*). Instituto de Limnología "Dr. R.A. Ringuelet". *Biología Acuática* 24, 53-58.
- Van Ham, E.H.; Berntssen, M.H.G; Imsland, A.K.; Parpoura, A.C.; Bonga, S.E.W.; Steffansson, S.O. 2003. The influence of temperature and ration on growth, feed conversion, body composition and nutrient retention of juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*). *Aquaculture*. 217,547-558.
- Vasnetsov, V.V. 1953. Developmental stages of bony fishes. I n "Ocherki po Ohshchim Voprosam Ikhtiologii," pp. 207-217. Akademiya Nauk Press,

- Moscow (in Russian). FIDE: Ricker, W. E. 1979. Growth rates and models. In: Hoar, W.S., Randall, D.J., Brett, J.R. (eds.) Fish Physiology, Vol. VIII. London, Academic Press Inc Ltd. p. 677-743.
- Velasco, C.A.; Berasain, G.E.; Ohashi, M. 2008. Producción intensiva de juveniles de pejerrey (*Odontesthes bonariensis*). *Biología Acuática*. 24,53-58.
- Waidbacher, H.; Liti, D. M.; Fungomeli, M.; Mbaluka, R. K.; Munguti, J. M.; Straif, M. 2006. Influence of pond fertilization and feeding rate on growth performance, economic returns and water quality in a small-scale cage-cumpond integrated system for production of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) *Aquaculture Research*. 37, 594-600.
- Walls, M.; Kortelainen, I.; Sarvala, J. 1990. Prey responses to fish predation in freshwater communities. *Annales Zoologici Fennici*. 27, 183-199.
- Wootton, R.J. 1998. Ecology of Teleost Fishes. Fish and fisheries series No. 24, 2nd edition. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers. 386 pp.
- Yi, Y.; Lin, C.K.; Diana, J. 1996. Influence of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) stocking density in cages on their growth and yield in cages and in ponds containing cages. *Aquaculture*. 146, 205-215.
- Zar, J.H. 1996. Biostatistical Analysis. Upper Saddle River: Prentice Hall, 699p.