

UNIVERSIDAD CATOLICA DE TEMUCO
FACULTAD DE ACUICULTURA Y CIENCIAS VETERINARIAS
ESCUELA DE ACUICULTURA



**ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS PARAMETROS REPRODUCTIVOS ENTRE
HEMBRAS DE PUYE (*Galaxias maculatus*) (Jenyns, 1842) SILVESTRES, DE
PRIMERA Y SEGUNDA GENERACION EN CAUTIVERIO**

**Tesis de grado presentada como parte de
los requisitos para optar al grado de
Licenciado en Ciencias de la Acuicultura**

Alumna: Andrea V. González Isla

Profesor Guía: Iván Valdebenito Isler

2003

RESUMEN

La importancia comercial del puye *Galaxias maculatus*, se debe al alto valor que alcanza en el mercado su post-larva cristalina. Así, proveer de puye a un mercado que tiene altas expectativas a futuro, puede llegar a convertirse en una gran oportunidad de negocio. Debido a ello, en los últimos años ha existido gran interés en investigar las condiciones de cultivo de esta especie. La Escuela de Acuicultura de la Universidad Católica de Temuco (UCT), desde hace algunos años viene generando las tecnologías necesarias para desarrollar el cultivo comercial del puye en Chile. El objetivo de esta investigación es evaluar algunos parámetros reproductivos entre hembras de puye de segunda generación en cautiverio (F2) y compararlos con parámetros obtenidos con anterioridad en las poblaciones silvestres y de primera generación (F1) en cautiverio, tales como peso y longitud de las hembras, fecundidad total y relativa, porcentaje de fertilización, diámetro del huevo, porcentaje de eclosión, sobrevivencia larval, etc. Para lo cual, se utilizaron 20 hembras de la población (F2) sexualmente maduras que fueron mantenidas en el “hatchery” de la Escuela de Acuicultura de la UCT.

Los resultados arrojaron que las hembras de la población F1 son significativamente mayores ($p < 0.05$) en peso (3.12 ± 0.56 g) y longitud (7.69 ± 0.86 cm) que las otras poblaciones. La fecundidad total fue significativamente mayor ($p < 0.05$) en la población F1 (1242.25 ± 431.5 huevos/hembra), no así la fecundidad relativa que fue mayor en la población silvestre (620.88 ± 163.59 huevos/g). Se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en el porcentaje de fertilización, el cual fue mayor en la población F2 (81.15 ± 29.60 %). Tanto el diámetro de la ova como el número de gotas lipídicas fue significativamente mayor en la población F2 (1.206 ± 0.05 mm; 21.29 ± 11.62 gotas). El porcentaje de eclosión mostró diferencias significativas entre las tres poblaciones, donde la población F2 obtuvo los valores más altos (38.8 ± 26.81 %). La población F2 obtuvo una sobrevivencia larval a los 20 días en inanición de 57.5 ± 31.6 % y la longitud de las larvas fue de 5.66 ± 0.39 mm. Se determinó que existe una correlación significativa ($p < 0.05$) entre el peso y la longitud total, en las tres poblaciones. Esta relación se da de igual manera entre el peso y la fecundidad total. Se encontró una relación directa entre la longitud total y la fecundidad en la población silvestre y F1. Se encontró una correlación positiva entre la fertilidad y el porcentaje de sobrevivencia a “ova con ojo” en la población F1 ($r = 0.9$) y en la población F2 ($r = 0.9$).

Palabras clave: *Galaxias maculatus*, puye, parámetros reproductivos, calidad de gametos.

ABSTRACT

The commercial importance of *Galaxias maculatus* puye, is due to the high market value of this post-whitebait larvae. So, it can have a great opportunity of business to provide puye to a high expectation market for the future. As consequence, there have been great interests to investigate the growing conditions of these species in the last years. The Aquaculture School of The Catholic University of Temuco (UCT), has worked out the necessary technologies to develop the commercial culture of puye from some years in Chile. The aim of this investigation is to evaluate some reproduction parameters for puye females of second generation under captivity (F2) and compare them with parameters obtained from previously wild populations and first generation under captivity (F1) such: weight and length of the females, relative and total fecundity fertility percentage, egg diameter, hatching percentage, larval survival, etc. Twenty females from sexual matures population were used, being maintained in the hatchery of Aquaculture of UCT.

The results showed that F population females are significantly bigger ($p < 0.05$) in weight (3.12 ± 0.56 g) and length (7.69 ± 0.86 cm) than the other populations. The total fertility was significantly higher ($p < 0.05$) in the F1 population (1242 ± 431 egg/female), but not the relative fertility that was higher in the wild population (620 ± 163 egg/g). Fertility percentage was significantly higher ($p < 0.05$) in population F2 (81.15 ± 29.6 %). The egg diameter and the number of oil drops were meanly higher in the F2 population (1.2 ± 0.05 mm; 21.29 ± 11.6 drops). The hatching percentage showed significantly differences between the three populations, where the F2 population got the highest values (38.8 ± 26.8 %). The F2 population got a larval survival of 57.5 ± 31.6 % after twenty days in starvation, and larvae length were 5.66 ± 0.39 mm. It was also concluded that there was a significantly correlation ($p < 0.05$) between weight and length in the three populations. This relation is given in equal form between the weight and total fertility. A positive correlation between fertility and survival to eye fully pigmented incubation stage in both population F1 ($r=0, 9$) and population F2 ($r=0, 9$) were found.

Key words: *Galaxias maculatus*, puye, reproduction parameters, gametes quality.

I.- INTRODUCCION

El uso de los recursos acuáticos se encuentra en una etapa de transición, desde una actividad básicamente extractiva a una de cultivo, donde el manejo artificial de la reproducción de los organismos ha permitido desarrollar el cultivo de especies acuícolas en sistemas confinados, lo que ha significado una mayor inversión para las empresas productoras, introduciéndose a la actividad conceptos de eficiencia productiva, cuyos parámetros deben manejarse adecuadamente para hacer rentable el sistema (Aquanoticias, 2002).

El destino de la acuicultura nacional no sólo dependerá de las ventajas ambientales, sino, de las habilidades para operar dentro de un esquema estratégico bien pensado, de una organización sectorial y nacional adecuada, de la voluntad y capacidad para enfrentar procesos globalizados.

Por eso, la acuicultura Chilena se ha abierto camino en la diversificación y expansión de productos, y no dedicarse sólo de la exportación de salmones. Esto lo ha ubicado como segundo productor a nivel mundial de salmónidos de cultivo, enfocándose al estudio e incorporación de nuevos productos como moluscos entre los cuales tenemos el ostión del norte (*Argopectum purpuratus*), abalón (*Haliotis rufescens*), navajuela (*Tagelus dombeli*) y algas como la gracilaria, (*Gracilaria chilensis*), los que tienen un gran desarrollo futuro (Aquanoticias, 2002).

Dentro de la diversificación de la piscicultura chilena, es importante destacar el inicio del cultivo de peces planos como el Turbot (*Scophthalmus maximus*), cuya tecnología de producción ha sido introducida por Fundación Chile. Esta tecnología, ha sido adaptada de la utilizada para otras especies como la corvina (*Cilus gilberti*), la dorada (*Sparus aurata*). Dentro de las especies nacionales con interés comercial para la acuicultura, se encuentra el puye (*Galaxias maculatus*), el que cuenta con una tecnología de cultivo en fase piloto desarrollada por la Universidad Católica de Temuco (Aquanoticias Internacional, 1994).

Esta última especie es un pez nativo de distribución circumpolar. Su distribución geográfica está circunscrita en los extremos del Hemisferio Sur: Australia, Nueva Zelanda, Tasmania, Península del Cabo en Sudáfrica y Cono Sur de Sudamérica en Argentina y Chile, en donde se distribuye desde la Zona Central (32° Lat. Sur) hasta la Patagonia (53° Lat. Sur) (Campos, 1970). Habitando preferentemente en sistemas lacustres, fluviales y estuarinos del sur del país (Peredo & Sobrazo, 1994).

Sus poblaciones son poco numerosas y agrupadas en clases de edad. En nuestro país, recibe el nombre vernáculo mapuche de “puye” en el estado post larvario de aspecto cristalino. Es un pez de pequeña talla, sin escamas, que posee poblaciones lacustres y diadromicas. Goza de un rápido crecimiento y alto metabolismo, alcanzando la larva su tamaño máximo de 5 cm en 6 meses y 8 cm, talla frecuente de los adultos en 12 a 15 meses. Su post larva cristalina (0.3 a 0.5 g) tiene importancia comercial, siendo de similar morfología a la angula o postlarva de la anguila, principalmente en los mercados de Europa y México (Vega et al., 1999).

Su clasificación taxonómica de acuerdo a Arratia 1981 es la siguiente:

Orden	: <i>Salmoniforme</i>
Suborden	: <i>Galaxioide</i>
Familia	: <i>Galaxiidae</i>
Género	: <i>Galaxias</i>
Especie	: <i>maculatus</i>
Nombre científico	: <i>Galaxias maculatus</i> (Jenyns, 1842)
Nombre común	: Puye (Chile), Puyen (Argentina), Whitebait (Nueva Zelandia), Inanga (Australia)

Esta es una especie dioica y la proporción sexual es de 1:1. Mayoritariamente, la primera madurez sexual se produce al primer año de edad y no se observa dimorfismo sexual, sólo en el momento de plena madurez, la pared abdominal de las hembras se torna transparente y es

posible visualizar los ovocitos en desarrollo a través de ella. Por el marcado desarrollo de los ovocitos, las hembras tienden a ser de abdomen más abultado que los machos y de mayor tamaño. Los especímenes sexualmente inmaduros son de pequeños tamaños y muy delgados. La mayor longevidad evaluada en condiciones de cultivo de esta especie, es de cuatro años (Valdebenito, 1999).

En nuestro país, las poblaciones fluviales presentan un marcado pico de desoves a fines del invierno-e inicio de la primavera y otro a finales del verano. En condiciones de cultivo experimental, se determinó que el puye es una especie iterópara, que desova en forma parcial durante un período de entre 10 a 60 días y con 4 a 11 pulsos de desoves por temporada, con una media de 5 en cada pulso de desove natural. Las hembras en cada desove liberan un promedio de 98 huevos que presentan una fertilidad sobre el 90% (Valdebenito, 1999).

La importancia comercial del puye se debe al alto valor o precio que alcanzan su post-larvas cristalinas en el mercado nacional (US\$ 50/Kg) y en Nueva Zelandia (US\$ 56/Kg). Las exportaciones realizadas por nuestro país, han sido pequeñas partidas con una gran diversidad de precios y destino. La venta interna pareciera estar más consolidada, observándose incluso mejores precios de intercambio, pero en general no existe una estructura definida del mercado a nivel interno, ni para los mercados en el exterior (Mardones et al., 1999).

El material bibliográfico referente a esta especie en Chile no es muy abundante, existiendo, sin embargo, algunos trabajos realizados por Campos (1970) quien entrega antecedentes sobre el período de desove, fecundidad y conducta de desove de especímenes en cautiverio, (McDowall, 1994) hace referencia a la edad de las migraciones al mar en esta especie. De su ciclo de vida, ciclo gonadal y fecundidad (Ferriz, 1987), de la microestructura del ovario y ovogénesis (Peredo & Sobarzo 1993), estudio de los patrones de motilidad y fertilidad de los espermatozoides (Fletcher, 2000). Así como estudios sobre la actividad gonádica estacional aportado por Peredo & Sobarzo (1994); antecedentes de técnicas de criopreservación de semen (Valdebenito et al., 1995; Muñoz, 2002). Mitchell (1989), publica las primeras experiencias de cultivo a nivel de laboratorio, donde determina que el puye tolera temperaturas entre 12 a 18°C y que las larvas pueden alimentarse de rotíferos y nauplius de Artemias.

En peces un buen manejo de reproductores está basado en la asociación de algunas técnicas y condiciones medioambientales, con una buena alimentación y calidad de agua, con desoves sincronizados, con un adecuado manejo de hembras y machos, con la preservación de gametos y fertilización artificial usando una óptima proporción de huevos/espermatozoides (Billard, 1988).

El éxito del manejo reproductivo de una especie depende, de distintos factores relacionados con el manejo, como son: alimentación, temperatura, densidad, salinidad, metodologías de selección, frecuencia de palpaje, etc. Por esta razón, disturbios provocados por el cautiverio aumentan el estrés, lo que puede afectar el tiempo de reproducción, acelerándola o retardándola (Schreck et al., 2001).

Para que el cultivo de una especie acuática, sea una actividad rentable desde el punto de vista comercial, es necesario un continuo aporte de huevos y larvas capacitadas para lograr una alta sobrevivencia y crecimiento durante su desarrollo, la obtención de gametos del medio natural, a partir de animales silvestres, no es una solución práctica para este problema, por lo que se hace necesaria la utilización de técnicas de control ambiental que posibiliten la reproducción en cautiverio, con el fin de mejorar ciertos parámetros reproductivos, que apuntan a masificar la producción de esta especie y hacer del nuevo cultivo un sistema rentable y estable. El puye, es considerado una delicia tanto en Chile como en otros países, el problema es que ya casi no se encuentra en cantidades comerciales en los ríos y lagos del país, en la actualidad las poblaciones han disminuido drásticamente debido a los intensos niveles de captura de que ha sido objeto, por lo que desarrollar el cultivo comercial del puye abre una oportunidad de negocio para el país, aumentando la oferta acuícola de Chile con una especie nativa. Considerando los antecedentes bibliográficos aquí revisados, el estudio pretende determinar algunos parámetros reproductivos como el peso, longitud total, diámetro de la ova, fecundidad total y relativa, porcentaje de fertilización, número de gotas lipídicas, porcentaje de eclosión y sobrevivencia larval en hembras de puye de segunda generación en cautiverio (F2) y compararlos con los de poblaciones de puye silvestre y de primera generación en cautiverio. Así como, determinar el grado de correlación que existe entre los parámetros, con el fin de

identificar tempranamente la calidad de los gametos y evitar iniciar un proceso de incubación con ovas de baja calidad, que con su muerte, incrementan el sustrato para el desarrollo de agentes patógenos como bacterias, hongos y protozoos.

II.- REVISION BIBLIOGRAFICA

Calidad de gametos en peces

En la bibliografía el término “calidad de huevo” ha sido utilizado en varios sentidos, debido también a que no se poseen criterios definidos de calidad. Kjørsvik et al., (1990) la definen como “el potencial del huevo para producir larvas viables”, la cual estaría determinada por parámetros físicos, genéticos y químicos, así como por procesos fisiológicos que suceden durante el desarrollo inicial del huevo.

Factores que regulan la calidad de gametos

a) Sobremaduración

Uno de los factores que afecta conjuntamente, tanto la composición como la viabilidad de los huevos, es la sobremaduración. Este fenómeno ocurre cuando los huevos son retenidos en el ovario durante mucho tiempo después de la ovulación. Cuando aparecen los cambios morfológicos asociados a este proceso (el huevo pierde su transparencia y se fusionan los alvéolos corticales) la viabilidad del huevo es generalmente baja (Kjørsvik et al., 1990).

En salmónidos, la calidad de huevo está influida por el momento en que se realiza el masaje abdominal (Springate et al., 1984). En salmónidos bajo condiciones de cultivo artificial los gametos son ovulados, pero no llegan a ser liberados al exterior. Durante el período de retención en la cavidad corporal, los gametos sufren un proceso de maduración de modo que es necesario esperar al momento más adecuado para hacer el masaje. Una elección inadecuada de este tiempo podría generar gametos inmaduros si el masaje se hace prematuramente, o bien, gametos sobremaduros cuando se realiza tardíamente. En ambos casos, la viabilidad de los gametos disminuye drásticamente. En el caso de trucha arco iris (*Onchorhynchus mykiss*), por ejemplo, las mayores tasas de fertilización se obtienen cuando el masaje se lleva a cabo entre 4 y 10 días después de la ovulación (Navas, 1997).

(b) Fotoperíodo y temperatura

El fotoperíodo y temperatura son los factores ambientales de mayor efecto sobre el control de la reproducción en la mayoría de las especies de peces. El crecimiento gonadal y la fecundidad, son muy susceptibles a las influencias medioambientales, es claro que la calidad de los huevos producidos, podría también verse afectada, limitando la producción de larvas y su viabilidad (Kjørsvik et al., 1990).

Es conocido que el fotoperíodo es a menudo crucial en el control de la gametogénesis. Diversas especies sometidas a manipulaciones fotoperiódicas exhiben alteraciones en los ciclos estacionales de vitelogenina y esteroides sexuales, correlacionados con el estado de desarrollo gonadal. No obstante, no existen datos que aseguren que las condiciones de luz puedan afectar la fecundidad en poblaciones naturales de peces y la información proveniente de estudios en cautividad es bastante variable (Cerdá, 1993).

La manipulación medioambiental y hormonal para producir la inducción al desove en peces, ha sido extensamente aplicada manejando los períodos de desove de manera de conseguir huevos y larvas que cubran las demandas crecientes de los centros de cultivos. La aplicación de fotoperíodos puede acelerar o retardar el período de desove en los peces (Carrillo et al., 2000).

El fotoperíodo ha sido la variable más usada para controlar la maduración. La respuesta a la manipulación del fotoperíodo tiene igualmente que ver con el estado fisiológico y con la sinergia con otros factores ambientales como la temperatura, sin dejar de lado los factores endocrinos endógenos. Las aplicaciones más concretas de esta metodología han sido: 1. Adelantar o retrasar la maduración, 2. Obtener mas de una puesta en el lapso de un año, 3. Manejos de la smoltificación, 4. Modificar el crecimiento (Díaz, 2001).

Los datos que se han aportado de los efectos de la manipulación fotoperiódica sobre la viabilidad de huevos y larvas, son bastante diversos. En trucha arco iris (*O. mykiss*) se ha

descrito que, uno de los efectos de las alteraciones en los ciclos fotoperiódicos en esta especie es la modificación del tamaño del huevo (Cerdá, 1993).

El régimen de temperatura bajo condiciones de cautiverio afecta la calidad de los huevos producidos por los peces, en trucha arco iris (*O. mykiss*) las temperaturas del agua que no excedan los 13.3°C (preferentemente no sobre 12.2°C) por períodos de 2 a 6 meses antes del desove producen huevos de muy buena calidad (Smith et al., 1983). El efecto de la temperatura sobre la ovulación y el desove, es mucho más pronunciado que el del fotoperíodo. Aunque la temperatura es importante, tanto para el desove como para la calidad del huevo, tampoco existen muchas evidencias de que pueda producir variaciones en la fecundidad. Además, el efecto de la temperatura puede ser diferente según el estadio en que se encuentre el ovario. La cantidad de alimento ingerido es termodependiente, por tanto, es posible considerar que temperaturas bajas podrían afectar la fecundidad por medio de la reducción de la ingesta (Cerdá, 1993).

(c) Estado nutricional

En la reproducción y dinámica de poblaciones de los peces, es considerado a menudo que el estado nutricional de los animales en cuestión afecta su potencial reproductor. Es así, como hay una gran cantidad de aspectos reproductivos, que pueden verse afectados por el estado nutritivo, como son: el tiempo a la primera madurez, el número de huevos (fecundidad), el tamaño y calidad del huevo medido en su composición química, potencialidad de cultivo y sobrevivencia larval (De Silva et al., 1995).

Las características morfológicas, fisiológicas y bioquímicas de la descendencia resultante son consecuencias directas o indirectas de la nutrición de los reproductores. Por lo que si la nutrición que han recibido los reproductores fue la adecuada, los huevos resultantes pueden ser de buena calidad y tendrán todo el potencial para producir larvas viables (Carrillo et al., 2000).

La restricción del alimento puede afectar el éxito del desove. Así, una reducción en la cantidad de alimento causa inhibición en la maduración gonadal en varias especies como carpas

doradas, seabass (*D. labrax*) y machos de salmón del Atlántico (*Salmo salar*). Después de 6 meses en que los reproductores son alimentados con una baja ración, las proporciones de crecimiento disminuyen, el tiempo de desove se retarda y el tamaño de los huevos y larvas resulta menor que aquellos que recibieron ración completa (Izquierdo et al., 2001). Las restricciones cuantitativas de la dieta o deficiencias en la calidad del alimento suministrado a los reproductores, pueden afectar al número de células germinales que quedan disponibles para ser reclutadas y continuar su desarrollo hasta gametos, reduciéndose considerablemente la fecundidad (Navas, 1997).

Numerosos estudios han relacionado la disminución del tamaño de los huevos producidos, con una baja ingesta de alimento, característica que aparece en ocasiones asociada con un aumento de la fecundidad relativa y del peso del huevo. No obstante, el tamaño del huevo no siempre es afectado por la baja disponibilidad de alimento. Experimentos en trucha arco iris (*O. mykiss*) han establecido que estas condiciones nutricionales, o incluso otras drásticas (ayuno), no alteran la composición y/o calidad del huevo en términos de porcentaje de eclosión de un modo significativo (Cerdá, 1993).

Los cambios en las características o en la calidad de los huevos debidas a la modificación de la ingesta parecen ser muy variables, es probable que en esta gran variabilidad hayan influido diversos factores, los cuales no siempre se han considerado en estos estudios: como la duración de los experimentos, edad de los reproductores y efectos previos de la nutrición sobre el tamaño del animal, que pueden influir en el tamaño del huevo (Kjørsvik et al., 1990). También señala que las restricciones alimenticias generalmente, reducen la fecundidad total, pueden inhibir la maduración gonadal y disminuir la proporción de peces maduros en especies tales como la trucha café (*Salmo trutta L.*), trucha arco iris (*O. mykiss*) y bacalao (*Gadus morhua*).

No hay que perder de vista, la idea de que los peces no poseen los mismos requerimientos a lo largo del ciclo reproductor. Cuando se llevaron a cabo experiencias de restricción de la dieta en trucha arco iris (*O. mykiss*) en diferentes períodos de tiempo a lo largo del año, se observó que la fecundidad se establece muy tempranamente en el ciclo anual. Si la disminución de la

cantidad de alimento no es lo suficientemente fuerte, la fecundidad puede no verse afectada, pero aparecen otros efectos como un retraso y alargue de la época de puesta o una disminución del número de desoves (Bromage et al., 1992).

Requerimiento proteico y energético en peces

Los requerimientos proteicos en los peces son un factor de importancia, ya que la proteína es, en materia seca, el principal componente de los peces (65-70%), depositándose mayoritariamente a nivel del músculo esquelético (Cerdá, 1993).

La proteína es para los peces, la fuente de energía más importante. Los peces carnívoros presentan una fuerte dependencia de una dieta con un elevado componente proteico, debido a su capacidad para metabolizar proteínas y su limitación para digerir y metabolizar carbohidratos (Navas, 1997).

Varios investigadores han intentado determinar los requerimientos dietarios de energía y proteína de los reproductores de trucha (Cerdá, 1993). El primer estudio fue realizado en trucha común, utilizando tres dietas con diferentes contenidos energéticos (de 205 a 290 Kcal/100g) y proteicos (de 31.6 a 43.2%). Se ha constatado que hembras alimentadas con la dieta menos rica (205 Kcal/100g y 31.6 % proteína) emitían huevos más pesados y con una mejor tasa de sobrevivencia (evaluada según el porcentaje a “ova con ojo” y la tasa de eclosión). Contrariamente, se ha descrito que en trucha arco iris (*O. mykiss*) un efecto positivo de un alto contenido energético y proteico de la dieta (350 Kcal/100 g y 48% de proteína) sobre el peso de los huevos producidos por la trucha durante tres años de experimentación (Cerdá, 1993).

A pesar de los numerosos experimentos realizados para establecer las necesidades proteicas en la dieta, se sabe muy poco acerca de los requerimientos de los reproductores en aminoácidos (Navas, 1997).

Requerimiento de ácidos grasos

En muchas especies, la clase y el contenido de los diferentes ácidos grasos en el huevo es similar a la que existe en la dieta, reflejando la importancia de la composición lipídica de la dieta, y en especial su contenido en ácidos grasos esenciales sobre la reproducción. Respecto a este último componente, se ha observado que las dietas deficientes en ácidos grasos esenciales, alteran la fecundidad del reproductor, así como la viabilidad del huevo (Cerdá, 1993).

En numerosos experimentos, se ha relacionado la composición lipídica de las dietas con los resultados de puesta y calidad de los huevos. En distintas especies, como dorada (*S. aurata*) y trucha arco iris (*O. mykiss*), dietas con bajo contenido en EFA (ácidos grasos esenciales) en la dieta, especialmente DHA (ácido docosahexanoico, 22:6n-3) y EPA (ácido eicosapentanoico, 20:5n-3). Sin embargo, los requerimientos nutricionales de ácidos grasos en cualquier especie animal, incluido el hombre, no se conocen con exactitud. En el caso de los peces, debido a la variedad de especies y el amplio rango de hábitat y dietas, resulta imposible establecer unos criterios concretos (Navas, 1997).

Uno de los factores nutritivos que afecta la calidad del desove en los peces, han sido los ácidos grasos esenciales; así la fecundidad en seabream (*D. labrax*) aumenta significativamente con la elevación en la dieta de n-3 HUFA sobre el 1,6%. Por otro lado, la elevación de un 12 a 18% en los niveles de lípidos en reproductores de “rabbitfish” (*Siganus gutatus*) produce un aumento en la fecundidad y porcentaje de eclosión, aunque este efecto, también pudiera deberse a un aumento gradual de ácidos grasos esenciales en la dieta (Izquierdo et al., 2001).

Brooks et al., (1997) señala, que la calidad del huevo y la sobrevivencia embrionaria en los peces teleósteos es afectada por el contenido de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA), particularmente n-3, incluyendo docosahexanoico (DHA) y eicosapentanoico (EPA).

Los huevos de peces, como el de otros animales ovíparos, deben contener todos los nutrientes que el embrión necesita, para su normal desarrollo hasta el momento de la eclosión y, además,

para permitir el crecimiento de la larva mientras depende de las reservas del saco vitelino. Los lípidos presentes en el huevo, son sintetizados, durante las primeras fases del desarrollo oocitario, en el mismo tejido ovárico, pero durante el proceso de vitelogénesis exógena se incorporan al oocito por medio de la vitelogenina y de otras lipoproteínas (Cerdá, 1993).

Vitaminas, minerales y oligoelementos

Algunas sustancias como vitaminas o minerales, han recibido especial atención en los estudios de nutrición, ya que su deficiencia en la dieta afecta drásticamente a la composición y viabilidad de los huevos. Existe una clara evidencia de un efecto positivo de algunas de ellas sobre la sobrevivencia del huevo. El efecto positivo del ácido ascórbico (vitamina C) sobre la eclosión de los huevos ha sido demostrado recientemente (Cerdá, 1993), por otro lado la deficiencia de esta vitamina afecta al normal desarrollo de diversas funciones metabólicas, como la hematopoyesis, las reacciones de detoxificación o los procesos inmunológicos (Navas, 1997).

Lo que se conoce como vitamina E son todo un grupo de compuestos liposolubles, tocoferoles y tocotrienoles, que actúan como antioxidantes, protegiendo al organismo de la oxidación lipídica. Dentro de ellos el D- α tocoferol es el que presenta una mayor actividad como vitamina E dentro de los animales. Deficiencias de esta vitamina, provocan tanto en “ayu” (*Plecoglossus altivelis*) como en carpa (*Cyprinus carpio*), una disminución en la tasa de huevos viables y de eclosión (Navas, 1997).

Morehead et al., (2001) determinó que deficiencias severas en vitaminas pueden reducir la calidad del huevo en peces salvajes, indicando a la vez que es muy poco probable que estas vitaminas estén limitadas en las dietas de reproductores en cautiverio.

Varios tipos de pigmentos pueden encontrarse en huevos de teleósteos, aunque es conocido que es un componente muy variable. La importancia de estos pigmentos en las dietas para reproductores no está claramente establecida. En algunas especies, estas sustancias no aparecen relacionadas con la viabilidad del huevo, mientras que otras parecen aumentar la proporción de larvas viables, aunque no alteran las tasas de eclosión (Cerdá, 1993).

Existen pocos antecedentes acerca del contenido de minerales y oligoelementos en los huevos de teleósteos. Aparte de la conocida capacidad de los peces de absorber ciertos minerales del medio ambiente a través de las branquias, actualmente sólo se tienen algunos datos sobre el efecto de la carencia de estos componentes en la dieta (Cerdá, 1993).

(d) Estrés

Estudios preliminares han establecido que exposiciones crónicas al estrés, durante el final del desarrollo reproductivo, no sólo interrumpe la reproducción endocrinológica, sino que también resulta en una disminución del tamaño del huevo en *O. mykiss* y bajan significativamente los porcentajes de sobrevivencia. El estrés afecta adversamente rangos o índices reproductivos, los cuales afectan directamente la calidad de los gametos (Campbell et al., 1994).

Numerosos factores pueden contribuir a los cambios fisiológicos y respuestas del organismo ante el estrés. Estos incluyen el género, la edad, condición física, calidad del agua y la naturaleza del estrés (Coates, 1988).

Se han sugerido muchos factores que determinan la calidad de la descendencia, sin embargo, sólo algunos han mostrado influir en ella claramente. Entre los cuales se consideran el genotipo, el tiempo al primer desove, la edad del reproductor y en huevos el proceso de eclosión.

Indicadores de la calidad de gametos

Varias características y métodos se han propuestos para definir la calidad de la descendencia.

Dentro de las cuales se tienen:

- El tamaño del huevo
- La forma y transparencia de huevo
- La flotación
- El número y distribución de gotas lipídicas

- La composición bioquímica de los huevos, vitaminas, caratenoides, lípidos, ác. Grasos, particularmente ácido decosahexanoico (DHA), ác. eicosapentanoico (20:5n-3, EPA) y ác. araquidónico (20:4n-6, AA).
- El porcentaje de fertilización
- La apariencia del corión
- La simetría celular
- La apariencia de los cromosomas
- El porcentaje de sobrevivencia larval
- Las deformaciones morfológicas.

Sin embargo, ninguno de ellos por sí solo es suficiente para caracterizarlos totalmente, pero una combinación de ellos entregaría resultados más satisfactorios (Carrillo et al., 2000).

Tamaño del huevo

Es sabido que huevos grandes producen larvas más grandes, aunque generando gran controversia, el tamaño del huevo ha sido un criterio utilizado para determinar su calidad. Kjørsvik et al. (1990) señala que datos publicados no han proporcionado buenas evidencias de que el diámetro del huevo sea un aspecto determinante de la calidad de este. No obstante, las manipulaciones fotoperiódicas o nutricionales pueden modificar el diámetro del huevo, aunque bajo condiciones de cultivo favorables, estos huevos más pequeños no muestran diferencias en sobrevivencia o en crecimiento en cuanto a larvas producidas.

Es bien conocido que este parámetro muestra una considerable variación intra específica, ya que está determinado básicamente por el genotipo de la generación parental. No obstante, también se ve afectado por otros factores como la edad y el tamaño de los reproductores (Navas, 1997). Según Bromage (1995) uno de los factores que influyen tanto la fecundidad como el tamaño del huevo es la dieta.

Morfología de los primeros blastómeros

Las posibles alteraciones morfológicas de las primeras células indiferenciadas (blastómeros) en el embrión, invariablemente afectarán la posterior viabilidad y desarrollo de éste. El tipo de

morfología de estas células ha sido bastante utilizada en estudios de contaminación y ha resultado ser un parámetro más sensible que la evaluación de la sobrevivencia. Otros buenos indicadores morfológicos durante los primeros estadios son la transparencia del huevo, la distribución de las gotas lipídicas, el tamaño del espacio perivitelino y los cambios en el diámetro del huevo después de la fertilización (Kjørsvik et al., 1990).

Tasa de fertilización

La fertilización es un proceso complejo y altamente especializado, de cambios bioquímicos y biofísicos desencadenados por la interacción de los gametos, que culmina con la formación del cigoto y el inicio del desarrollo. La eficiencia de este proceso en piscicultura es dependiente, en gran medida, de que los gametos utilizados se encuentren en un estado óptimo de maduración. Esto es especialmente importante para los huevos, que se alteran rápidamente por la sobremaduración. A diferencia de lo que ocurre en la naturaleza, las hembras mantenidas en estanques, no desovan espontáneamente una vez producida la ovulación, por lo tanto, es fundamental una temprana detección de la ovulación (Estay et al., 1994).

Durante la fertilización y activación del huevo, los alvéolos corticales se rompen y liberan su contenido (coloides) desde la capa cortical, creando el espacio perivitelino. Este proceso, aunque no está completamente conocido, se ha relacionado con la calidad del huevo en el pagel (*Pagellus bogaraveo*), el bacalao (*Gadus morhua*) y el turbot (*S. maximus*). No obstante, en otras especies, la tasa de fertilización no siempre se ha correlacionado con un buen desarrollo y sobrevivencia en las últimas fases embrionarias (Navas, 1997).

Propiedades físicas y fisiológicas

Entre las propiedades físicas y fisiológicas, las características del corión y de la membrana vitelina han sido las más estudiadas. Diversos autores han observado en varias especies que la capacidad de resistencia mecánica del corion, así como la aparición del mismo, disminuye en huevos de mala calidad (Cerdá, 1993).

Un prolongado proceso de fertilización, puede afectar las propiedades de la membrana vitelina, ya que la permeabilidad de esta se reduce considerablemente después de este proceso, con objeto de conseguir una baja presión osmótica en el interior del huevo (Cerdá, 1993).

Composición química

La idea de obtener parámetros bioquímicos válidos para evaluar la calidad del huevo, ha surgido de la observación de la existencia de ciertos componentes “esenciales” para la nutrición y el crecimiento de un organismo. La mayoría de estos componentes esenciales, parecen diferir de un organismo a otro, y por ello se han producido ciertas controversias cuando un mismo componente está asociado a huevos de buena calidad en una especie, y a huevos de mala calidad en otra. También es importante considerar que es el contenido absoluto del huevo en un determinado componente, el que puede determinar la posterior sobrevivencia de este (Navas, 1997).

Podría esperarse que la composición química del huevo, fuera el componente más determinante de la calidad de éste, ya que alteraciones en las condiciones ambientales y/o nutricionales pueden inducir cambios en la composición del huevo. Sin embargo, los resultados obtenidos en varias especies, tanto marinas como dulceacuícolas, no han demostrado una clara correlación de estas diferencias bioquímicas en la posterior sobrevivencia de los huevos y larvas (Kjørsvik et al., 1990).

Las diferencias en el contenido del huevo en minerales, aminoácidos, ácidos grasos, vitelogenina o carotenoides (astaxantina, luteína) se han investigado fundamentalmente en salmónidos, aunque ninguna de ellas ha mostrado una clara relación con la calidad del huevo en términos de porcentaje de eclosión y sobrevivencia (Navas, 1997).

Aberraciones cromosómicas

A partir de estudios de toxicología, así como del seguimiento de áreas contaminadas, se ha encontrado en varias especies una clara correlación entre el “*status*” citogenético del embrión (antes del estado de gástrula) y la sobrevivencia (Kjørsvik et al., 1990). Estudios más

detallados, han demostrado que errores cromosómicos durante la mitosis (anafase retrasada, fragmentos cromosómicos dispersos, etc) son letales para el embrión (Navas, 1997).

Por otro lado, para evaluar la calidad de los huevos, se debe contar con un buen sistema de incubación ya que las características y sobrevivencia de los huevos pueden verse alterados. La calidad del huevo se debe considerar, desde que el huevo es desovado hasta que se ha completado el proceso de fertilización (Kjørsvik et al., 1990).

III. OBJETIVOS

OBJETIVOS GENERALES:

- Evaluar comparativamente parámetros biométricos y reproductivos entre hembras de puyes silvestres, de primera y segunda generación en cautiverio.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Estimar los parámetros de peso total, longitud, fecundidad y fertilidad en hembras de puye de segunda generación en cautiverio.
- Comparar parámetros biométricos y reproductivos en 3 poblaciones de puye: silvestre, de primera y segunda generación en cautiverio.
- Correlacionar los diferentes parámetros reproductivos de manera de determinar el efecto de estos en la fertilidad.

IV. PLANTEAMIENTO DE HIPOTESIS

Teniendo en consideración los objetivos planteados en la presente tesis se plantean las siguientes hipótesis:

Parámetros reproductivos

H₀: No existen diferencias significativas entre los parámetros reproductivos en hembras de puye silvestre, de primera y segunda generación en cautiverio.

H_a: Sí, existen diferencias significativas entre los parámetros reproductivos en hembras de puye silvestre, de primera y segunda generación en cautiverio.

Correlación entre los parámetros estudiados y la fertilidad

H₀: No existe correlación entre los parámetros reproductivos estudiados y la fertilidad en hembras de puye silvestre, de primera y segunda generación en cautiverio.

H_a: Sí, existe correlación entre los parámetros reproductivos estudiados y la fertilidad en hembras de puye silvestre, de primera y segunda generación en cautiverio.

V. METODOLOGIA

El experimento se llevó a cabo en el Laboratorio de Reproducción de la Escuela de Ciencias de la Acuicultura de la Universidad Católica de Temuco entre los meses de Abril- Julio del 2001, con el aporte de los proyectos Fondef D96I1071 y D99I1003. Para el estudio se utilizaron 20 ejemplares hembras de puye (*G. maculatus*) de un año de edad en período reproductivo de segunda generación en cautiverio.

Los resultados de los parámetros reproductivos, de las poblaciones silvestres y primera generación en cautiverio (F1), fueron obtenidos de un estudio previo realizado por Gallegos (2003) con los progenitores de la población estudiada.

5.1. Mantención de peces

Los peces de segunda generación en cautiverio (F2) fueron mantenidos en estanques de 100 litros de capacidad, con una tasa de cambio de 2 veces/hora. El agua utilizada para el cultivo estuvo a una temperatura de $12 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$, la que fue extraída mediante bombeo desde un pozo profundo existente en el sistema de cultivo.

Los animales fueron alimentados con “starter” para salmones, al que se le redujo la cantidad de aceite (anexo 3). La alimentación fue entregada “ad libitum” dos veces al día y los ejemplares fueron mantenidos bajo un fotoperíodo natural.

Los ejemplares silvestres fueron capturados en octubre de 2000 en el sector de Río Negro, Hornopiren, X Región. Chile y los ejemplares de primera generación maduros sexualmente, fueron mantenidos en estanques de igual capacidad con flujo abierto utilizando agua de pozo a $14 \pm 0.7^{\circ}\text{C}$ y con igual tasa de cambio que la población F2, bajo fotoperíodo natural y sin alimentación, con el fin que alcanzarán la madurez máxima y no fueran afectados por las condiciones del cautiverio.

Los desoves en las poblaciones silvestre y F1 ocurrieron en los meses de octubre y entre agosto- septiembre del año 2000, respectivamente, a diferencia de la población F2 donde el desove se desarrolló en el mes de abril del 2001.

5.2. Obtención de gametos y fertilización

La obtención de los gametos se llevó a cabo durante el período reproductivo de la población, el cual estuvo sustentado por una rutina de palpación de los ejemplares, por lo menos una vez por semana, para poder así detectar el momento en que ocurrió la ovulación en el caso de las hembras. Para la obtención de gametos, se procedió a separar los ejemplares por sexos en dos estanques, luego fueron anestesiados con una solución de benzocaína a una concentración de 0.3 ml/L, para facilitar la extracción y disminuir el estrés, procediéndose a determinar la longitud y peso correspondiente a cada hembra. Bajo estas condiciones, se realizó el desove en forma manual mediante un suave masaje abdominal realizado fácilmente, ya que sólo se utilizaron ovas que se observaban evidentemente maduras. La fertilización fue realizada utilizando el método húmedo, para lo cual se utilizó 0.01 ml de semen obtenido de un pool preparado con 5 machos. La temperatura de fertilización fue de 12°C en el ambiente y 10°C en el agua. Se determinó la fecundidad total (número total de huevos desovados por hembra) y relativa (número de huevos producidos por g de hembra). El total de ovas se determinó sumando las ovas muertas más las sobrevivientes al estado de “ova con ojo”. Las ovas se depositaron sobre la solución con semen contenida en una placa petri agitándose suavemente las cápsulas para facilitar el encuentro de espermatozoides y ovas, se dejaron reposar por 5 minutos y luego se realizó un enjuague de las ovas, para producir la hidratación y eliminar el resto de semen o cualquier impureza que acompañaban las ovas.

Fecundidad total (FT)= N° total de huevos desovados por hembra

Fecundidad relativa= $\frac{FT}{\text{Peso hembra (g)}}$

Peso hembra (g)- Peso Gónada (g)

5.3. Evaluación de la fertilidad y parámetros reproductivos

Una vez ocurrido el proceso de fertilización, las ovas fueron llevadas a incubación, donde se utilizó el método por inmersión en cápsulas de Petri, para posteriormente evaluar el porcentaje de fertilización logrado después de 6 horas de incubación, momento en que se observó el espacio perivitelino plenamente desarrollado y además, se pudo visualizar los dos primeros blastómeros del embrión. Inmediatamente después de la hidratación, se procedió a determinar el diámetro de 20 ovas (elegidas al azar) por hembra mediante un ocular graduado, una vez obtenido el diámetro de las ovas se determinó el promedio. Además, se cuantificó el número de gotas lipídicas visibles, para lo cual las ovas fueron observadas bajo microscopio óptico.

La incubación de las ovas se llevó a cabo en el Laboratorio de Reproducción protegidas de la luz, llevando un registro de temperaturas diarias, para determinar así las unidades térmicas acumuladas (UTA) al inicio y fin de la eclosión. Durante el periodo de incubación, se efectuaron periódicos cambios de agua (agua de pozo), así como también la extracción de ovas muertas, las cuales son fácilmente distinguibles por su color blanco, esto ayuda a evitar la proliferación de hongos durante la incubación, cuyo principal sustrato son las ovas muertas.

5.4. Porcentaje de sobrevivencia a “ova ojo” y eclosión

Para estimar el porcentaje de sobrevivencia a “ova con ojo”, se tomó una muestra donde se observó la pigmentación de los ojos, obteniéndose una relación entre el número de huevos pigmentados con el total de la muestra.

$$\% \text{ sobrevivencia "ova con ojo"} = \frac{\text{N}^\circ \text{ huevos pigmentados}}{\text{Tamaño de la muestra}} * 100$$

La determinación del porcentaje de eclosión se obtuvo de la relación entre, el número de huevos que eclosionaron con el total de huevos incubados. La mortalidad acumulada desde la fecundación permite conocer el porcentaje de sobrevivencia a eclosión, parámetro que junto al

porcentaje de sobrevivencia al estado de “ova con ojo”, constituye la mejor evaluación del rendimiento de un “hatchery” (Estay et al., 1994 a).

$$\% \text{ sobrevivencia eclosión} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de huevos eclosionados}}{\text{N}^\circ \text{ total de huevos incubados}} * 100$$

5.5. Evaluación de sobrevivencia larval

Una vez iniciado el proceso de eclosión, 20 larvas por hembra fueron colocadas en vasos precipitados de 1000 ml con fotoperíodo natural, temperatura de $9.9 \pm 1.0^\circ \text{ C}$ y aireación constante, para determinar la sobrevivencia larval a los 20 días en inanición. Se determinó la longitud larvaria a una muestra de 20 larvas mediante la utilización de un ocular graduado y las unidades térmicas acumuladas (UTA) durante el período larval cuando se obtuvo el 50% y 0 % de sobrevivencia de las larvas.

$$\% \text{ sobrevivencia a los 20 días} = \frac{\text{N}^\circ \text{ final de larvas}}{\text{N}^\circ \text{ inicial de larvas}} * 100$$

5.6. Índice de condición

Expresado como la relación entre el peso y la longitud al cubo, se utiliza para determinar el estado de gordura de los peces.

$$K = \frac{P}{L^3} * 100; P = \text{peso en gramos y } L = \text{longitud en centímetros}$$

5.7. Análisis Estadísticos

Se utilizaron medidas de tendencia central como: media, medidas de dispersión como desviación estándar; gráficos de barra y de correlaciones para estudiar el grado de

interconexión entre variables. Para determinar el grado de significancia de los valores de r se aplicó el test de Spearman con un nivel de confianza del 95 %.

Los datos de peso, longitud de las hembras, fecundidad total, porcentaje de fertilización, diámetro de la ova, número de gotas lipídicas, porcentaje de sobrevivencia “ova con ojo”, fueron comparados estadísticamente. Los datos paramétricos fueron comparados utilizando un análisis de varianza ANOVA. Para establecer entre qué grupos existían diferencias, se usó el test de Tukey.

Se utilizó la transformación arco-seno para datos que estaban en forma porcentual que seguían una distribución binomial.

VI. RESULTADOS

6.1 Parámetros de peso y longitud

La población F1 (primera generación en cautiverio) mostró valores de peso total (3.12 ± 1.03 g) significativamente ($p < 0.05$) más altos, que la población silvestre (1.6 ± 0.42 g) y F2 (1.46 ± 0.40 g), (ver Tabla 1), no existiendo diferencias significativas entre la población silvestre y F2 (Fig. 1a y b).

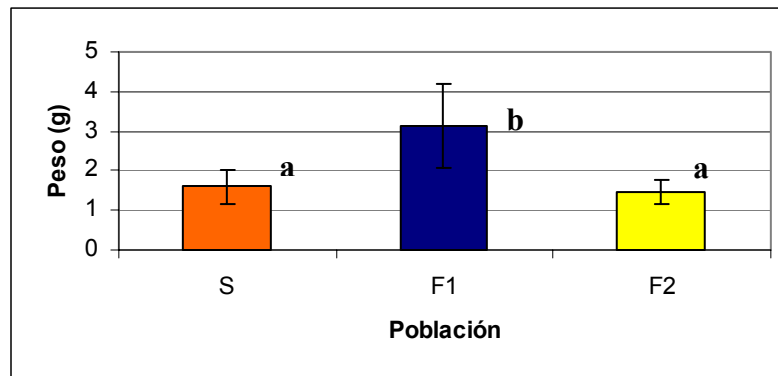
El análisis realizado al parámetro longitud, mostró que sí existen diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las tres poblaciones, donde la media más alta la registró la población F1 (7.69 ± 0.85 cm) y la más baja la población F2 (6.03 ± 0.40 cm) (Fig. 1a y b).

6.2 Evaluación de la fecundidad total y relativa

El número de huevos desovados por hembras (fecundidad total) y el promedio de huevos producidos por gramo de hembra (fecundidad relativa) se indican en la tabla 1, con valores máximos de fecundidad total para la población F1 de 1242.25 ± 431.50 huevos/hembra. La fecundidad relativa promedio, en cambio, fue significativamente mayor ($p < 0.05$) para la población silvestre con 620.88 ± 163.59 huevos/g. Los resultados obtenidos tanto para la fecundidad total como fecundidad relativa indican que sí existen diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las tres poblaciones.

De los resultados obtenidos y observando los gráficos de barra se puede determinar que, a mayor talla mayor fecundidad total mayor diámetro de ovas y menor fecundidad relativa.

a)



b)

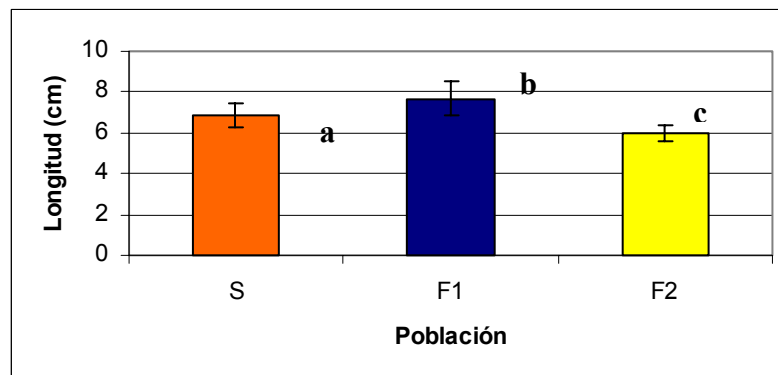
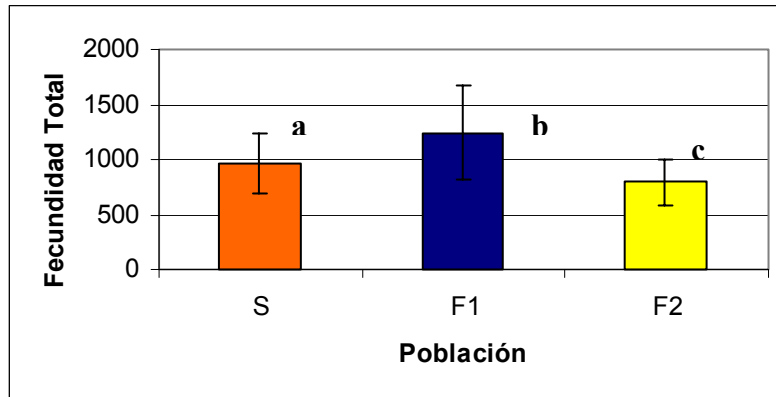


Figura N° 1. (a) Peso ($X \pm D.E$) y (b) longitud total ($X \pm D.E$) en hembras de puye (*Galaxias maculatus*) silvestre(S), de primera (F1) y segunda (F2) generación en cautiverio. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

a)



b)

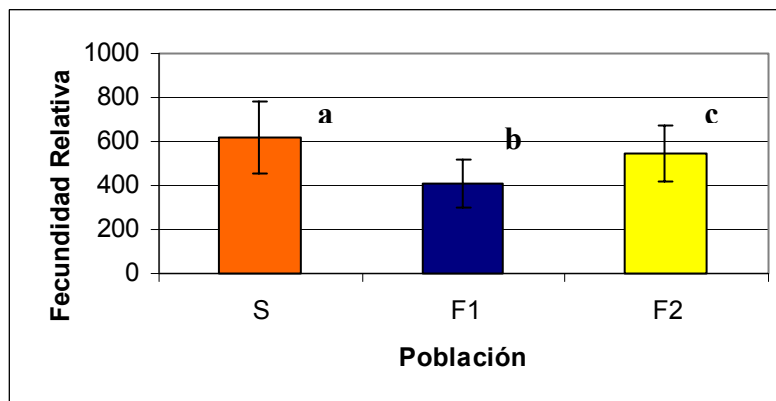
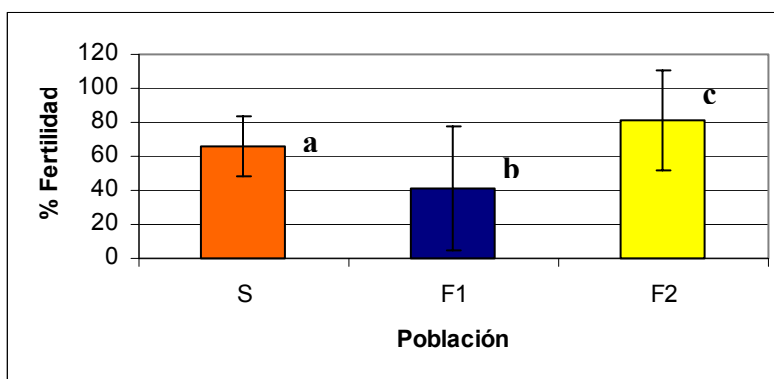


Figura N° 2. (a) Fecundidad total ($X \pm D.E$) y (b) fecundidad relativa ($X \pm D.E$) en hembras de puye (*Galaxias maculatus*) S, F1 y F2 generación en cautiverio. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

6.3 Porcentaje de fertilidad (%) y diámetro de la ova (mm)

El diámetro promedio de las ovas fue significativamente mayor ($p < 0.05$) en la población F1 (1.20 ± 0.057 mm) que las poblaciones silvestres (1.10 ± 0.03 mm) (Tabla 1). Los resultados obtenidos tanto para el porcentaje de fertilización como el diámetro de las ovas indican que sí existen diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las tres poblaciones.

a)



b)

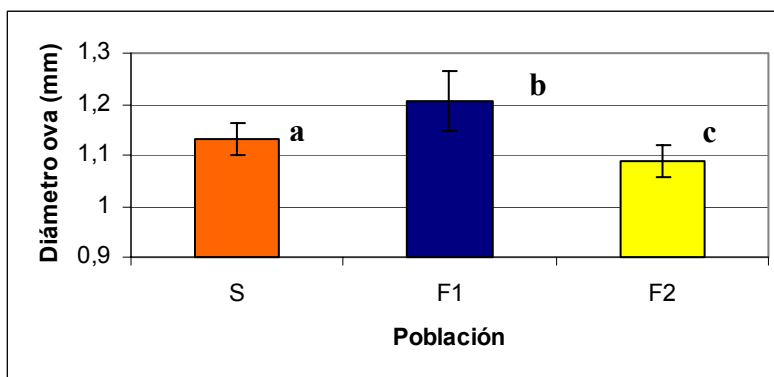
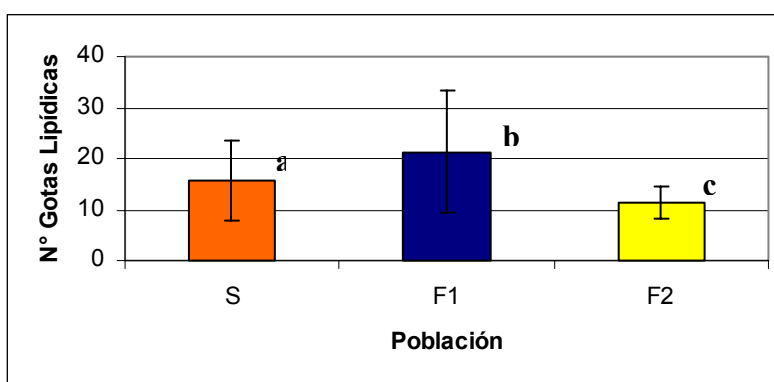


Figura N° 3. (a) Porcentaje de fertilidad ($X \pm D.E$) y (b) diámetro de ova ($X \pm D.E$) en hembras de puye (*Galaxias maculatus*) S, F1 y F2 generación en cautiverio. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

6.4 Número de gotas lipídicas y Porcentaje de sobrevivencia a “ova con ojo”

El número promedio de gotas lipídicas observadas en huevos provenientes de hembras silvestres fue de 15 ± 7 , en F1 fue de 21 ± 12 y en la población F2 de 11 ± 3 (Tabla 1), existiendo diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las tres poblaciones (Fig. 4 a). Se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las tres poblaciones de puye para el porcentaje de sobrevivencia a “ova con ojo”, donde la media máxima la obtuvo la población F2 (76.94 ± 31.57) y la mínima la población F1 (25.13 ± 27.18) (Fig. 4b).

a)



b)

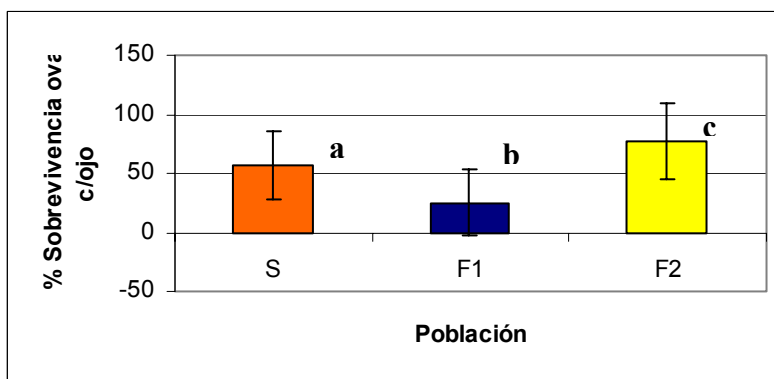


Figura N° 4. (a) N° de gotas lipídicas ($X \pm D.E$) y (b) porcentaje de sobrevivencia a estado de “ova con ojo” ($X \pm D.E$) en hembras de puye (*Galaxias maculatus*) S, F1 y F2 generación en cautiverio. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

Se puede determinar que existe una correlación directa entre los porcentajes de fertilidad y la sobrevivencia al estado de ova con ojo, ya que a mayor fertilidad mayor es el porcentaje de sobrevivencia a ova con ojo.

6.5. Unidades térmicas acumuladas (UTA) al inicio y fin del proceso de eclosión

La eclosión se inició a las 354.9 ± 2.20 UTA en la población silvestre, a las 249.35 ± 189.72 UTA en la población F1 y a las 276.05 ± 132.68 UTA en F2 (Tabla 1). No encontrándose diferencias significativas ($p < 0.05$), entre las poblaciones F1 y F2. El proceso de eclosión finalizó a las 687.90 ± 116.62 UTA en la población silvestre, en la población F1 a las 432.25 ± 339.73 UTA y en la población F2 a las 673.05 ± 290.11 UTA. No existiendo diferencias significativas ($p < 0.05$) entre la población silvestre y F2.

6.6. Índice de condición (k)

Como consecuencia de la evolución del peso y de la talla, el índice de condición de las hembras presentó valores de 0.0048 ± 0.08 para la población silvestre, 0.006 ± 0.08 para la población F1 y 0.006 ± 0.14 para la población F2, no existiendo diferencias significativas entre las poblaciones F1 y F2.

6.7. Longitud larvaria y unidades térmicas acumuladas (UTA) al 50 % y 0% de sobrevivencia larval

La longitud media de las larvas obtenida para la segunda generación en cautiverio fue de 5.66 ± 0.39 mm. Las unidades térmicas acumuladas cuando existía el 50% de sobrevivencia larval fueron de 499.62 ± 214.45 UTA y cuando hubo 0% de sobrevivencia larval fue de 552.10 ± 234.49 UTA.

6.8. Correlaciones entre los parámetros reproductivos

Entre el peso total y la longitud de las hembras (Fig. 5) se determinó una correlación de 0.8 para la población silvestre, 0.9 para F1 y 0.3 para F2. Las diferencias fueron estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre la población F2 y las otras.

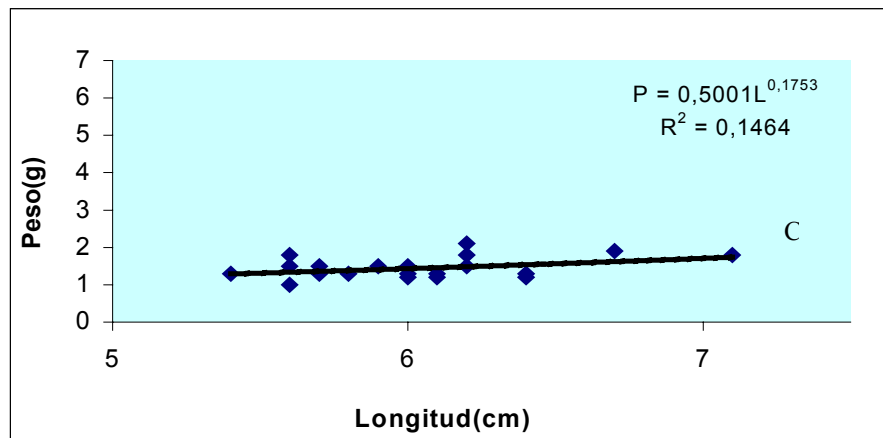
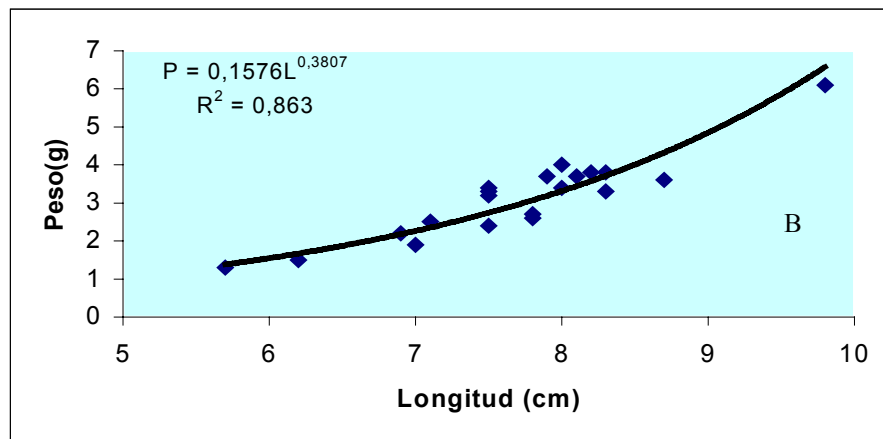
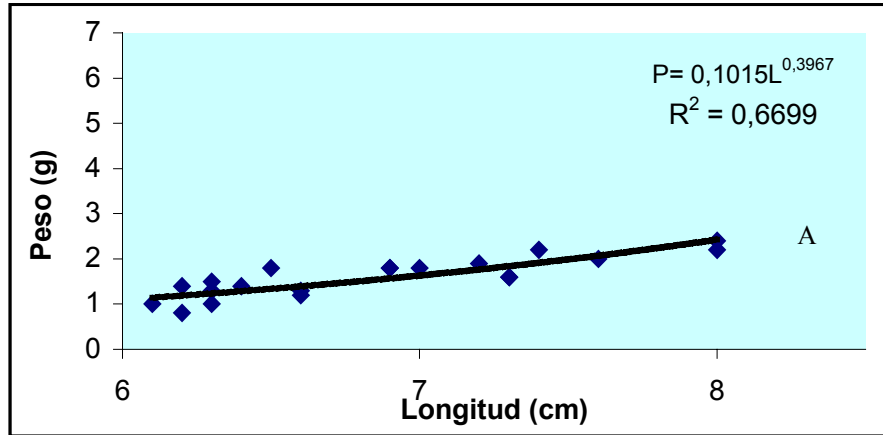


Figura N° 5. Ecuación de regresión lineal y relación entre el promedio de la longitud y peso total para poblaciones de puyes (*Galaxias maculatus*) silvestre (A), F1 (B) y F2(C).

Estadísticamente ($p < 0.05$) los resultados obtenidos en la población silvestre y F1, muestran que existe una correlación entre la longitud y la fecundidad total ($r: 0.5$ para silvestre, $r: 0.7$ para F1, respectivamente) (Fig. 6 A y B). Se determinó además, que la fecundidad total está directamente correlacionada ($p < 0.05$) con el peso total en las tres poblaciones (Fig. 7).

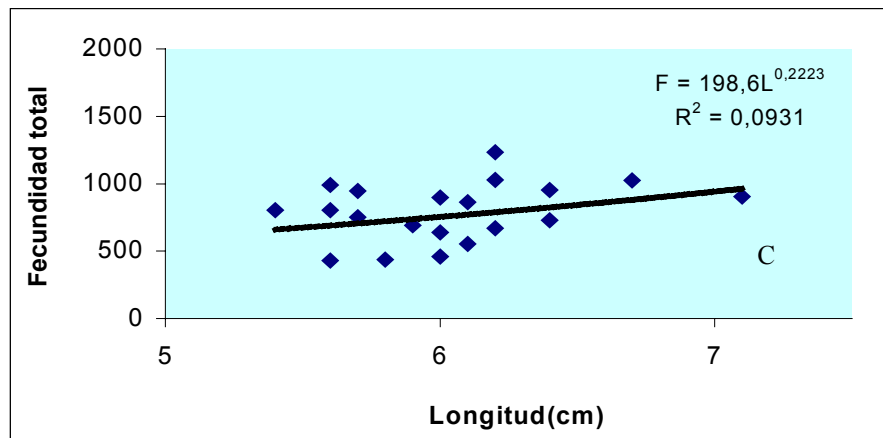
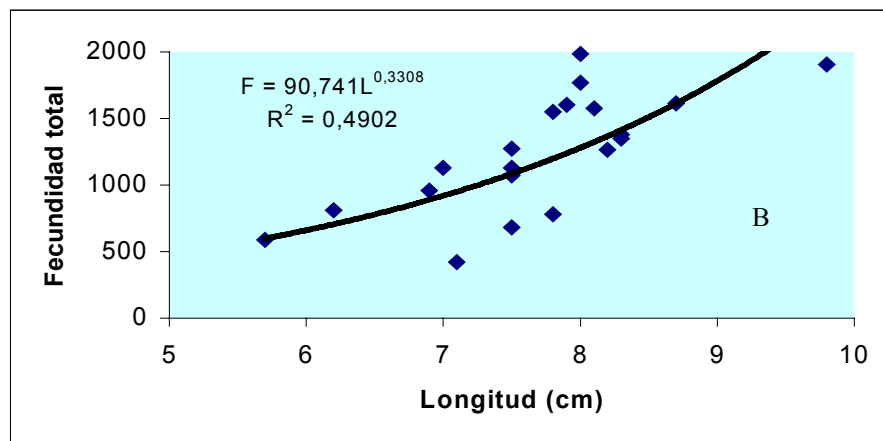
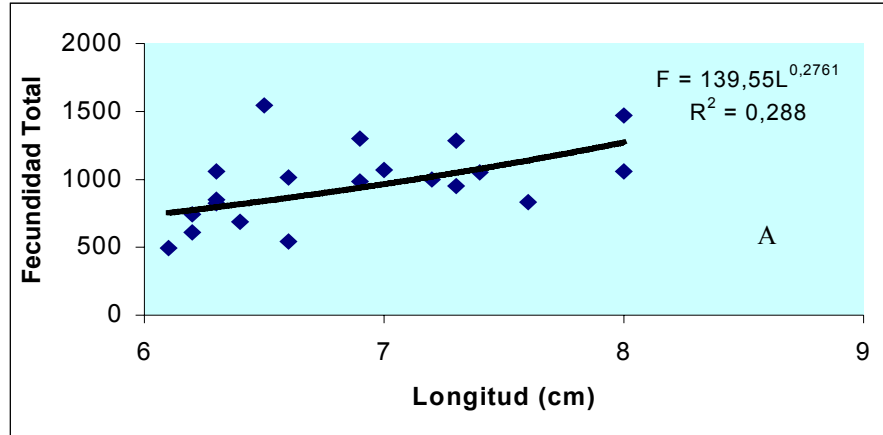


Figura N° 6. Ecuación de regresión lineal y relación entre longitud y fecundidad total para poblaciones de puye silvestre(A), F1 (B) y F2 (C) respectivamente.

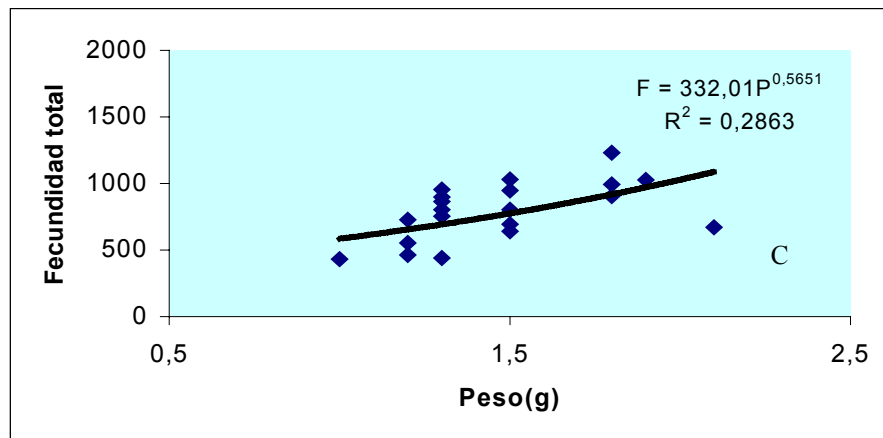
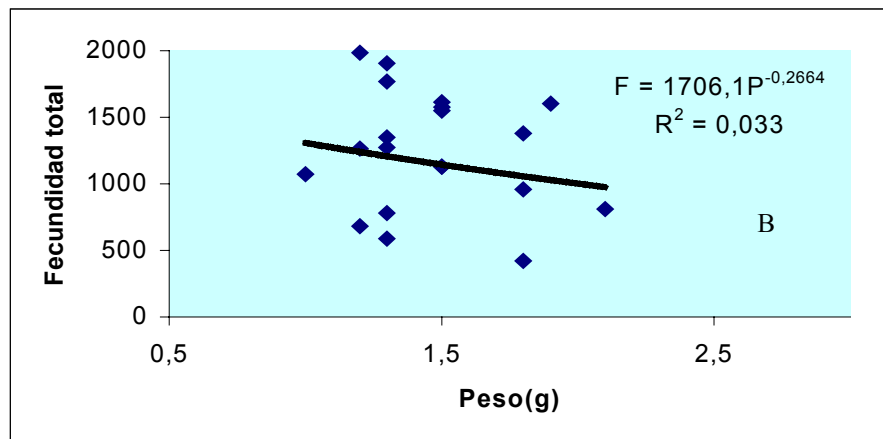
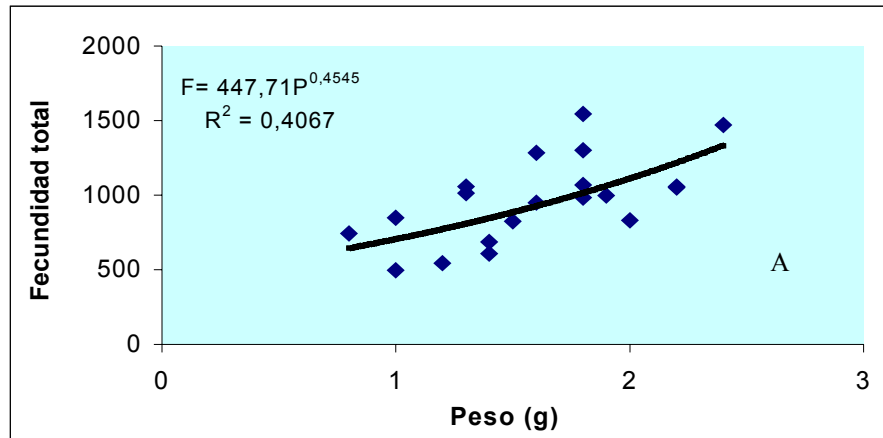


Figura N° 7. Ecuación de regresión lineal y relación entre peso y fecundidad total para poblaciones de puye silvestre (A), F1 (B) y F2 (C) respectivamente.

Los resultados de la correlación existente entre el diámetro del huevo y el número de gotas lipídicas se observa en la figura 8. Donde se determinó una correlación positiva y significativa ($p < 0.05$) sólo en la población silvestre (Fig. 8 A).

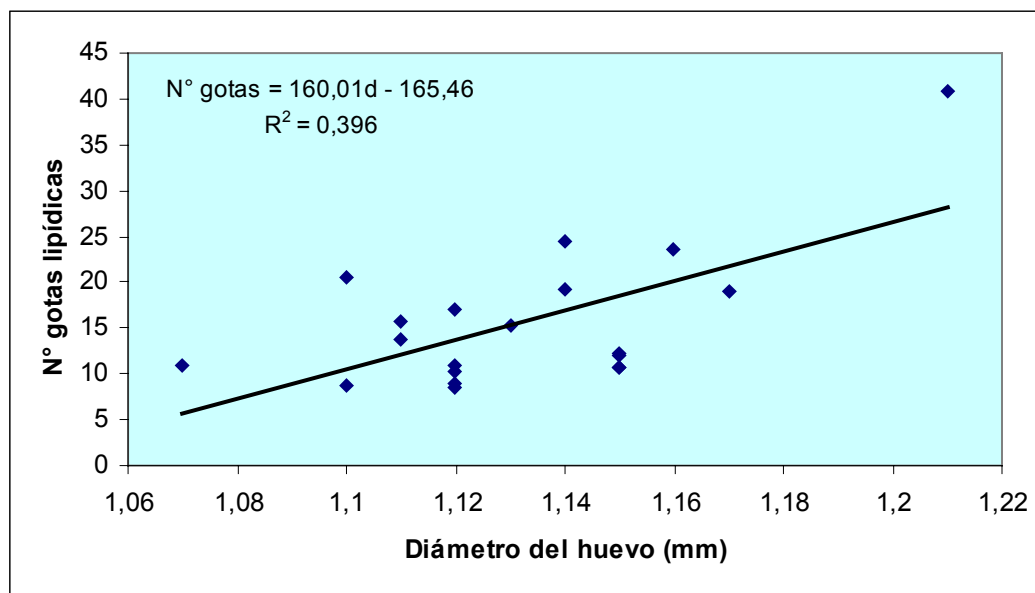


Figura N° 8. Ecuación de regresión lineal y relación entre diámetro y número de gotas lipídicas para poblaciones de puye silvestre.

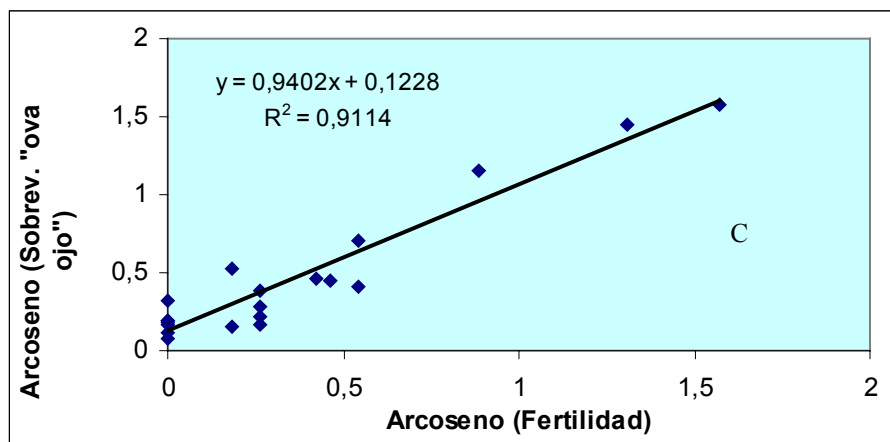
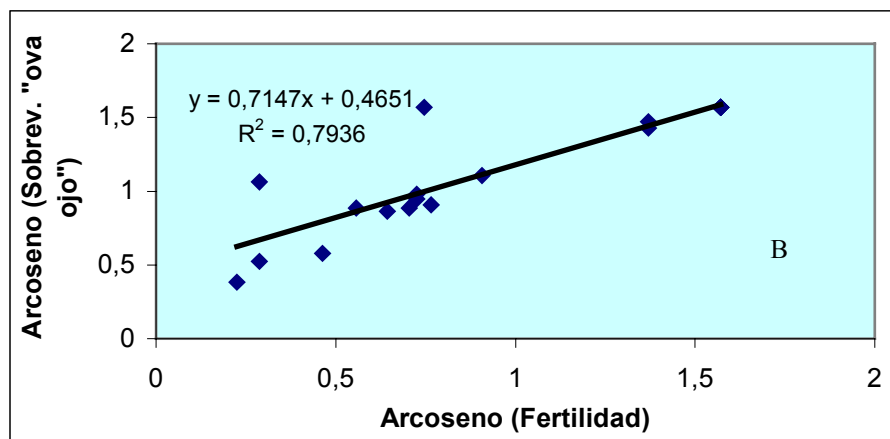
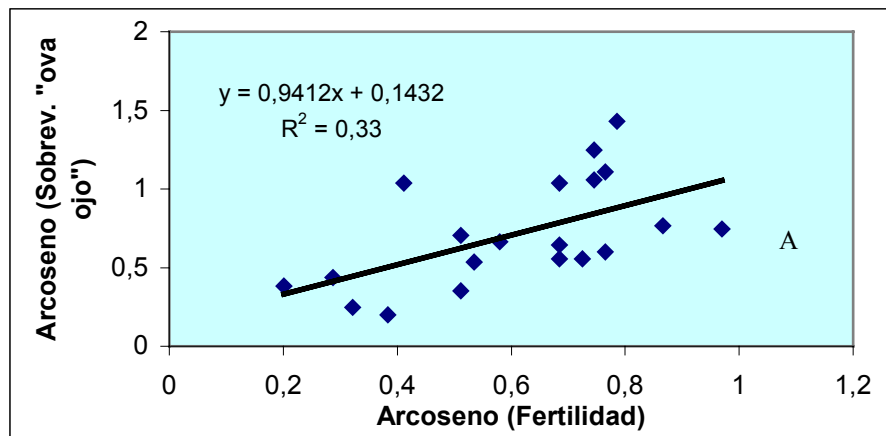


Figura N° 9. Ecuación de regresión lineal y relación entre el porcentaje de sobrevivencia al estado de “ova con ojo” y el porcentaje de fertilidad para poblaciones de puye silvestre(A), F1 (B) y F2 (C) respectivamente.

Tabla 1. Parámetros reproductivos ($X \pm S.D.$) en hembras de puyes (*G. maculatus*) silvestre, primera y segunda generación en cautiverio.

Parámetros	Población Silvestre	Población F1	Población F2
Peso (g)	1,6 \pm 0,421 ^a	3,12 \pm 0,565 ^b	1,46 \pm 0,404 ^a
Longitud (cm)	6,85 \pm 0,58 ^a	7,69 \pm 0,86 ^b	6,035 \pm 0,4 ^c
Fecundidad Total (FT)	967,55 \pm 277.88 ^a	1242.25 \pm 431.50 ^b	790.75 \pm 212.13 ^c
Fecundidad Relativa (FR)	620.88 \pm 163.59 ^a	407.25 \pm 107.07 ^b	547 \pm 127.35 ^c
Porcentaje Fertilidad (%)	65.8 \pm 17.36 ^a	40.85 \pm 35.35 ^b	81.15 \pm 29.60 ^c
Diámetro ova (mm)	1.132 \pm 0.029 ^a	1.206 \pm 0.057 ^b	1.088 \pm 0.031 ^c
Nº de gotas lipídicas	15.68 \pm 7.48 ^a	21.29 \pm 11.62 ^b	11.45 \pm 3.09 ^c
Sobrevivencia ova/ojo (%)	56.5 \pm 28.19 ^a	25.13 \pm 27.18 ^b	76.94 \pm 31.57 ^c
Eclosión (%)	49.4 \pm 27.2 ^a	25.4 \pm 20.0 ^b	38.8 \pm 26.81 ^c
UTA inicio eclosión	354.90 \pm 23.20 ^a	249.35 \pm 189.72 ^b	276.05 \pm 132.68 ^b
UTA fin eclosión	687.90 \pm 116.62 ^a	432.25 \pm 339.73 ^b	673.05 \pm 290.11 ^a
Indice de condición (K)	0.0049 \pm 0.0008 ^a	0.0066 \pm 0.001 ^b	0.0065 \pm 0.001 ^b
Longitud larva (cm)	6.1 \pm 0.24 •	6.6 \pm 0.28 •	5.66 \pm 0.39
Sobrevivencia 20 días en inanición (%)	12.3 \pm 16.3 •	33.2 \pm 24.0 •	58 \pm 32

Letras distintas, indica que son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$).

• Registro sólo de medias y desviaciones estándar.

VII. DISCUSION

De los resultados obtenidos tanto para el peso como longitud total (Tabla 1), se observa que la población F1 obtuvo valores máximos para ambos parámetros (3.12 ± 0.5 g; 7.69 ± 0.86 cm). Las longitudes determinadas en las tres poblaciones, se encuentran dentro de los rangos establecidos por Campos (1970), para una población de puye lacustre, indicando que hembras y machos maduros alcanzan tamaños desde 4.8 cm hasta 16 cm. Los valores registrados son mayores a los obtenidos por Ferriz (1987), quién observó que la mayor frecuencia para especímenes de puye en un embalse de Argentina, correspondió a ejemplares comprendidos entre los 4.6 y 4.8 cm. Teniendo presente que los ejemplares de las tres poblaciones tenían aproximadamente un año de edad. Las diferencias en peso y longitud entre las poblaciones, pudieron deberse a la disponibilidad de alimento que tienen los peces en condiciones de cautiverio, la que es mucho mayor que la existente en el ambiente natural, no teniendo que competir por este con otras especies. La relación positiva existente entre la longitud y el peso en el presente estudio (Fig. 5), queda corroborada por lo obtenido por Ferriz (1987), quien determinó una correlación positiva entre la longitud y el peso en una población de puye.

Es importante considerar, el período en el cual ocurre la maduración sexual de los ejemplares en estudio, ya que en la población silvestre y F1, el desove ocurrió en los meses de octubre y en agosto- septiembre del 2000, respectivamente, a diferencia de la población F2 donde el desove se desarrolló en el mes de abril del 2001, lo cual podría tener incidencia en las diferencias encontradas. Ferriz (1987) determinó que la talla media en el puye sufre una notable disminución dependiendo de la estación, así para el otoño de 1985 obtuvo una media de 4.54 cm y durante el invierno fue de 4.07 cm. Para el período de primavera la media volvió a aumentar, encontrándose ejemplares con longitudes medias de 4.6 cm.

La fecundidad total (FT) obtenida fue significativamente mayor ($p < 0.05$) en la población F1 (1242 ± 431 huevos/hembra), valor que está dentro del rango señalado por Ferriz (1987) de 107 – 2858 huevos por hembra y es mayor al determinado por Campos (1970), quien señala fecundidades que oscilan entre 500 a 800 huevos/hembra en una población lacustre de Valdivia. Valdebenito (1999) obtuvo una fecundidad promedio de 729 ± 230 huevos por

desove, con un máximo de 1341 huevos y un mínimo de 420. En hembras de 16 cm de longitud se han obtenido fecundidades cercanas a los 7.000 huevos/hembra (Vega comunicación personal, 2003). La disminución del diámetro del huevo, o bien el aumento del tamaño del animal están, asociados con un incremento de la fecundidad total (Cerdá, 1993), por lo que el elevado valor de la FT observada en la población F1, puede tener relación con un mayor tamaño de las hembras en comparación con las otras poblaciones. Por otro lado, no puede asociarse el aumento de fecundidad en la población F1 con una disminución del diámetro del huevo, que aumentó ligeramente con respecto a las otras poblaciones. A pesar del incremento de la FT en la población F1, la fecundidad relativa (FR) disminuyó (407 ± 107 huevos/g). Esta disminución, podría estar asociada con un aumento del tamaño de las hembras debido al crecimiento. El tamaño de los reproductores influye en el número y tamaño de los huevos producidos (Bromage, 1995). Generalmente, a medida que el tamaño del pez aumenta se produce un incremento paralelo de la fecundidad total y del diámetro de los huevos, lo cual se observa particularmente en salmónidos. Estay et al., (1994b), señala que un incremento de la FT con el incremento en el peso y longitud corporal de la hembra ha sido documentado en salmónidos como en el salmón coho (*O. kisutch*) y trucha arco iris (*O. mykiss*).

La fecundidad relativa (FR) del puye en esta investigación, tiene un valor notoriamente alto, alcanzando en la población silvestre un promedio de 620 ± 163 huevos/g, lo que determina un gran esfuerzo reproductivo para este pez tan pequeño. Como resultado de un aumento en la fecundidad total con el incremento del tamaño del pez, los peces de mayor tamaño tienen menor fecundidad relativa (Piper et al., 1982). Este fenómeno, ha sido descrito en trucha arco iris y parece operar, de modo similar, en otras especies de peces (Carrillo et al, 1991). Navas (1997) determinó que en lubina (*D. labrax*) un factor que parece estar relacionado con la reducción de la FR durante el período de desove, es el incremento en el diámetro de los huevos. En trucha arco iris (*O. mykiss*) se observó que la FR aumentaba de una manera más moderada que la FT. Esto llevó a sugerir que en las explotaciones piscícolas un determinado peso total de peces de pequeño tamaño, podría producir un número mayor de huevos que el mismo peso total de reproductores más grandes, con los consiguientes beneficios económicos. Sin embargo, en lubina (*D. labrax*) el aumento global de la FR parece indicar que, los

reproductores de mayor tamaño resultan los idóneos para conseguir un mayor número de huevos con el menor gasto posible (Navas, 1997).

Gillet (1991), no obtuvo correlaciones significativas entre el peso y la fecundidad total en hembras de “whitefish” tanto en poblaciones silvestres como de cultivo ($r = 0.193$; $r = 0.081$ respectivamente). En este trabajo se obtuvo una relación positiva y significativa en la población silvestre ($r: 0.6$) y en la población F2 ($r: 0.5$) (Fig. 7). Se obtuvo una relación positiva entre longitud total y fecundidad total (Fig. 6) en la población silvestre ($r: 0.5$) y F1 ($r: 0.7$), lo cual concuerda con lo establecido por Coates (1988), quien obtuvo una relación positiva entre estos parámetros en peces del río Sepik en Papua, Nueva Guinea. Por otro lado, la edad de los reproductores parece ejercer también una cierta influencia sobre la fecundidad (Bromage & Cumaratunga, 1988). Dentro de cada grupo de reproductores hay un componente genético que determina, en gran medida los valores observados de fecundidad (Bromage, 1995). Este es un factor que hay que tener en consideración, cuando se realizan comparaciones entre los resultados obtenidos en experimentos, en los que se usan animales con una procedencia completamente distinta. En la investigación no se dio esta situación, ya que las tres poblaciones debieran ser genéticamente iguales, porque su origen es el mismo cuerpo de agua.

Gillet (1991) mostró que, la fecundidad relativa no tuvo un cambio significativo en relación al peso para hembras de poblaciones silvestres y de cultivo en el “whitefish” (*Coregonus shinzi palea*), pero sí hubo diferencias entre la fecundidad relativa en hembras bajo fotoperíodo natural, el que fue menor que los mantenidos bajo fotoperíodo de días largos (17 horas luz – 7 horas oscuridad). Morehead et al. (2001) no encontraron diferencias significativas entre las fecundidades relativas en 3 poblaciones de reproductores de “striped trumpeter”, de los cuales dos grupos fueron mantenidos en cautiverio, alimentados uno con trozos de pescado y el otro con pellet y un tercer grupo correspondiente a ejemplares silvestres.

Si bien la población F1 presenta mayor fecundidad, debido posiblemente a la mayor cantidad de alimento con la que se cuenta en cautiverio, no ocurrió lo mismo en la población F2, pero esta última presentó mejores porcentaje de fertilización comparado con las dos poblaciones.

Sin embargo, a pesar de la restricción alimenticia que experimentan los peces en ambientes silvestres, la que puede afectar el tamaño del reproductor y así la fecundidad, no afectó el porcentaje de eclosión que fue cercano al 50%, significativamente mayor que las otras poblaciones. En diversas especies de peces, tales como el bacalao (*G. moura*), trucha arco iris (*O. mykiss*) (Bromage et al., 1992) y el *Melanogrammus aeglefinus* o platija, se ha observado que una fuerte restricción de la dieta, que a veces llegó a una eliminación completa del alimento, da lugar a una disminución de la fecundidad. En una experiencia realizada en lubina (*D. labrax*) la reducción de la ración hasta un 0.5% de peso corporal no afectó la fecundidad, ni tampoco el peso de las hembras o el diámetro de los huevos (Cerdá et al., 1994). Navas (1997) determinó en la misma especie, que la disminución de la ración no provocó alteraciones en el porcentaje de viabilidad de los huevos, que fue más elevada en los grupos alimentados a ración reducida que en los que se alimentaron a ración completa. La calidad de la dieta sí tuvo un efecto sobre los resultados de puestas. Así mismo, este autor encontró que un grupo de lubinas (*D. labrax*) alimentadas con una dieta natural mostró valores de fecundidad y tasas de viabilidad y de eclosión claramente más elevadas que las de los otros grupos alimentados con dietas artificiales, este autor atribuyó las variaciones en la fecundidad a la calidad de las dietas administradas, y señala que a su vez la calidad de las dietas, estuvo determinada, en gran medida, por la composición en ácidos grasos, en concordancia con esto Watanabe *et al.*, (1984) señala que el número de huevos se reduce si la dieta contiene un nivel deficiente de ácidos grasos de la serie n-3.

En general, se considera que la fecundidad aumenta con el tamaño de la hembra, pudiendo este último afectar el tamaño del huevo. No obstante, en trucha arco iris (*O. mykiss*) se ha concluido que la fecundidad, depende más fuertemente del tamaño de la hembra que del diámetro del huevo. Es necesario considerar también, que cuando se emplea el peso total de la hembra, este puede estar sobreestimado debido al peso extra que confieren el peso de los huevos. Este problema puede ser evitado utilizando el peso somático, es decir, pesando el animal inmediatamente después del desove y utilizando ese peso para la expresión de la fecundidad (Cerdá, 1993). En la investigación el peso total de las hembras, fue determinado antes de que se produjera el desove. Por otro lado, hay una gran variedad de factores ambientales, como la temperatura del agua, su nivel de contaminación, el pH, el fotoperíodo,

las infecciones parasitarias, la densidad de población, etc, pueden afectar el desarrollo y maduración gonadal, y en última instancia, influenciar la fecundidad (Navas, 1997).

El porcentaje de fertilización obtenido en la población F2 fue de $81 \pm 29 \%$, significativamente ($p < 0.05$) mayor que la población silvestre y F1 (65 ± 17 , 40 ± 35 respectivamente). Estos valores fueron menores a los obtenidos por Mitchell (1989), quien obtuvo porcentajes cercanos al 98%. Morehaed et al., (2001) señalan que, los porcentajes más altos de fertilización se obtuvieron en ejemplares de *Latris lineata* alimentados con pellet, no encontrándose diferencias significativas con la población silvestre. Valdebenito (1999) encontraron valores de fertilización alrededor del 90%, dependiendo de la calidad de ovas y semen utilizado. Muñoz (2002) determinó, un porcentaje promedio de ovas fecundadas en puyes de $86.44 \pm 0.63 \%$. Gillet (1991) señala que los huevos de trucha arco iris (*O. mykiss*) de cultivo presentan baja fertilidad en comparación a los huevos silvestres, lo cual no coincide con este trabajo, donde el mayor valor para el porcentaje de fertilización fue para la población F2. Esto podría indicar que las condiciones de cultivo en las que se mantienen las poblaciones son adecuadas.

En la mayoría de las especies, la viabilidad de los gametos es de algunos minutos u horas. Por lo que si su encuentro no se produce oportunamente, ambas células entrarán en un proceso que las llevará a su muerte. Dentro de los factores que regulan su viabilidad antes del desove se encuentra la temperatura a mayor temperatura menor tiempo viable en organismos poiquilotérmicos. De los factores que regulan su viabilidad después del desove se encuentra el gradiente osmótico entre el medio y el gameto: a mayor gradiente menor tiempo viable y la temperatura: a mayor temperatura menor tiempo viable (Valdebenito comunicación personal, 2003). Es importante considerar si el método de fertilización se realizó de igual manera en las poblaciones estudiadas, así como determinar la temperatura de fertilización, para lo cual sería conveniente una estandarización del método de fertilización, de manera de eliminar factores que intervengan en los resultados obtenidos (Vega comunicación personal, 2003).

Al fertilizar ovas con semen fresco se obtienen mejores resultados que al utilizar semen diluido, esto debido a que en especies que presentan fecundación externa, la duración del

tiempo de motilidad del espermatozoide una vez que ha sido activado en un medio acuoso, depende casi únicamente de la energía pre- acumulada como ATP por los espermatozoides en el testículo o durante la espermiación. La temperatura en la cual fue realizada la fertilización, es importante, ya que existe una correlación inversa entre el tiempo de motilidad del espermatozoide y la temperatura. Esto provoca que, a mayor temperatura el metabolismo de los espermatozoides aumente, por lo que su movimiento flagelar es más energético, pero de menor duración debido al agotamiento de las reservas energéticas producto de un mayor metabolismo (Billard & Cosson 1986 en Fletcher 2000). Por lo anterior, en este estudio, la fertilización se realizó utilizando semen fresco.

El porcentaje de fertilización se encuentra directamente relacionado, con el período de ovulación, así si este no es detectado a tiempo, hay un alto riesgo de obtener huevos que no serán fecundados. En huevos de trucha el porcentaje de fertilización máximo se obtiene durante un período de tiempo de 4 – 8 días post ovulación, pasado este tiempo éste disminuye drásticamente. También se han encontrado cambios en otros parámetros como son el porcentaje de sobrevivencia a “ova con ojo” y el porcentaje de eclosión, así entre los días 3 a 6 post ovulación se encuentran los valores más altos (Gordon, 1987). Experimentos realizados en poblaciones de “whitefish” silvestres y de cultivo, mostraron que los ejemplares en cultivo mantuvieron una fertilidad máxima por 3 a 4 días después de la ovulación a una temperatura de 5° C, una semana después los huevos habían perdido su capacidad de ser fertilizados, mientras que en los ejemplares silvestres la fertilidad máxima la alcanzan entre los días 1- 3 post- ovulación a una temperatura de 7.5°C, y entre 0 -1 día post-ovulación a una temperatura de 11°C (Gillet, 1991). La calidad de las ovas varía individualmente después de la ovulación, por lo tanto, diferentes porcentajes de fecundación pueden ser causadas por variaciones en la calidad de las ovas y también del semen usado para los controles (Lahnsteiner et al., 1996). Una significativa baja en los porcentajes de fecundación de ovas de “atlantic croaker” (de 53% a 0%) ocurrió 2 horas después de la ovulación. Por lo tanto, predecir el tiempo de ovulación es importante para llevar a cabo una fecundación, por la corta viabilidad de las ovas en algunas especies (Gwo, 2000).

Las diferencias encontradas en el porcentaje de fertilización entre las tres poblaciones, podría tener relación con el estado de madurez de los huevos, ya que los valores máximos de desove en puye se alcanzan en el mes de agosto (Peredo & Sobarzo, 1994), y en esta investigación la

población silvestre fue desovada en octubre, la población F1 a fines de agosto y comienzo de septiembre, momento en el cual finaliza el período de desove, en cambio la población F2 fue desovada en el mes de abril, esto pudo haber afectado el estado de madurez de los huevos. Así como la temperatura de fertilización, que para la población silvestre y F1 fue de 11.5 y de 10.6°C en la población F2.

El porcentaje de fertilización, es un parámetro útil para determinar la calidad del huevo. Sin embargo, este no siempre está en correlación con una buena sobrevivencia y un buen desarrollo durante las fases embrionarias como es el caso las carpas (*C. carpio*), turbot (*S. maximus*), el bacalao (*G. morhua*) (Kjørsvik, 1990). En esta investigación se obtuvo una correlación positiva entre este parámetro y el porcentaje de sobrevivencia al estado de “ova con ojo” con valores de r: 0.9 tanto en la población F1, como F2.

El diámetro del huevo fue significativamente mayor en la población F1 (1.21 ± 0.05 mm), seguido de la población silvestre (1.13 ± 0.03 mm), lo cual queda determinado por Campos (1970), quien señala que el diámetro de los huevos de puye fluctúan entre 0.9 y 1.6 mm. Las diferencias obtenidas en el diámetro de las ovas, podrían tener relación con el tamaño de las hembras, ya que el tamaño de los reproductores influye notoriamente en el número y tamaño de los huevos producidos (Bromage, 1995). En esta investigación la población F1 obtuvo los valores más altos en peso y longitud total (3.12 ± 0.56 g; 7.69 ± 0.86 cm, respectivamente), con la consecuencia de tener un diámetro de huevo mayor que el de las otras poblaciones. Gillet (1991) mostró que, los huevos de “whitefish” de cultivo, con fotoperíodo natural, tienen un peso similar a los peces silvestres, excepto en ejemplares mantenidos bajo fotoperíodos largos (17 horas luz – 7 horas oscuridad), donde el peso de estos fue menor que los mantenidos bajo fotoperíodo natural. Generalmente, a medida que el tamaño del pez aumenta, se produce un incremento paralelo de la fecundidad y del diámetro de los huevos, lo cual se observa particularmente bien en salmónidos. En algunos experimentos realizados en *Latris lineata*, se ha llegado a determinar que el diámetro de huevos de grupos alimentados con pellet, son significativamente mayores a huevos de ejemplares silvestres (Morehead, 2001). Brooks (1997) señala que, huevos de salmón del atlántico silvestres (*S. salar*) tienen un 25 % más de fertilización y sobrevivencia en incubación que los huevos de cultivo, lo cual asocian con el mayor tamaño y sobrevivencia de los embriones y alevines, comparado con el de cultivo. Esto no concuerda con lo determinado en la investigación, ya que la población

silvestre no obtuvo los valores más altos en fertilidad, comparado con las poblaciones de cultivo.

Sin embargo, es bien conocido que este parámetro muestra una considerable variación intra específica, ya que está determinado en parte por el genotipo de la generación parental. No obstante, también se ve afectado por otros factores como la edad y el tamaño de los reproductores (Springate y Bromage, 1984). Las manipulaciones fotoperiódicas o nutricionales pueden modificar el diámetro del huevo, aunque bajo condiciones de cultivo favorables estos huevos más pequeños no muestran diferencias en sobrevivencia, o en crecimiento en cuanto a las larvas producidas (Cerdá, 1993). Se ha relacionado la disminución del tamaño de los huevos producidos con una baja ingesta de alimento, característica que aparece en ocasiones asociada con un aumento de la fecundidad relativa y del peso del huevo. No obstante, el tamaño del huevo no siempre es afectado por la baja disponibilidad de alimento. Experimentos en trucha arco iris (*O. mykiss*) han mostrado que estas condiciones nutricionales, o incluso otras más drásticas (ayuno), no alteran la composición y/o la calidad del huevo en términos de porcentaje de eclosión de un modo significativo (Springate et al., 1985). Es importante determinar los requerimientos nutricionales de cada especie, ya que para este estudio por no existir un alimento para puyes, estos fueron alimentados utilizando “starter” para salmones. El manejo alimentario engloba tanto la formulación física y química de los alimentos, como la estrategia de alimentación (Toledo, 1992). Siendo la nutrición de vital importancia por el efecto que pueden provocar en la actividad gonadal, en el crecimiento y fecundidad que están relacionados con la calidad del régimen alimenticio, importantes para el desove y la calidad de los huevos (Margor- Jesen, 1993).

Es importante destacar que en diversas especies de teleósteos se han descrito disminuciones del diámetro del huevo a lo largo del período de puesta, pudiéndose mantener constante la viabilidad de los huevos y larvas. También se han observado, cambios estacionales en el tamaño del huevo, relacionados con cambios en el tamaño de las partículas alimenticias disponibles para las larvas o aumentos de temperatura. En condiciones de cautividad, desoves fotoperiódicas retrasadas aumentan el tamaño del huevo en trucha arco iris (*O. mykiss*), o aumentan la variabilidad en la calidad de los huevos en lubina (*D. labrax*) (Carrillo, 2000). En

otras especies de peces, la cantidad de alimento recibida por los reproductores tampoco tuvo un efecto claro sobre el tamaño de los huevos, su peso o su composición (Kjørsvik, 1990). Parece ser, por lo tanto, que la lubina y otras especies de peces son capaces de aprovechar los recursos de que disponen, desviándolos y utilizándolos en el momento más adecuado, de modo que la calidad de los huevos no se vea afectada (Kjørsvik et al., 1990; Bromage et al., 1992; Cerdá et al., 1994). Dentro de un cultivo la nutrición es importante, debido a que las deficiencias detienen el crecimiento. Una nutrición óptima y rentable se basa en que el suministro de nutrientes esenciales con la dieta, sea suficiente y no excesivo, para satisfacer las demandas del crecimiento y mantener un estado fisiológico normal (CAICYT, 1987). Por otro lado, las restricciones cuantitativas de la dieta o deficiencias en la calidad del alimento suministrado a los reproductores, pueden afectar al número de células germinales que queden disponibles para poder ser reclutadas y continuar su desarrollo hasta gametos, reduciéndose de este modo considerablemente la fecundidad (Bromage et al., 1992).

En el número de gotas lipídicas, se determinó que sí existen diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las poblaciones, la población que posee huevos con mayor cantidad de gotas fue F1 (21 ± 11 gotas). Mitchell (1989) observó entre 10 -30 pequeños glóbulos de aceite. Valdebenito et al., (1996), señala que a medida que se avanza en el desarrollo embrionario en puyes, se produce la fusión de las gotas lipídicas, quedando una gota de mayor tamaño acompañada por 2 – 3 gotas más pequeñas. Campos (1970) señala que en una población lacustre, la coalescencia de las gotas de aceite durante el desarrollo del blastoderma, inicia su desplazamiento sobre el vitelo hasta llegar a formar una sola gota grande de aceite con una o dos gotas pequeñas. Hay especies como la lubina (*D. labrax*) donde se utiliza el número de gotas para evaluar la calidad del huevo, ya que huevos que poseen una sola gota de lípido tienen desarrollo normal (Carrillo et al., 1995). En el estudio se determinó que el diámetro de las ovas está directamente correlacionado con el número de gotas lipídicas ($r: 0.6$) (Fig 4) en la población silvestre. Cerdá (1993) no encontró ningún tipo de correlación entre el diámetro de los huevos, o el número de gotas lipídicas por huevo, y la sobrevivencia de las larvas después de la eclosión.

El mantenimiento del tamaño de la gota lipídica, incluso ante adversas condiciones alimenticias, podría también indicar una estrategia altamente conservativa en relación a la cantidad de vitelo acumulado en el huevo. Los lípidos presentes en la gota lipídica, principalmente triacilglicerolos, tienen un papel fundamental para la sobrevivencia del embrión, proporcionando ácidos grasos para la elaboración de las estructuras celulares de este (Cerdá, 1993).

Para el porcentaje de eclosión (%) y el porcentaje de sobrevivencia al estado de “ova con ojo” (%) se determinó que existen diferencias significativas ($p < 0.05$), donde en el porcentaje de eclosión la mayor significancia la obtuvo la población silvestre con un 49 ± 27 % de eclosión, a diferencia de lo que ocurre con el porcentaje de sobrevivencia a “ova con ojo” donde el máximo valor lo obtuvo la población F2 con un 76 ± 31 %. Mitchell (1989) determinó un 90% de eclosión en ejemplares de puye. Gillet (1991) demostró, que el porcentaje de sobrevivencia de huevos de hembras en “whitefish” salvajes (86%) era más alto, que el obtenido para hembras de cultivo el cual estuvo en un rango de 73 – 76%. Lo cual concuerda con los resultados obtenidos en esta investigación, donde el porcentaje de eclosión fue significativamente mayor en la población silvestre que de cultivo. Estay et al. (1994b) registraron una sobrevivencia media en la etapa de incubación de un 82 ± 18 % en trucha arcoiris y Estay et al., (1995) determinaron en salmón coho (*O. Kisutch*) una sobrevivencia promedio de 74 ± 24 % en sistemas de cultivo en el sur de Chile.

La eclosión de los huevos en la población F2, se inició a las 263 unidades térmicas acumuladas (UTA), que da una relación de 30 días a una temperatura promedio de 8.5°C. Para las poblaciones silvestres y F1 la eclosión comenzó a las 249 UTA y 384 UTA respectivamente, a una temperatura de incubación que varió entre 10.0 y 12.0 ° C. no encontrándose diferencias significativas ($p < 0.05$) entre la población F1 y F2. lo que no coincide con lo establecido por Campos (1970), donde se indica que los huevos tardan 16- 20 días a 17° C (272 UTA) en eclosionar, aunque el período de incubación es claramente dependiente de la temperatura ambiental. Las unidades térmicas acumuladas (UTA) al final del proceso de eclosión, arrojaron que no existen diferencias significativas ($p < 0.05$) entre la población silvestre y F2, encontrándose el valor mínimo en la población silvestre (432 ± 339),

seguido de la población F2 y F1 (673 ± 290 ; 687 ± 116 respectivamente). Estay et al., (1994a) señala que en trucha arco iris (*O. mykiss*), la eclosión ocurre a las 300 UTA (30 días a una temperatura de 10°C). Vega et al., (1994), describen el desarrollo embrionario y las larvas de puye obtenidas en laboratorio, el que demoró de 17 a 26 días.

Se ha observado en salmónidos, que huevos pequeños no presentan ningún problema inherente en cuanto a la sobrevivencia, lo cual sugiere que pueden ser cultivados del mismo modo que los grandes (Cerdá, 1993). En lubina, bajo condiciones de cautividad (Cerdá et al., 1994), no se han observado diferencias asociadas al tamaño en los porcentajes de viabilidad o de eclosión de los huevos, ni tampoco en la sobrevivencia larvaria. Por lo tanto, la reducción del diámetro de los huevos en años sucesivos puede ser un mecanismo que permita un aumento de la fecundidad sin que la viabilidad inicial de los huevos y larvas se vea afectada. Un mecanismo similar parece operar también en otras especies de peces (Springate y Bromage, 1984). Se encontró que huevos de salmón del Atlántico (*Salmo salar*) silvestres presentan un 25 % más de fertilización y sobrevivencia en incubación que los huevos de cultivo, asociando el mayor tamaño de los embriones y alevines comparado con los de cultivo (Brooks et al., 1997). Cerdá (1993) observó que una disminución de la ración suministrada a reproductores de lubina, no provocó alteraciones en el porcentaje de viabilidad de los huevos, que fue, más elevado en los grupos alimentados a ración reducida que los que se alimentaron a ración completa.

Los resultados obtenidos en este trabajo, han confirmado que en puye los huevos grandes producen larvas inicialmente más grandes en longitud. Las larvas recién eclosionadas de la población F2 (5.66 ± 0.39 mm) son más pequeñas que los señalados por Gallegos (2003) para la población silvestre (6.1 ± 0.24 mm) y F1 (6.6 ± 0.28 mm), esto estaría en estrecha relación con el diámetro del huevo, ya que en este estudio fue la población F1 la que obtuvo un diámetro mayor de los huevos y un mayor tamaño de las larvas, en general los huevos grandes producen larvas de mayor tamaño, que los huevos más pequeños (Springate & Bromage, 1984; Cerdá et al., 1994). Mitchell (1989) menciona tallas de 7-8mm para larvas de la misma especie en Nueva Zelanda. Dantagnan et al., (2002) señalan que las larvas de puye miden entre 5-6 mm. Navas (1997) señala, que es un hecho generalizado que huevos más grandes producen larvas a su vez mayores, estas son capaces de nadar con más fuerza, de evitar los

depredadores más fácilmente y de capturar más y mayores presas. Por lo tanto, la sobrevivencia final de estas larvas debiera ser mucho mayor que la de larvas provenientes de huevos más pequeños. La sobrevivencia larval a los 20 días en inanición en la población F2 fue de $58 \pm 32 \%$, mientras que en la población silvestre y F1 fue de $12 \pm 16\%$ y $33 \pm 24 \%$ respectivamente. Estas diferencias no pueden relacionarse con el tamaño de las larvas, ya que la población F1 produjo larvas de mayor tamaño (6.6 ± 0.28 mm), pero no obtuvo un porcentaje de sobrevivencia más alto. Se sabe que, huevos grandes poseen mayor cantidad de vitelo, en consecuencia las larvas tardan más tiempo en consumir sus reservas. Dantagnan et al. (2002) indican que las larvas de puye, eclosionan con una pequeña reserva de vitelo, que se absorbe entre los 5 y 7 días a una temperatura de 13°C , lo que le permite sobrevivir entre 15 a 18 días aproximadamente después de la eclosión sin alimento. Gisbert *et al.*, (2000) no encontró que bajo condiciones de cautiverio el tamaño del huevo fuese una ventaja para la sobrevivencia de los alevines grandes, sino que tanto peces chicos como grandes crecen a la misma tasa. En trucha arco iris (*O. mykiss*) se da un fenómeno de crecimiento compensado que hace que las diferencias iniciales desaparezcan cuando el período de observación se alarga lo suficiente, es decir hasta más de cien días (Bromage et al., 1992). En la lubina (*D. labrax*) se ha podido establecer que el tamaño de los huevos determina el tamaño de las larvas, pero éstas diferencias, que resultaron significativas a los 10 días de vida de las larvas, dejaron de serlo a los 40 días de edad (Cerdá et al., 1994; Carrillo et al., 1995). En la lubina americana (*Morone saxátilis*) no se vio este crecimiento compensado, pero probablemente ello fue debido a que el período de observación se redujo únicamente a 25 días. Las diferencias iniciales en el tamaño de las larvas podrían suponer, una influencia en las tasas de sobrevivencia en condiciones naturales, pero bajo adecuadas condiciones de cultivo artificial no dan lugar a ninguna ventaja o desventaja (Navas, 1997).

Hay que considerar las condiciones bajo las cuales se llevó a cabo la larvicultura, como la época en que se realizó la que está directamente relacionada con la temperatura, el que para la población silvestre y F1 fue de $13 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ y para la población F2 fue de $9.9 \pm 0.9^{\circ}\text{C}$, lo que podría tener incidencia en los porcentajes de sobrevivencia y longitudes de las larvas obtenidos. Por lo que sería recomendable realizar una estandarización de la etapa de larvicultura (Vega conversación personal, 2003).

El índice de condición (k) fue significativamente mayor en las poblaciones F1 (0.0066 ± 0.008) y F2 (0.0061 ± 0.0018), donde no se encontraron diferencias. Esto podría estar ligado a que el aumento del k parece estar directamente relacionado con el desarrollo gonadal, de modo particular en las hembras. El crecimiento inicial de este índice tiene lugar cuando el animal comienza a almacenar reservas para el posterior crecimiento gonadal. Cuando ocurre la puesta, el k disminuye progresivamente tendiendo a alcanzar valores mínimos al final de ese período. Esta drástica pérdida de corpulencia exhibida por las hembras no sólo está relacionada con la emisión de la puesta por estas últimas, sino que también indica un claro detrimento del crecimiento somático en este grupo, en orden a satisfacer los requerimientos de la reproducción (Cerdá, 1993). La caída del índice de condición detectada en las hembras posiblemente estaría indicando un gasto energético superior. Este índice no sólo refleja las condiciones ambientales, sino que está íntimamente relacionado con los procesos de alimentación, crecimiento, reproducción, etc (Ferriz, 1987).

Si bien se ha logrado desarrollar el ciclo del puye en cautiverio, existen todavía áreas como son la larvicultura, donde hay muchas interrogantes que resolver especialmente desde el punto de vista nutricional. Sería de mucha utilidad saber qué ocurre con los parámetros reproductivos aquí evaluados, así como saber cómo influye el cautiverio sobre estos parámetros en las generaciones siguientes, para poder llegar a desarrollar el cultivo comercial de esta especie nativa, lo que permitiría crear una atractiva industria para el país y aumentar la oferta acuícola en Chile.

VIII. CONCLUSIONES

- Las hembras de puye *G. maculatus* de la población F2 presentan una longitud de 6.03 ± 0.4 cm, un peso de 1.46 ± 0.40 g y una fertilidad de 81 ± 29 %.
- Al comparar los parámetros biométricos entre las hembras de las diferentes poblaciones de puyes, sólo existen diferencias significativas entre el peso total de las hembras de la población silvestres y F2 con la población F1.
- De los parámetros reproductivos entre las hembras de las diferentes poblaciones de puye, se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en la fecundidad total y relativa, fertilidad, diámetro de ovas, número de gotas lipídicas, sobrevivencia embrionaria y eclosión.
- La fertilidad está directamente correlacionada con la sobrevivencia a “ova con ojo”.

IX. BIBLIOGRAFIA

- **Aquanoticias- Chile.** diciembre 2001- Enero2002. 13 (66).
- **Aquanoticias Internacional.** Julio – Septiembre 1994. 6(22).
- **Arratia, J. 1981.** Géneros de peces de aguas continentales de Chile. Museo Nacional de Historia Natural. Publicación ocasional.34:3-108.
- **Billard, R. & Cosson, M.P. 1986.** Sperm motility in rainbow trout, *Parasalmo mykiss*, effects of pH and temperature. *Reproduction in Fish* 44: 10-12.
- **Billard, R. 1988.** Artificial Insemination and Gamete Management in Fish. *Mar. Behave. Physiology*.14: 3-21.
- **Bromage, N.; Jones, J.; Randall, C.; Trush, M.; Davies, B.; Springate, J.; Duston, J. & Barker, G. 1992.** Broodstock management, fecundity, egg quality and the timing of production in the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 100:141-166.
- **Bromage, N. & Cumaranatunga, R. 1988.** Egg production in the rainbow trout. In *Recent Advances in Aquaculture*. Eds. J. F. Muir & R. J. Roberts. London and Sydney / Portland, Oregon. 3: 63-138.
- **Bromage, N. 1995.** Broodstock management and seed quality-general considerations. *Broodstock management and egg and larval quality*. Eds. Bromage, N. & Roberts, R. J. Editorial Blackwell Science. 424 pp.
- **Brooks, S.; Tyler, CH.R. & Sumpter, J. P. 1997.** Egg quality in fish: what makes a good egg? *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 7 (4): 387 –416.
- **Campos, H. 1970.** *G. maculatus* (Jenyns, 1842) en Chile, con especial referencia a su reproducción. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural. Santiago-Chile* 31: 5-20.
- **Campbell P.M, Pottinger T.G. & J.P. Sumpler. 1994.** Preliminary evidence that chronic confinement stress reduced the quality of gametes produced by brown and rainbow trout. *Aquaculture* 120: 151- 169.
- **Carrillo, M.; Zanuy, S.; Prat, E.; Cerdá, J.; Mañanos, E.; Bromage, N.; Ramos, J. & Kah, O. 1995.** Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*) En: *Broodstock*

management and Egg and Larval Quality. Eds. Bromage, N. & Roberts, R. J. Editorial Blackwell Science. 424 pp.

- **Carrillo M., Zanuy S., Cerdá F., Navas J. and Ramos J. 2000.** Some criteria of the quality of the progeny as indicators of physiological broodstock fitness. Centre International de Hautes Etudes Agronomiques mediterraneenes (CIHEAM). Zaragoza- España .47: 61-71.
- **CAICYT 1987.** Nutrición en acuicultura. Vol.II. ed. Espinosa de los Monteros y U. Labarta. Madrid -España.
- **Cerdá, J. 1993.** Nutrición de reproductores de lubina (*Dicentrarchus labrax L.*): efecto del nivel de ingesta y de la administración de diferentes dietas sobre el metabolismo intermediario del reproductor y la calidad de la progeñie. Memoria presentada para optar al grado de Doctor en Ciencias Biológicas por la Universidad de Barcelona. 226pp.
- **Cerdá, J; Carrillo, M; Zanuy, S; Ramos, J & De la Higuera, M. 1994.** Influence of nutritional composition of diet on sea bass, *Dicentrarchus labrax. L.*, reproductive performance and egg and larval quality. *Aquaculture* 128(314):345-361.
- **Coates, D. 1988.** Length- dependent changes in egg size and fecundity in females, and brooded embryo size in males, of fork- tailed catfishes (Pisces: Ariidae) from the Sepik River, Papua New Guinea, with some implications for stock assessments. *J. Fish Biology.* 33: 455-464.
- **Dantagnan, P., Bórquez, A. Quevedo, J. & Valdebenito, I. 2002.** Cultivo larvario del puye (*Galaxias maculatus*), en un sistema cerrado de recirculación. *Información Tecnológica.* 13(2):15-20.
- **De Silva S. & Anderson T. 1995.** Broodstock nutrition. *Fish Nutrition in Aquaculture,* 6: 151-158.
- **Díaz, N. 2001.** Manejos Fisiológicos del Proceso Reproductivo. En Seminario “Manejo de Reproductores en la Situación Actual de la Producción Nacional de Ovas”. Organizado por el Instituto Tecnológico del Salmón S.A. Puerto Montt. Chile: 7-10.

- **Estay, F.; Cerisola, H. & Téllez, V. 1994a.** Biología del desarrollo y reproducción artificial en la trucha arcoiris. Conicyt-Fondef. Santiago. 28pp.
- **Estay F.; Díaz N.; Neira R. A & Fernández X. 1994b.** Analysis of reproductive performance of rainbow trout in a hatchery in Chile. *The Progressive Fish-Culturist*. 56:244-249.
- **Estay F.; Díaz N.; Neira R. & García X. 1995.** Reproductive performance of cultured female coho salmon in Chile. *The Progressive Fish-Culturist*. 59:36-40.
- **Ferriz, R. A. 1987.** Biología del puyen *Galaxias maculatus* (Jenyns) (Teleostomi: galaxiidae) en un embalse norpatagónico, ciclo de vida, ciclo gonadal y fecundidad. *Hidrobiología*. Tomo VI. (5): 27-38.
- **Fletcher, CH. 2000.** Estudio de los patrones de motilidad y fertilidad del espermatozoide de puye (*Galaxias maculatus*) (Jenyns, 1842) bajo condiciones de cultivo experimental. Tesis de grado para optar al grado de Licenciado en Ciencias de la Acuicultura. Universidad Católica de Temuco. Chile. 52 pp.
- **Gillet, C. 1991.** Egg production in whitefish (*Coregonus shinzi palea*) broodstock: Effects of photoperiod on the timing of spawning and the quality of eggs. *Aquatic living resources/Ressources Vivantes Aquatiques*. Nantes. 4 (1): 33-39.
- **Gallegos, P. 2003.** Estudio comparativo de los parámetros reproductivos de hembras de puye (*Galaxias maculatus*) (Jenyns, 1842) silvestres y de cultivo experimental (f1). Tesis de grado para optar al grado de Licenciado en Ciencias de la Acuicultura. Universidad Católica de Temuco. Chile. 64 pp.
- **Gordon, M., Klotins K., Campbell V. & Cooper M. 1987.** Farmer salmon broodstock management. Ministry of environment Victoria, B.C. Industrial research assistance program. National research council of Canada. Sea- 1 Aquafarm, Ltd. Vancouver, B.C. 187 pp.
- **Gwo, J.C. 2000.** Cryopreservation of sperm of some marine fishes. In: *Criopreservation in Aquatic Species*. Tiersch, T. R. and P. M. Mazik, Editors. World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana. pp. 138-160.
- **Izquierdo M.S., Fernández- Palcios H. & Tacon A.2001.** Effect of broodstock nutrition on fish reproductive performance. *Aquaculture* 197:24-42.

- **Kjorsvik E., Mangor- Jensen A. & Holmefjord I. 1990.** Egg quality in fishes. *Advances in Marine Biology*. 26: 71-97.
- **Lahnsteiner F., R. Patzner & T. Weismann. 1996.** Semen cryopreservation of salmonid fishes: influence of handling parameters on the postthaw fertilization rate. *Aquaculture Research* 27: 659-671.
- **Mardones, A, Pichara, C & Salas, X. 1999.** Mercado y Comercialización del Puye, Símites y sucedáneos. En Seminario internacional: bases para la piscicultura del puye *Galaxias spp.* Universidad Católica de Temuco. Chile. Publicación financiada con el aporte del Proyecto Fondef D96I1071: 10.
- **McDowall R., Mitchell C. & Brothers E. 1994.** Age at Migration From the Sea of Juvenile Galaxias in New Zealand (Pisces: Galaxiidae). *Bulletin of Marine Science*. Vol.54. N°2.
- **Mitchell, C. 1989.** Laboratory culture of *Galaxias maculatus* and potential applications. *New Zeland Journal of Marine and Freshwater Researche*. 23:325-336.
- **Morehead, D.T.; Hart, P.R.; Dunstan, G.A. & Brown, M. 2001.** Differences in egg quality between wild striped trumpeter (*Latris lineaeta*) and captive striped trumpeter that were fed different diets. *Aquaculture* 192. 39-53.
- **Muñoz, A. 2002.** Bioensayos preliminares para la criopreservación de semen de puye (*Galaxias maculatus*) (Jenyns, 1842) (PISCES: Salmoniformes). Tesis de grado para optar al grado de Licenciado en Ciencias de la Acuicultura. Universidad Católica de Temuco. Chile. 93 pp.
- **Navas, J. 1997.** Efecto del contenido lipídico de las dietas administradas a reproductores de lubina (*Dicentrachus labrax L.*) sobre el proceso reproductor y sobre la calidad y composición de los huevos. Memoria presentada en el Depto. De Biología Animal de la Universidad de Valencia. 304 pp.
- **Peredo S. & C. Sobarzo. 1993.** Microestructura del ovario y ovogénesis en *Galaxias maculatus* (Jenyns, 1842) (Teleostei:Galaxiidae). *Biología Pesquera*, 22:23-32.

- **Peredo S. & C. Sobarzo. 1994.** Actividad gonádica estacional de *Galaxias maculatus* (Jenyns, 1842) en el Río Cautín. IX Región, Chile. *Biología Pesquera*, 65:65-70.
- **Piper, R. G.; McElwain, I. B.; Orme, L. E.; McCaren, J. O.; Fowler, L. G. & Leonard, J. L. 1982.** Fish Hatchery Management. U.S. Fish and Wildlife Service, Washington, D.C. 517 pp.
- **Schreck C., Contreras W. & Fitzpatrick M. 2001.** Effect of stress on fish reproduction, gamete quality, and progeny. *Aquaculture* 197: 3- 24.
- **Smith E., William P. Dwyer, & Robert G. 1983.** Effect of water temperature on egg quality of cutthroat Trout. *The Progressive Fish-Culturist*. 45(3). 176-177.
- **Springate, J. & Bromage, N. 1984.** Broodstock management husbandry and the ripening of eggs. *Fish Farmer* 7(3): 22-23.
- **Valdebenito, I.; Bariles, J.; Vega, R.; Dantagnan, P.; Bórquez, A. & Carreño, E. 1995.** Análisis cualitativo y cuantitativo del semen de puye. *G. maculatus*. (Jenyns, 1842) (SALMONIFORMES: GALAXIIDAE). *Biología Pesquera* 24: 17-21.
- **Valdebenito, I.; Bariles, J.; Bórquez, A.; Dantagnan, P.; Carreño, E. & Uribe, C. 1996.** Parámetros reproductivos de una población de puye (*Galaxias maculatus*) en condiciones de cultivo. IX Congreso Latinoamericano de Acuicultura. Universidad Católica del Norte. 365-369.
- **Valdebenito, I. 1999.** Manejo Reproductivo del Puye (*Galaxias maculatus*) en condiciones de cultivo. En Seminario internacional: bases para la piscicultura del puye *Galaxias spp.* Universidad Católica de Temuco. Chile. Publicación financiada con el aporte del Proyecto Fondef D96I1071: 18-19.
- **Vega, R. 1999.** Manejo de reproductores de *Galaxias maculatus*. En Seminario internacional: bases para la piscicultura del puye *Galaxias spp.* Universidad Católica de Temuco. Chile. Publicación financiada con el aporte del Proyecto Fondef D96I1071: 16-17.

X. ANEXOS

Anexo 1. Temperaturas diarias registradas durante la incubación en cultivo de puye (*G. maculatus*) segunda generación en cautiverio.

Día	Abril	Mayo	Junio	julio
1		8.4	9.0	8.0
2		8.0	9.0	8.5
3		8.6	8.5	8.5
4		8.9	10	10
5		8.6	8.0	8.0
6		8	8.0	8.5
7		8.3	8.0	8.0
8		8.5	7.0	9.0
9		8.0	7.5	8.0
10		8.3	8.0	8.0
11	8,5	8.0	8.0 ■	9.0
12	8,5	7.6	7.5	8.5
13	8,5	7.3	9.0	10
14	8,6	8.1	8.0	12
15	8,0	8.2	8.5	9.0
16	8,3	7.6	9.5	
17	8,5	7.1	9.0	
18	8,5	7.0	8.0	
19	8,0	7.2	10	
20	8,3	6.7	8.0	
21	8,4	6.5	7.5	
22	9,0	7.3	8.0	
23	9,0	7.2	8.0	
24	8,9	7.5	8.0	
25	8,4	7.0	8.5	
26	8,8	6.2	9.0	
27	8,6	6.5	8.5	
28	8,8	5.3	8.5	
29	9,1	5.6	8.0	
30	9,0	6.3	9.0	
31		5.8	8.5	
Promedio	8.6	7.4	8.3	8.8
D.E.	0.3	0.9	0.6	1.05
U.T.A.	171.7	229.6	260	133

■ Inicio del proceso de eclosión

Anexo 2. Temperaturas diarias durante el cultivo larval de puye (*G. maculatus*) segunda generación en cautiverio.

Día	Mayo	Junio	Julio
1		9.5	10.5
2		10	10
3		10	8.5
4		10	10
5		10	10
6		10.5	8.0
7		11	8.0
8		11.5	8.0
9		11.5	9.0
10		10	8.0
11		11	8.5
12		10	8.5
13		10	9.0
14	10	10	12
15	10.5	10	10
16	10	10	11
17	11	11	
18	11.5	9.0	
19	10	9.8	
20	10	10	
21	10	8.0	
22	12	8.0	
23	10	8.5	
24	11	8.0	
25	10	9.0	
26	11.5	9.5	
27	11	10.5	
28	11.5	10	
29	11	9.5	
30	11	9.0	
31	9.5	10	
Promedio	10.6	9.8	9.3
D.E.	0.7	0.9	1.1
U.T.A.	190.8	304	149

Anexo3. Análisis proximal por tipo de alimento, starter de trucha sin baño de aceite.

Componentes	Sin aceite
Materia seca (%)	92.2
Proteína(%)	61.7
Extracto etéreo(%)	7.7
Fibra(%)	0.9
Cenizas totales(%)	12.8
Extracto no nitrogenado(%)	16.9
Energía bruta (Kj/100g)	2040.1