

CULTIVO LARVARIO DEL PUYE (*Galaxias maculatus*), EN UN SISTEMA CERRADO DE RECIRCULACION

P. Dantagnan, A. Bórquez, J. Quevedo e I. Valdebenito

Univ. Católica de Temuco, Esc. de Acuicultura, Casilla 15-D, Temuco - Chile

(e-mail: dantagna@uctem.cl)

RESUMEN

Este estudio muestra los antecedentes del cultivo larvario del puye, *Galaxias maculatus* (Jenyns), un pequeño pez de aguas frías del hemisferio sur. Para el cultivo, larvas recién eclosionadas fueron puestas en estanques de 500 litros de volumen útil. Las larvas fueron alimentadas utilizando una secuencia de rotíferos, *Artemia spp.* y alimento inerte. Durante todo el sistema de producción que duró 150 días, fue necesario realizar un desdoble y una separación por tamaño. Los resultados muestran que esta especie puede alcanzar su tamaño comercial (4 a 6 cm) en seis meses aproximadamente, si es cultivado en un sistema intensivo como el propuesto. Los resultados muestran que las larvas de *Galaxias maculatus*, responden satisfactoriamente a la secuencia de alimentación que incluye rotíferos, *Artemia spp.* y alimento inerte, en un sistema intensivo de producción como el estudiado.

PUYE FARMING (*Galaxias maculatus*), IN A CLOSED RECIRCULATION SYSTEM

ABSTRACT

This study reports data on the larval culture of of the "puye", *Galaxias maculatus* (Jenyns), a small cold water fish occurring in the Southern Hemisphere. For this culture, recently eclosed larvae were placed into 500 liter tanks and fed first with rotifers, then with *Artemia spp.*, and finally with prepared feed. Over the growth period of 150 days, several separations of the fishes were necessary based on size differentials. Results suggested this species would reach a commercial size of 4 to 6 cm in about six months using the intensive system proposed. The larvae of this fish responded well to the feeding sequence described, within the intensive culture system studied.

Keywords: Galaxias maculatus, puye fish, fish farming, larvae culture

INTRODUCCIÓN

Galaxias maculatus (Jenyns, 1842) (Salmoniformes: Galaxiidae) conocido en Chile como "puye", es un pequeño pez que posee distribución circumpolar, habita en aguas frías del hemisferio sur, encontrándose en Tasmania, Nueva Zelanda, Australia, Islas Malvinas y en la parte sur de Sudamérica (McDowall, 1968). En Chile se encuentra en la zona central desde los 32° hasta los 53° latitud sur (McDowall, 1968; Campos, 1970). Esta especie vive de preferencia en ríos y lagos del sur de Chile y Argentina. Se caracteriza por poseer poblaciones lacustres y diádromicas, las primeras viven en los lagos interiores con o sin conexión con el mar, donde realizan su reproducción, como lo ha demostrado Pollard (1971).

De las poblaciones que mas conocimiento biológico existe son de las estuarinas, y en la cual su ciclo de vida es ampliamente conocido, principalmente en Nueva Zelanda y Chile. Según estas investigaciones, los reproductores que habitan aguas límnicas, como ríos y arroyos, migran hacia el estuario, donde desovan y donde la influencia mareal es importante para esta etapa, condición conocida como Catádro marginal, según McDowall (1968).

Entre las características morfológicas más importantes durante su estado de larva y juvenil son que carece de pigmentación siendo su cuerpo transparente, anguiliforme y sin escamas. Estas características son las que hacen de esta especie particularmente apreciada para comercialización como similitud de la "angula", o larva de la anguila, principalmente en los mercados de Europa y México. Por su demanda en el mercado internacional, alcanza precios que pueden oscilar entre US\$28 - US\$100 el kilo como producto elaborado (Vega et al., 1994). Por esto, constituye una especie atractiva para producirla comercialmente, y permite que sea potencial candidato para diversificar la acuicultura en Chile.

En los principales estudios realizados con esta especie han sido enfocados hacia aspectos reproductivos (Valdebenito et al., 1996; Peredo y Sobarzo, 1993), genéticos (Campos, 1970; Campos, 1972), poblacionales (Campos, 1973; Campos, 1974; McDowall y Eldon, 1980), alimentación natural (Modenutti et al., 1993; Cervellini et al., 1993).

No existen antecedentes que den cuenta acerca del cultivo masivo en granjas. Mitchell (1989), publica las primeras experiencias de cultivo a nivel de laboratorio señalando, entre otras cosas que las larvas pueden consumir rotíferos y nauplius de *Artemia spp* en cautiverio, además logró determinar que esta especie tolera temperaturas entre 12 y 18 °C y sus larvas pueden ser cultivadas en un amplio rango de salinidades.

Dantagnan et al. (1995), en experimentos de laboratorio con diferentes tipos de dietas indican que esta especie es capaz de consumir alimento inerte o vivo y que este necesariamente debe ser suministrado desde el primer día de su eclosión, puesto que su reserva vitelina es escasa.

El desarrollo de las técnicas de cultivo larvario es quizás la etapa más compleja del cultivo del puye, puesto que es donde existe mayor desconocimiento de muchos aspectos de manejo técnico, nutricionales y patológicos, que incluyen el establecimiento de secuencias alimentarias adecuadas manejo de densidades óptimas, tiempo de desdoble, diagnóstico y tratamiento de enfermedades, etc. En esta especie, las larvas son robustas y pueden alcanzar su tamaño comercial de entre 4-6 cm, en menos de 6 meses.

El objetivo de este trabajo es probar la viabilidad técnica de una producción masiva de juveniles "cristalinos" de puye, hasta su estado de comercialización, adaptando una metodología comúnmente utilizada en el cultivo intensivo de especies marinas y estuarinas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de larvas

Para la obtención de larvas, se trasladaron hembras y machos maduros capturados en el estuario y trasladados al laboratorio de la Escuela de Acuicultura de la Universidad Católica de Temuco. Una vez en confinamiento, los reproductores fueron desovados manualmente y fecundados artificialmente y luego incubados. La eclosión de las larvas se produjo entre los 24 y 30 días.

Cultivo larvario

Para el cultivo larvario se utilizó un sistema cerrado de recirculación de agua con 16 estanques cilindro-cónicos de fibra de vidrio, con capacidad de 500L cada uno, aireados con difusores para mantener un burbujeo suave y constante. Todos los estanques estaban conectados a un depósito de acopio de 3000L de capacidad, de acero inoxidable, con control de temperatura (Figura 1). Este depósito posee un doble fondo con una unidad refrigerante conectada a un compresor externo que permite mantener y controlar la temperatura deseada mediante un tablero de control electrónico. Los estanques de larvas se limpiaron cuidadosamente cada cuatro días. La totalidad de la mezcla de agua del depósito de acopio (27% del volumen del sistema) se renovó una vez por semana. La tasa de cambio en los estanques de cultivo fue de 1.

El cultivo se realizó en agua a 15 partes por mil de salinidad, a una temperatura de 11±1 °C. La densidad inicial de siembra fue de 38 larvas/litro.

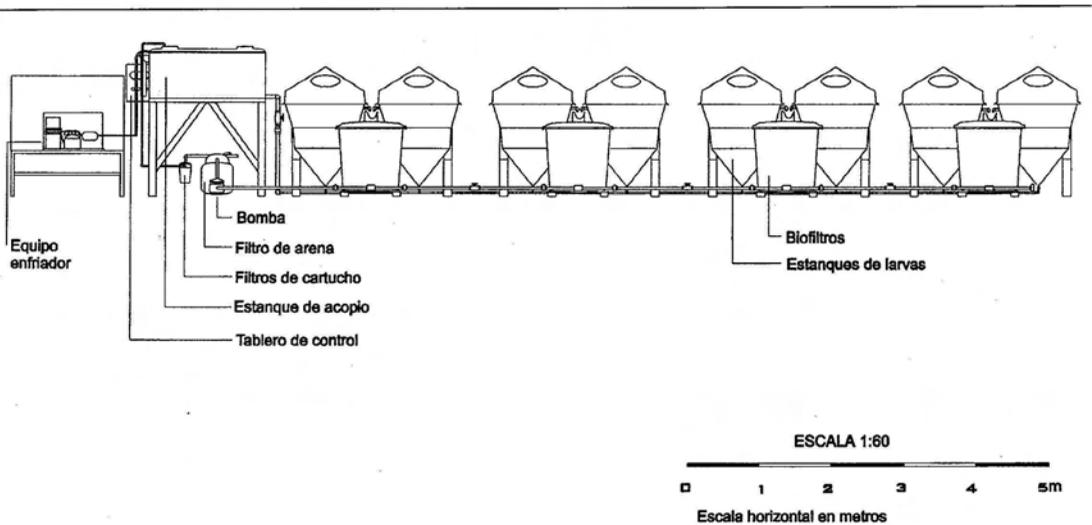


Fig 1: Sistema de recirculado utilizado en cultivo larvario de *G. maculatus*

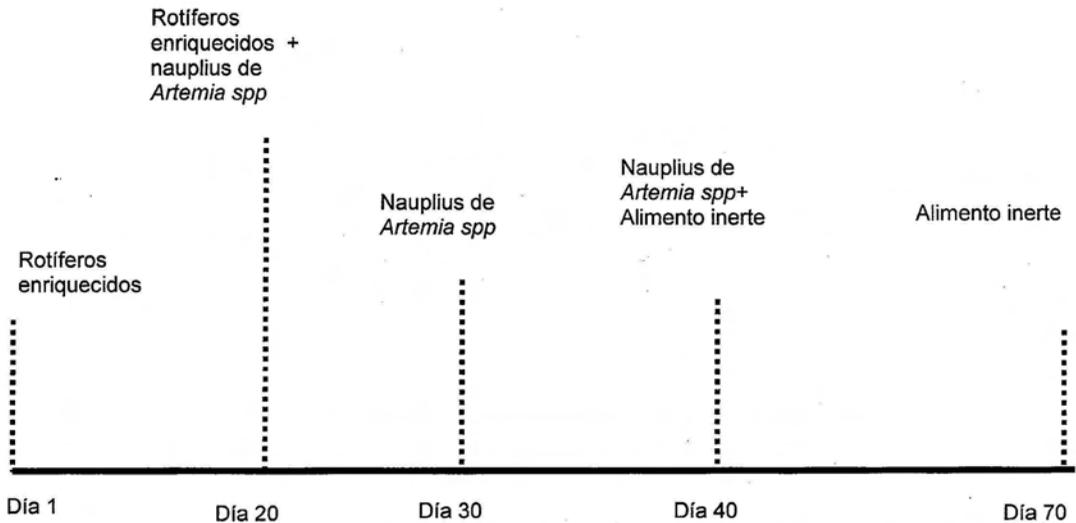


Fig 2: Secuencia de alimentación utilizada en el cultivo larvario de *G. maculatus* en un sistema intensivo de producción.

Alimentación

Las larvas fueron alimentadas los primeros 20 días con rotíferos. Después en forma gradual se disminuyó gradualmente la ración de rotíferos para comenzar a alimentar con nauplius de *Artemia spp*, hasta el día 40, cuando las larvas comenzaron a ser alimentadas con un alimento inerte formulado y preparado en base a harina de pescado, carne de mejillón y aceite de pescado hasta alcanzar su tamaño comercial. Tanto los rotíferos como los Nauplius de *Artemia spp* fueron enriquecidos con,

una emulsión rica en ácidos grasos poliinsaturados. El alimento vivo y el alimento inerte fue entregado en dos raciones diarias, a las 9 de la mañana y a las 4 de la tarde. La secuencia alimentaria utilizada se muestra en la Figura 2.

Crecimiento y sobrevivencia larval

Las larvas fueron medidas al inicio del cultivo, a los 20, 60, 90, y 150 días con un vernier digital. Para ello las larvas fueron anestesiadas con MS22. También, se evaluó la sobrevivencia larval

acumulada, considerando el número inicial de larvas y el número final de ellas en los períodos de medición anteriormente señalados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Puesto que las larvas de *G. maculatus*, eclosionan con una pequeña reserva de vitelo, que se absorbe entre los 5 y 7 días a una temperatura de 13 °C, y que solo le permiten sobrevivir entre 15 y 18 días aproximadamente después de la eclosión sin alimento (Dantagnan et al. 1995) y considerando que esta larva nace con la boca abierta y desde el momento de su eclosión posee una conducta de búsqueda de alimento bastante activa, en un comportamiento de alimentación típico de peces clupeidos (Hunter, 1972 en Mitchell, 1989) es que la alimentación exógena debe iniciarse desde el primer día de eclosión, siendo su punto de no retorno entre el día 1 y 2 después de la eclosión. Aunque las larvas de *G. maculatus* miden entre 5 – 6 mm de longitud total, y pueden ser consideradas relativamente grandes comparadas con otras especies, el paso por rotíferos es importante

durante los primeros 15 – 20 días, aunque Mitchell (1989), señala que las larvas pueden iniciar su alimentación exógena directamente con nauplius de *Artemia*, quizás porque en sus experiencias trabajó con larvas sobre 7 mm de longitud total.

Durante los primeros 20 días las larvas de duplican su crecimiento alcanzando a $10,79 \pm 0,94$ mm (Figura 3). Debido al rápido crecimiento de las larvas durante este período, fue necesario realizar un desdoble, donde cada estanque originó dos estanques, uno con 10 larvas por litro y otro con 23 larvas por litro (Tabla 1). A los 60 días las larvas que se mantuvieron a una densidad de 10 larvas/litro alcanzaron tamaños de $16,52 \pm 3,92$ mm (Figura 3) y las que estaban densidad de 23 larvas por litro, solo alcanzaron a $13,25 \pm 1,75$ mm (Figura 3).

A Partir del día 60 y hasta el día 90 en ambos estanques se produjo un fuerte incremento de la mortalidad por canibalismo. Por esta razón, en ambos estanques, se realizó una separación por tamaño a los 90 días considerando tres rangos de

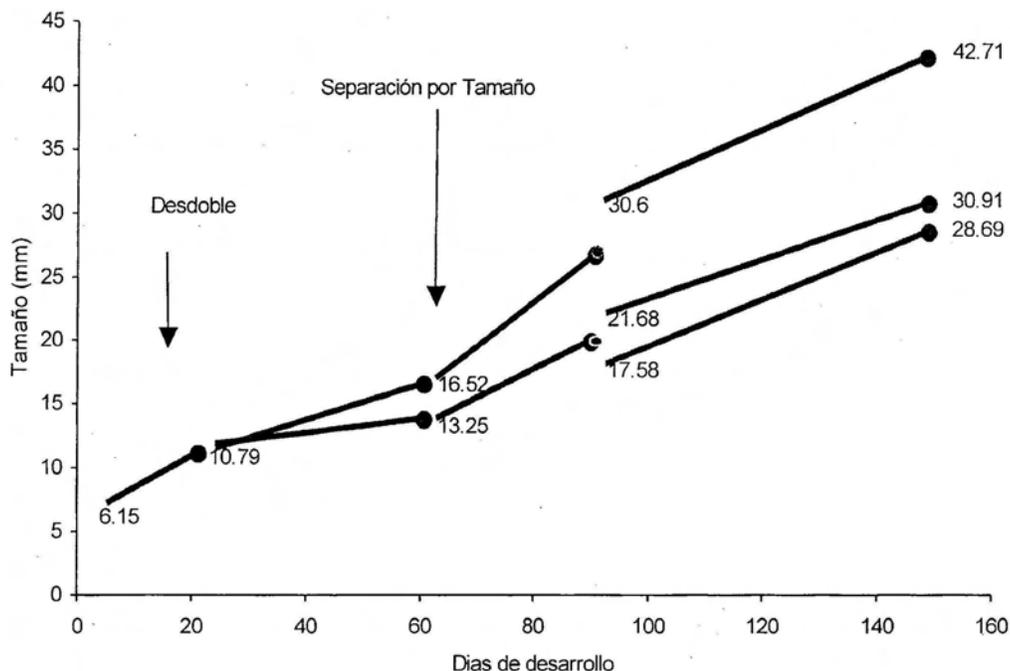


Figura 3. Curva de crecimiento de *G. maculatus*, indicando tiempo de desdoble, separación por tamaño y tamaños logrados en cada evento.

Talla, 26-34mm (X=30,6mm), 20-26mm (X=21,6mm) y 13-20 mm (X=17,58 mm) (Tabla 1, Figura 3). De esta manera quedaron finalmente tres estanques con tres rangos de talla diferentes y con una densidad de 1, 2 y 10 larvas por litro respectivamente. Bajo estas condiciones el canibalismo disminuyó considerablemente. Las larvas de mayor tamaño agrupadas el día 90, y que estaban a una densidad de 1 larva por litro, alcanzaron un crecimiento de $42,7 \pm 6,81$ mm a los 150 días (Figura 3), las de tamaño medio y densidad de 10 larvas por litro, lograron un crecimiento de $30,9 \pm 5,56$ mm (Figura 3) y las larvas más pequeñas que estaban a densidad de 2 larvas por litro llegaron a $28,69 \pm 6,15$ mm (Figura 3).

En relación a la sobrevivencia (Tabla 1), durante los primeros 20 días esta fue de 88,85%. Entre el día 20 (tiempo del primer desdoble) y el día 90 (tiempo de la separación por tamaño), hubo una considerable aumento de la sobrevivencia en ambos estanques. Esto fue mucho más notorio en el estanque con 10 larvas por litro donde la sobrevivencia fue de 64,3%. Mientras que en el estanque con 23 larvas por litro, alcanzó solo un 28,2%. Por otra parte también se detectó un déficit del 10% de larvas en el estanque de mayor densidad, aspecto que no fue detectado en el estanque de menor densidad. En ambos estanques la sobrevivencia disminuyó a medida que la dispersión de talla se hacía mayor y ocurría la transición a alimento inerte. Entre el día 90 y 150 (tiempo de la separación por tamaño en tres intervalos de talla) las sobrevivencias fueron considerablemente altas y no hubo diferencias importantes entre los tres estanques (Tabla 1).

A partir del día 40 se observaron conductas de canibalismo que incrementaron las mortalidades. Esta conducta fue evidente puesto que se observaron muchas larvas con evidentes signos

Tabla 1. Eventos de desdoble y separación por tamaño y sobrevivencias acumuladas entre el día 1 y 20; 21 y 90 y 91 y 150. S= Sobrevivencia acumulada en el período, D= Densidad larval

Día 20 (Desdoble)		Día 90 (separación por tamaño)		Día 150
S	D	S	D	S
(%)	(Larvas/l)	(%)	(Larvas/l)	(%)
88,85	23	28,2	1	96,5
10		64,3	2	99,2
			10	95,7

de daños por mordeduras (larvas con un solo ojo, con aletas caudales carcomidas), y desaparición de larvas sin causa aparente. Este fenómeno ha sido descrito para numerosas especies, Hecht y Pienaar (1993), en una amplia revisión de esta conducta, señalan que dos podrían ser las causas de este fenómeno, factores ambientales externos y factores genéticos, dentro de estos últimos una de las principales causas de canibalismo es precisamente la variación de tamaño, dentro de una misma cohorte, lo cual ha sido demostrado en algunas especies de carpas (Hecht y Appelbaum, 1988; Van Damme et al., 1986). Factores ambientales como disponibilidad de alimento, densidad poblacional, claridad del agua, etc, también son causa de canibalismo en las especies (Katavic et al., 1989; Hecht y Appelbaum, 1988). En *G. maculatus* pareciera ser que esta conducta responde más a factores genéticos que ambientales, puesto que el canibalismo se observó precisamente cuando hubo una dispersión de talla a partir del día 60 y no por efecto de una disminución en la disponibilidad de alimento o la densidad larval, puesto que las larvas siempre fueron sobrealimentadas, y no se detectaron conductas de canibalismo, cuando se uniformaron las tallas y se trabajó con densidades de 10 larvas por litro.

Se observó que aproximadamente entre los 120 y 150 días comenzó el proceso de pigmentación y metamorfosis. La sobrevivencia final considerando, el número inicial de larvas sembradas y el número final obtenido en todos los estanques, después del desdoble y separación por tamaño fue de 30,8%.

Los resultados de este primer intento de producción masiva, indican que es posible un cultivo intensivo, considerando al menos un desdoble entre los 20 y 30 días y una separación por tallas a los 60 días, cuando las diferencias de tamaños entre larvas de una misma cohorte sean muy evidentes. Por otra parte es necesario estudiar con precisión, el momento de transición de alimento vivo a alimento inerte. Al parecer el éxito de la larvicultura de *G. maculatus* en un sistema intensivo de cultivo pasa por un cultivo en altas densidades y un adecuado manejo de las separaciones por tamaño en los momentos precisos, para así evitar el canibalismo. El conocimiento de las máximas densidades que una especie puede ser cultivada sin que afecte la sobrevivencias y crecimientos son de vital importancia, por las demandas de agua y espacio que esto significa, sobretodo en una especie como *G. maculatus*, si se considera que el producto comercial es un juvenil "cristalino" que pesa como promedio 0,3 g. Estudios preliminares realizados por Bórquez et al. (1996) indican que en el caso de *G. maculatus*, es posible el cultivo con densidades iniciales de hasta 60 larvas por litro, al menos durante los primeros 35 días de cultivo, no encontrando diferencias significativas en crecimiento ni sobrevivencia con

las densidades iniciales de 40 y 50 larvas por litro, aunque existe una tendencia a mejorar los índices de crecimiento y sobrevivencia con las densidades menores, desconociendo los resultados a estas densidades después de los 35 días. Esto concuerda con resultados para otras especies de aguas frías como *Coregonus lavaretus*, obtenidos por Rojas et al. (1991), quien no encontró diferencias significativas en los crecimientos en diferentes densidades, aunque una tendencia a mejorar si fue observada con las menores densidades. En el presente trabajo se observa que es posible iniciar los cultivos con 38 larvas por litro y terminar con 10 larvas por litro alcanzando crecimientos y sobrevivencias similares a lo encontrado por Mitchell (1989), aunque el llegó a estado cristalino con solo 0,25 larvas por litro. Es importante destacar que si bien la factibilidad técnica del cultivo de "puye" es posible, el cultivo a las densidades anteriormente señaladas es absolutamente inviable considerando que el estado cristalino, pesa en promedio solo 0,3 gramos, y que la demanda de agua y esesestranques sobrepasaría cualquier rentabilidad, a menos que se pueda lograr una tecnología de cultivo con densidades inusualmente altas en el cultivo larvario de peces, como por ejemplo 800 o 1000 larvas por litro. Por esta razón no se excluye explorar en futuras investigaciones un sistema semiintensivo de producción, con bajas densidades y con manejo de la alimentación en sistemas tipo mesocosmos.

CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos es posible concluir:

1. El cultivo larvario de *G. maculatus*, hasta estado de "cristalino", es posible en un sistema intensivo de producción.
2. Bajo las condiciones expuestas en este trabajo, es posible alcanzar tamaños comerciales de al menos 50 mm, en 150 días de cultivo (5 meses).
3. Bajo las condiciones expuestas en este trabajo, es posible lograr una sobrevivencia de al menos 30,8%, a los 150 días de cultivo (5 meses).
4. El cultivo puede realizarse con una densidad inicial de 38 larvas por litro, con un desdoble a los 20 - 30 días y una separación por tamaño a los 60 días aproximadamente.
5. Las larvas de *G. maculatus*, responden satisfactoriamente a una secuencia de alimentación que incluye Rotíferos, Nauplius de *Artemia spp* y alimento inerte.
6. Es importante considerar en el cultivo de *G. maculatus* la presencia de canibalismo, el cual solo

puede minimizarse con desdobles y separaciones por tamaño en los tiempos adecuados.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue posible, gracias al financiamiento de CONICYT, Proyecto FONDEF D 96 I 1071 y de la Dirección de Investigación de la Universidad Católica de Temuco, Proyecto DIUCT 99-3-02

REFERENCIAS

- Bórquez, A. Dantagnan P. Valdebenito I. Bariles J & R. Vega. Crecimiento y sobrevivencia larval de *Galaxias maculatus* con diferentes densidades de cultivo. IX Congreso Latinoamericano de Acuicultura. 2º Simposio Avances y Perspectivas de Acuicultura en Chile. A. Silva & G. Merino (Eds). Universidad Católica del Norte. Asociación Latinoamericana de Acuicultura, Coquimbo, Chile. Pp. 255 - 258. (1996).
- Campos, H. *Galaxias maculatus* (Jenyns) en Chile, con especial referencia a su reproducción. Boletín del Museo de Historia Natural, Santiago- Chile: 1, 5-20 (1970).
- Campos, H. . Karyology of three galaxiid fishes *Galaxias maculatus*, *G. platei* and *Brachygalaxias bullocki*. Copeia: 2, 368-371 (1972).
- Campos, H. Migration of *Galaxias maculatus* (Jenyns) (Galaxiidae:Pisces) in Valdivia estuary, Chile. Hydrobiología 43(3-4): 301-312 (1973).
- Campos, H. Populations studies of *Galaxias maculatus* (Jenyns) (Osteichthys:Salmoniformes) in Chile with reference to the number of vertebrate. Studies on the Neotropical Fauna 9:55-76 (1974).
- Cervellini, P. Battini, M.A. y V. Cussac. Ontogenetic shifts in the diet of *Galaxias maculatus* (Galaxiidae) and *Odontesthes microlepidotus*(Atherinidae) Environmental Biology of Fishes 36:283-290 (1993).
- Dantagnan, P. Borquez, A. Bariles, J. Valdebenito, I. y R. Vega. . Effects of different diets on the survival and growth of Puye (*Galaxias maculatus*). In: Larvi" 95 Fish & Shellfish Larviculture Symposium (P. Lavens, E. Jaspers and I. Roelants Eds.). European Aquaculture Society, special publication N° 24, Gent, Belgium . 435-437 (1995).
- Hecht, T. y S. Appelbaum.. Observations on intraspecific aggression and coeval sibling cannibalism by larva and juvenile *Clarias gariepinus* (Clariidae:Pisces) under controlled conditions. Journal of Zoology, 214:21-44 (1988).
- Hecht, T. & A. Pienaar. A review of cannibalism and its implications in fish larviculture. Journal of the Aquaculture Society. 24 (2): 246-261 (1993).

Katavic, I. Judgujakovic J. y B. Glamuzina. Cannibalism as a factor affecting the survival of intensively cultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fingerling. *Aquaculture* 77: 135-143 (1989).

McDowall, R. *Galaxias maculatus*, the New Zealand whitebait, New Zealand Ministry of Agriculture and Fisheries. Fisheries Research Bulletin 2: 84 (1968).

McDowall, R.M. and G.A. Eldon. The ecology of Whitebait Migrations (*Galaxiidae*: *Galaxias* sp). Fisheries Research Bulletin N° 20: 171pp (1980)

Mitchell, C.. Laboratory culture of *Galaxias maculatus* and potential applications. New Zealand Journal Marine and Freshwater Research. 23:325-336 (1989).

Modenutti, B. Balseiro E. y P. Cervellini. Effect of the selective feeding of *Galaxias maculatus* (Salmoniformes, Galaxiidae) on zooplankton of a South Andes lake. *Aquatic Sciences* 55 (1): 65-75 (1993).

Peredo, S. y C. Sobarzo. Microestructura del ovario y ovogénesis en *Galaxias maculatus* (Jenyns, 1842)(Teleostei: Galaxiidae). *Biología Pesquera*, 22: 23-32 (1993).

Pollard, D.A. The Biology of landlocked form of the normally catadromous salmoniform fish *Galaxias maculatus* (Jenyns). I. Life cycle and origin. *Australian Journal Marine and Freshwater Research*: 22:91-123 (1971)

Rojas B., A. Champigneulle and G. Chapuis. The mass rearing of *Coregonus lavaretus* L. Larvae at high densities and two rearing scales with two dry diets. In: Larvi" 91 Fish & Shellfish Larviculture Symposium (P. Lavens, P. Sorgeloos, E. Jasper and F. Ollvier Eds.). European Aquaculture Society, special publication N° 15, Gent, Belgium. 145-147 (1991).

Valdebenito I., J. Bariles, R. Vega, P. Dantagnan, A. Borquez y E. Carreño. Análisis cualitativo y cuantitativo del semen de puye *Galaxias maculatus* (Jenyns, 1842) (Salmoniformes: Galaxiidae). *Biología Pesquera*, 24, 17-21 (1995).

Vann Damme P., S. Appelbaum y T. Hecht; Sibling cannibalism in koi carp, *Cyprinus carpio* L., controlled conditions. *Journal of Fish Biology*, 34, 855-863 (1986).

Vega R., J. Bariles, P. Dantagnan e I. Valdebenito.; Puye: Un pequeño pez con un gran futuro. *Aquanoticias Internacional*, 6(22), 18-21 (1994).