



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE TEMUCO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
ESCUELA DE ACUICULTURA

TESIS DE GRADO

**ESTIMACION DE LOS PARAMETROS ECOFISIOLOGICOS CRITICOS
(OXIGENO Y AMONIO) PARA LA DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE
CARGA EN EL CULTIVO DE JUVENILES DE CORVINA (*Cilus gilberti*)**

**Tesis para optar al Grado de
Licenciado en Ciencias de la
Acuicultura**

Alumno: Ginno Aburto U.

Profesor Guía: Dr. Francisco Encina M.

TEMUCO, 2005

RESUMEN

Cilus gilberti, es un pez perteneciente a la familia Pomadasyidae, incluido dentro de las nuevas especies endémicas de cultivo desarrolladas por Fundación Chile. La fisiología de esta especie no ha sido estudiada, por tanto, es fundamental conocer el metabolismo respiratorio (consumo de oxígeno), comportamiento y excreción de amonio; información necesaria para estimar la capacidad de carga del cultivo.

Los resultados del consumo de oxígeno en metabolismo de rutina fueron de 131 mg/l por kilo de pez en una hora para juveniles del grupo T1: 4,5 cm y de 106 mg/l para ejemplares de T2: 12,5 cm. Esto es inferior a los consumos encontrados en metabolismo de actividad, siendo estos de 216 mg/l para la talla T1: 4,5 cm y 188 mg/l para la talla T2: 12,5 cm respectivamente. Los niveles mínimos tolerados por *Cilus gilberti* corresponden a 3,08 mg/l de oxígeno para los ejemplares de 4,5 cm y 1,8 mg/l en los de 25,5 cm.

Los primeros cambios en la frecuencia respiratoria se registraron a concentraciones de 4,77 mg/l para la talla 4,5 cm y a 3,83 mg/l de oxígeno para la talla 12,5 cm. Junto con esto se estimó la excreción de amonio total en 15 horas, a intervalos de tres para determinar además la tasa de excreción de amonio por hora. Para el grupo T1: 4,5 cm la excreción de amonio total en 15 horas alcanzo los 0,29 mg/l por gramo de pez y para el grupo T2: 12,5 cm fué de 0,20 mg/l.

Cilus gilberti toleró bajas concentraciones de oxígeno, por tanto, del comportamiento se estima que es un organismo oxíregulador en situaciones de hipoxia, controlando efectivamente la respiración. Se recomiendan cargas no superiores a 17 kg/m³ en juveniles T1 y 25 kg/m³ para juveniles T2. En cuanto a la excreción de amonio, los resultados no son limitantes a cargas de 10 kg/m³ o superiores, siempre que se produzca un mínimo recambio de agua (Tc:1).

SUMMARY

Cilus gilberti, is a fish belonging to the family Pomadasyidae, included inside the new endemic species of cultivation developed by Fundación Chile. The physiology of this species has not been studied, therefore, it is fundamental to know the breathing metabolism (oxygen consumption), behavior and ammonium excretion; necessary information to estimate the capacity of load of the cultivation.

The results of the oxygen consumption in routine metabolism were of 131 mg/l for kilo of fish in one hour for juvenile of the group T1: 4,5 cm and of 106 mg/l for copies of T2: 12,5 cm. This is inferior to the consumptions found in activity metabolism, being these of 216 mg/l for the size T1: 4,5 cm and 188 mg/l for the size T2: 12,5 cm respectively. The minimum levels tolerated by *Cilus gilberti* correspond to 3,08 oxygen mg/l for the copies of 4,5 cm and 1,8 mg/l in those of 25,5 cm.

The first changes in the breathing frequency register to concentrations of 4,77 mg/l for the size 4,5 cm and to 3.83 oxygen mg/l for the size 12,5 cm. together with this was considered the excretion of total ammonium in 24 hours, to intervals of three to also determine the rate of ammonium excretion per hour. For the group T1: 4,5 cm the excretion of total ammonium in 24 hours reaches the 0,29 mg/l for gram of fish day and for the group T2: 12,5 cm is of 0,20 mg/l.

Cilus gilberti tolerates low oxygen concentrations, therefore, of the behavior he/she is considered that it is an organism oxíregulador in hipoxia situations, controlling the breathing indeed. Loads non superiors are recommended at 17 kg/m³ in juvenile T1 and 25 kg/m³ for juvenile T2. As for the ammonium excretion, the results are not restrictive to loads of 10 kg/m³ or superiors whenever a minimum replacement of water takes place (Tc: 1)

INDICE

	<i>Página</i>
I. INTRODUCCION.....	5
II. ANTECEDENTES BIBLIOGRAFICOS.....	8
2 .1 Antecedentes de la especie.....	8
2 .2 Situación actual del desarrollo del cultivo de la corvina.....	17
2 .3 Antecedentes para la determinación de la capacidad de carga.....	19
2 .4 Importancia del oxígeno.....	19
2 .5 Importancia del amonio.....	22
III. OBJETIVOS.....	24
3.1 Objetivo general.....	24
3.2 Objetivos específicos.....	25
IV. MATERIALES Y METODOS.....	27
4.1 Instalaciones para la medición de oxígeno y amonio.....	27
4.2 Diseño experimental para la estimación del consumo de oxígeno en metabolismo de rutina.....	30
4.3 Diseño experimental para la estimación del consumo de oxígeno en metabolismo de actividad	31
4.4 Evaluación de las concentraciones mínimas de oxígeno en condiciones de hipoxia.....	32
4.5 Descripción del comportamiento en juveniles en relación con la disminución de oxígeno disponible.....	33
4.6 Diseño experimental para la estimación de la concentración de amonio total y tasa de excreción.....	35
4.7 Análisis de la información.....	37

V. RESULTADOS.....	39
5.1 Instalaciones y equipos para las mediciones.....	39
5.2 Consumo de oxígeno en metabolismo de rutina.....	40
5.3 Consumo de oxígeno en metabolismo de actividad.....	43
5.4 Observación del comportamiento de los peces en condiciones de hipoxia.....	46
5.5 Concentración de amonio total (NH ₄ ⁺) y (NH ₃) y amonio no ionizado (NH ₃).....	50
5.6 Tasa de excreción de amonio total (NH ₄ ⁺) + (NH ₃).....	53
VI. DISCUSION.....	55
6.1 Consumos de oxígeno de acuerdo al tipo de metabolismo.....	55
6.2 Comportamiento de los peces en hipoxia.....	58
6.3 Excreción de amonio.....	60
6.4 Capacidad de carga.....	63
VII. CONCLUSION.....	68
VIII. BIBLIOGRAFIA.....	70

I. INTRODUCCION.

La acuicultura es la ciencia y el arte del cultivo de organismos acuáticos, no es un campo nuevo de esfuerzo humano dado que las civilizaciones del lejano oriente han practicado la acuicultura hace ya unos 500 años a. c. Desafortunadamente la acuicultura no ha progresado a lo largo de la historia con la misma rapidez que la agricultura, esto porque el hombre es un animal terrestre, sin embargo la ingeniería y las artes de cultivo han venido recobrando importancia en países en que la agricultura no ha podido satisfacer sus necesidades de alimento, invirtiendo importantes recursos en investigación y desarrollo de tecnologías para la producción de organismos biológicos en un sistema acuático (Wheaton, 1993).

La necesidad de buscar nuevos horizontes en el sector productivo acuícola ha impulsado un constante desarrollo en proyectos de innovación, ya sea a través de la incorporación de nuevas tecnologías en los procesos, o bien, en la expansión en el rango de especies que entran a formar parte de la oferta chilena en productos acuícolas. Esta última adquiere cada vez más importancia, sobre todo ante fenómenos como el agotamiento de los recursos que sustentan la industria extractiva (Aquanoticias, 1998).

Fundación Chile en su misión de contribuir al desarrollo de la acuicultura y la sustentabilidad de los recursos marinos, ha venido realizando en los últimos años el programa “Desarrollo Tecnológico en Peces de Agua Fría”, el cual ha incluido dentro de las especies de estudio el desarrollo del cultivo de la corvina, el que presenta un alto precio en el mercado nacional; sin embargo en años recientes ha habido una drástica disminución en su captura por el agotamiento del recurso y por el mínimo control que se puede establecer a la pesca artesanal, la cual es responsable de la mayor parte de las capturas de corvina en Chile (com. pers. R. Lewis).

El cultivo de la corvina demanda entre otros aspectos del desarrollo en el estado de arte, la determinación de parámetros productivos que permitan conocer las necesidades de capacidad de carga en condiciones de confinamiento para el óptimo desarrollo de la especie. Estos tienen relación con el consumo de oxígeno y la excreción de amonio entre otras variables.

Entre los factores que intervienen en el consumo de oxígeno y que afectan el óptimo desarrollo de los peces se encuentran los tipos de metabolismos, los factores intrínsecos como: la especie, sexo, edad y el peso. Por otro lado, están los factores extrínsecos relacionados con el ambiente acuático como temperatura, contenido de oxígeno, velocidad de corriente y calidad de agua, (Beamish, 1964; Dikson y Kramer, 1969). También en términos productivos, los altos niveles energéticos de las dietas utilizadas en los cultivos de peces y las frecuencias de alimentación inciden directamente sobre la demanda de oxígeno (Albertch, 1938). Finalmente cualquier manejo realizado con los peces provoca estados de estrés afectando directamente el consumo de este gas. En conjunto todos los factores mencionados tienen incidencia directa en el consumo de oxígeno, del cual dependerá la capacidad de carga de un sistema de cultivo.

Especial importancia, después del consumo de oxígeno, tiene el contenido de compuestos nitrogenados, los que podrían limitar la calidad y productividad de un sistema de cultivo intensivo; algunos como el amoníaco y los nitritos tienen carácter tóxico y son productos principales de la excreción del metabolismo (Arrington, 1984).

Wester (1984) y Beveridge (1991) afirman que se puede estimar la capacidad de carga a través del consumo de oxígeno en diferentes condiciones metabólicas junto con la excreción de amonio. En relación a esto el presente estudio pretende determinar la capacidad de carga en corvina, a través de la estimación del consumo de oxígeno en metabolismo de rutina y actividad; junto con esto, se determinó los niveles de oxígeno en que los peces presentan asfixia y se describió el comportamiento bajo esta condición. Finalmente se estimó la excreción de amonio total en 15 horas, más la tasa de excreción de este.

Los resultados obtenidos permiten conocer el comportamiento fisiológico de la especie, entregando información fundamental para el diseño de los sistemas de cultivo, planificación de la producción, manejos y evaluación económica de las necesidades espaciales de la especie (com. pers. A. Mardones).

Finalmente este estudio es una contribución al proyecto de “Desarrollo del Cultivo de Peces de Agua Fría” -como la corvina- aportando los resultados obtenidos en la estimación de aspectos fisiológicos críticos como son el oxígeno y amonio.

II. ANTECEDENTES BIBLIOGRAFICOS.

2.1 Antecedentes de la especie.

La corvina es un recurso pesquero perteneciente a la familia Pomadasydae, cuyo nombre científico es *Cilus gilberti* (Abbott, 1899). Su nombre vernáculor es corvina. En el extranjero es conocida como croacker o whitemouth croacker. Su sistemática de acuerdo con el Instituto de Fomento Pesquero IFOP es la siguiente:

- SUPER CLASE : Dipnoi
- CLASE : Teleostomi
- SUB CLASE : Actinopterigios
- ORDEN : Perciformes
- FAMILIA : Pomadasydae
- ESPECIE : *Cilus gilberti*

Descripción anatómica del adulto.

Es un pez de cuerpo alargado y ligeramente comprimido, cubierto de grandes escamas de tipo otenoídea. En fresco, el cuerpo es de color plateado más oscuro en el dorso. Las hembras miden entre los 60 y 80 cm, tanto la aleta anal como la mitad inferior muestran un color anaranjado suave. Hay dos aletas dorsales, la segunda encontrándose inmediatamente por detrás del fin de la primera; la anal es retrasada y terminal en el mismo nivel que la segunda dorsal. Al comienzo de la aleta anal se encuentran dos espinas, además poseen poros en el rostro y el mentón (Lorenzen, 1969).



Figura 1. Ejemplar juvenil de corvina *Cilus gilberti* (Fundación Chile).

En *Cilus gilberti* los ovarios se encuentran delante de la cloaca, son pareados, alargados, de sección circular; a menudo ambas ramas difieren en longitud. Se encuentran alojados en la cavidad corporal con ambas ramas separadas, las que se unen poco antes de la desembocadura de los oviductos. La coloración de los ovarios varía del amarillento casi blanco al anaranjado. Al hacer cortes de sección circular, tanto en ovarios inmaduros como en maduración se puede observar que los ovocitos se encuentran firmemente adheridos a las paredes ováricas. No existen raquises interiores en los ovarios, pero sus paredes se encuentran ricamente vascularizadas (Cortés y Oyarzún, 2002).

Distribución geográfica.

Su mayor presencia geográfica abarca la zona comprendida entre Iquique y Chiloé, entre los 20° y 45° latitud sur. Sin embargo, también se han capturado ejemplares en zonas más apartadas como en el Perú y en la duodécima región de Chile.

Su ubicación en cuanto a la batimetría corresponde a la zona sublitoral superior, la cual se extiende desde el límite inferior de las mareas hasta los 20-40 metros de profundidad, justo en el límite donde se desarrollan las grandes algas cafés y los sectores de rompientes, playas arenosas e incluso en aguas mixohalinas (Moreno y Castilla, 1980).

Alimentación.

Cilus gilberti se alimenta con un amplio espectro trófico, mostrando una marcada alternancia en la composición dietaria durante el ciclo anual destacando la preferencia por pequeños peces tales como sardinas, anchovetas- en épocas invernales- y pequeños crustáceos- en verano-, tales como misidáceos y en menor medida los eufásidos, anfípodos e isópodos (Moreno y Castilla, *op. cit.*); (Oyarzún, Cortés y Landaeta, 2002).

Tallas máximas.

Los ejemplares adultos de esta especie alcanzan más de 1 m de longitud, con un peso de hasta 50 Kg. En los mercados abundan individuos de alrededor de 50 cm de largo (Mann, 1954).

Parámetros de crecimiento individual.

La lectura de escamas ha permitido calcular los parámetros de crecimiento de acuerdo a la ecuación de Von Bertalanffy, con una longitud máxima de 105,12 cm, la que corresponde a 11,8 Kg de peso máximo. Estos valores se ajustan bien considerando que los valores máximos de longitud reportados en los desembarques son de 99 cm. La edad máxima leída es de 26 años (Chong *et al*, 2000).

Período de madurez sexual.

Según Cortés y Oyarzún (2002), la proporción sexual en corvinas desembarcadas en Queule no se desvía significativamente de la proporción esperada de 1:1; pero en los meses de Mayo, Julio, Agosto y Noviembre la captura está constituida en un 60% por hembras. Al analizar la distribución de tallas en relación al sexo, se observa que los tamaños mayores están representados principalmente por las hembras, situación que es evidente en tallas superiores a los 60 cm (Cortés y Oyarzún, *op. cit.*). También señalan que el índice gonadosomático presenta un leve decaimiento en los meses de invierno.

Primera madurez y características de los huevos.

Se estima que en *Cilus gilberti* la Lm 50% es 50 cm lo que corresponde a individuos que tienen entre 8 y 9 años de edad (Cortés y Oyarzún, 2002). Los óvulos son básicamente esféricos, no observándose gotas de aceite en los inmaduros. En óvulos de 0,96 mm de diámetro la gota de aceite mide 0,25 mm. El peso de los envoltorios y tejidos gonadales se estima en un 25% del peso total, en gónadas en estado III de maduración (Cortés y Oyarzún, *op cit*).

No existen antecedentes claros de la clasificación de los estados de madurez sexual en esta especie. No obstante, Cortés y Oyarzún (2002) mencionan algunos estados de madurez gonadal en función de las características de los huevos en cada estado. De este modo, la gónada clasificada en estado III, considerada como en preparación, es de color amarillento anaranjado con huevos opacos. Los diámetros ovulares se dividen en dos grupos modales: uno en torno a los 0,26 mm y el otro a los 0,40 mm.

Las gónadas clasificadas como en estado III-IV, tienen una coloración semejante a la anterior, pero se encuentran mucho más tensas, en contracción. La gónada clasificada como en estado V tiene dos grupos modales de diámetros ovulares separados nítidamente: el primero corresponde a un tamaño de 0,236 mm de diámetro y el segundo a 0,7 mm, es decir, en este momento del proceso madurativo existe un aumento de caso tres veces el diámetro original. Se estima que el desove puede llegar a un 32 % del total de los óvulos presentes en las gónadas. El número total de óvulos en relación con la talla del pez para un rango de 60 a 80 cm, puede resumirse en la siguiente ecuación descrita por Cortés y Oyarzún (2002).

$$Y = 42,93X - 2.266,9$$

Y: N° de óvulos (103) X: Talla del pez (cm)

Pesquerías.

Las capturas de esta especie en Chile se realizan principalmente mediante pesca artesanal, la que corresponde a un 98% del desembarque total de acuerdo a cifras de Sernapesca (Servicio Nacional de Pesca).

La corvina se captura entre las regiones I y X, pero las mayores capturas se realizan entre la VII y IX (Sernapesca, 2000). No existe ningún tipo de reglamentación con respecto a la explotación de esta especie.

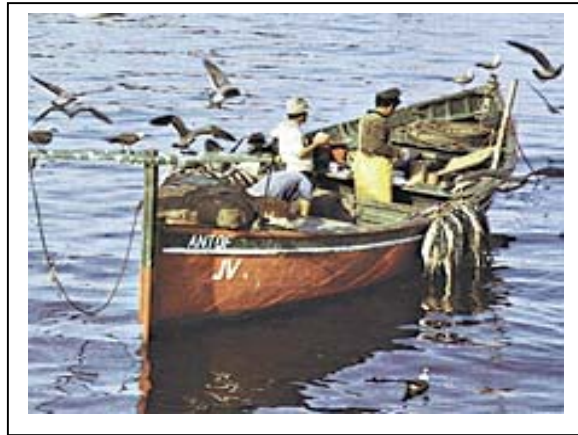


Figura 2. Faenas de pesca artesanal de corvina en la localidad de Coliumo VIII región.

Antecedentes del mercado.

La oferta de corvina proviene exclusivamente de las pesquerías, ya que no existe cultivo de esta especie. La pesquería de corvina se realiza principalmente en Chile y Perú, aunque sólo existen datos referentes a las capturas de nuestro país. Los volúmenes de captura son relativamente reducidos y durante la última década el volumen máximo fue de 2.150 ton en 1993, para luego disminuir gradualmente hasta las 747 ton en el año 1999 (Sernapesca, 2004).

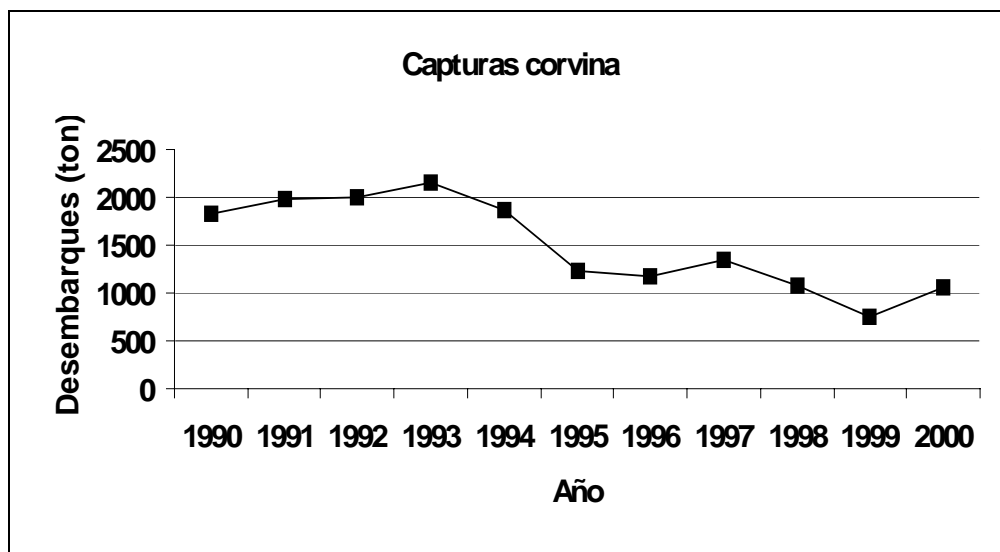


Figura N° 3 Capturas de corvina. Sernapesca (2000).

Estructura de la demanda.

La corvina es un producto destinado principalmente al mercado interno, al que corresponde el 93% de la captura total de acuerdo a cifras de 1998. El 7% restante es exportado casi totalmente a Perú. Durante 1998 las exportaciones chilenas del producto congelado fueron de 11,06 ton, con un valor FOB de M U\$ 54,76.

Como se señaló anteriormente, la corvina tiene al menos tres símiles comerciales que están incluidos dentro del grupo de peces conocidos con el nombre genérico de croakers o roncadors. Más aún, de acuerdo a las estadísticas de la FAO, Chile figura como uno de los países exportadores de croakers, aunque no se describe en detalle de que especies se trata, es altamente probable que en estas cifras estén incluidas las exportaciones de corvina, por lo tanto, es posible pensar en un mercado potencial al que podrían acceder los productos derivados de esta especie. En 1997 las importaciones de estas especies alcanzaron las 21.890 ton, con un valor de US\$ 53,6 millones (Figuras 4 y 5).

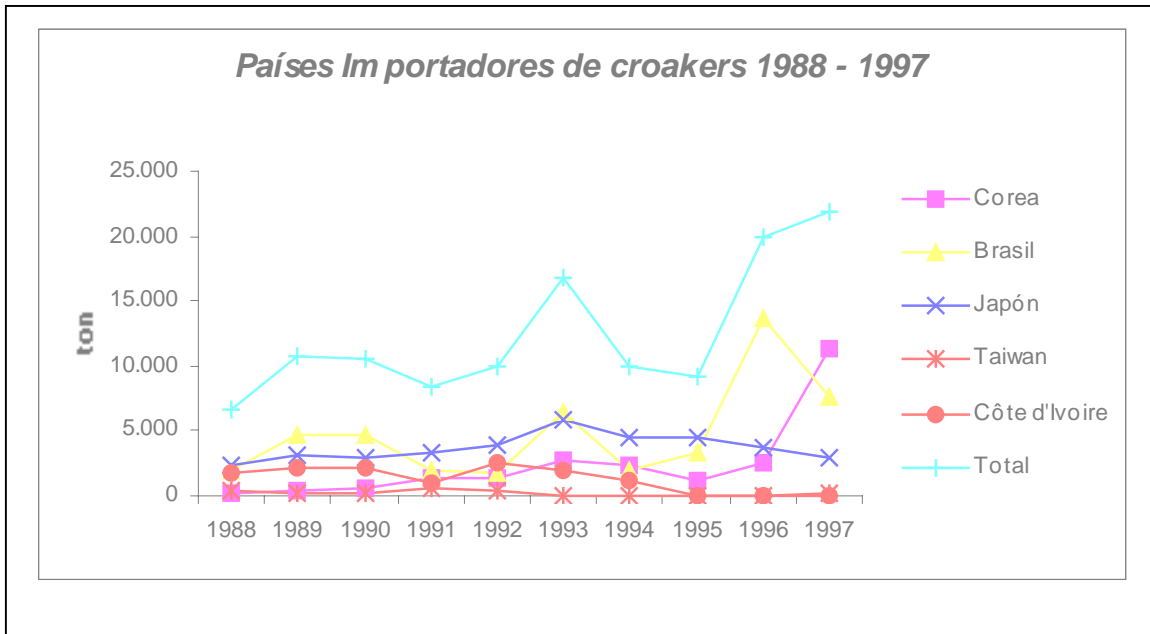


Figura 4. Volumen de importaciones de especies de croakers período 1988-1997 (Fundación Chile 2004).

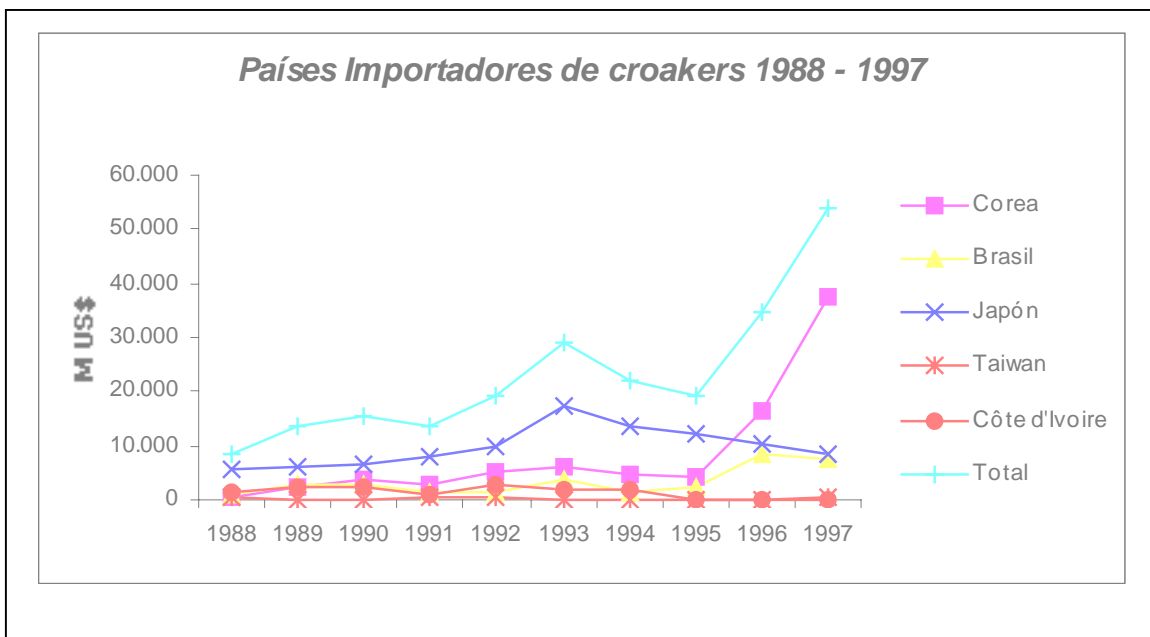


Figura 5. Valor de importaciones de especies de croakers período 1988-1997 (Fundación Chile 2004).

Productos.

En el mercado nacional la corvina se comercializa principalmente como producto fresco. En 1998, sólo 11 ton fueron procesadas como fresco-refrigerado y 152 como producto congelado (Sernapesca, 1998). De las exportaciones chilenas en este mismo año 11,064 ton fueron producto congelado y 62,487 fresco refrigerado (IFOP, 1999).

Precios.

Las estadísticas de exportación en 1999 indican un precio de US\$ 4,95/Kg para el producto congelado y de US\$ 1,85/Kg para producto fresco-refrigerado.

Los precios del producto comercializado en el mercado interno que llega al consumidor final, fluctúan entre \$1.198/Kg y \$3.398/Kg, de acuerdo a información registrada por el Departamento de Industria Pesquera de Fundación Chile, entre Julio de 1998 y Abril de 2000.

2.2 Situación actual del desarrollo de el cultivo en corvina (*Cilus gilberti*).

Fundación Chile, como se mencionó antes, ha tenido el propósito de incluir a nuevas especies en la acuicultura chilena, con lo cual ha creado el programa “Desarrollo Tecnológico para el Cultivo de Peces de Agua Fría”, el cual ha considerado el cultivo de la corvina (*Cilus gilberti*). Con el apoyo del gobierno, a través del Fondo de Desarrollo de Ciencia y Tecnología FONDEF, en conjunto con Pesca Chile S. A. Fríosur S. A. y la Universidad Austral de Chile entre otros asociados, han participado de este programa durante los últimos años.

Actualmente se encuentran avances en las técnicas de captura y acondicionamiento de reproductores de corvina, los que son extraídos en su ambiente natural por pescadores artesanales y transportados vivos a los estanques de acondicionamiento de la estación experimental Quillaípe.

En aspectos reproductivos se han descrito protocolos y metodologías para la inducción al desove, fecundación e incubación; además se han desarrollado técnicas de cultivo para las larvas, juveniles y reproductores.

En los aspectos nutricionales se han producido alimentos vivos enriquecidos con ácidos grasos esenciales (EPA y DHA, entre otros). En cuanto a alimentos artificiales se han formulado distintas dietas para cada una de las etapas del ciclo biológico.

Acerca de las enfermedades de corvina se ha ideado un manual de necropsia y fichas técnicas de patologías que comúnmente atacan a la especie y que han sido detectadas en cautiverio y en las capturas.

Los avances realizados en el asentamiento de las bases biológicas del cultivo de corvina por parte de Fundación Chile, junto con la información de estudios realizados por Lorenzen (1969), Moreno y Castilla (1980), Cortés y Oyarzún (2002), Chong (2002) han descrito aspectos sobre la biología, crecimiento reproducción y ecología de *Cilus gilberti*, sin embargo, su fisiología no ha sido estudiada.

Para desarrollar el cultivo de la corvina es necesario definir parámetros fisiológicos propios de la especie, los cuales son fundamentales para determinar la capacidad de carga de *Cilus gilberti*.

2.3 Antecedentes para la determinación de la capacidad de carga.

La capacidad de carga corresponde a la densidad máxima permisible a la cual puede ser mantenido un cultivo intensivo de peces; depende de las características hidráulicas del sistema, de los requerimientos fisiológicos, espaciales y del comportamiento de la especie en cultivo (Piper, 1971), (Soderberg, 1995).

La capacidad de carga, así como la tasa de cambio, es información de gran impacto en las etapas posteriores al dimensionamiento del proyecto de ingeniería y proceso de un centro de cultivo (Wester, 1984), (Beveridge, 1991). De acuerdo con Piper (1983) las principales consideraciones para la determinación de la capacidad de carga se refieren a que está limitada por el consumo de oxígeno y la acumulación de productos metabólicos, por lo tanto la cantidad de oxígeno y acumulación de excretas del metabolismo aumentarán proporcionalmente de acuerdo con la cantidad de alimento consumido.

2.4 Importancia del oxígeno.

Los requerimientos de oxígeno de una especie están en relación con el metabolismo, temperatura y tamaño de ésta, entre otras variables extrínsecas e intrínsecas que en conjunto permiten a la especie estar en condiciones óptimas para su desarrollo.

Para determinar la capacidad de carga de una especie en confinamiento es necesario conocer los requerimientos de oxígeno de ésta. Estos aumentan si los peces están experimentando un metabolismo de actividad y disminuyen en situaciones de rutina, lo que hace necesario medir los consumos de oxígeno en ambos tipos de metabolismo (Wheaton, 1993).

No existe claridad entre algunos autores sobre los tipos de metabolismos que afectan a los peces en cuanto al estado basal o estándar, sin embargo el metabolismo de actividad no presenta dificultad alguna.

Willmer (2000) establece que los peces, siendo estos organismos ectotérmicos, no presentan metabolismo basal como si lo presentan animales endotérmicos, por tanto sólo se debería referir a los peces como metabolismo mínimo de consumo de oxígeno el estado de rutina; además otra variable importante, además del referendun térmico, es el estado de reposo absoluto que si pueden lograr animales endotérmicos logrando un real estado de metabolismo basal. En los peces es difícil que esto pueda ocurrir, por tanto debiera usarse el término de metabolismo estándar como la mínima producción de calor producida por un pez, el mínimo consumo de oxígeno en un estado no estresado post absorbido y que nada en un cuerpo de agua en reposo (Beamish, 1964).

En cuanto al metabolismo de actividad este no presenta dudas y es el máximo consumo de oxígeno que puede presentar un pez y estaría dado en condiciones en que este captura y digiere presas en el medio natural, nada en fuertes corriente o a altas velocidades.

Para determinar la capacidad de carga en un cultivo, el consumo de oxígeno estará dado en el aumento en el consumo de oxígeno post alimentación, en estado de estrés, en función del manejo, confinamiento u otros. Esta diferencia siempre será superior en cuanto al consumo de oxígeno en condiciones de rutina y es realmente la que impera en estanques de cultivo (Beamish, 1964).

El conocer las demandas de oxígeno de una especie es fundamental para dimensionar un cultivo y determinar su viabilidad en términos de la dependencia de oxígeno que la especie demanda, con esto se logra conocer las necesidades del diseño y dimensionamiento de los requerimientos espaciales de la especie por tanto se puede hacer una evaluación anticipada de la viabilidad y rentabilidad del cultivo.

Como ejemplo, especies salmonídeas a concentraciones de 5 mg/l de oxígeno provocan signos de asfixia y a concentraciones menores a 3 mg/l producen una mortalidad total (Leitritz & Lewis, 1980), (Blanco Cachafeiro, 1984).

Los consumos de oxígeno alcanzan niveles máximos durante el período de digestión, por lo que es necesario ajustar las densidades máximas y las tasas de cambio de agua del sistema, en función del consumo máximo de oxígeno post alimentación (Rios, 1979; Encina *et al* 1997).

En truchas la digestión comienza aproximadamente 15 minutos después de la ingestión del alimento, pudiendo requerir hasta un 70% más de oxígeno que en ayuno (Blanco Cachafeiro, *op. cit.*).

2.5 Importancia del Amonio.

De especial importancia después de la concentración de oxígeno, es el contenido de compuestos nitrogenados, los que podrían limitar la calidad y productividad de los sistemas de cultivo intensivos; algunos como el amoníaco y los nitritos tienen carácter tóxico y son productos principales de excreción del metabolismo.

Esta excreción tiene un origen doble, por un lado procede del que se elimina por las branquias como producto de la excreción metabólica, y por otro de la degradación orgánica de las fecas (Arrignon, 1984).

El nitrógeno amoniacal o amonio total (NH_4^+) + (NH_3) existe en cualquier cuerpo de agua, constituye una de las cadenas finales del complejo ciclo del nitrógeno, el cual en su estado natural es un gas soluble en agua en la que en función de una reacción de equilibrio se encuentra en forma ionizada (NH_4^+) combinada formando sales de amonio, o en forma no ionizada (NH_3), libre y tóxica para los peces. El porcentaje sobre el total que corresponde a esta forma libre está en relación con la temperatura y el pH del agua. A una misma temperatura, toda alcalinización del pH produce un aumento de la fracción tóxica, no ionizada (NH_3) y por lo tanto un aumento de la toxicidad de la solución amoniacal. De este modo una fuerte concentración de iones amonio en el agua en presencia de un pH ácido no será peligrosa para los peces, mientras que una cantidad menor con un pH alcalino es tóxica. Esta proporción se encuentra también influida por la temperatura del agua, de tal forma que, cuanto mayor sea su temperatura mayor será su toxicidad, pues mayor es la concentración de la forma tóxica (NH_3) (Blanco Cachafeiro, 1984).

Cuando las cargas de peces para un determinado caudal son bajas, predomina la urea, y a medida que éstas y la temperatura aumentan, la concentración de nitrógeno amoniacal es predominante (Wallace, 1993).

Liao, Mayo y Emerson describen curvas y tablas de las cuales se pueden estimar los porcentajes de amonio libre (NH_3) y amoníaco disociado (NH_4^+), (Liao y Mayo, 1972; Emerson *et al*, 1975). Si se conoce la cantidad en miligramos de amonio total en un volumen determinado de agua y para una cantidad de kilos de peces conocida, estas relaciones para efectos de cálculo de capacidades de carga es necesario llevarlas a horas o días.

Esto adquiere mayor importancia en sistemas de recirculación debido a que la tasa de excreción de amonio es información fundamental en el diseño y tamaño del los bio-filtros, componentes primordiales en la remoción de este elemento (Liao y Mayo, 1972).

III. OBJETIVOS.

3.1 Objetivo general.

- Estimar parámetros ecofisiológicos críticos (oxígeno y amonio) para la determinación de la capacidad de carga en juveniles T1: (5,0 cm) y T2: (12,5 cm) de corvina (*Cilus gilberti*).

3.2 Objetivos específicos.

- Estimar el consumo de oxígeno, bajo condiciones de metabolismo de rutina y actividad en juveniles T1: (5,0cm) y T2: (12,5 cm) de corvina (*Cilus gilberti*).
- Estimar las concentraciones mínimas de oxígeno en las cuales ambas tallas, T1 y T2 de juveniles de corvina (*Cilus gilberti*), manifiestan signos de hipoxia.
- Describir criterios del comportamiento a distintos niveles de oxígeno en juveniles T1 y T2 de corvina (*Cilus gilberti*).
- Evaluar la tasa de excreción y concentración en 24 horas de amonio total (NH_4^+) + (NH_3) y amonio no ionizado (NH_3) de corvina (*Cilus gilberti*).

Planteamiento de las hipótesis.

Tomando en cuenta los objetivos perseguidos con el desarrollo de este estudio, se plantean las siguientes respuestas:

Objetivo Especifico 1. Hipótesis Asociadas.

- **H₀** : No existe diferencia en el consumo de oxígeno en metabolismo de rutina y actividad en ambas tallas de juveniles de corvina (*Cilus gilberti*).
- **H₁** : Existe diferencia en el consumo de oxígeno en metabolismo de rutina y actividad en ambas tallas de juveniles de corvina (*Cilus gilberti*).

Objetivo Especifico 2. Hipótesis Asociadas.

- **H₀** : No existe diferencia en las concentraciones de oxígeno bajo hipoxia en juveniles T1 y T2 de corvina (*Cilus gilberti*).
- **H₁** : Existe diferencia en las concentraciones de oxígeno bajo hipoxia en juveniles T1 y T2 de corvina (*Cilus gilberti*).

Objetivo Especifico 3. Hipótesis Asociadas.

- **H₀** : No existe diferencia en el comportamiento para ambas tallas de juveniles de corvina (*Cilus gilberti*) a distintos niveles de oxígeno.
- **H₁** : Existe diferencia en el comportamiento para ambas tallas de juveniles de corvina (*Cilus gilberti*) a distintos niveles de oxígeno.

Objetivo Especifico 4. Hipótesis Asociadas.

- **H₀** : No existen diferencias en la tasa y concentración de amonio (NH_4^+) + (NH_3) excretado en 24 horas, para ambas tallas de juveniles corvina (*Cilus gilberti*).
- **H₁** : Existen diferencias en la tasa y concentración de amonio (NH_4^+) + (NH_3) excretado en 24 horas, para ambas tallas de juveniles de corvina (*Cilus gilberti*).

IV. MATERIALES Y METODOS.

4.1 Instalaciones para la medición de oxígeno y amonio.

En la sala de acondicionamiento de reproductores de Fundación Chile Quillaipe, se instaló una mesa de trabajo en la que se dispuso una batea de incubación de 40 cm x 70 cm x 200 cm, con un sistema de desagüe conectado al conducto de evacuación. Dentro de la batea se instalaron las cámaras de oxigenometría diseñadas y construidas herméticamente de vidrio (una para cada talla), la primera con un volumen de un litro y la segunda de cinco litros exactos. Ambas con tapas de acrílico, a las que se les perforó un orificio que permite la penetración al interior de la caja de un oxigenómetro; además existen dos perforaciones más en la tapa para la entrada y salida de dos mangueras plásticas a fin de permitir la circulación del agua, con sus respectivas válvulas. Por último existe una escotilla de acrílico con una empaquetadura de goma que permite la entrada de los peces y el cierre hermético de la tapa con cuatro pernos tipo mariposa (figura 6).

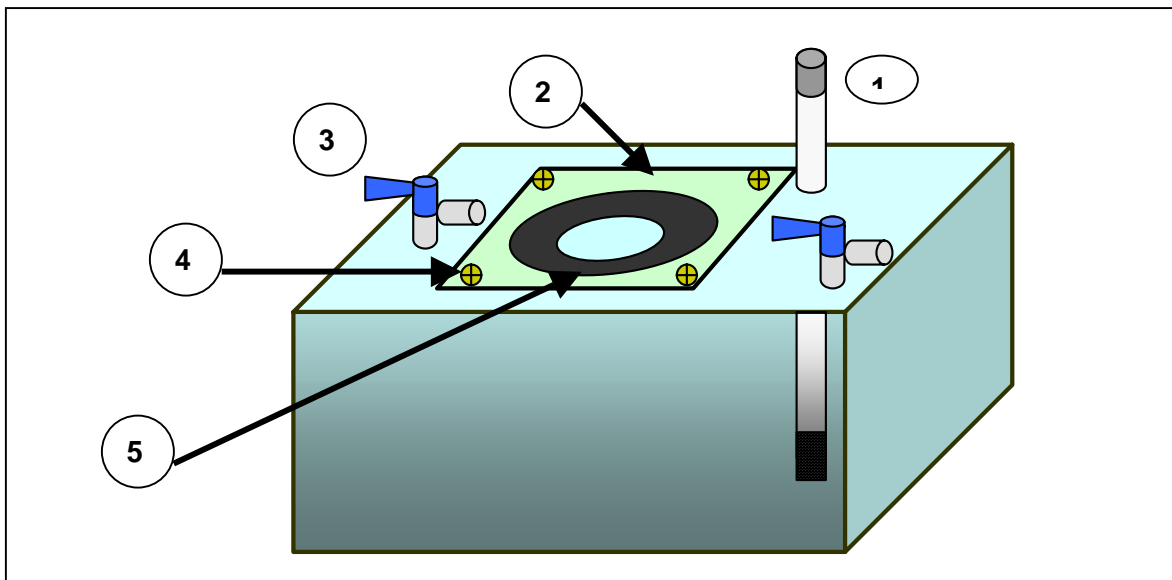


Figura 6. Esquema de las cámaras para la medición del consumo de oxígeno
1. Electrodo, 2. Tapa acrílica, 3. Válvulas, 4. Pernos tipo mariposa, 5. Empaquetadura.

Para entregar un flujo de agua constante a las cámaras, se conectó una manguera al sistema hidráulico. Este flujo se reguló mediante válvulas de entrada y salida a la cámara de oxigenometría, logrando mantener un nivel de concentración promedio de 8,5 mg/l oxígeno, igual al estanque madre

Estas instalaciones serán utilizadas para las estimaciones del consumo de oxígeno en metabolismo de rutina, actividad e hipoxia (Figura 7).

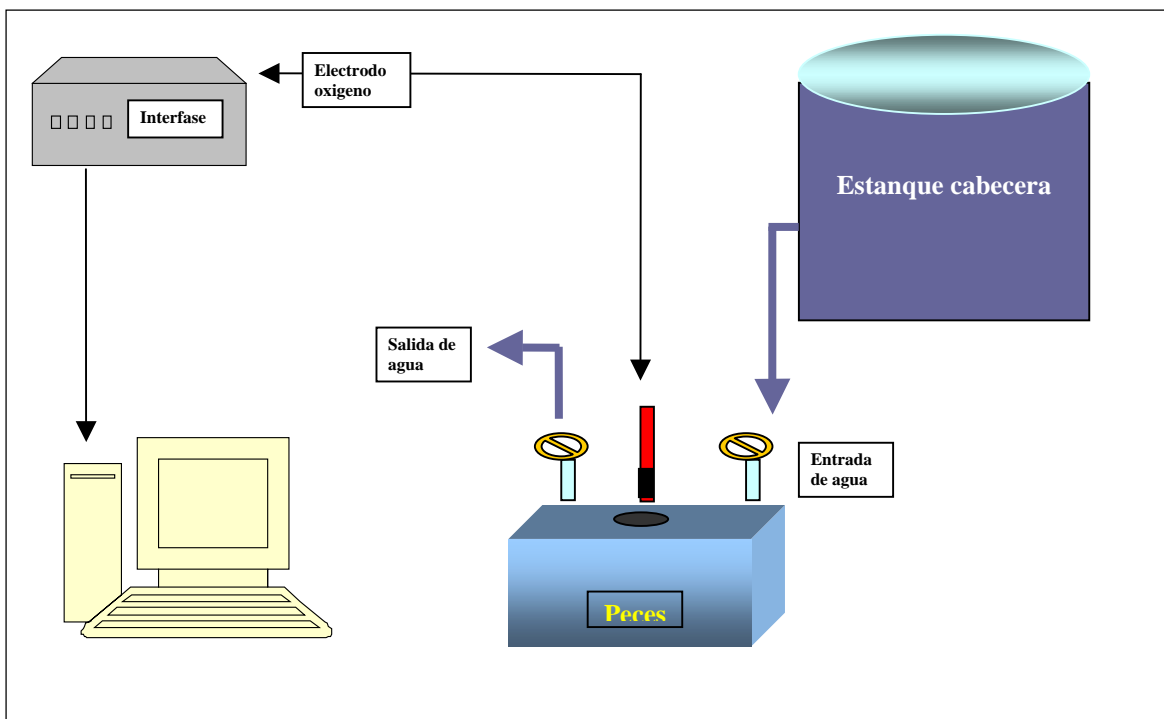


Figura 7. Layout de instalaciones para las mediciones de oxígeno.

Tabla I. Detalle de los equipos y materiales para la estimación de oxígeno.

Detalle	Marca	modelo	Sensibilidad
Oxigenómetro	Esao	Jeulin	0,001mg
Oxigenómetro	Oxiguard	Acu- 200	0,01 mg
Interfase	Esao	Jeulin	0,001 mg
Computador	Olidata		
pH metro	Hanna		0,01 ppm
Termómetro de Varilla	Goldbrand	Din 12775	0,1 °C
Cámaras de 1 y 5 l.			1 y 5 ml
Quechas y balde 20 l.			
Dos válvulas plásticas	Silber Brand	PTFE	0,1 ml
Pesa granulométrica	Acculab	GS – 200	0,1 gr
Estanque fibra	Seaplast	80 l	

Tabla II. Detalle de los equipos y materiales para la estimación de amonio.

Detalle	Marca	Modelo	Sensibilidad
Espectrofotómetro	Orbeco	Hellige 975 MP	0,01 mg. /l
Espectrofotómetro	Espectronic	Genesis 2 PC	0,01 mg./l
Medidor de pH	Hanna	Portátil	0,1 ppm
Medidor de salinidad	Orion	Model 115	0.,01 ppm.
Medidor de oxígeno	Oxiguard	Sea 200	0,1 mg/l
Termómetro	Goldbrand	Din 12775	0,1 °C
Cámaras de vidrio		1 y 5 l	
3 pipetas	HBG	1 ml	0,1 ml
1 pipeta	HBG	5 ml	0,1 ml
Quechas y balde			
2 bombas de aireación	Air Pump	ELITE A-802	
Pesa granulométrica	ACCULAB	M – 200	0,1 gr.

4.2 Diseño experimental para la estimación del consumo de oxígeno en metabolismo de rutina.

El metabolismo de rutina se manifiesta cuando los peces experimentan un estado de reposo (Blanco Cachafeiro, 1984), por tanto se modeló estas condiciones para permitir a los peces experimentar dicho estado fisiológico. Estas condiciones se mantuvieron tanto para juveniles de 5,0 y 12,5 cm; para los más pequeños se utilizaron cámaras de un litro de agua, a una temperatura de 12,5 °C. Se realizaron cuatro réplicas con cinco peces de 4,5 g los que se pesarán individualmente en seco para completar 24 g de biomasa (Tabla IV)

En el caso de los juveniles de 12,5 cm se utilizaron cámaras de cinco litros de agua a una temperatura de 12,9 °C, depositando tres peces de 45 g para completar un promedio de 120 g. Se utilizaron cuatro réplicas para cada experimento, en ambas tallas se mantiene una carga de 24 Kg/m³ y se tomó registro de temperatura (Tabla V).

Los juveniles (T1 y T2) fueron recolectados de los estanques de cultivo a las 8:30 am, antes de la primera alimentación. Se dispusieron en un estanque rectangular de 80 litros con abundante aireación. Luego de 36 horas fueron introducidos a las cámaras de oxigenometría con un flujo continuo de agua, manteniendo un oxígeno cercano a 8 mg/l. Las cámaras fueron forradas con un plástico negro para lograr oscuridad total y aislamiento acústico.

Luego de transcurridas doce horas en que los peces permanecieron en estas condiciones, se les disminuyó lentamente el flujo de agua; una vez cortado en su totalidad se comenzó la medición. Junto con ésta, se fueron haciendo observaciones del comportamiento de los peces en una matriz en la que se registraron: temperatura, oxígeno y los tiempos en los cambios de las frecuencias de respiración, natación y equilibrio (Tabla III).

4.3 Diseño experimental para la estimación del consumo de oxígeno en metabolismo de actividad.

El metabolismo de actividad se presenta cuando los peces aumentan el consumo de oxígeno luego de haber ingerido alimento y durante la digestión (Ríos, 1979), (Wheaton, 1993); en función de esto, los experimentos fueron diseñados para medir el consumo de oxígeno post alimentación.

Para los juveniles T1: 5,0 cm se realizaron tres réplicas, utilizando cinco peces de 4,5 g con un total de 24 g. Estos fueron depositados en una cámara de un litro de agua a una temperatura promedio de 11.3 °C, bajo estas condiciones se logró mantener una carga de 24 Kg/m³. En cuanto a los juveniles T2:12,5 cm se hicieron cuatro réplicas con tres peces de 45 g; éstos se depositaron en cámaras de cinco litros a una temperatura promedio de 12.3 °C, con lo que se mantuvo la misma capacidad de carga que T1.

Se tomaron 10 peces del estanque de cultivo, justo en el momento en que fueron alimentados; se trasladaron en un balde de 20 litros. Se secaron y pesaron individualmente, ya que fue necesario registrar su peso con lo cual se pudo elegir tres o cinco peces que se acercaran lo mas posible a 24 ó a 120 gramos, los otros restantes se devolvieron al estanque. Los peces seleccionados se trasladaron a la cámara, se cerró la tapa y comenzó la medición que duró 60 minutos.

A medida que transcurre el experimento se tomaron registros de la temperatura además de los cambios en las frecuencias de respiración, natación y equilibrio. Se registraron las concentraciones en mg/l de oxígeno a intervalos de 30 y 50 segundos (Tablas VI y VII). Finalizado el tiempo programado para la medición se abrieron las válvulas y se cambió el agua de la cámara una vez que los peces se han recuperado, son liberados. Se anotaron las posibles mortalidades.

4.4 Evaluación de las concentraciones mínimas de oxígeno en condiciones de hipoxia.

Para este experimento se utilizaron dos tallas similares a los experimentos anteriores correspondientes a juveniles de 4,5 y 45 g se manteniendo una carga de 24 Kg/m³.

En la cámara de oxigenometría de un litro de agua se introdujeron cinco peces de 4,5 g considerando tres réplicas y manteniendo una carga de 24 Kg/m³. Los peces se colocaron 48 horas antes de la medición en las cámaras sin alimento. Durante este tiempo están con un flujo de agua abierto, lo que debe permitir que el oxígeno se mantenga por sobre los 8,5 mg/l para finalmente cortar lentamente el flujo de agua y comenzar la medición.

Para los juveniles se usaron cámaras de cinco litros de agua, se introdujeron tres peces de 45 g con lo que se completó un promedio 120 g manteniendo una carga similar al experimento anterior de 24 Kg/m³. Se realizaron tres réplicas bajo las mismas condiciones que T1.

Finalmente para ambas tallas la medición se mantuvo hasta lograr que los peces experimentaran signos de asfixia. Se registró el número de ejemplares muertos en ambas tallas a medida que transcurría el tiempo de medición; además se describió el comportamiento de los peces en la matriz de criterios (Tabla III).

4.5 Descripción del comportamiento en relación a la disminución de oxígeno disponible.

Los resultados de las mediciones de hipoxia son necesarios para conocer las reacciones fisiológicas que los peces experimentan a medida que el oxígeno disminuye, esto es sin duda fundamental para determinar los niveles críticos de concentración de oxígeno, para una adecuada carga de peces en un sistema de cultivo. Para este caso, según el diseño experimental, se usó un sistema de medición de flujo cerrado.

No se han descrito criterios de respuesta a cambios fisiológicos para juveniles de corvina, por tanto, se ha diseñado una matriz de criterios en función de las observaciones que se hicieron en cada experimento; relacionándolas con el nivel de oxígeno en que fueron producidas. Según lo descrito por Encina (1997) “Los cambios en la frecuencia de apertura y cierre del opérculo, son repuestas fisiológicas del pez ante la falta de oxígeno o primeros signos de hipoxia”; pero además son respuestas a la disminución de oxígeno; el comportamiento en la natación y la mantención del equilibrio (Tabla III).

Para esta determinación se mantuvieron juveniles T1 y T2 durante 48 horas en las cámaras de respirometría de uno y cinco litros de agua, a una carga de 5 Kg/m³, con flujo abierto y una concentración de oxígeno mínima de 8,5 mg/l. Se midió cuantas veces, los peces abren y cierran el opérculo en el proceso de traspasar agua a sus branquias, en un tiempo de treinta segundos. Esto se comparo con la frecuencia respiratoria medida en condiciones de hipoxia.

Tabla III. Matriz de criterios en el comportamiento.

Nivel	Frecuencia de respiración	Natación y desplazamiento	Equilibrio
1	Frecuencia 3 a 3.5 seg. Por ciclo	Natación y desplazamiento normal , se impulsan con la aleta caudal y pectorales	Equilibrio Total
2	Frecuencia 2 seg. Por ciclo	Natación superficial , se impulsan con la aleta caudal y pectorales	Pierden el equilibrio en la natación
3	Frecuencia 1 seg. Por ciclo y menos	Natación errática, con boqueo en la superficie, solo se impulsan con aletas pectorales	Pierden equilibrio en estado de reposo o en el fondo
4	Sin respiración	Sin natación	

4.6 Diseño experimental para la estimación de la concentración de amonio total y tasa de excreción.

La concentración de amonio total excretado se determinó mediante el test de amonio-nitrógeno, según Solorzano (1969) y la lectura espectrofotométrica a 640 nm. Se registraron las concentraciones de este (NH_4^+) + (NH_3), además de las lecturas de oxígeno, temperatura y pH.

Para la determinación de la concentración de amonio excretado fue necesaria la preparación de la siguiente lista de soluciones:

1. **Solución alcalina**, se disolvió 50 g de Trisodio-citrato y 2,5 g de hidróxido de sodio en 250 ml de agua destilada.
2. **Solución oxidante**, se mezcló una parte de solución blanqueadora (hipoclorito de sodio al 6% aproximadamente) con 4 partes de solución alcalina.
3. **Solución de fenol**, se disolvió 10 g de fenol en 100 ml de etanol al 95%.
4. **Solución de nitroprusiato de sodio acuoso (0.5%)**, se disolvió 0,5 g de nitroprusiato en 100 ml de agua destilada y se almacenó en la oscuridad por un período no mayor a un mes.

Obs. Estas soluciones se almacenaron a 5°C y fueron utilizadas a no más de un mes de su preparación.

Además se preparó una **Solución Standard** con agua de mar para la construcción de la curva de calibración, la que está compuesta de solución stock de sulfato de amonio al 1mM (132,1 mg/l). Se debió realizar series de dilución con agua destilada, usando 40 uM (1: 25 de solución stock) como estándar.

Protocolos.

Los peces se capturaron luego de la primera alimentación a las 9:00 am. Se pesaron en seco y sin anestesia. Se introdujeron a los acuarios y se mantuvieron por 15 horas, durante este tiempo se registraron observaciones del comportamiento de los peces. Cada 0 – 3 – 6 – 9 – 12 y 15 h se tomó una alícuota de 5 ml agua del acuario, rotulando cada muestra con el tiempo transcurrido; además se registró temperatura, oxígeno y pH.

Los juveniles T1 se depositaron en una cámara de un litro de agua, la cual se llenó solo $\frac{3}{4}$ de su capacidad, se introdujeron dos peces 4,5 g con un peso promedio de 9 g en total para cada réplica, luego se completó el volumen de agua hasta obtener una carga de 10 Kg/m³.

Para los juveniles T2 se utilizó una cámara de diez litros de capacidad, se tomaron dos peces de 45 g aproximadamente que se acercaran a 90 g, con esto se mantiene la misma carga que en los juveniles T1.

4.7 Análisis de la información.

Análisis de oxigenometría.

Para ambos metabolismos estimados, incluida la hipoxia, el equipo de oxigenometría Esao Jeulin entrega la información de las variaciones del oxígeno en el tiempo, mediante una gráfica de éstos; además entrega una tabla de datos los cuales son traspasados a Excel XP para su posterior análisis.

De la gráfica se pueden estimar las pendientes que corresponden al consumo en mg/l de oxígeno en un tiempo determinado. Estos consumos deben ser relacionados con la cantidad de gramos de peces que fueron introducidos en la cámara; junto con esto, mediante la determinación de hipoxia se puede conocer los cambios en la frecuencia respiratoria y la cantidad mínima de oxígeno que los peces pueden soportar.

Análisis de la excreción de amonio.

Para conocer como se comporta la excreción de amonio total, en las condiciones experimentales a las que se expusieron los peces, fue necesario conocer cuantos mg/l es capaz de excretar un kilo de pez en un tiempo conocido, generalmente 24 horas. El espectrofotómetro utilizado para esta experiencia entrega la concentración de amonio total en un volumen determinado, teniendo la cantidad de gramos de peces por cada réplica se puede obtener la relación promedio de mg amonio total/g de pez; además como se registran lecturas de pH y temperatura, se pudo estimar el porcentaje (NH_3) mediante las tablas antes mencionadas por Liao y Mayo (1972) y Emerson et al (1975). Finalmente se determinó la tasa de excreción de amonio total (NH_4^+) por gramo de pez por un tiempo de 24 horas a una capacidad de carga de 10 Kg/m³.

Análisis estadístico.

Para el análisis y presentación de la información los supuestos de normalidad de los datos, se realizaron a través de un análisis de homogeneidad de la varianza, a través de la prueba de Barlett, las comparaciones de medias se realizaron mediante un análisis de varianza ANOVA. En el caso que los supuestos de tanto de normalidad y homogeneidad de varianza sean satisfactorios, en el caso que los supuestos no lo fueran, se utilizó la prueba de Kruskal. El análisis de comparaciones múltiples se realizó mediante Tukey.

La construcción de bases de datos y manejo de información se realizó en planilla de cálculo Excel XP. Los análisis estadísticos y presentaciones gráficas se realizaron en el paquete estadístico STATGRAPHICS PLUS versión 6.0 para Windows XP.

V. RESULTADOS.

5.1 Las instalaciones y equipos para las mediciones.

El diseño y construcción de las cámaras de oxigenometría presentó resultados positivos, permitiendo un correcto registro de las concentraciones de oxígeno durante el transcurso del experimento. Para cada talla se pudo simular condiciones metabólicas tanto de rutina como de actividad, logrando respuestas satisfactorias de los peces.

Como el oxigenómetro entrega mediciones instantáneas, se pudo establecer una relación entre la concentración de oxígeno en el agua con el cambio en la frecuencia de respiración, comportamiento de los peces, la natación y el equilibrio.

Los acuarios (1 y 10 litros) para la estimación de amonio fueron adecuados para mantener una capacidad de carga de 10 Kg/m³, esto permitió mantener constante esta variable con el objetivo de que las diferencias en las concentraciones de amonio en el agua estuvieran dadas sólo por la excreción de los peces.

5.2 Consumo de oxígeno en metabolismo de rutina.

Para las larvas se registró un consumo promedio de 131 mg/l de oxígeno por kilo de pez en una hora, a una velocidad de consumo de 2,18 mg/l por minuto por kilo de pez, a una temperatura promedio de 12,5 °C.

Tabla IV. Registro de consumos de oxígeno por kilo de pez, pesos y temperaturas.

N° expe.	Metabolismo	Talla	Peso g	N° peces	Temp. °C	mg/l de O ₂ x Kg x hora
01 MALR1	Rutina	T1	27,5	4	12,6	159,0 mg/l
02 MALR2	Rutina	T1	26,5	5	12,2	156,0 mg/l
03 MALR3	Rutina	T1	21,0	5	12,8	125,0 mg/l
04 MALR4	Rutina	T1	20,5	5	12,5	84,0 mg/l

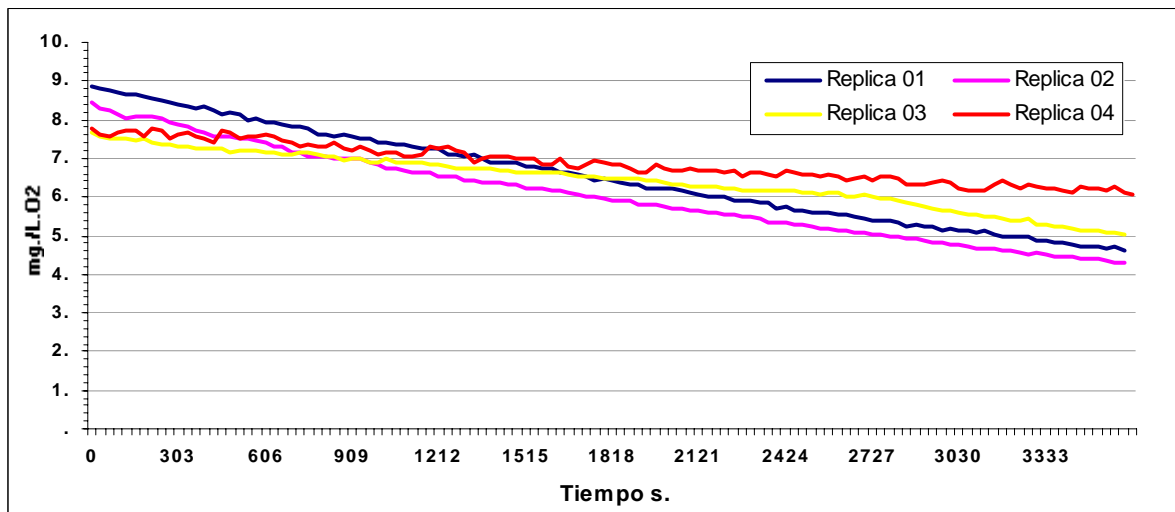
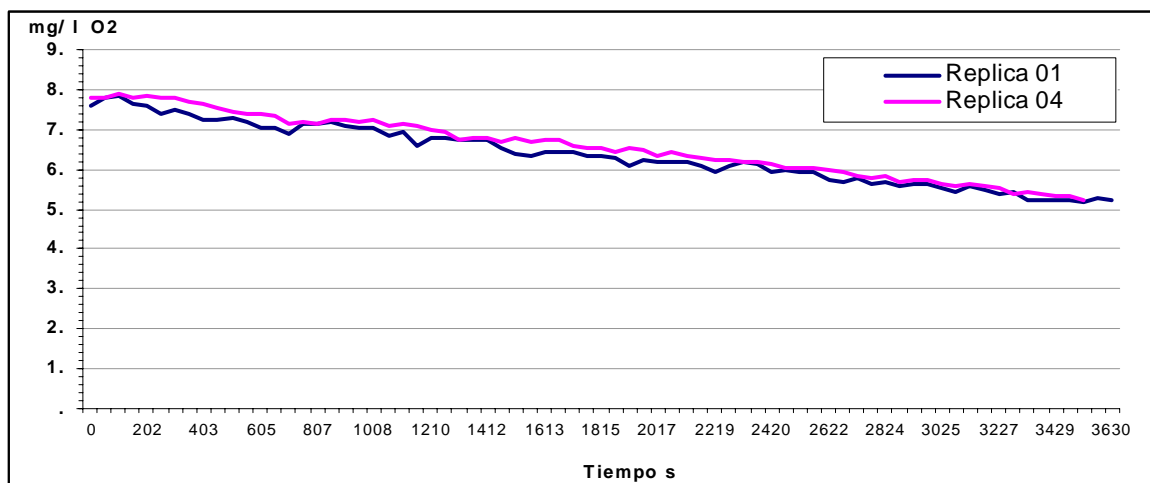


Figura 8. Consumo de oxígeno en M. Rutina en juveniles T1 de *C. gilberti*.

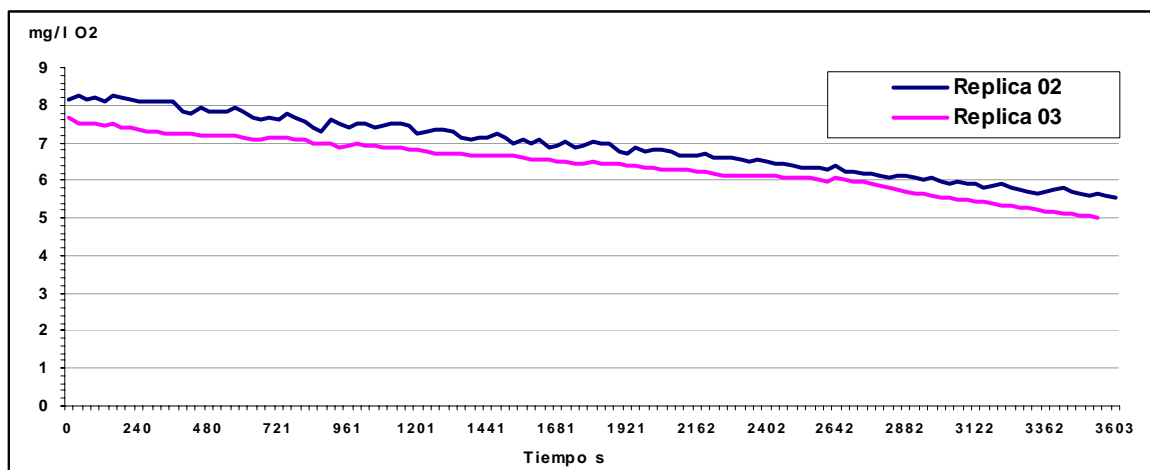
En juveniles el consumo de oxígeno en una hora fue de 106 mg de oxígeno por kilo de pez y a una velocidad de consumo de 1,76 mg por minuto por kilo de pez el promedio de temperatura fue de 12,9 °C.

Tabla V. Registro de consumos de oxígeno por kilo de pez, pesos y temperaturas.

N° Exp.	Metabolismo	Talla	Peso g.	N° peces	Temp. °C	mg/l O ₂ x Kg x hora
05 MALR1	Rutina	T2	115,5	3	12,8	103,0 mg/l
06 MAJR2	Rutina	T2	123,0	2	12,6	106,0 mg/l
07 MAJR3	Rutina	T2	124,5	3	13,5	105,0 mg/l
08 MAJR4	Rutina	T2	117,0	2	13,0	110,0 mg/l



Figuras 9. Consumo de oxígeno en metabolismo de rutina en juveniles T2 de *C. gilberti*.



Figuras 10. Consumo de oxígeno en metabolismo de rutina en juveniles T2 de *C. gilberti*.

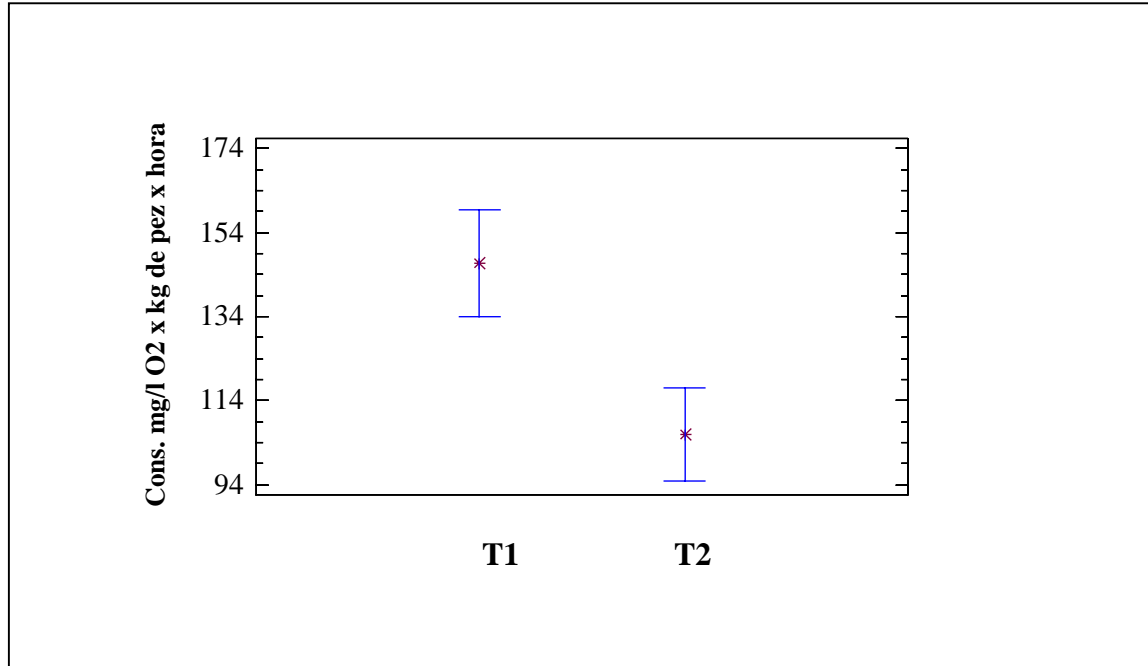


Figura 11. Comparación de los consumos medios de oxígeno en metabolismo de rutina en juveniles T1 y T2 de *C. gilberti*.

La Figura 11, representa la diferencia de las medias para ambas tallas en metabolismo de rutina, resultando ser significativamente diferente ($P < 0,05$) con un nivel de confianza del 95,0 %. Se observa un consumo de oxígeno menor en juveniles de la talla 12,5 cm en comparación con la talla 5,0 cm en metabolismo de rutina.

5.3 Consumo de oxígeno en metabolismo de actividad.

Para este metabolismo los consumos promedios de oxígeno para la talla T1: 5,0 cm fueron de 216 mg/l por kilo de peces en una hora. La velocidad de consumo de oxígeno fue de 3,6 mg/l de oxígeno por minuto por kilo de pez y el promedio de temperatura fue de 11,3 °C.

Tabla VI. Registro de consumos de oxígeno por kilo de pez, pesos y temperaturas.

N° Exp.	Metabolismo	Talla	Peso g.	N° peces	Temp. °C	mg/l O ₂ x Kg x hora
01 MALR1	Actividad	T1	20,0	4	11,1	208,0 mg/l
02 MALR2	Actividad	T1	24,0	5	11,6	221,0 mg/l
03 MALR3	Actividad	T1	24,5	5	11,3	220,0 mg/l

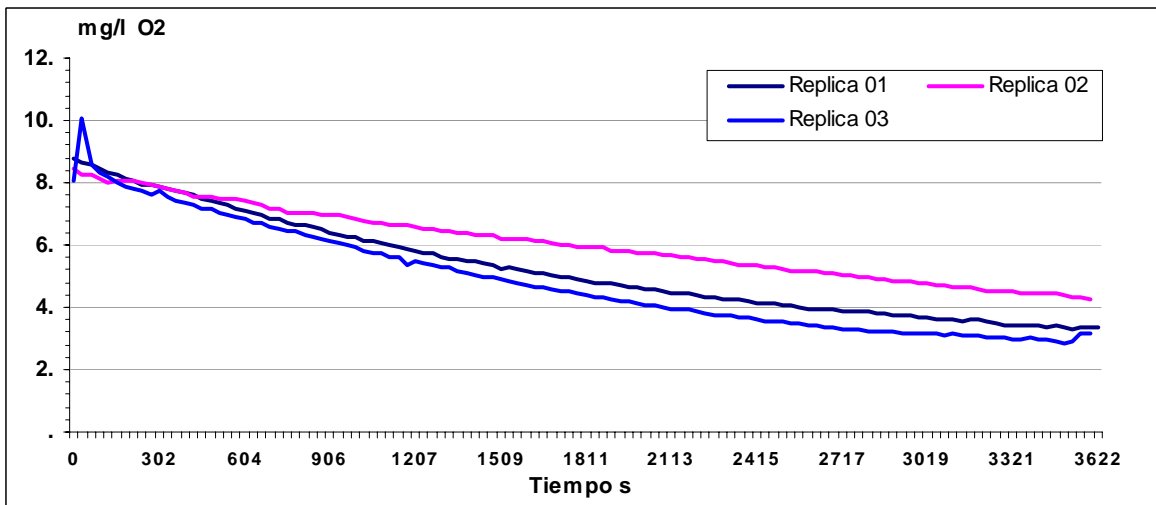


Figura 12. Consumo de oxígeno en metabolismo de actividad en juveniles T1 *C. gilberti*.

En los juveniles de la talla T2: 12,5 cm el consumo de oxígeno en metabolismo de actividad en una hora es de 188 mg/l de oxígeno por kilo de pez. La velocidad de consumo fue de 3,14 mg. por minuto por kilo de pez y el promedio de temperatura fue de 12,3 °C.

Tabla VII . Registro de consumos de oxígeno por kilo de pez, pesos y temperaturas

N° exp.	Metabolismo	Talla	Peso Grs.	N° peces	Temp. °C	mg/l O ₂ x kg x hora
04 MALR1	Actividad	T2	122,5	3	12,0	202,0 mg/l
05 MAJR2	Actividad	T2	115,5	2	12,4	165,0 mg/l
06 MAJR3	Actividad	T2	120,5	3	12,2	190,0 mg/l
07 MAJR4	Actividad	T2	130.0	4	12,7	198,0 mg/l

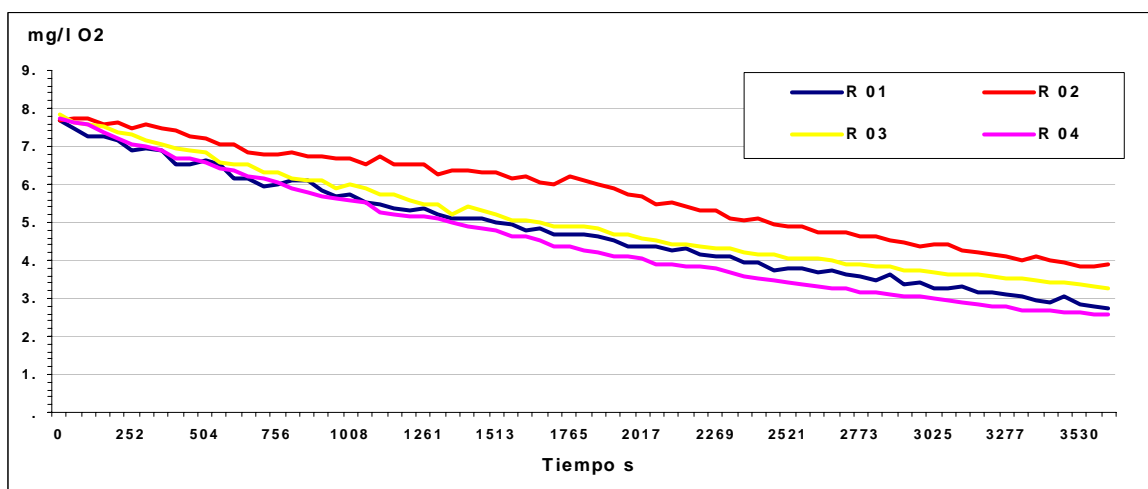


Figura 13. Consumo de oxígeno en metabolismo de actividad en juveniles T2 de *C. gilberti*.

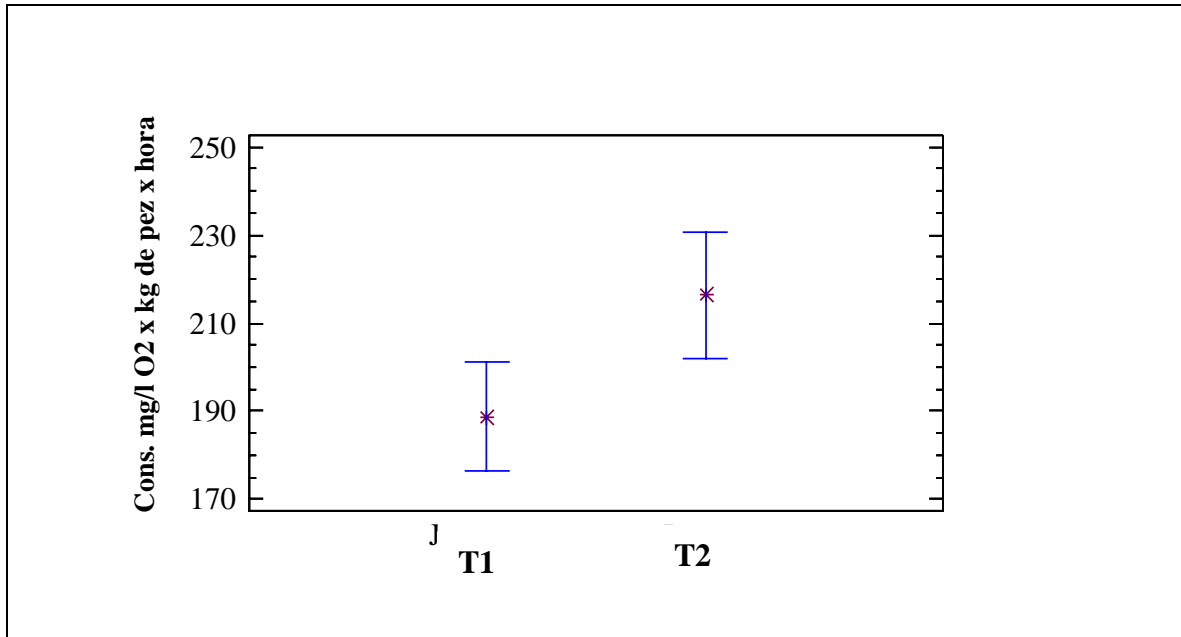


Figura 14. Comparación de los consumos medios de oxígeno en metabolismo de actividad en juveniles T1 y T2 de *C. gilberti*.

La Figura 14 representa la diferencia de las medias para ambas tallas en metabolismo de actividad, resultando ser significativamente diferentes ($P < 0,05$) con un nivel de confianza del 95,0 %. Se observó un consumo de oxígeno menor en juveniles de la talla 12,5 cm en comparación con la talla 5,0 cm en metabolismo de actividad.

5.4 Observación del comportamiento de los peces en condiciones de hipoxia.

La hipoxia es una consecuencia en la disminución de la concentración mínima de oxígeno necesaria para el buen funcionamiento fisiológico de un organismo. Se observó que los peces no son capaces de extraer oxígeno del medio, aún cuando la frecuencia respiratoria suba al máximo; esto desencadenó una serie de comportamientos en los cuales los peces gastan una gran cantidad de energía. En un comienzo, de la medición, se produjo un alto consumo de oxígeno durante la asfixia, luego comenzó una etapa de oxiregulación en que los peces tendieron a mantener un estado de reposo; finalmente a niveles mínimos aumentó nuevamente la frecuencia respiratoria, es en ese momento en que los peces mueren.

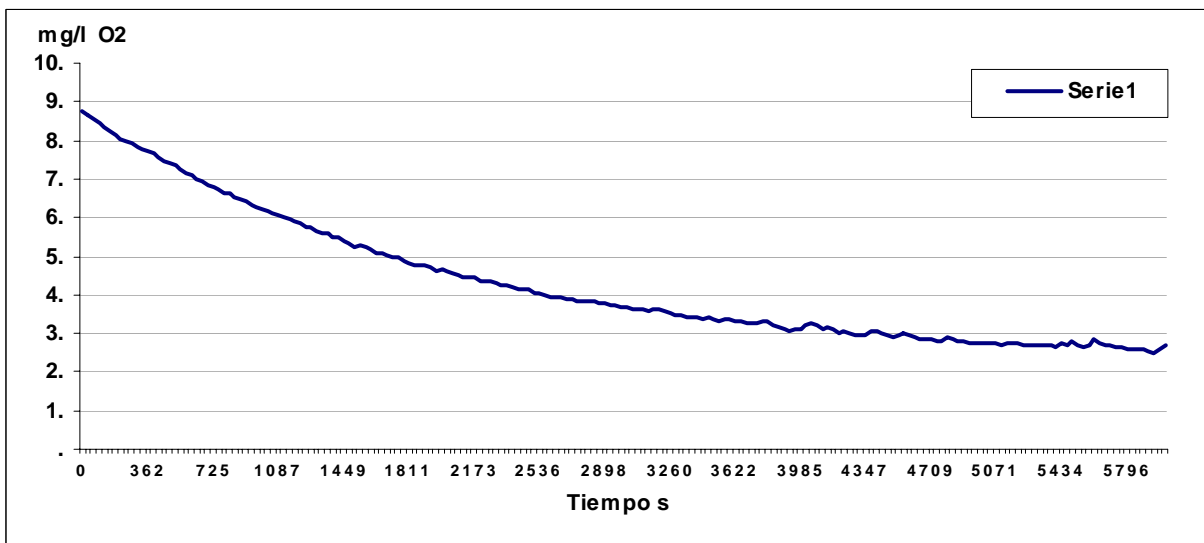


Figura 15. Consumo de oxígeno en condiciones de hipoxia en juveniles T1 de *C. gilberti*.

Descripción del comportamiento en juveniles T1 de acuerdo a la matriz de criterios (tabla III):

- Trascurridos 32 minutos los peces han consumido el 45 % de oxígeno disponible llegando a concentraciones de 4,77 mg/l; bajo este punto se observó un cambio en la frecuencia respiratoria a nivel 2, en cuanto al desplazamiento y equilibrio estos no presentaron alteraciones.
- A los 41 minutos y a niveles de oxígeno de 4,13 mg/l cambió la frecuencia respiratoria nuevamente a nivel 3, el equilibrio se mantuvo pero la natación cambió, esta tendió a mantenerse en la superficie.
- Trascurridos 65 minutos, de medición con niveles de oxígeno de 3,08 mg/l, la frecuencia se mantuvo en nivel 3, la natación fue errática y hubo pérdida en el equilibrio, se manifestó un estado fisiológico crítico.
- Finalmente a los 72 minutos y a 2,95 mg/l de concentración de oxígeno, la natación se detuvo, perdieron el equilibrio girando el abdomen hacia arriba, se detuvo la respiración y se observaron los primeros muertos.

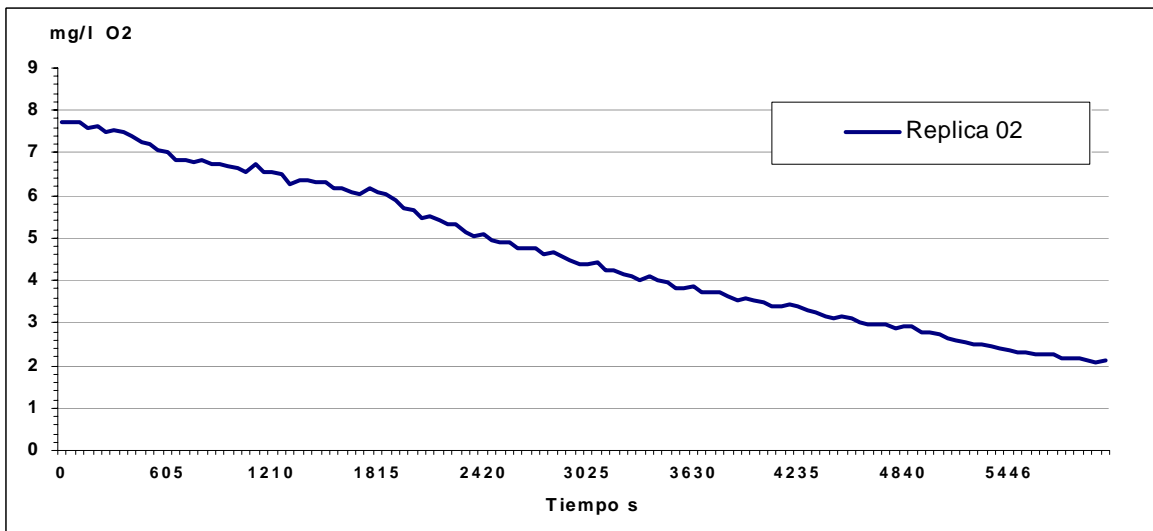


Figura 16. Consumo de oxígeno en condiciones de hipoxia en juveniles T2 de *C. gilberti*

Descripción del comportamiento en juveniles T2 de acuerdo a la matriz de criterios (tabla III):

- Para los juveniles los resultados muestran que a los 30 minutos los peces solo consumieron el 21 % del oxígeno disponible, no hubo cambio en la frecuencia respiratoria, natación y equilibrio.
- A los 60 minutos y concentraciones de 3,83 mg/l, se produjo un cambio en la frecuencia de respiración a nivel 2, el equilibrio y la natación se mantuvieron inalterados.
- Trascurridos 100 minutos la concentración de oxígeno fue de 2,07 mg/l, se produjo un cambio en la frecuencia de respiración a nivel 3, la natación fue errática y el equilibrio se mantuvo en estado de reposo.

- No se siguieron presionando los peces a niveles más críticos de concentración oxígeno para no arriesgar la sobrevivencia de estos; en solo una réplica se determinó que la respiración se detuvo a niveles de 1,65 mg/l y se produjo la muerte por asfixia.

5.5 Concentración de amonio total (NH_4^+) + (NH_3) y amonio no ionizado (NH_3).

La concentración amonio fue monitoreada durante quince horas. La estimación de la tasa de excreción se registró cada tres horas. Los resultados se expresaron en gramos de amonio excretados por kilo de pez en una hora.

La Figura 17 muestra el aumento en la concentración de amonio total durante las 15 horas del experimento; esto se debe a que no hubo recambio de agua en los acuarios. La carga fue constante para cada réplica de 10 Kg/m^3 ; sin embargo la desviación estándar fue notoria, las variaciones de temperatura fueron de $0,9 \text{ }^\circ\text{C}$ y el pH tuvo una variación de un 11%, las que no fueron incidentes en la desviación (ver desviación estándar en ejemplo de juveniles T2) por tanto, las concentraciones correspondieron a lo excretado por los peces.

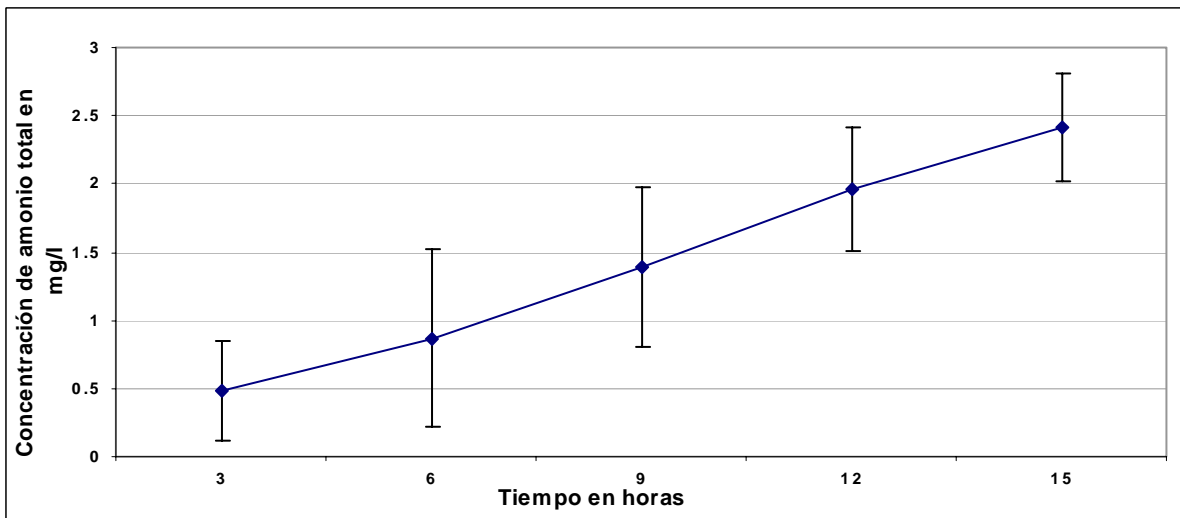


Figura 17. Concentración de amonio total en juveniles T1 de *Cilus gilberti*, a cargas de 10 kg/m^3 .

Para los juveniles de la talla T1 transcurridas quince horas de los experimentos se tienen concentraciones promedios en los acuarios de 2,48 mg/l, lo que corresponde a una excreción de 0,29 mg de $(\text{NH}_4^+) + (\text{NH}_3)$ por cada gramo de pez durante este período.

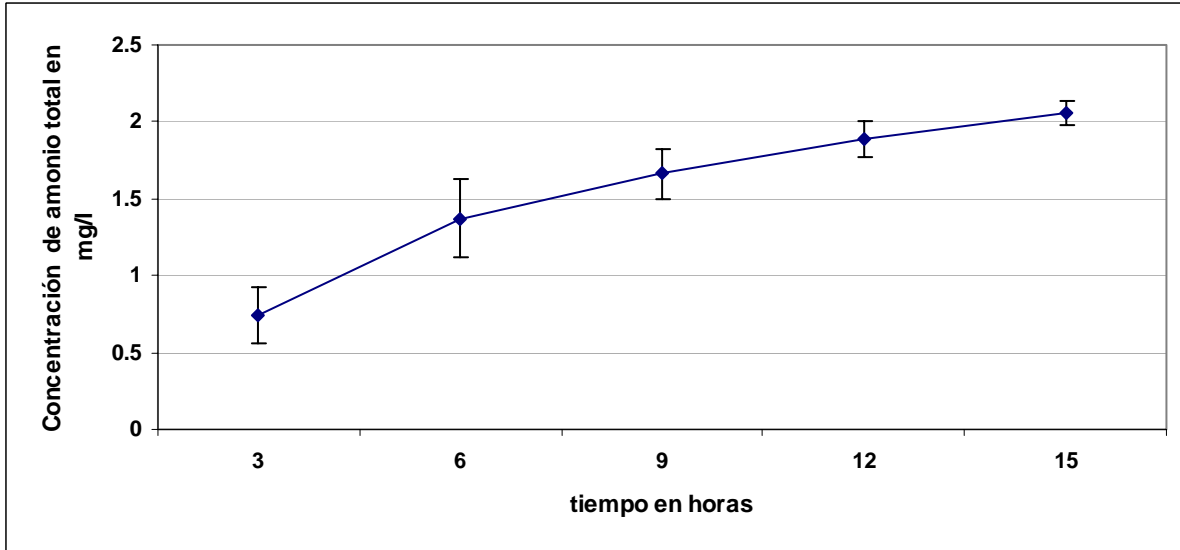


Figura 18. Concentración de amonio total en juveniles T2 de *Cilus gilberti* a cargas de 10 Kg/m³.

La pendiente de la curva muestra una baja constante en la excreción a medida que transcurrió el tiempo, llegando a mantenerse casi constante luego de doce horas. Con esto se puede deducir que transcurrido este tiempo los peces han excretado en gran parte el amonio producto de la digestión y la respiración.

La concentración de amonio para esta talla fue de 2,06 mg/l transcurridas las quince horas de medición, esto corresponde a una excreción de 0,20 g de $(\text{NH}_4^+) + (\text{NH}_3)$ por gramo de pez.

Concentración de amonio no ionizado (NH_3)

De acuerdo a las tablas descritas por Liao (1972) y Emerson (1975) en relación con la temperatura y pH monitoreados durante los experimentos, tenemos que a las quince horas el porcentaje de (NH_3) para T1 fluctúa entre un 0,4 % y 0,7 %, a una temperatura promedio de 13,8 °C y un pH 7,6 este porcentaje esta en función con la concentración máximas amonio total (NH_4^+) + (NH_3) a las 15 horas y corresponde a 2.48 mg/l de amonio total (NH_4^+) + (NH_3). Según esto la concentración de amonio no ionizado (toxico) (NH_3) durante quince horas fue de 0,0173 mg/l.

Para la los juveniles T2 la temperatura promedio registrada fue de 13,6 °C y pH 7,6 con estos valores el porcentaje de (NH_3) fluctúa entre un 0,4% y 0,65 %, lo que corresponde a concentraciones máximas de 2,06 mg/l de amonio total (NH_4^+) + (NH_3). Por tanto la excreción de (NH_3) durante las quince horas fue de 0,0133 mg/l.

5.6 Tasa de excreción de amonio total (NH_4^+) + (NH_3).

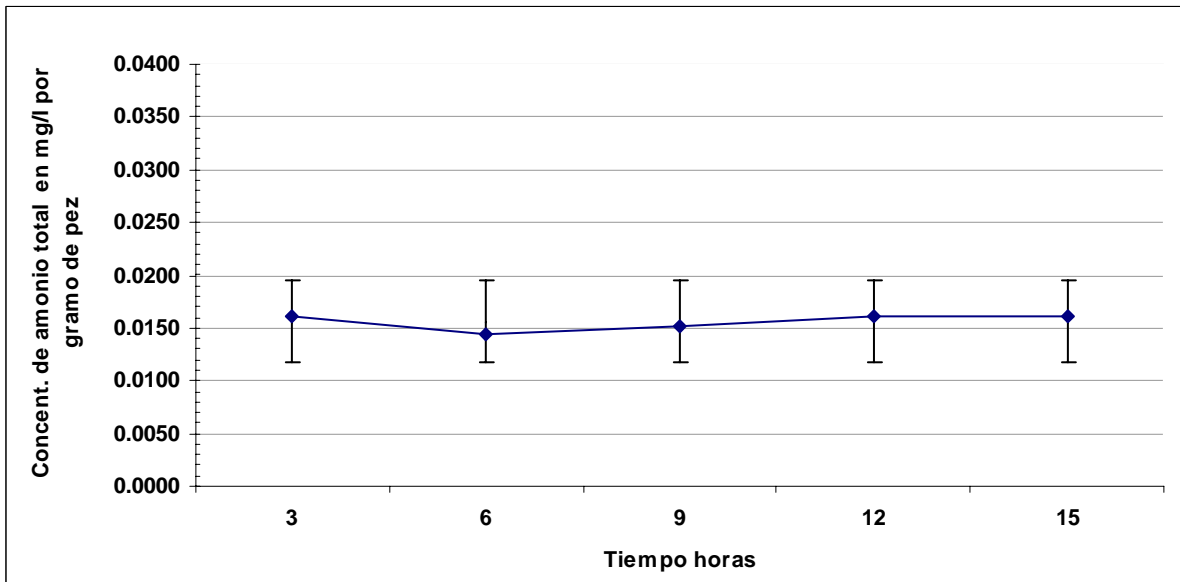


Figura 19. Tasa de excreción de amonio total en juveniles T1 de *Cilus gilberti*, a cargas de 10 Kg/m^3 .

La tasa de excreción de amonio en juveniles T1 alcanzó un promedio de 15,5 mg/l de (NH_4^+) por kilogramo de pez en una hora; además se obtuvo una mayor excreción en las tres primeras horas luego de la alimentación, aumentando en un 4,5 % a niveles de 16,2 mg/l (NH_4^+) + (NH_3) por kilogramo de pez en una hora. Este aumento en la tasa se manifestó nuevamente trascurridas doce horas, finalmente a las quince horas de experimento se produjo una baja nuevamente en la tasa de excreción.

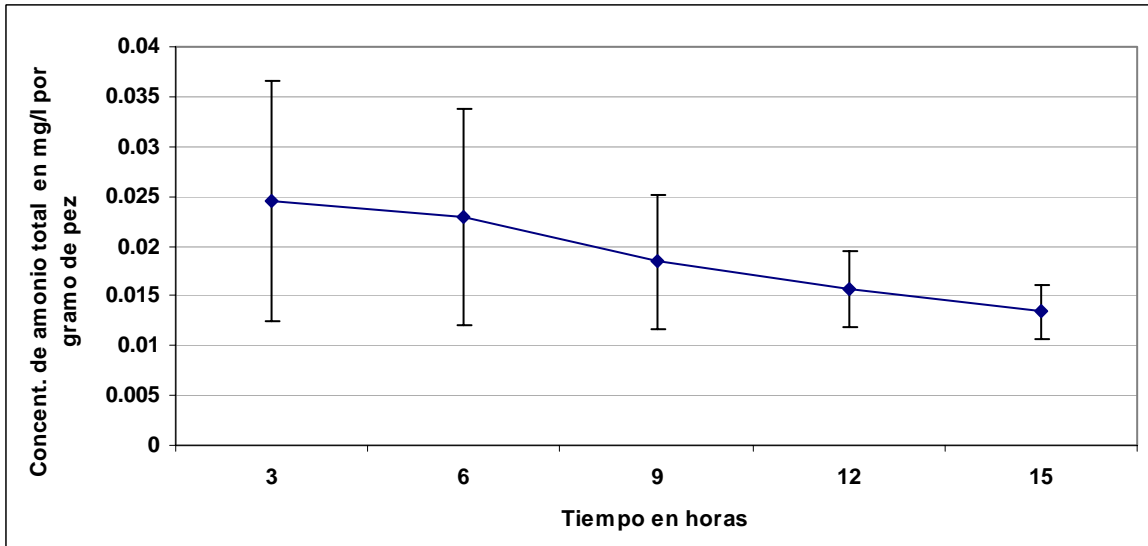


Figura 20. Tasa de excreción de amonio total en juveniles T2. de *Cilus gilberti*, a cargas de 10 Kg/m³.

En el caso de los juveniles T2 la tasa de excreción de amonio alcanzó un promedio de 18,97 mg/l por kilogramo de pez en una hora, presentando niveles máximos de 24,52 mg/l de (NH₄⁺)+ (NH₃) por kilogramo de pez en las tres primeras horas; para luego decaer a 13,8 mg/l de (NH₄⁺)+ (NH₃) trascurridas quince horas de experimento.

Con la información de los gráficos 19 y 20, se puede estimar que la tasa de excreción de amonio total a cargas de 10 Kg/m³ en 24 horas es de 0,37 mg/l por gramo de pez día para la talla T1: 5,0 cm y 0,45 mg/l por gramo de pez día para el caso de la talla T2: 12,5 cm.

VI. DISCUSIÓN.

6.1 Consumos de oxígeno de acuerdo al tipo de metabolismo.

La metodología de estimación de oxígeno utilizada en este estudio es similar a la descrita por De la Gándara (2003) en experimentos con seriola (*Seriola dumei*) en cuanto a la construcción de las cámaras de oxigenometría. Estas cámaras cumplen con el objetivo de contener los peces y permitir la medición externa de las concentraciones de oxígeno existente en un volumen determinado. Además permiten la observación del comportamiento y frecuencia respiratoria. Por último esta metodología no es una técnica invasiva, por tanto es menos estresante para los peces.

Este estudio no consideró la medición de consumos de oxígeno mediante un sistema abierto o de flujo "Open - flow" (Burrows, 1955), el cual consiste en medir la disminución del oxígeno en el agua que fluye constantemente a través de los estanques. Encina (1997) para la estimación del consumo de oxígeno en puyes (*Galxias maculatus*) diseñó un bioensayo con juveniles de 1,2 g dispuestos en un sistema de recirculación a distintas capacidades de carga. Esto entrega mayor información sobre las fluctuaciones de oxígeno durante el día para una mayor cantidad de peces, sin embargo, De la Gándara (2003) afirma que es más exacto hacer mediciones en un sistema cerrado con distintas tallas y a diferentes temperaturas.

Los consumos de oxígeno son significativamente distintos en ambas tallas de juveniles siendo los del grupo T1: 5,0 cm en comparación con el grupo T2: 12,5 cm altamente demandantes de este gas, en cualquiera de los dos metabolismos medidos.

La diferencia de temperatura en no más de un grado Celsius durante los experimentos, no es influyente en los resultados de consumo de oxígeno. Sin embargo esta es una de las variables ambientales más significativas en el metabolismo respiratorio.

La velocidad de consumo de oxígeno en los juveniles del grupo T1: 5,0 cm es superior en un 20% a los juveniles del grupo T2: 12,5 cm en metabolismo de rutina.

En el metabolismo de actividad la velocidad de consumo también es superior en los peces del grupo T1: 5,0 en un 13%, esto concuerda con lo descrito por Blanco Cachafeiro (1984) y principalmente por varios autores los cuales afirman que peces más pequeños consumen una mayor cantidad de oxígeno en relación a su peso en comparación con peces más grandes, debido a su alto nivel metabólico producto de una alta velocidad de crecimiento (SGR).

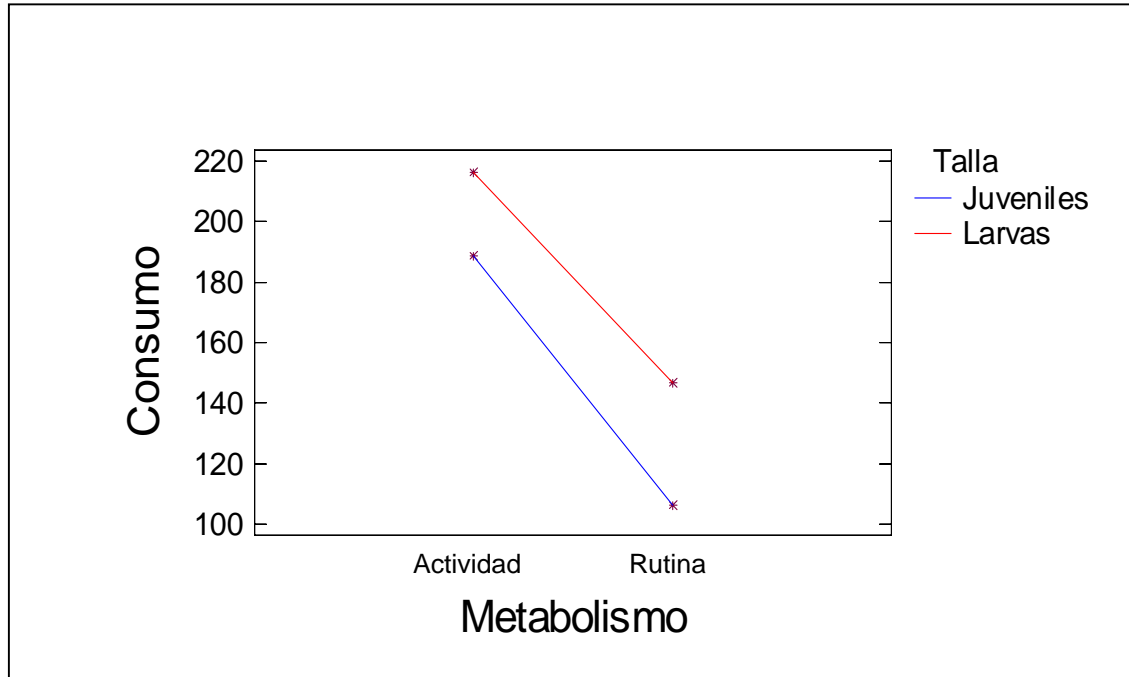


Figura 21. Comparación de los consumos medios de ambas tallas en metabolismo de rutina y actividad

Si se comparan las respuestas medias de metabolismo de rutina y metabolismo de actividad hay diferencias significativas ($p < 0.05$) en ambos metabolismos sin embargo no existe interacción entre ellos (Figura 21).

Esta información contribuye a la estimación de la capacidad de carga porque permite conocer las velocidades de consumo de oxígeno en ambos metabolismos y los permite comparar entre ellos. Según los resultados obtenidos, existe diferencia en las velocidades de consumo de oxígeno en una misma talla T1: 5,0 cm en metabolismo de rutina con metabolismo de actividad; en este último se obtiene un incremento del 40 %, lo mismo ocurre con la talla T2: 12.5 cm la cual aumenta su consumo en un 44 % en metabolismo de actividad. Según esto, se puede afirmar que corvina aumenta el consumo de oxígeno en función del gasto energético según el tipo de metabolismo en que se encuentre. Liao y Kramer (1971) estiman un incremento de 36.8 % en metabolismo de actividad en *Salmo salar*, en tallas similares a T2.

6.2 Comportamiento de los peces en hipoxia

Al observar los resultados de hipoxia se pudo estimar que juveniles T1 toleran concentraciones mínimas de 3.08 mg/l, bastante superior a los 1.8 mg/l descritos por Encina *et al* (1997) en puyes (*Galaxias maculatus*). En la mayoría de las especies salmonídeas la hipoxia o mortalidad se produce a los 3 mg/l (Leitritz & Lewis 1980; Cachafeiro, 1984).

La observación del comportamiento en cuanto a la frecuencia respiratoria, natación, desplazamiento y equilibrio, es importante para determinar los niveles de hipoxia de los peces. El cambio en la frecuencia respiratoria es el primer síntoma de hipoxia en los peces debido a que deben traspasar más agua por las branquias para suplir el déficit de oxígeno en el agua. Los juveniles del grupo T1 mostraron este síntoma en promedio a concentraciones de oxígeno de un 21 % superiores a los juveniles del grupo T2.

Los otros cambios conductuales se presentan en forma intermitente, luego del cambio de la frecuencia respiratoria, se observó que los peces, trascurridos 40 minutos de experimento y a concentraciones de 4,13 mg/l de oxígeno, la natación se detiene y se produce un estado de aletargamiento.

La pérdida del equilibrio en el fondo del estanque es el último síntoma del comportamiento, en esta condición el 50% sobrevive pero generalmente no responden cuando se abren las válvulas y se ingresa un recambio de agua.

Los juveniles T2 toleran concentraciones 2,01 mg/l de oxígeno sin presentar mortalidades. Con estos resultados a las tolerancias a las concentraciones mínimas de oxígeno, se puede inferir que *Cilus gilberti* es un organismo con capacidad oxireguladora; esto se fundamenta con el descenso en la velocidad de consumo de oxígeno transcurridos los primeros 20 minutos.

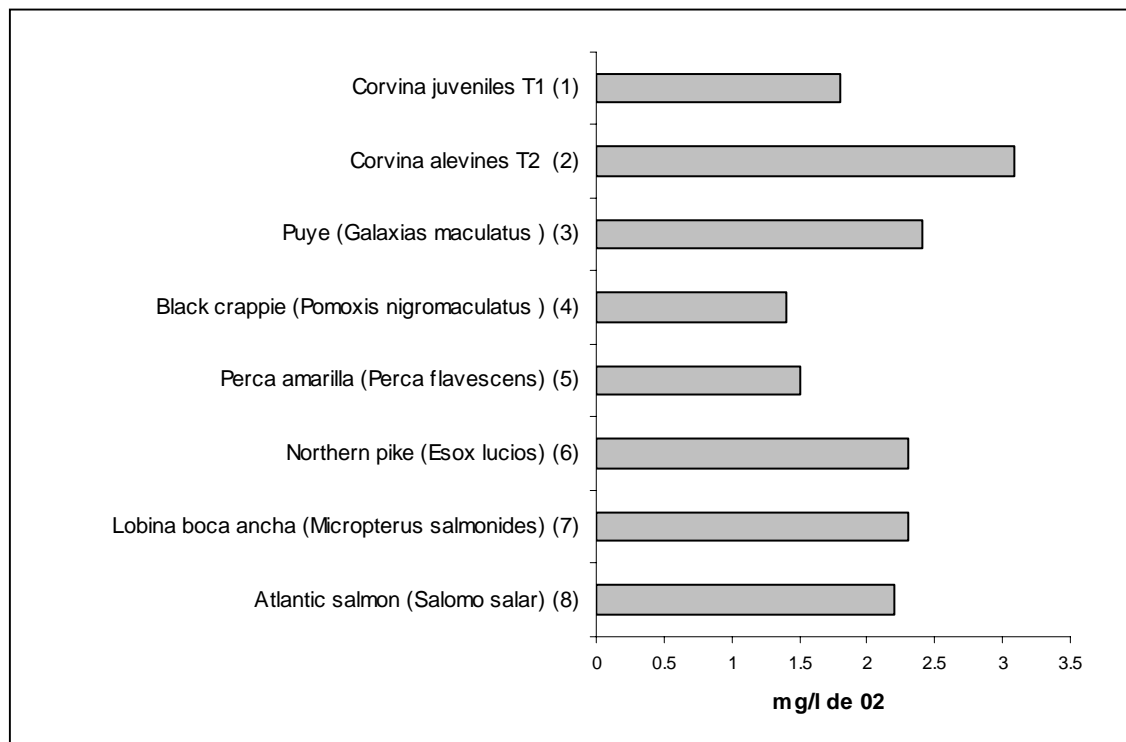


Figura 22. Requerimientos mínimos de oxígeno mg/l de algunas especies de peces.

(1) y (2) *Presente estudio* (3) y (7) *Moore (1942)*, (4) y (6) *Cooper & Washbur (1949)*, (5) *king & Smith (1947)*, (8) *Lindroth (1947)*.

La Figura 22 muestra la diferencia existente en las dos tallas de juveniles estudiadas en cuanto a las concentraciones mínimas de oxígeno a las que puede sobrevivir en comparación con otros peces marinos.

6.3 Excreción de amonio.

La metodología utilizada para la determinación de amonio comprende la preparación de varios reactivos necesarios para la fijación de este, los cuales deben ser preparados cuidadosamente en un laboratorio, sin embargo, el análisis es adecuado para ser realizado en terreno. Además no es una técnica que arriesgue la sobrevivencia de los peces y es asertiva para medir el aumento de la concentración de amonio total en el tiempo.

En este estudio se hicieron mediciones de pH y temperatura las cuales sirvieron de referencia, estas no presentaron variaciones significativas que produjeran cambios químicos en el agua o fisiológicos importantes en los peces.

Las cantidades estimadas de amonio total en T1 son un 17 % superiores que en T2, este incremento en la concentración de amonio total producto de la excreción es similar en otras especies y estaría dado por el mayor gasto energético de peces más pequeños y la menor retención de proteínas. Fernández (2002) en dorada (*Sparus aurata*) concluye que ejemplares más pequeños gastan mas energía en el crecimiento, mientras que los peces mayores lo hacen para la síntesis corporal de proteínas.

En cuanto a los resultados de amonio no ionizado (NH_3), según la temperatura y el pH promedio, los porcentajes de (NH_3) no ocasionaron una cantidad que fuera tóxica para los peces, transcurridas quince horas de medición. Por otro lado. Las concentraciones de amonio no ionizado (NH_3) también son superiores en peces más pequeños.

En cuanto a la tasa de excreción amonio total los resultados obtenidos son inferiores en un 18 % en los peces más pequeños. Los que para un periodo de 24 horas alcanzan excreciones de 0,37 mg/l en los juveniles T1 y 0,45 mg/l de amonio total para juveniles T2. Esto es similar a la relación que existe entre el tamaño de los peces y la excreción de estos en cuanto a la excreción de amonio total. Ríos (1979) describe excreciones de amonio total de 0,53 mg/l por gramo de pez día en puyes de 1,0 g, Fernández (2002) en doradas (*Sparus aurata*) encuentran excreciones en un día de 0,47 mg/l en doradas de 500 g y 0,116 mg/l en ejemplares de 45 g.

Los resultados obtenidos en las tasas de excreción de $(\text{NH}_4^+) + (\text{NH}_3)$ son cercanos a los obtenidos por Shirata (1964) en trucha; el describe niveles de 17 mg/l de amonio total por kilogramo de pez en una hora. Liao y Mayo (1972) describen una concentración 69 mg/l de amonio total en salmon del Atlantico (*Salmo salar*), lo que es superior a lo estimado en corvina. Ríos (1979) describe concentraciones de 24,16 mg/l en una hora de $(\text{NH}_4^+) + (\text{NH}_3)$ en puye. Estos también se sitúan dentro del margen posible de encontrar en otras especies de teleósteos como la lubina, dorada, trucha, salmón y puyes. Estos resultados son claramente afectados por la edad del pez en cuanto a la tasa de excreción de amonio total en 24 horas ya que estas excreciones disminuyen con la edad de los peces.

Para determinar el tamaño y eficiencia de un biofiltro en un sistema de recirculación, es necesario conocer la producción de amonio de un organismo en función de la cantidad en mg de $(\text{NH}_4^+) + (\text{NH}_3)$ que es capaz de producir en una hora un kilo de peces, con esto se puede calcular la carga de un biofiltro, en el caso de los juveniles T1, estos excretan 15.5 mg/l por kilo de pez por hora y los juveniles T2 16.2 mg/l por kilo de pez de amonio total.

Durante los experimentos de estimación de amonio a cargas de 10 Kg/m³ y a temperatura promedio de 13,7 y pH 7,6 no se registraron mortalidades a los niveles de concentraciones medidas y totales, en que los peces fueron expuestos. Los resultados corresponden a excreciones durante quince horas sin recambio de agua, por tanto, si en un cultivo intensivo se tiene una tasa mínima de cambio (Tc: 1), el amonio total no será limitante incluso a cargas superiores a 10 Kg/m³.

Encina (1997) describe bioensayos para estimar concentraciones críticas de amoníaco LC_{50,90 hrs} (concentración letal 50 % en 96 horas), para esto utilizó una solución stock de amonio (1000 ppm) en cinco acuarios con concentraciones distintas cada una; con este bioensayo se puede estimar la concentración límite de amoníaco que pueden tolerar los peces de acuerdo a sobrevivencia de estos a las distintas concentraciones. En corvina este bioensayo debería realizarse a futuro cuando se disponga de un mayor número de ejemplares, debido a la alta mortalidad que este experimento involucra. Estos bioensayos serán necesarios para determinar la concentración máxima de amoníaco o amonio total que resiste esta especie.

6.4 Capacidad de carga.

Finalmente se determinó la capacidad de carga en función del consumo de oxígeno en metabolismo de actividad y en relación con la concentración existente en el estanque cuando los peces registraron el primer cambio en la frecuencia respiratoria. Por ejemplo: si el oxígeno de entrada es 8,5 mg/l a una temperatura de 11,3 °C y a una tasa de cambio 1, se podrían mantener cargas no superiores a 17 Kg/m³ para el grupo de juveniles T1. En estas mismas condiciones de concentración inicial de oxígeno y a una temperatura de 12,3 °C, para los juveniles T2 la carga máxima sería de 25 Kg/m³.

El siguiente gráfico muestra los puntos en que los juveniles T1 y T2 cambian la frecuencia respiratoria, en función de la disminución del oxígeno residual con el aumento de la carga de peces, tomando como referencia un oxígeno inicial de 8.5 mg/l y temperaturas de 11,3 para T1 y 12,3 ° C para T2.

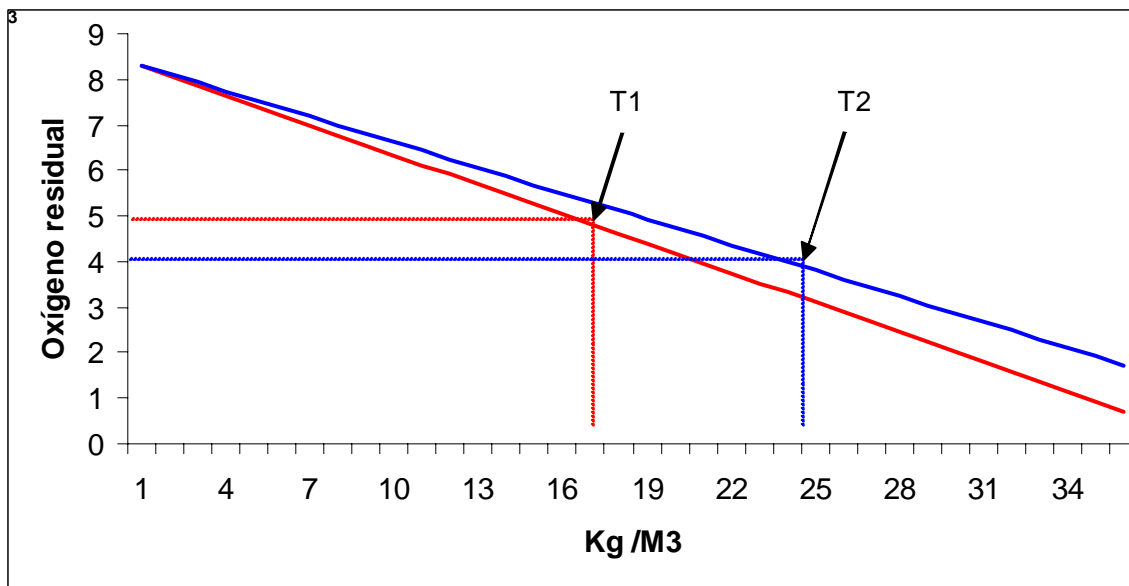


Figura 23. Disminución del oxígeno residual en función del aumento en la capacidad de carga en *C. gilberti*.

Si bien se puede aumentar la capacidad de carga, en función de los consumos mínimos en hipoxia, productivamente es desfavorable, debido a que los peces están experimentando un desgaste superior de energía traspasando más agua por las branquias para extraer la cantidad de oxígeno necesario para su buen desarrollo. Por tanto la energía disponible destinada a crecimiento disminuiría en función del desgaste en el esfuerzo anormal de la respiración.

Tabla VIII. Disminución del oxígeno residual en 1 m³ en función del aumento de la carga de peces para juveniles T1 de *C. gilberti*.

(L/Hora)	T1 Juveniles de 4.5 g			5cm	Of	O ₂ Residual
	O ₂ i	V estanque	T. C. (mg O ₂ * kg de pez/h)	C.C. kg/m ³		
1000	8.5	1000	216	1	8284	8.284
1000	8.5	1000	216	2	8068	8.068
1000	8.5	1000	216	3	7852	7.852
1000	8.5	1000	216	4	7636	7.636
1000	8.5	1000	216	5	7420	7.42
1000	8.5	1000	216	6	7204	7.204
1000	8.5	1000	216	7	6988	6.988
1000	8.5	1000	216	8	6772	6.772
1000	8.5	1000	216	9	6556	6.556
1000	8.5	1000	216	10	6340	6.34
1000	8.5	1000	216	11	6124	6.124
1000	8.5	1000	216	12	5908	5.908
1000	8.5	1000	216	13	5692	5.692
1000	8.5	1000	216	14	5476	5.476
1000	8.5	1000	216	15	5260	5.26
1000	8.5	1000	216	16	5044	5.044
1000	8.5	1000	216	17	4828	4.828
1000	8.5	1000	216	18	4612	4.612
1000	8.5	1000	216	19	4396	4.396
1000	8.5	1000	216	20	4180	4.18
1000	8.5	1000	216	21	3964	3.964
1000	8.5	1000	216	22	3748	3.748
1000	8.5	1000	216	23	3532	3.532
1000	8.5	1000	216	24	3316	3.316
1000	8.5	1000	216	25	3100	3.1
1000	8.5	1000	216	26	2884	2.884
1000	8.5	1000	216	27	2668	2.668
1000	8.5	1000	216	28	2452	2.452

Tabla IX. Disminución del oxígeno residual en 1 m³ en función del aumento de la carga de peces para juveniles T2 de *C. gilberti*.

T2 Juveniles de 45 g				12.5cm		
(L/Hora)	O ₂ i	V estanque	T. C. (mg O ₂ * kg de pez /h)	C.C. kg/m ³	Of	O ₂ Residual
1000	8.5	1000	188	1	8312	8.312
1000	8.5	1000	188	2	8124	8.124
1000	8.5	1000	188	3	7936	7.936
1000	8.5	1000	188	4	7748	7.748
1000	8.5	1000	188	5	7560	7.56
1000	8.5	1000	188	6	7372	7.372
1000	8.5	1000	188	7	7184	7.184
1000	8.5	1000	188	8	6996	6.996
1000	8.5	1000	188	9	6808	6.808
1000	8.5	1000	188	10	6620	6.62
1000	8.5	1000	188	11	6432	6.432
1000	8.5	1000	188	12	6244	6.244
1000	8.5	1000	188	13	6056	6.056
1000	8.5	1000	188	14	5868	5.868
1000	8.5	1000	188	15	5680	5.68
1000	8.5	1000	188	16	5492	5.492
1000	8.5	1000	188	17	5304	5.304
1000	8.5	1000	188	18	5116	5.116
1000	8.5	1000	188	19	4928	4.928
1000	8.5	1000	188	20	4740	4.74
1000	8.5	1000	188	21	4552	4.552
1000	8.5	1000	188	22	4364	4.364
1000	8.5	1000	188	23	4176	4.176
1000	8.5	1000	188	24	3988	3.988
1000	8.5	1000	188	25	3800	3.8
1000	8.5	1000	188	26	3612	3.612
1000	8.5	1000	188	27	3424	3.424
1000	8.5	1000	188	28	3236	3.236

De la Gándara, F. ; Jover, M. y García- Gomez (1999) estiman que el consumo de oxígeno en seriola es de 314 mg/l por kilo de pez en una hora. Estos autores describen que a concentraciones de 4 mg/l de oxígeno seriola cambia la frecuencia respiratoria, sin embargo el consumo de oxígeno en sus experimentos es superior a lo encontrado en corvina.

Si comparamos ambas especies manteniendo tallas similares y temperaturas, se estima una carga de 14 Kg/m³ en seriola y de 25 Kg/m³ en corvina. Para el caso de los salmónidos la carga máxima sería de 8.5 Kg/m³. Según esto, corvina tolera capacidades mayores lo que la hace más conveniente en términos productivos y económicos.

En un cultivo de peces uno de los costos significativos es la energía eléctrica para el bombeo de agua, esta dependerá del caudal necesario de acuerdo a la demanda de oxígeno de la biomasa, según los resultados de este estudio estas necesidades de consumos de oxígeno tienen incidencia directa en:

- Viabilidad del cultivo en función del tamaño de la infraestructura y espacio.
- Productividad.
- Rentabilidad del cultivo.

Como ejemplo se calculan los costos mensuales de energía eléctrica necesarios para el bombeo de agua con el objetivo de producir un millón de juveniles de 4,5 g de corvina bajo las siguientes especificaciones: C. cargas de 17 Kg/m³ Tc: 1, altura de bombeo 5 m 27 estanques de 10000 L, 5 bombas Pedrollo modelo HFM/ 6c 1.5 hp. Valor Kw/h \$ 82.23.

Costo de energía eléctrica mensual para un millón de juveniles	\$ 293.067
Costo de energía eléctrica mensual por kilo de pez	\$ 65

Si tomamos los consumos de oxígeno en seriola, bajo las mismas condiciones de cultivo anteriores, el costo por kilo sería de \$ 77.7 pesos y en salmónes sería de 127.5 pesos, en cuanto al costo de energía eléctrica mensual. Por tanto el cultivo de corvina en términos de ahorro de energía eléctrica para el bombeo es un 49.1 % más económico que el cultivo de salmónidos, esta es una ventaja comparativa en el diseño y requerimientos de capacidad de carga para el cultivo de la especie.

Para establecer la capacidad de carga en términos de la excreción de amonio los resultados confirman que este no es limitante a cargas de 10 Kg/m³ y tampoco lo será a cargas superiores si existe recambio de agua en los estanques.

En cuanto a la remoción de amonio total en sistemas de recirculación la tasa de excreción diaria por kilo de pez tanto para T1 y T2, antes mencionada, permitirán dimensionar un biofiltro adecuado para el cultivo de esta especie.

VII. CONCLUSIONES.

1. Existe una relación inversamente proporcional entre el consumo de oxígeno en mg de O₂ por kilogramo de pez, a medida que estos presentan un mayor tamaño consumen menos oxígeno en relación a su peso.
2. Existe diferencia significativa en los consumos medios de oxígeno en función del tipo de metabolismo que presentó la especie.
3. Los juveniles de corvina de la talla T2: 12,5 cm presentaron la mayor tolerancia a concentraciones bajas de oxígeno, inferiores a lo registrado por otros autores para salmónidos y otros peces marinos de la misma talla.
4. Las capacidades de cargas estimadas en corvina, en función del consumo de oxígeno, la hacen viable tanto en términos productivos como económicos en sistemas de cultivo intensivo y superintensivo.
5. Es importante conocer los consumos de oxígeno de corvina en función de temperaturas distintas tanto en larvas, juveniles y reproductores, además se recomienda hacer bioensayos para conocer el comportamiento del oxígeno durante el día en estanques con flujo abierto.

6. Las cajas de oxigenometría diseñadas para esta experiencia, presentaron excelentes condiciones respecto a su simplicidad, acople al oxigenómetro, fácil manejo y observación de los peces; por lo que se recomienda su uso en el estudio de la respirometría en otros peces.
7. Las concentraciones de amonio total (NH_4^+) + (NH_3) a capacidades de carga de 10 Kg/m^3 no presentaron mortalidad en ninguna de las dos tallas, por tanto en cultivos intensivos, con una tasa de cambio mínima de Tc: 1 y a cargas aún superiores, el amonio total no es limitante.
8. Los valores de amonio no ionizado (NH_3) en 24 horas están en función de la cantidad amonio total y su porcentaje en relación a este varía de acuerdo a la temperaturas y el pH, si bien las cantidades encontradas no fueron mortales para los peces, es posible que a altas temperaturas y con un pH más básico este porcentaje aumente y sea tóxico en juveniles de corvina.
9. Si bien es cierto el amonio total no es limitante para juveniles de corvina, se recomienda hacer bioensayos con $\text{LC}_{50,90 \text{ hrs}}$ para conocer la toxicidad aguda que tolera la especie.

VIII. BIBLIOGRAFÍA.

- AQUANOTICIAS. 1998. Año 10. N° 13 (66). El Cultivo de Nuevas Especies en Chile. Edición de noviembre. Pág. 63-65. 109 pp.
- ALBERTCH, R. 1938. Bases de la Gestión de l' eau en Salmoniculture Intensive. Ministère de l' Agriculture. Bordeaux. 47- 53 pp.
- ARRINGTON, J. 1984. Ecología y piscicultura de aguas dulces. 2ª Ed. Revisada y ampliada. Ed. Mundiprensa. 587 pp.
- BEVERIDGE, M. 1991. Cage Aquaculture Fishing New Books. Oxford England.
- BEAMISH, F.W.H. 1964. Influence of the Starvation on Standard and Routine Oxygen Consumption. Trans Am fish. Soc. 93:103-107 pp.
- BEAMISH, F.W.H. 1964. Respirations of Fishes With Special Emphasis on Oxygen Consumption Influence Of Weight and Temperature on Respiration of Several Species. *Can. J. Zood.* 42:177-188 pp.
- BLANCO CACHAFEIRO, M. 1984. La Trucha Cría industrial. Ed. Mundi-Prensa. Madrid España. 503 pp.
- BURROWS, ROGER E. and HARRY H. CHENOWETH. 1955. Evaluations of Tree Types of Fish Rearing Ponds. Research Report 39, Fish and Wildlife Service, U.S. Department of interior, Washington . D.C. 173 – 174 pp.

- COOPER, GERARD. P and GEORGE N. WASHBURN. 1949. Relations of Dissolved Oxygen to Winter Mortality of Fish in Michigan Lakes. Transactions of the American Fisheries Society. 76: 23-33 pp.
- CORTES, N. OYARZUN, C. 2002. Ciclo Reproductivo y Talla de Primera Madurez Sexual de la Corvina *Cilus gilberti* (Abbott, 1899) en la Zona Pesquera Centro Sur de Chile. XXII Congreso de Ciencias del Mar. Valdivia, 34 pp.
- CHONG, J. OYARZUN, C. CORTES, N. CHONG, L. 2002. Edad y Crecimiento de Corvina, *Cilus gilberti* (Abbott, 1899) (PISCES, SCIANIDAE) en la Zona Centro Sur de Chile. XXII Congreso de Ciencias del Mar. Valdivia. 25 pp.
- DIKSON, J and KRAMER, L. 1969. Factors Influencing Scope Active and Standard Metabolism of Rainbow Trout. UTAH Cooperative Fishery Unit. UTAH State University. Logan UTAH, USA. 59-76 pp.
- ENCINA, F. VEGA, R. AGUAYO; C. SOBARZO, C. 1997. Parámetros Fisiológicos para la Estimación de la Capacidad de Carga para el Cultivo de Puye (*Galaxias maculatus*). Universidad Católica de Temuco. 22 pp.
- EMERSON, K ; RUSO, R.C. LUND, R.E AND THURSTON, R. V. 1975. Aqueous Ammonia Equilibrium Calculations Effect of pH and the Temperature. J. Fish. Res. Bd. Can., 32, 2.397-83. 75 pp.

FERNADEZ, R. 2002. Efectos de la Dieta y Otros Factores Sobre la Excreción de Amonio y el Aprovechamiento del Nitrógeno por Dorada *Sparus aurata* y su Incidencia en los Cultivos. Tesis de Doctorado presentada ante la Universidad de Barcelona. Barcelona. 240 pp.

FUNDACION CHILE. 2000. Boletín de Exportación de Recursos Marinos. Departamento de Industrias Pesqueras. Santiago. 87pp.

De la GANDARA, F.; JOVER, M. y GARCÍA-GOMEZ, A. 1999. Estimación del Consumo de Oxígeno de Juveniles de *Seriola dumerili* En Función del Peso de los Individuos y de la Temperatura del Agua, en Condiciones de Cultivo Intensivo. Centro de Estudios Oceanográficos de Murcia, Valencia. 14 pp.

De la GANDARA, F. 2003. Efectos de Diversos Factores Sobre el Consumo de Oxígeno en Juveniles de *Seriola* (*Seriola dumerili* Riso, 1810) en Condiciones de Cultivo. Madrid. Tesis de Doctorado presentada en la Universidad de Madrid. 120 pp.

KING, JOSEPH E and ARTHUR L. Smith Jr. 1974. Investigations of the Effect of the Water Hyacinth on the Fish and Fish Habitats of Luisiana Waters. U.S.Fish and Wildlife Service, Special Scientific Report 39, App. 30 – 65 pp.

MANN, F.1954. Vida de los Peces en Aguas Chilenas. Universidad de Chile. Ministerio de agricultura. Santiago. 342 pp.

MOOR, WALTER G. 1942. Field Studies on the Oxygen Requirements of Certain Freshwater Fishes. Ecology. 23: 319-329 pp.

- MORENO, R. CASTILLA, C. 1980. Guía para el Reconocimiento y Observación de Peces , Valdivia 42 pp.
- LEITRITZ, E. & LEWIS, R. C. 1980. Trout and Salmon Culture (Hatchery Methods). California Fish Bulletin, Number 164: 9-20 pp.
- LINDROTH, ARNE. 1947. Vitality of Salmon Parr at low Oxygen Presume. Institute of freshwater resources, Fisheries Board, Drottnongholm, Sweden, 29: 49-50 pp.
- LIAO, P. B. KRAMER. 1971. Water Requirements of Salmon. Consulting Engineers, Seattle. Washington 98101, 155-160 pp.
- LIAO, P. B. and MAYO, R. D. 1972. Salmon hatchery water Reuses Systems. Aquaculture, 1, 317-335 pp.
- LORENZENT, S. 1969. Principales Recursos Marinos de Interés Comercial en Chile. Instituto de Ecología de la Universidad Austral de Chile. 179 pp.
- OYARZUN, CORTES Y LANDAETA. 2002. Comportamiento Tráfico de la Corvina *Cilus gilberti* (Abbott, 1899) en la Zona Pesquera Centro - Sur De Chile. XXII Congreso de Ciencias del Mar. Valdivia. 23 pp.
- PIPER, R.G. 1971. A Review Methods of Calculating Carrying Capacity in Fish Hatcheries. 22^o Annual Northwest Fish Culture Conference. Oregon, Canada. 1-5 pp.
- PIPER, R. G. 1983. Fish Hatchery Management. American Fisheries Society 518 pp.

- RÍOS, C. 1979. Balance Energético en poblaciones de *Galaxias maculatus* Jenyns (Salmoniformes: Galaxiidae). *Revista Medio Ambiente* 4(1), 24-39 pp.
- SERNAPESCA. 1998. Anuario Estadístico de Pesca. Ministerio de Economía Valparaíso. 212 pp.
- SERNAPESCA. 2000. Anuario Estadístico de Pesca. Ministerio de Economía Valparaíso. 243 pp.
- SERNAPESCA. 2004. Anuario Estadístico de Pesca. Ministerio de Economía Valparaíso. 237 pp.
- SHIRATA, S. 1964. Problems of water quality in foot trout production. *Bull. Fac.Fish.*, 17, 62-82 pp.
- SODERBERG, R. 1995. *Flowing Water Fish Culture*. Lewis Publisher. USA. 56 pp.
- SOLORZANO, L . 1969. Determinations of Ammonia in Natural Waters by Phenol hypochlorite Medium. *Limnología and Oceanography*. 14 , 99-80 pp.
- WALLACE, J. 1993. Environmental Considerations. Chapter 5. In *Salmon Aquaculture*. Edit. Knut Heen, R. Monahan & F. Utter 27-127-143 pp.
- WESTER, H. 1984. *Principles of Intensive Fish Culture*. Michigan Department of Natural Resources. 108 pp.

WHEATON, F. 1993. Diseño y construcción de sistemas. Aquaculture Engineering. Agt Editor. Cap. 4 Oxígenos. 111pp.

WILLMER, PAT. 2000. Environment Physiology of Animals. Blakwell Science London. 644pp.

Comunicaciones personales

AUSBURGER, A. Fundación Chile, Sede Puerto Montt.

Teléfono 65-330 510

E-mail : Aburger@entelchile.net

ENCINA , F. Universidad Católica de Temuco, Escuela de Cs. Ambientales

Teléfono 45-205 446

E-mail : fencina@uct.cl

MARDONES, A. Universidad Católica de Temuco, Escuela de Acuicultura

Teléfono 45-205 446

E-mail : mardolaz@uct.cl

LEWIS, R . Fundación Chile, Estación Experimental Quillaipe

Teléfono 65 -350 430

E-mail : Rlewis@fundacionchile.cl

Publicaciones Electrónicas

Sernapesca, publicaciones, catálogo de los principales recursos acuícolas y pesqueros. Disponible en: <http://www.sernapesca.cl/Publicaciones/recursos/>

IFOP, Instituto fomento pesquero, estadísticas de desembarque de recursos pesqueros. Disponible en [http:// www.ifop.cl/ estadísticas /](http://www.ifop.cl/estadísticas/)

Fishbase, registro de especies de peces en todo el mundo, Galería de imágenes familia Pomadasydae. Disponible en: <http://www.fishbase/galery/fpamadasydae/>