

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE VALPARAISO

FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR Y GEOGRAFIA

ESCUELA DE CIENCIAS DEL MAR



Efecto del peso corporal en el consumo de oxígeno de rutina de
anguila babosa (*Eptatretus polytrema*)

Proyecto para optar al título de Ingeniero Acuicultor
por
Luis Enrique Ayala Calvo

Valparaíso

2016

Comisión Del Proyecto de Título

Profesor guía : Sr. Guido Plaza Pastén

Profesora : Sra. María Isabel Toledo Donoso

Profesor : Sr. Guillermo Martínez González



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE VALPARAISO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
ESCUELA DE CIENCIAS DEL MAR

Valparaíso, 18 de abril de 2016

ACTA DE REVISION DE PROYECTO DE TITULO

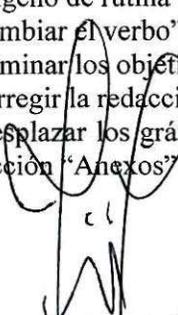
De : Guido Plaza P. - Profesor Guía
Para : Mariel Campalans - Jefe de Docencia
Asunto : Acta de Revisión de Proyecto de Título

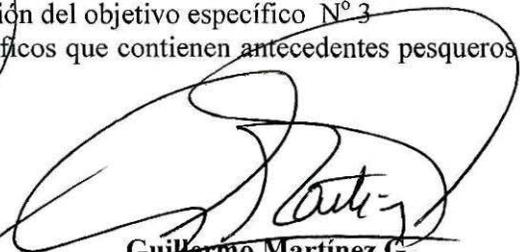
Con fecha 18 de abril de 2016, el Comité de Revisión se reunió para evaluar el proyecto de título de la carrera de Ingeniería Pesquera, del alumno Luis Ayala Calvo, denominado “Efecto del peso corporal en el consumo de oxígeno de rutina de anguila babosa (*Eptatretus polytremus*)”.

Resolución:

La comisión ha destacado favorablemente el escalamiento de un diseño experimental para la evaluación del consumo de oxígeno de rutina en una especie muy poco estudiada, pero con potencial pesquero y acuícola. El proyecto de título ha sido evaluado con nota 6,5 por la comisión, autorizándose la impresión y empaste de la copia final del documento, donde deberán incorporarse las siguientes correcciones efectuadas por la comisión:

- a) Corregir elementos de forma y estructura que destacan los revisores
- b) El resumen debe ser reducido resaltando sólo los elementos más sustantivos del estudio
- c) Incorporar en la introducción argumentos que justifiquen la evaluación del consumo de oxígeno de rutina
- d) Cambiar el verbo “Analizar” por “Determinar” en el objetivo general
- e) Eliminar los objetivos específicos 2 y 4.
- f) Corregir la redacción del objetivo específico N° 3
- e) Desplazar los gráficos que contienen antecedentes pesqueros de carácter internacional a la sección “Anexos”


María Isabel Toledo
Comité de Tesis


Guillermo Martínez G.
Comité de Tesis


Guido Plaza P.
Profesor Guía

CONTENIDO

	Página
COMISIÓN DEL PROYECTO DE TÍTULO	i
ACTA DE REVISIÓN DE PROYECTO DE TÍTULO	ii
CONTENIDO	iii
LISTA DE TABLAS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivos específicos	3
3. ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS	4
3.1 La anguila babosa: la especie objetivo del estudio	4
3.1.1 Hábitat y distribución	4
3.1.2 Reproducción	4
3.1.3 Alimentación	5
3.1.4 Cultivo	5
3.2 Antecedentes pesqueros	6
3.2.1 Contextualización histórica de las pesquerías y mercado de anguilas babosas	6
3.2.2 Mercado de producto vivo de anguila babosa	7

3.2.3 Pesquerías estadounidenses	7
3.2.3.1 Pesquería en California	7
3.2.3.2 Pesquería en Oregón	8
3.2.3.3 Pesquería en Washington, Maine y Massachusetts	8
3.2.4 Pesquerías canadienses	8
3.2.5 Pesquería nacional	8
3.3 Aspectos básicos en el transporte de peces vivos	10
3.4 Metabolismo en peces	11
3.4.1 Medición de la tasa metabólica	11
3.4.2 Niveles de metabolismo	12
3.4.2.1 Metabolismo estándar	12
3.4.2.2 Metabolismo de rutina	12
3.4.2.3 Metabolismo activo	12
3.5 Factores principales que influyen sobre el consumo de oxígeno en peces	13
3.5.1 Temperatura	13
3.5.2 Oxígeno disuelto	13
3.5.3 Peso corporal	13
3.5.4 Alimentación	16
3.6 Estado de conocimiento de consumo de oxígeno en anguilas babosas	16
4. MATERIALES Y MÉTODOS	19
4.1 Anguilas para experimentación	19
4.1.1 Captura	19

4.1.2 Traslado	19
4.1.3 Mantenimiento	20
4.1.4 Alimentación	20
4.2 Diseño experimental	21
4.2.1 Material biológico	21
4.2.2 Respirómetro	22
4.2.3 Aparato para medida de oxígeno disuelto	22
4.2.4 Bomba sumergible	23
4.2.5 Protocolo para la medición del consumo de O ₂	23
4.2.6 Determinación del consumo de oxígeno de rutina individual (COR) y específico (COER)	24
4.3 Análisis de datos	25
5. RESULTADOS	26
5.1 Observaciones generales	26
5.1.1 Las mediciones de consumo de oxígeno	26
5.1.2 Consumo de Oxígeno de Rutina y Específico (COR y COER) de cada grupo de experimentación	30
5.2 Prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para las observaciones de COER	30
5.3 Tabla resumen de resultados del efecto del peso corporal sobre el consumo de oxígeno	31
5.4 Efecto del peso corporal (kg) y biomasa (kg) en la tasa de consumo de oxígeno por hora (ajuste de datos a modelos alométricos: MO ₂ y VO ₂)	31
5.5 Aspectos generales de las anguilas en cautiverio	33
5.5.1 Alimentación y crecimiento	33

5.5.2 Mortalidad	34
5.5.3 Sacrificio y pesaje de gónadas e hígado	34
6. DISCUSIÓN	35
6.1 Consumo de oxígeno de rutina	35
6.1.1 Consumo de oxígeno de rutina en <i>Eptatretus polytrema</i>	35
6.1.2 Observaciones y análisis de datos	35
6.1.3 Modelos alométricos y el efecto del peso corporal en el COR y COER	36
6.2 Aspectos relevantes en el cautiverio de <i>Eptatretus polytrema</i>	37
6.2.1 Alimentación y crecimiento	37
6.2.2 Mortalidad	37
7. CONCLUSIONES	38
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
ANEXOS	44

LISTA DE TABLAS

	Página
Tabla I. Consumo de oxígeno de diversas especies con valor comercial.	17
Tabla II. COR y COER de cada grupo de experimentación para cada repetición.	30
Tabla III. Resumen de Prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para los datos de COER.	30
Tabla IV. Efecto del peso corporal sobre el consumo de oxígeno de anguila babosa (<i>Eptatretus polytremata</i>).	31
Tabla V. Alimentación y crecimiento en el período comprendido desde el 25 de Marzo hasta el 08 de Mayo del 2015.	33
Tabla VI. Resultados de pesaje de gónadas e hígado de <i>Eptatretus polytremata</i> .	34

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. <i>Eptatretus polytrema</i> (Girard, 1854).	4
Figura 2. Sistema de raspado de anguila babosa.	5
Figura 3. Desembarque artesanal en toneladas (t) de anguila común <i>Ophichthus pacifici</i> desde 1992 hasta 2013.	9
Figura 4. A: Tubos cilíndricos previamente calados y con captura, B: anguilas babosas capturadas y transportadas hasta el muelle en recipiente plástico.	19
Figura 5. Estanque de mantención en cautiverio.	20
Figura 6. Recipiente de anestesia con anguilas babosas.	21
Figura 7. Respirómetro utilizado para la determinación del consumo de oxígeno en anguila babosa (<i>Eptatretus polytrema</i>). Etapa de aclimatación.	22
Figura 8. Medidor portátil de temperatura y oxígeno disuelto (HACH HQ40D).	23
Figura 9. Mediciones de oxígeno disuelto y COER promedio de G100 en relación al tiempo transcurrido.	27
Figura 10. Mediciones de oxígeno disuelto y COER promedio de G200 en relación al tiempo transcurrido.	27
Figura 11. Mediciones de oxígeno disuelto y COER promedio de G300 en relación al tiempo transcurrido.	28
Figura 12. Mediciones de oxígeno disuelto y COER promedio de G400 en relación al tiempo transcurrido.	28
Figura 13. Mediciones de oxígeno disuelto y COER promedio de G500 en relación al tiempo transcurrido.	29
Figura 14. Representación gráfica de los datos de Consumo de Oxígeno de Rutina (COR) con respecto al peso W (g), donde la línea de ajuste potencial corresponde al ajuste de la ecuación alométrica $MO_2 = \alpha W^\beta$.	32

Figura 15. Representación gráfica de los datos de Consumo de Oxígeno Específico de Rutina (COER) con respecto al peso W (g), donde la línea de ajuste potencial corresponde al ajuste de la ecuación alométrica $VO_2 = \alpha W^{(\beta-1)}$.	33
Figura 16. Desembarques en toneladas (t) y precios por kilogramo (kg) de mixinos en California desde 1982 hasta 2013.	46
Figura 17. Desembarques en toneladas (t) y precios por kilogramo (kg) de mixinos en Oregón desde 1989 hasta 2013.	47
Figura 18. Desembarques en toneladas (t) y precios por kilogramo (kg) de mixinos en Washington desde 1990 hasta 2013.	47
Figura 19. Desembarques en toneladas (t) y precios por kilogramo (kg) de mixinos en Maine desde 1993 hasta 2013.	48
Figura 20. Desembarques en toneladas (t) y precios por kilogramo (kg) de mixinos en Massachusetts desde 1993 hasta 2013.	48

RESUMEN

En el presente proyecto de título se determinó el efecto que el peso corporal ejerce sobre la tasa de consumo de oxígeno en rutina de anguila babosa (*Eptatretus polytrema*). Dilucidando de esta forma la variación del consumo de oxígeno tanto total como por unidad de biomasa, al variar el tamaño del pez.

Se establecieron como objetivos la determinación del consumo de oxígeno de rutina de esta especie en condiciones de cautiverio, así como también el ajuste de los datos observados a modelos matemáticos alométricos. A su vez se caracterizaron aspectos generales observados durante la experimentación que puedan generar interés comercial en este recurso marino inexplorado.

Para el cumplimiento de los objetivos se realizaron mediciones de oxígeno disuelto en un respirómetro durante 8 horas y cada 5 minutos para 5 grupos de peso corporal (G100, G200, G300, G400 y G500), efectuándose 3 replicas por grupo de peso corporal y generando un total de 15 experimentos. Para determinar diferencias significativas en las medias de cada experimento de un mismo grupo, se efectuó el procedimiento de Kruskal & Wallis (1952), y con el objetivo de formular como el consumo de oxígeno varía de acuerdo al tamaño de los peces, se ajustaron las medias de los datos de consumo de oxígeno de rutina y específico de rutina obtenidos cada 5 minutos de cada experimento, a las formulas no-lineales MO_2 y VO_2 .

Se estableció que *Eptatretus polytrema* presenta una baja tasa metabólica revelada por su consumo de oxígeno de rutina de $36 \pm 13 \text{ mg O}_2 \text{ Kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ en una temperatura de $14 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ y peso promedio entre 75-330 g. Respecto al efecto del peso corporal sobre el consumo de oxígeno, se establece que la relación entre el peso corporal y el Consumo de Oxígeno de Rutina es exponencial positiva, explicado por la ecuación $MO_2 = 0,42 W^{0,52}$ expresado en $\text{mg O}_2 \text{ h}^{-1}$ y la relación entre el peso corporal y el Consumo de Oxígeno de Rutina Específico es exponencial negativa, descrito por la ecuación $VO_2 = 748,20 W^{(0,40-1)}$ expresado en $\text{mg O}_2 \text{ Kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$.

Este documento permite el acceso de información biológica relevante, en este caso relativo a la demanda de oxígeno de *Eptatretus polytrema*, para de esta manera generar interés en el sector pesquero, y a su vez para que se puedan definir procedimientos y protocolos que faciliten los manejos al desarrollarse una actividad económica o de investigación con esta especie.

ABSTRACT

In this thesis it was determined the effect of corporal weight exerts over the rate of oxygen consumption in routine of the slug eel (*Eptatretus polytrema*). Explaining this way the variation of the total oxygen consumption as well as in biomass per unit, by varying the size of the fish.

It was established as objectives the determination of routine oxygen consumption of this species in captivity conditions, as well as the adjustment of the data, observed in Allometric mathematical models. At the same time they were described general aspects were observed during experimentation that can generate commercial interest in this unexploited marine resource.

For the fulfillment of the objectives, measurements of oxygen were realized dissolved in a respirometer for 8 hours and every 5 minutes for 5 groups of corporal weight (G100, G200, G300, G400 and G500), implementing 3 replicas by group of corporal weight and generating a total of 15 experiments. To determine significant differences in the averages of every experiment of the same group, the procedure of Kruskal and Wallis (1952) was implemented, and with the goal to formulate as how consumption of oxygen changes depending of the size of the fishes, adjustment in the averages of the data of routine consumption of oxygen and specific of routine obtained every 5 minutes of every experiment, to the non-linear formulas MO_2 and VO_2 .

It was established that *Eptatretus polytrema* has a low metabolic rate revealed by their routine oxygen consumption of $36 \pm 13 \text{ mg O}_2 \text{ Kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ at a temperature of $14 \pm 1^\circ\text{C}$ and average weight between 75-330 g. Regarding the effect of body weight on oxygen consumption, it is established that corporal weight is directly proportional to Routine oxygen consumption, explained by the equation $MO_2 = 0.42 W^{0.52}$ expressed in $\text{mg O}_2 \text{ h}^{-1}$ and inversely proportional to the specific Routine Oxygen Consumption, described by the equation $VO_2 = 748,20 W^{(0.40-1)}$ expressed in $\text{mg O}_2 \text{ Kg}^{-1}$.

This document allows the access of relevant biological information, in this case concerning of the oxygen demand of *Eptatretus polytrema*, this way to generate interest in the fishing sector, and so there could be defined procedures and protocols that facilitate the managing on developing an economic activity or of investigation with this specie.

1. INTRODUCCIÓN

Los mixinos (familia Myxinidae) han sido extraídos comercialmente en Asia desde la década de 1940 y desde la década de 1980 ha aumentado sus capturas e importaciones hacia el continente asiático. Actualmente, los mixinos son muy apreciados en el comercio asiático y su valor comercial radica en los siguientes aspectos: sus pieles para la confección de cuero, la carne como fuente alimenticia para seres humanos y animales, y su limo para la producción de agentes de limpieza (Gorbman *et al.*, 1990; Lotze *et al.*, 2015). Casi la totalidad de las capturas y exportaciones actualmente son realizadas en Estados Unidos (Washington, California, Maine y Oregón), con un total de 478 t en 1993 y sobrepasando las 4000 t en 2013 (NOAA, Commercial Fisheries Statistics). En los últimos años, algunos procesadores han comenzado a enviar anguilas babosas vivas hacia los mercados del continente asiático, dado que estas exportaciones alcanzan precios mucho más altos, donde se pueden vender hasta aproximadamente US\$ 2/kg, contrastándose significativamente con el precio de US\$ 1,1/kg para la venta en congelado (ODFW, 2009).

En Chile los principales recursos de la pesca artesanal se encuentran en estado de sobre-explotación o colapsada (SUBPESCA, 2014). Arancibia (1999) indica que la zona centro sur del país los principales recursos de la actividad extractiva artesanal se encuentran en plena explotación o sobre-explotación. Esta situación ha justificado la búsqueda de nuevos recursos o actividades que permitan un ingreso adicional al sector pesquero artesanal, lo cual se ve corroborado por el interés del sector artesanal y por los diversos proyectos para el desarrollo de nuevas alternativas de explotación (Lillo *et al.*, 1999; Arancibia, 1999; Galvéz *et al.*, 2000; Daza *et al.*, 2011; FIP, Memoria 2011). En este contexto los mixinos podrían convertirse en una alternativa de explotación, debido a que en Chile existen 13 especies de mixinos, particularmente *Eptatretus polytrema* que se encuentra en un amplio rango de profundidad (10-350 m) (FishBase, 2015). Esta especie presenta un potencial de extracción y alternativa económica para el sector pesquero artesanal, comprendido desde Bahía Inglesa hasta Talcahuano, donde los artes de pesca y metodología de extracción ya han sido estudiados (Arancibia, 1999; Araya, 2007).

Para la mantención, transporte y posteriormente la comercialización de un producto pesquero vivo o muerto, es indispensable conocer el comportamiento metabólico de la especie en cuestión, para una administración eficaz del recurso que está siendo exportado. Los parámetros más influyentes en el metabolismo y calidad de agua es el oxígeno y la temperatura, el oxígeno puede causar mortalidades masivas ante una baja de este elemento, siendo el responsable en la mayoría de los casos de muertes repentinas de peces (Berka, 1986; De la Gándara, 2003).

Este estudio aborda la determinación de la tasa de consumo de oxígeno de *Eptatretus polytrema*, respondiendo a la necesidad de poseer conocimiento de la demanda

biológica de oxígeno propia de esta especie, para que de esta forma se pueda mantener en condiciones óptimas de cautiverio con fines investigativos o en el caso de realizar una actividad económica, específicamente en este último caso al comercializarlos muertos se permite de esta forma el vaciado del tracto digestivo de los mixinos y que el vendedor pueda construir un inventario antes de la venta, y al comercializarlos vivos se pueden mantener en condiciones óptimas respecto a este parámetro ambiental hasta la venta propiamente tal.

Este documento permite el acceso de información biológica relevante como es la demanda de oxígeno de la especie, para de esta manera y en conjunto con antecedentes pesqueros se consiga generar interés en el sector pesquero artesanal, y a su vez para que se puedan llevar a cabo procedimientos y protocolos que faciliten los manejos si se llegase a desarrollar una actividad económica o de investigación con esta especie.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Determinar el efecto que el peso corporal ejerce sobre la tasa de consumo de oxígeno en rutina, de ejemplares de anguila babosa a nivel experimental.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar el consumo de oxígeno de rutina de *Eptatretus polytrema*.
- Cuantificar el consumo de oxígeno tanto total como por unidad de biomasa, al variar del tamaño del pez.

3. ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS

3.1 La anguila babosa: la especie objetivo del estudio

Desde la perspectiva taxonómica, la anguila babosa *Eptatretus polytremus* (Girard, 1854), es un pez vertebrado sin mandíbula perteneciente a la familia Myxinidae, con un cuerpo de forma cilíndrica, con un solo orificio nasal y carente de mandíbulas, costillas y aletas. Presenta un esqueleto cartilaginoso, los dientes corresponden a estructuras de keratina, y el cuerpo no posee estructuras calcáreas y escamas (Fernholm, 1998). Sus nombres comunes son Fourteen-gill Hagfish (USA), Chilean Hagfish (USA) y anguila babosa (CHL).



Figura 1. *Eptatretus polytremus* (Girard, 1854).

3.1.1 Hábitat y distribución

Esta especie se distribuye desde Valparaíso hasta Talcahuano y se caracteriza por frecuentar fondos fangosos y rocosos de aguas costeras poco profundas, batimétricamente se pueden encontrar desde los 10 m a 350 m de profundidad (FishBase, 2015). Entre Caldera y Puerto Montt se han llevado a cabo extracciones de individuos en profundidades desde los 10 a 600 m, observando densidades de 500.000 individuos por Km² (Daza *et al.*, 2011).

3.1.2 Reproducción

Los mixinos no presentan un órgano copulador y la fecundación es externa. La información sobre reproducción de esta especie es bastante escasa. Sólo existen estudios como el de Wisner y McMillan (1988) que examinaron 19 hembras describiendo su desarrollo gonadal, y observaciones parciales de Arancibia (2000). Existe más información de aspectos reproductivos en estudios realizados en otras especies del Género *Eptatretus*.

3.1.3 Alimentación

Los mixinos son depredadores oportunistas y carroñeros de hábitos nocturnos, su alimentación está enfocada principalmente hacia invertebrados marinos y animales muertos (Fernholm, 1998). El sistema de alimentación incluye componentes óseos, dentales y musculares, y aunque no tienen mandíbula presentan una placa flexible de cartílago con filas de dientes de keratina (Fig. 2), con las que raspan a la presa y desprenden trozos de carne hacia la cavidad bucal. Normalmente comienzan a comer solo lo necesario para entrar al interior de la presa, donde pueden alimentarse de estructuras y órganos blandos (Daza *et al.*, 2011).

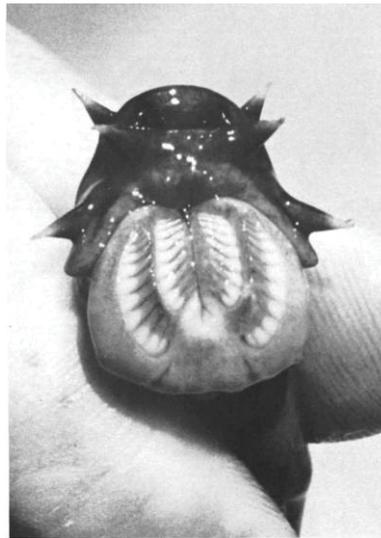


Figura 2. Sistema de raspado de anguila babosa.
Fuente: The hagfish, David Jensen, 1966, 86 pp).

3.1.4 Cultivo

En Chile la consultora Boston Consulting Group anunció que existen 52 especies de ser susceptibles para realizar algún tipo de cultivo acuícola, dentro de estas incluyó a la especie *Eptatretus polytremus* (ANEXO 1). En 2010 a través de la Comisión Apertura del Concurso del Fondo de Innovación de la Competitividad (FIC) se postuló un proyecto llamado “Bases Técnicas para el desarrollo del cultivo de la Anguila babosa capturadas del ambiente Natural”. En el ámbito internacional al parecer no existe ningún cultivo de experimentación o piloto de especies de anguilas babosas. No obstante existen procedimientos “holding” descritos para mantener los individuos vivos durante el tiempo que se requiera: 1) desde la captura hasta la comercialización; o 2) en el caso de comercializarlos muertos, permitir vaciado del tracto digestivo de los mixinos y a fin de que el vendedor pueda construir un inventario antes de la venta.

3.2 Antecedentes pesqueros

3.2.1 Contextualización histórica de las pesquerías y mercado de anguilas babosas

Anterior a la Segunda Guerra Mundial, la población local en la aldea de pescadores a lo largo del mar de Japón y las costas del Pacífico del Noreste de Honshu, utilizó la carne de mixinos para el consumo humano y para uso como cebos en la pesca de especies comerciales. Durante la Segunda Guerra Mundial, se consolidaron diversas pesquerías de anguilas babosas siendo la principal Niigata con capturas notables de *Paramyxine atami*, ya que existió una demanda estable de la carne para la alimentación, piel para la confección de cueros y baba como agente de limpieza (Gorbman *et al.*, 1990). La mayoría de las pesquerías a fines de la Segunda Guerra Mundial finiquitan sus actividades de manera progresiva debido a la sobrepesca del recurso (Honma, 1998).

Desde 1970 a 1990 aumentó la diversidad y cantidad de los mixinos capturados en aguas coreanas y japonesas para sus pieles. La demanda de pieles de anguilas babosas fue en aumento progresivamente, fomentando la creación de distintas pesquerías de mixinos a lo largo de la costa del Pacífico, por las zonas de Estados Unidos y Canadá, principalmente para la captura y comercialización de *Eptatretus stoutti* cuya piel es de alta calidad (Gorbman *et al.*, 1990).

En 1989, los pescadores de Oregón, Columbia Británica y Nueva Escocia iniciaron el mercado de piel de anguila babosa hacia Corea. El mercado también se va formando por los pescadores en Washington, Alaska y Nueva Brunswick, pero no tan significativos como los anteriores. Corea exportó productos de cuero de piel de anguila por valor de unos \$ 80 millones por año en la década de 1980, pero esta se había reducido a cerca de \$ 20 millones en 1992 (Leask & Beamish, 1999). En 1993 se crea la pesquería de anguilas babosas de Nueva Inglaterra, la que se cuadriplica en 3 años en cuanto a los envíos hacia el mercado asiático, superando a las otras pesquerías Norteamericanas (British Columbia, Oregón, Washington, California y Nueva Escocia) en 1994 (NEFSC, 2003). Desde la década de 1980, la pesquería de anguilas babosas se fue expandiendo enormemente desde su mercado de origen (principalmente Japón y Korea) hasta la costa Este y Oeste de América del Norte y Nueva Zelanda. Algunas pesquerías han crecido hasta 2010, principalmente las pesquerías de las costas atlánticas de Canadá. Contrariamente, otras han desaparecido o disminuido progresivamente durante los últimos años (Lotze *et al.*, 2015).

3.2.2 Mercado de producto vivo de anguila babosa

Los mixinos se han exportado desde U.S y Canadá de tres formas diferentes durante la última década: congelado, vivo o enfriado. Durante la última década se ha presenciado un aumento considerable de la presencia de anguilas babosas en los restaurantes asiáticos, algunos mercados de Estados Unidos, y a menudo se encuentran en los bares de sushi de Japón. La demanda de la carne y piel supera la oferta en Corea, donde la actividad extractiva nacional de mixinos es casi nula debido a la extensa sobrepesca (Lotze *et al.*, 2015). En los últimos años, algunos procesadores han comenzado a enviar anguilas babosas vivas para los mercados de Corea dado que estas exportaciones alcanzan precios mucho más altos, donde se pueden vender hasta aproximadamente US\$ 2/kg (ODFW, 2009). En 2013 se observa una diferencia notable en los tipos de exportaciones desde U.S y Canadá en cuanto a precios, entre US\$ 1,1/kg para congelado a US\$ 2/kg para la venta de anguilas vivas, incluso existiendo esta una notable diferencia en precios, las exportaciones desde U.S y Canadá de anguilas babosas congeladas superan enormemente a las exportaciones de anguilas vivas, dado que la industria del cuero de anguila demanda preferentemente anguilas congeladas y el mercado de la carne es menor (Dillman, 2013).

Desde 1991 hasta 2003 se observa un aumento considerable de importaciones de mixinos vivos desde U.S y Canadá hacia Corea, en 1991 figura con un volumen de 13.200 kg importado de mixinos con un valor de 4,6 US\$/kg, en 2000 un volumen de 529.635 kg con un valor de 5,9 US\$/kg y en el 2003 un volumen de 659.891 kg con un valor de 6,5 US\$/kg. Las importaciones de mixinos congelados difieren en gran medida en volumen y precio en relación a las importaciones de mixinos vivos (ANEXO II).

3.2.3 Pesquerías estadounidenses

3.2.3.1 Pesquería en California

En California se captura mayoritariamente Pacific hagfish (*Eptatretus stoutii*), seguido por Black hagfish (*Eptatretus deani*). Se han observado dos aumentos considerables de los desembarques (ANEXO 3: Fig 15), de 1988 a 1992 y desde 2007 hasta el presente, con desembarques reducidos desde 1993 hasta el 2006, lo que puede haberse debido a una combinación de factores tales como: mala calidad de la piel; carne perjudicial para la salud por aplicación de anestesia; y la fuerte competencia de Canadá y las otras pesquerías de USA. En los últimos años se ha presenciado un aumento de la pesca de mixinos para el consumo humano, siendo el envío del animal vivo a Corea y el Mercado Asiático la modalidad con mejores precios (Bell, 2009).

3.2.3.2 Pesquería en Oregón

En la pesquería de Oregón se extrae Pacific hagfish (*Eptatretus stoutii*) y Black hagfish (*Eptatretus deani*). La primera especie se puede encontrar en las profundidades de tan sólo unos metros, o a más de 2.400 metros y la última a menudo se encuentra a una profundidad mayor de 150 metros. A finales de la década de 1980, los mixinos se cosecharon en Oregón, distribuyéndose en Corea del Sur, donde se vendían sus pieles para el cuero. Cuando el mercado del cuero de mixino descendió considerablemente a mediados de la década de 1990, los mixinos se comenzaron a enviar congelados desde Oregón a Corea del Sur con propósitos culinarios (ANEXO 3: Fig. 16). En los últimos años se ha observado un esfuerzo por el envío de mixinos vivos hacia Corea del Sur para ser distribuido en restaurantes (ODFW, 2015).

3.2.3.3 Pesquería en Washington, Maine y Massachusetts

Estas pesquerías de mixinos se desarrollaron en los años 90s y presentan una tendencia bastante parecida en cuanto al precio por kilogramo (US\$/kg). La pesquería de Maine y Massachusetts pertenecientes a la región de New England presentan una gran similitud en el aumento de los desembarques y disminución de precio en el 2000. En los últimos años se observa un aumento considerable del precio en estas 3 localidades, explicado por un aumento en la comercialización del producto vivo, que tiene un mayor precio en relación al producto congelado (ANEXO 3: Fig. 17, 18 y 19).

3.2.4 Pesquerías canadienses

La pesquería de mixinos se inició en 1990 y desde esa fecha hasta 2014 se ha incrementado 24 veces en cuanto a desembarques totales. *Sable Fish Packers Limited* (Planta procesadora de pescado ubicada en Nova Scotia, Canadá) informó desembarques de 7 t en 1993 a 1.544 t en 2004, con valores de 1 US\$/kg y \$ 1,2 US\$/kg respectivamente (Lotze, 2015). Por otra parte, Los desembarques aumentaron a un máximo de aproximadamente 1.800 t en 2004, disminuyendo progresivamente hasta los 1.300 t en 2006. Desde 1989 hasta 2000, los mixinos se exportaron desde Canadá para la industria del cuero. Desde 2000 hasta el 2007, los mixinos se han exportado preferentemente para el mercado culinario, y al parecer esta tendencia sigue en la actualidad (Black, 2007).

3.2.5 Pesquería nacional

En Chile la anguila común (*Ophichthus pacifici*) es la que presenta casi la totalidad de los desembarques de anguilas con una pequeña participación de anguilas babosas, son capturadas como fauna acompañante principalmente en las regiones V y XII. La comercialización se realiza principalmente a empresas que exportan el recurso congelado

en bloques. Los desembarques desde 1992 hasta el 2013 se ilustran en el siguiente gráfico (Fig. 3).

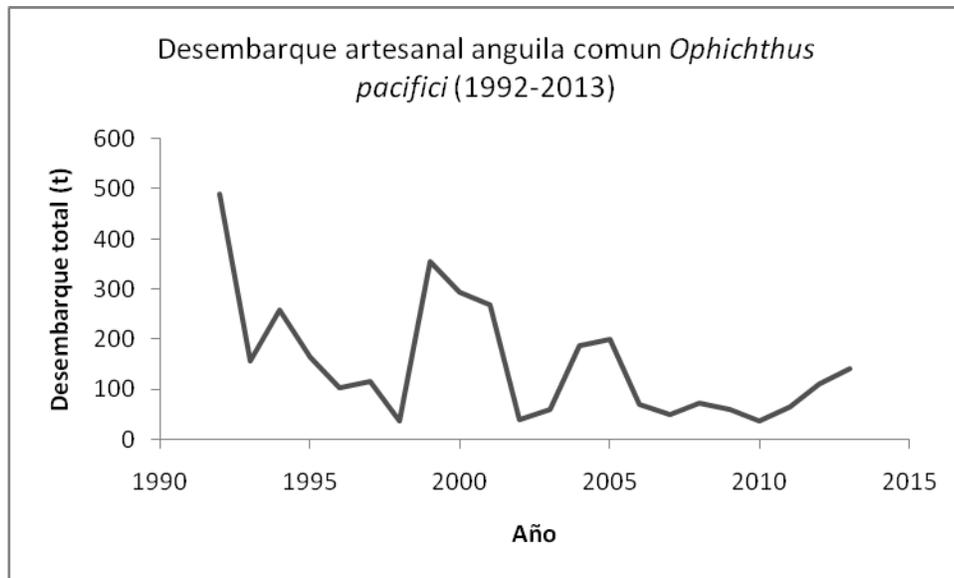


Figura 3. Desembarque artesanal en toneladas (t) de anguila común *Ophichthus pacifici* desde 1992 hasta 2013.

Fuente: Sernapesca, 2013.

Se han efectuado estudios preliminares sobre el tamaño de la población de Anguila Babosa, los que han evidenciado la factibilidad de desarrollar una actividad pesquera para el sector pesquero artesanal sobre este recurso (Arancibia, 1999). Del mismo modo estudios sobre tecnología de extracción efectuados por la Escuela de Ciencias del Mar de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso han demostrado que es factible extraer el recurso utilizando trampas cilíndricas con adecuados tiempos de reposo (Araya, 2007). El desarrollo de esta pesquería a nivel artesanal en Chile no se ha generado aun teniendo un alto potencial extractivo, al parecer el mayor problema son los elevados volúmenes que se necesitan al exportar para que esta actividad sea económicamente viable. Si bien están las técnicas extractivas y consta la posibilidad de extraer el recurso con altos niveles de esfuerzo de pesca, las posibilidades de sobre-explotar el recurso en el corto plazo son elevadas, debido a que todas las especies de este grupo poseen un bajo potencial reproductivo (Barss, 1993).

3.3 Aspectos básicos en el transporte de peces vivos

El pescado que se transporta debe estar en buenas condiciones y sano, dado que si estos no se encuentran en buenas condiciones tienen una mayor probabilidad de morir durante trayectos largos. Los peces transportados deben estar en un ayuno de al menos un día, si contrariamente no tienen el tracto digestivo vacío, los peces necesitarán más oxígeno, son más susceptibles al estrés y la materia orgánica consume gran parte del oxígeno disponible (Berka, 1986).

Los envíos en vivo de mixinos alcanzan precios mucho más altos, pero es un proceso complicado, ya que los mixinos vivos requieren una gran cantidad de TLC (Costo Total de Desembarque), y realizado mal, la cifra de muertos puede subir considerablemente, apareciendo anguilas DOA (Muertos en la llegada) sin valor económico. Luego de la extracción es común que las anguilas babosas se mantengan en una mezcla de agua de mar helado a una temperatura de 0°C, disminuyendo considerablemente la ocurrencia de mordidas entre mixinos, degradación bacteriana y enzimática, y estrés. La baba secretada por los mixinos es un problema desde la pesca hasta la venta en los mercados de destino, este limo debe ser quitado de los tanques para evitar el estrés y la asfíxia.

El factor crucial en el transporte de peces es la mantención de un nivel adecuado de oxígeno disuelto. El consumo de oxígeno de los peces está relacionado estrechamente con la tasa metabólica, la que a su vez depende principalmente del tamaño y peso del pescado y la temperatura del agua. En los peces se sabe que los peces de mayor tamaño consumen generalmente más oxígeno que los peces de menor tamaño, pero por unidad de peso los peces pequeños consumen más oxígeno que los peces de mayor tamaño (De la Gándara, 2003). La temperatura en el transporte de pescado, cada aumento de 0,5°C conlleva a reducir en aproximadamente 5,6% la carga de peces y viceversa (Piper *et al.*, 1982; *fide* Berka, 1986).

El consumo de oxígeno aumenta con la manipulación del pescado. Se dice que este aumento puede quintuplicar el inicial, un ejemplo son los alevines de salmónidos que necesitan varias horas después de una excitación por medio de la manipulación para volver al nivel normal de metabolismo, que coincide con el final del transporte (Lusk & Krčál, 1974; *fide* Berka, 1986).

3.4 Metabolismo en peces

Todos los organismos vivos se rigen sobre la base de que la materia y la energía no se crean ni se destruyen, solo se transforman, y los peces no son la excepción. Von Bertalanffy (1950) postuló que los organismos pueden ser observados como un sistema abierto, un sistema adecuadamente encerrado de su medio, a través del cual la energía fluye y se transforma por entradas y salidas estructuradas. El metabolismo es la suma de reacciones que producen la energía que el organismo utiliza para todas sus funciones vitales, generada inicialmente por el catabolismo de la materia consumida a través de alimento. A partir de la energía liberada por el metabolismo se desarrollan actividades tales como nadar o defenderse u otras manifestaciones como crecimiento, excreción o anabolismo (Fry, 1972).

3.4.1 Medición de la tasa metabólica

La velocidad metabólica o gasto de energía por unidad de tiempo se denomina tasa metabólica. La tasa metabólica se puede medir mediante calorimetría directa o indirecta, donde la primera hace referencia a la medición de la tasa metabólica inmediata y la mayor dificultad de esta medición es que para tener un alto grado de exactitud se requiere de gran experiencia técnica y aparatos complejos. Por esta razón es mucho más reiterado el uso de métodos indirectos que resultan convincentes en diversos experimentos (Hill, 1979).

La determinación del consumo de oxígeno es una forma indirecta que permite conocer la energía requerida para mantener el metabolismo basal más la actividad espontánea (Cerezo & García, 2004). Durante los últimos años se han realizado numerosos estudios para estimar el consumo de oxígeno de varias especies por ser considerada la mejor aproximación para determinar el metabolismo de rutina en la naturaleza (Parma de Croux & Montagna, 2001). La tasa metabólica aunque técnicamente se expresa en calorías por unidad de tiempo, a menudo se indica como oxígeno consumido por unidad de tiempo y peso (Hill, 1979).

La tasa de consumo de oxígeno se utiliza para estimar la capacidad de carga de los sistemas de mantenimiento de peces, y por consiguiente en la determinación de las necesidades de aireación y caudales de agua en diferentes cultivos acuícolas (De la Gándara, 2003). La forma más común para expresar el consumo de oxígeno es en mg o ml consumido por unidades de tiempo y biomasa, lo que se define como Consumo de Oxígeno Específico de Rutina (COER) y que al ser expresado por unidad de tiempo y individuo se denomina Consumo de Oxígeno de Rutina (COR).

3.4.2 Niveles de metabolismo

3.4.2.1 Metabolismo estándar

El término metabolismo estándar está referido a animales ectotérmicos, y es una aproximación de la tasa metabólica mínima para el organismo determinada cuando el animal ectotérmico se encuentra en reposo, inactivo y post-absortivo (Fry, 1971; De la Gándara, 2003; Barbieri, 2007; Farrel & Steffensen, 2005). Existen dos dificultades en la determinación del metabolismo estándar, siendo la primera de ellas que en algunos estudios se recurre a la inmovilización de los peces, lo que solo asegura que no se consuma energía por movimiento pero esto puede inducir a un grado de estrés que conlleva a la movilización de nutrientes almacenados, y por ende a un aumento de consumo de energía. En tanto, el segundo problema se manifiesta cuando la estimación del metabolismo estándar requiere ser realizado en una especie de pez que, para mantener su ventilación branquial, debe nadar constantemente, por lo cual no está en estado inactivo ni en reposo (De la Gándara, 2003).

3.4.2.2 Metabolismo de rutina

El metabolismo de rutina es la energía utilizada por los peces en actividad de rutina, o en el movimiento de natación espontánea, con o sin un estado post-absortivo (De la Gándara, 2003; Farrel & Steffensen, 2005). En ambientes experimentales el metabolismo de rutina es el consumo de oxígeno tasa media medida cuando se toman las precauciones para que el pez no sea influenciado por estímulos externos (Fry, 1971). Aunque esta medida no está estrictamente definida, es comúnmente utilizado por los ecologistas como un índice del metabolismo y consumo de energía en especies de peces (Farrel & Steffensen, 2005).

3.4.2.3 Metabolismo activo

Metabolismo activo es la tasa más alta de consumo de energía y se produce normalmente durante la natación sostenida de alta velocidad, que es energéticamente alta (Fry, 1971). Este metabolismo se mide generalmente obligando a un pez a nadar a una velocidad sostenida en un respirómetro de natación (Farrel & Steffensen, 2005). La mayoría de los experimentos se realizan con los peces nadando en línea recta a velocidades constantes, donde el gasto energético difiere en gran medida por las aceleraciones, desaceleraciones, la natación a velocidad constante y los cambios de dirección que constituyen una maniobra (De la Gándara, 2003).

En los experimentos los peces mantienen la natación y están sujetos a aumentos consecutivos de velocidades de corrientes, por lo que es muy probable que supere la

capacidad del sistema respiratorio-circulatorio y los peces se encuentren obligados a depender del metabolismo anaeróbico, produciéndose ácido láctico debido a la glucólisis anaerobia. Tal situación termina en la fatiga de los peces, momento en el cual se determina la velocidad crítica de natación como la máxima velocidad mantenida justo antes de producirse la fatiga (De la Gándara, 2003; Farrel & Steffensen, 2005).

3.5 Factores principales que influyen sobre el consumo de oxígeno en peces

3.5.1 Temperatura

En la mayoría de los casos, el aumento de la temperatura acelera los procesos bioquímicos y fisiológicos en un ser vivo. Por lo tanto, el metabolismo en los peces se elevará frente a un alza de la temperatura y por consiguiente se incrementará la demanda de oxígeno (Farrel & Steffensen, 2005). A su vez un aumento de temperatura reduce la solubilidad del oxígeno en el agua y disminuye la afinidad de la hemoglobina con el oxígeno, dificultando en gran medida la transferencia de oxígeno entre el agua y la sangre por medio de las branquias (De la Gándara, 2003).

3.5.2 Oxígeno disuelto

A medida que la concentración de oxígeno disuelto disminuye, el consumo de éste también se ve descendido (Lovell, 2012). Andrews y Matsuda (1975) encontraron que a medida que la concentración de oxígeno disuelto disminuyó por debajo de 7 mg l^{-1} , también lo hizo el consumo de oxígeno de *Ictalurus punctatus*. Edwards y Learner (1960) descubrieron que en *Asellus aquaticus* y *A. meridianus* el consumo de oxígeno se redujo entre 15 y 20% cuando las concentraciones de oxígeno disuelto disminuyeron de 8,3 a $1,5 \text{ mg l}^{-1}$. En relación a los mixinos, Cox *et al.* (2010) realizaron dos análisis de las respuestas metabólicas de *Eptatretus stoutii* ante una exposición anóxica prolongada que sugieren que los mixinos utilizan una disminución casi total de la tasa metabólica, como parte de la estrategia para la supervivencia ante la anoxia en tiempos prolongados.

3.5.3 Peso corporal

La mayoría de las funciones corporales varían de acuerdo con el tamaño de un animal, por ejemplo, las piernas de un ratón se mueven mucho más rápido que las piernas de un elefante y la frecuencia cardíaca de un ratón es más rápida que el ritmo cardíaco de un elefante. Siguiendo esta premisa, peces de diferente tamaño y de una misma especie deberían presentar distinta tasa metabólica y consumo de oxígeno. Por lo mismo, peces de mayor tamaño consumen generalmente más oxígeno que los de menor tamaño, pero por unidad de peso los peces pequeños consumen más oxígeno que los más grandes. (De la Gándara, 2003).

El gasto energético varía de acuerdo al tamaño de los animales de la siguiente manera (Prosser, 1973; Schmidt-Nielsen, 1984).

$$R = \alpha W^\beta$$

O en la forma lineal

$$\ln R = \ln \alpha + \beta \ln W$$

Donde α es el valor de intercepción que corresponde a la medida de R para una muestra de 1 g (o la unidad de peso utilizada) y en general indica la posición de la línea de regresión en el eje Y, W es el peso corporal, y β es <1 y corresponde a la relación de como el gasto de energía por unidad de peso corporal cambia con el aumento del peso corporal. El gasto energético se expresa a menudo en términos de consumo de oxígeno necesarios para liberar esa energía (Stead & Laird, 2002). Es así como esta relación alométrica se expresa mediante la ecuación: $MO_2 = \alpha W^\beta$ en la que MO_2 es la tasa de consumo de oxígeno (generalmente expresada como $mg\ O_2\ h^{-1}$), W es el peso corporal (expresado en g ó en kg), y “ α ” y “ β ” son constantes características de la especie (tomado de De la Gándara, 2003). La constante α es el valor de la intercepción que corresponde teóricamente con el consumo de oxígeno durante una hora de un pez que pesa 1 g o 1 kg (según la unidad que se esté utilizando). El exponente β corresponde a la relación de la tasa de consumo de oxígeno con el peso corporal, si β es igual a 1 indica que la tasa de consumo de oxígeno es proporcional al peso corporal (Fry, 1972). Mientras menor sea β , menor lo es también el aumento de la tasa de consumo de oxígeno ante un aumento de peso corporal, por lo tanto existe en este caso una diferencia reducida de consumo de oxígeno entre un pez de gran tamaño con uno más pequeño. En los peces, el exponente, b, es frecuentemente menor a 1, a menudo aproximadamente 0,8 (Wootton, 1984).

Fry (1972) expone que el consumo de oxígeno que el animal puede requerir en relación a su tamaño es de gran importancia en la determinación de su relación con el medio ambiente, ante esto no hay explicaciones establecidas para las diversas diferencias encontradas en la magnitud del exponente b en las diversas especies de peces. Itazawa y

Oikawa (1986) estudiaron a la carpa apoyando la hipótesis de que la disminución de la tasa metabólica específica (tasa metabólica en relación a una unidad de peso) frente a un aumento de la masa corporal puede ser explicado principalmente por una combinación de una disminución de la tasa metabólica específica de los tejidos, y un aumento en el tamaño relativo de los órganos frente a un aumento de masa corporal. Oikawa *et al.* (1992) apoyaron nuevamente la hipótesis examinando 36 órganos y partes diferentes de *Pagrus major*. Descubriendo que los órganos con alta actividad metabólica (cerebro, intestino, apéndice pilórico, vísceras y corazón) mostraron alometría negativa excepto durante las etapas tempranas de la historia de vida. Contrariamente, el tronco, que comprendía principalmente la musculatura con baja actividad metabólica, mostró alometría positiva. Estos resultados apoyan la hipótesis de que la disminución en la tasa metabólica específica con el aumento de la masa corporal se puede explicar, en parte al menos, por el aumento de los tejidos con bajas tasas metabólicas. Al parecer la maduración sexual en los peces también aumenta el consumo de oxígeno, Fidhiany & Winckler en 1998 detectaron un pequeño aumento en la tasa de consumo de oxígeno durante la transición de un individuo joven a adulto, también sugirieron que factores "edad" y "tamaño" del organismo tienen que ser considerados para la determinación del metabolismo, especialmente en los peces.

La relación entre el consumo específico de oxígeno VO_2 ($mg\ O_2\ kg^{-1}\ h^{-1}$) y el peso del pez se obtiene introduciendo como divisor el peso en ambos lados de la ecuación anteriormente citada:

$$MO_2 = a * W^b$$

$$MO_2/W = a * (W^b/W)$$

$$VO_2 = a * W^{(b-1)}$$

El exponente de esta relación (b-1) es la relación existente entre el consumo específico de oxígeno y el peso.

Para la medición de la tasa de respiración, los peces tienen que ser encerrados en un respirómetro, que proporciona un volumen restringido. Esto puede provocar estrés, por lo que las tasas de gasto energético pueden ser inusualmente altas a menos que se concurre a estipular un tiempo de aclimatación para que los peces se adecúen a las condiciones experimentales (Wootton, 1984).

3.5.4 Alimentación

La ingestión de alimentos es seguido por un aumento de la tasa metabólica en la mayoría de los animales. En los peces es generalmente más bajo que en los mamíferos, siendo por lo general 10% o 15% del contenido calórico de la dieta. Este aumento en el metabolismo se debe principalmente al metabolismo de los aminoácidos, la ingestión de hidratos de carbono y lípidos también provocará un incremento de calor, pero menor que la de las proteínas. La duración de alza de la tasa metabólica varía con las especies de peces, el tamaño y la composición de la comida consumida, junto con las condiciones ambientales (Lovell, 2012).

En los peces, el efecto ha sido estudiado mediante el examen del aumento en la tasa de consumo de oxígeno en un estado post-prandial. La tasa de consumo de oxígeno aumenta abruptamente poco después de la ingestión de una comida, y por lo general se han encontrado aumentos a un nivel de dos a tres veces del consumo de oxígeno transcurridas pocas horas. El tamaño y la composición de la comida son los principales factores que influyen en la duración en la que se puede observar el efecto. La prolongación del tiempo donde la tasa metabólica permanece elevada está relacionada con la cantidad de comida, aumentando el tiempo ante un aumento de la cantidad de comida (Rankin & Jensen, 2012). Típicamente, cuando los peces son alimentados una vez al día, el incremento del metabolismo comienza inmediatamente después de la alimentación, manteniéndose elevada entre 4 a 8 horas, y terminando dentro de 18 a 25 horas (Lovell, 2012).

3.6 Estado de conocimiento de consumo de oxígeno en anguilas babosas

Respecto a la especie estudiada (*Eptatretus polytremus*) no existe ningún estudio que haga referencia al consumo de oxígeno, por lo que se desconoce la tasa metabólica de la especie y en consecuencia del consumo de oxígeno de rutina. En relación a las especies perteneciente a la familia *Myxinidae* se han desarrollado estudios que abordan la temática de tasa metabólica desde el año 1965.

La tasa metabólica de *Eptatretus stoutii* fue estudiada y determinada inicialmente por Munz & Morris (1965) resultando una tasa de consumo de oxígeno de 11-14 mg O₂ Kg⁻¹ h⁻¹ para una temperatura de 10 °C. La especie *Eptatretus stoutii* es estudiada nuevamente y de forma más completa por Cox *et al.* (2010), incluyendo en su investigación la observación de la tasa metabólica en respuesta a una exposición anóxica de diferentes duraciones (6, 24 y 36 h). En sus resultados se determinó una tasa de consumo de oxígeno de 20-22 mg O₂ Kg⁻¹ h⁻¹ con máximos de 70-80 mg O₂ Kg⁻¹ h⁻¹ (“peaks”). En las especies de la familia *Myxinidae* se pueden observar una tasa de consumo de oxígeno mayor en *Myxine glutinosa* de 48 mg O₂ Kg⁻¹ h⁻¹ para una temperatura de 7 °C (Steffensen *et al.*, 1984) y

menor para *Eptatretus cirrhatus* de 12 mg O₂ Kg⁻¹ h⁻¹ para una temperatura de 11 °C (Forster, 1990).

Las anguilas babosas presentan una tasa metabólica baja en comparación a otros peces más evolucionados (Tabla I). Las anguilas babosas habitan frecuentemente ambientes hipóxicos y probablemente anóxicos cuando penetran sedimentos o cuerpos de animales muertos o moribundos. En ese sentido, se ha comprobado que los mixinos tienen la capacidad para sobrevivir a exposiciones anóxicas (Cox *et al.*, 2010) y a su vez de presentar la tasa metabólica de rutina más baja entre las especies de peces (Forster, 1990).

Tabla I. Consumo de oxígeno de diversas especies con valor comercial.
Fuente: FAO, 1984 (Inland Aquaculture Engineering).

Especies	Tamaño (g)	Temperatura (°C)	Consumo de oxígeno (mg O ₂ Kg ⁻¹ h ⁻¹)	Autores
<i>Cyprinus carpio</i>	806	12	80	Nakanishi, Itazawa, 1974
<i>Cyprinus carpio</i>	-	20	50	Houston, 1973
<i>Cyprinus gibelio</i>	-	20	140	Houston, 1973
<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	15	20	191	Muhamedova, 1977
<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	240	23	248	Vetskanov, 1975
<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	2	15	579	Vetskanov, 1975
<i>Anguilla anguilla</i>	106	18	39	Jedryczkowski and Fischer, 1973
<i>Anguilla anguilla</i>	106	18	60	Jedryczkowski and Fischer, 1973
<i>Anguilla japonica</i>	261	11	34	Nakanishi and Itazawa, 1974
<i>Ictalurus punctatus</i>	100	26	400	Andrews and Matsuda, 1975
<i>Ictalurus punctatus</i>	100	26	608	Andrews and Matsuda, 1975
<i>Brevocrtis tyrannus</i>	74	20	230	Hettler, 1976
<i>Spicara smarís</i>	50	20	200	Muravskaya and Belokopitin, 1975
<i>Spicara smeris</i>	50	20	369	Muravskaya and Belokopitin, 1975
<i>Lutjanus campechanus</i>	316	18	112	Moore, 1973

<i>Rhomboplites aurorubens</i>	354	18	170	Moore, 1973
<i>Lutjanus campechanus</i>	316	18	290	Moore, 1973
<i>Rhomboplites aurorubens</i>	354	18	295	Moore, 1973
<i>Lutjanus apodus</i>	-	20	314	Scholander <i>et al.</i> , 1953
<i>Haemulon boneriense</i>	-	20	199	Scholander <i>et al.</i> , 1953
<i>Scarus croicensis</i>	-	20	285	Scholander <i>et al.</i> , 1953
<i>Cynoglossus brevis</i>	-	20	100	Edwards <i>et al.</i> , 1970, 1971
<i>Cynoglossus puncticeps</i>	-	20	63	Edwards <i>et al.</i> , 1970, 1971
<i>Halophryne dussumeri</i>	-	20	32	Edwards <i>et al.</i> , 1970, 1971
<i>Lagodon rhomboides</i>	-	20	114	Wohlschlag <i>et al.</i> , 1968
<i>Porichthys porosissimus</i>	-	20	40	Moore, 1971
<i>Salmo gairdneri</i>	73	11	122	Nakanishi and Itazawa, 1974
<i>Salmo gairdneri</i>	-	15	150	Houston, 1973
<i>Salvenilus fontinalis</i>		15	110	Houston, 1973
<i>Oncorhynchus nerka</i>	-	20	450	Davis, 1975
<i>Oncorhynchus nerka</i>	-	20	625	Davis, 1975

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Anguilas para experimentación

4.1.1 Captura

La captura se llevó a cabo durante la madrugada del 22 de Febrero de 2015 en la zona conocida como ‘‘El Encanto’’, que es el sector costero más cercano por el lado sur de la Caleta de Pescadores de Quintay. Esta localidad está ubicada en la Comuna Casablanca, exactamente en las coordenadas -33.1833° , -71.686° en decimal. Para la captura se emplearon tubos cilíndricos horizontales y vísceras y cabeza de merluza común *Merluccius gayi*, como trampas y cebos respectivamente (Araya, 2007). Se realizaron 4 lances con 1 hora de reposo aproximadamente obteniéndose finalmente una biomasa capturada de aproximadamente 8 kg.

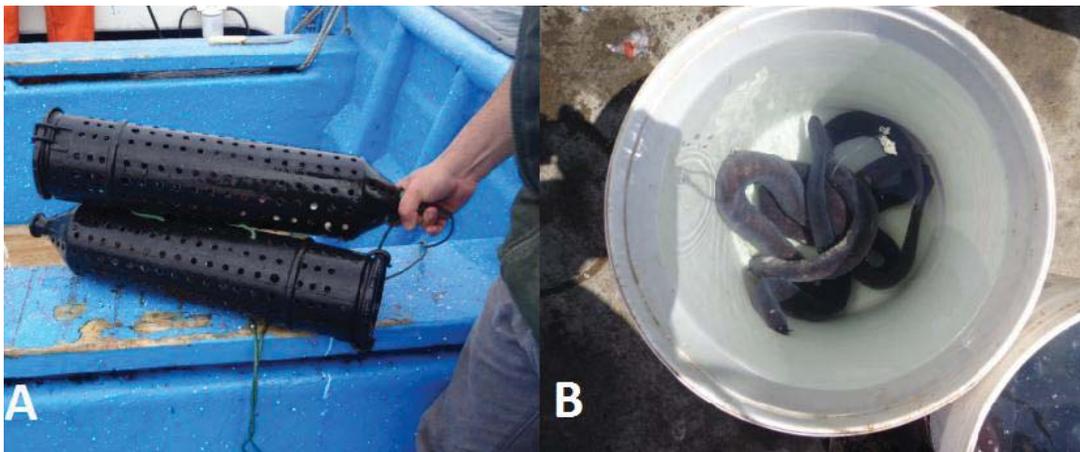


Figura 4. A: Tubos cilíndricos previamente calados y con captura, B: anguilas babosas capturadas y transportadas hasta el muelle en recipiente plástico.

4.1.2 Traslado

El traslado transcurrió en aproximadamente 4 horas desde Quintay hasta Valparaíso, período durante el cual el oxígeno se mantuvo sin variaciones significativas dado que se empleó un sistema de aireación con difusores. A su vez la temperatura se mantuvo constante mediante el empleo del sistema de refrigeración del autobús. Los ejemplares fueron trasladados al Laboratorio Experimental de Acuicultura (LEDA) de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso donde fueron depositados en los respectivos estanques previamente equipados para este propósito.

4.1.3 Mantenimiento

Los ejemplares se mantuvieron en condiciones de cautiverio desde el 22 de Febrero de 2015 hasta el 7 de Julio de 2015 en estanques circulares y rectangulares de 0,09 m³ y 0,35 m³ respectivamente. Estos estanques se encontraban conectados a un circuito de flujo abierto de agua procedente del mar con sistema de filtración mecánica, con oxígeno, temperatura, pH y salinidad naturales propias de las aguas costeras de la Bahía de Valparaíso.



Figura 5. Estanque de mantención en cautiverio.

4.1.4 Alimentación

La alimentación fue realizada a saciedad 3 veces a la semana desde el 22 de febrero de 2015 hasta el 18 de Junio de 2015, que es la fecha que se inicio el estudio del consumo de oxígeno de rutina. Se utilizó como alimento pequeños trozos de calamar rojo (*Dosidicus gigas*) dado que las anguilas no presentaron afinidad con los alimentos peletizados. Todas las veces que se alimentó se registró la cantidad suministrada con el fin de calcular la conversión de alimento.

4.1.5 Muestras

Se realizaron 4 registros de peso y longitud, los dos primeros se realizaron el 25 de Marzo y 8 de Mayo de 2015 con el fin de determinar la ganancia en peso y longitud por la alimentación suministrada propiamente tal. El tercer registro de peso y longitud fue realizado el 15 de Junio para distribuir los ejemplares con similar peso en los distintos estanques con el fin de iniciar el experimento de determinación de la tasa de consumo de oxígeno de rutina. Finalmente el último registro se efectuó el 7 de Julio de 2015 con todos

los individuos sacrificados mediante la adición y exposición prolongada de Benzocaína 20% (KALMAGIN 20% de CENTROVET) en concentración 60 ml/100lt.

4.1.6 Anestesia

Para anestesiarse a los ejemplares con el objetivo de realizar los censos, se utilizó benzocaína 20% (KALMAGIN 20% de CENTROVET) en concentración 30 ml/100lt por una exposición de aproximadamente 3 a 5 minutos. Se utilizaron dos recipientes de plástico con aireación por medio de difusores, un recipiente que contenía solo agua de mar permitía la recuperación y el otro con benzocaína 20% (Fig. 6) en las concentraciones señaladas anestesiaba a los mixinos.



Figura 6. Recipiente de anestesia con anguilas babosas.

4.2 Diseño experimental

4.2.1 Material biológico

Un total de 38 individuos divididos en 5 grupos de diferente masa corporal fueron utilizados para la realización de los experimentos: 7 peces de 70 a 90 g (G100); 6 peces de 130 a 140 g (G200); 9 peces de 160 a 190 g (G300); 11 peces de 230 a 250 g (G400) y 5 peces 300 a 350 g (G500), para cada grupo se efectuó 3 replicas generando un total de 15 experimentos. En cada experimento para G100, G200, G300 y G400 se utilizaron 3 individuos, para G500 se ocuparon 2 ejemplares dado que se dificultaban las mediciones en el acuario por espacio disponible y a su vez por la cantidad de individuos a disposición. Se planificó los experimentos para que un individuo tuviera a lo menos 4 días de reposo entre

experimento, de esta manera se evitaba en algún grado el estrés y daño generado por los experimentos.

4.2.2 Respirómetro

Se utilizó un acuario de 45 litros con tapa hermética ocupando un volumen útil de 35 litros para cada experimento (Fig. 7), y una cubeta exterior de 80 litros que fue llenada de agua para mantener una temperatura estable de 14 ± 1 ° C en el acuario. Se efectuaron pruebas para determinar la transferencia de oxígeno del material de la cámara (acuario) y tapa hermética, conjuntamente con la demanda biológica de oxígeno de la misma agua ocupada, obteniéndose una transferencia despreciable que no supero los 0,06 mg/l por hora.



Figura 7. Respirómetro utilizado para la determinación del consumo de oxígeno en anguila babosa (*Eptatretus polytremas*). Etapa de aclimatación.

4.2.3 Aparato para medida de oxígeno disuelto

El aparato utilizado para la medida de oxígeno disuelto correspondió a un medidor portátil de dos canales HACH HQ40D (Fig. 8). En el experimento se empleó una sonda previamente calibrada para medir temperatura y oxígeno disuelto. Para la transferencia de datos y alimentación eléctrica del equipo se utilizó un adaptador de corriente USB/DC.



Figura 8. Medidor portátil de temperatura y oxígeno disuelto (HACH HQ40D).

4.2.4 Bomba sumergible

En el interior de la cámara del respirómetro se acopló una bomba sumergible con capacidad de 450 l/h, con el propósito de mantener en constante movimiento el agua al interior del respirómetro, facilitando de esta manera la mezcla de agua y una correcta medida del sensor de OD.

4.2.5 Protocolo para la medición del consumo de O₂

El protocolo utilizado es una modificación a los detallados en los siguientes trabajos investigativos: Parma de Croux & Lorenzatti (1981); Montagna & Parma de Croux (2001) y Sastre *et al.* (2004).

Se aplicó el siguiente procedimiento:

1. llenado del respirómetro con 35 litros de agua de mar micro filtrada y tratada con luz ultravioleta.
2. Traslado de las anguilas desde los estanques al respirómetro, cuando el último alcanza una saturación de oxígeno de 80%.
3. Mantenimiento a las anguilas a lo menos 1 hora con el fin de que los individuos se adapten y aclimaten.
4. Retirado de los difusores de aireación y medición la cantidad de oxígeno disuelto y saturación de oxígeno para comprobar de que supere los 8 mg/l y 80% de saturación.
5. Introducción del sensor de oxígeno disuelto y tapado hermético de la cámara del respirómetro.

6. Programar el HACH HQ40D para que cada 5 minutos por 8 horas mida las concentraciones de oxígeno y temperatura (un total de 96 datos por experimento).

7. Después de transcurrir las 8 horas se debe medir el peso de cada individuo ocupado en el experimento, siguiendo lo descrito en el ítem de anestesia.

8. Limpieza exhaustiva de la cámara del respirómetro para la realización del siguiente experimento.

4.2.6 Determinación del consumo de oxígeno de rutina individual (COR) y específico (COER)

Se determinó el consumo de oxígeno de rutina individual (COR) y específico (COER) por diferencia de la concentración de oxígeno en intervalos de 5 minutos, siguiendo lo expuesto por Valverde y García (2004).

a) $COR = ([O_2]_{t_1} - [O_2]_{t_2}) \cdot V / (n \cdot t)$, donde:

COR es el consumo de oxígeno de rutina individual en $mg O_2 h^{-1}$;

$[O_2]_{t_1} - [O_2]_{t_2}$ = diferencia de concentraciones en $mg O_2/l$ en el período de tiempo considerado;

V = volumen del acuario en l;

n = número de individuos;

t = tiempo del período considerado en horas.

b) $COER = (([O_2]_{t_1} - [O_2]_{t_2}) \cdot V) / (B \cdot t)$, donde:

COER es el consumo de oxígeno específico de rutina en $mg O_2 kg^{-1} h^{-1}$;

$[O_2]_{t_1} - [O_2]_{t_2}$ = diferencia de concentraciones en $mg O_2/l$ en el período considerado;

V = volumen del acuario en l;

B = biomasa en Kg;

t = tiempo del período considerado en horas.

4.3 Análisis de datos

La información fue procesada inicialmente mediante Excel Microsoft Office (versión 2014) y luego fue analizada con el programa Statistica (versión 7.0) y Systat (versión 12.0). En un principio y anterior a todos los análisis se efectuaron test a las observaciones de los experimentos para justificar el supuesto de normalidad y homogeneidad de varianzas, comprobándose el supuesto de normalidad en 7 de 15 grupos de datos, de los cuales 5 cumplieron el supuesto de homogeneidad de varianza. Debido a lo anterior se transformaron los datos con las funciones logarítmicas, raíz cuadrada y arcosen, obteniendo una leve mejoría en la comprobación del supuesto de normalidad (11/15). Dado que proseguir con una prueba tradicional de análisis de varianza sin los supuestos justificados inhabilita el control de la probabilidad del error de Tipo I, lo que conlleva a encontrar significaciones estadísticas donde no existen o viceversa, se hace indispensable buscar alternativas no paramétricas que no dependan de los supuestos mencionados. Por esta razón se implementó el procedimiento de Kruskal & Wallis (1952) para determinar si existen diferencias significativas en las medias de cada experimento de un mismo grupo (G100, G200, G300, G400 y G500).

Con el objetivo de formular como el consumo de oxígeno varía de acuerdo al tamaño de los peces, se ajustaron las medias de los datos de consumo de oxígeno de rutina y específico de rutina obtenidos tomados cada 5 minutos de cada experimento, a las formulas no-lineales expuestas en el apartado 2.5.3 (véase MO_2 y VO_2).

Todas estas pruebas efectuadas fueron para los datos de consumo de oxígeno de rutina individual (COR) y consumo de oxígeno de rutina específico (COER), para de esta manera analizar los efectos del peso corporal sobre el consumo de oxígeno.

Para todos los análisis efectuados se estableció como criterio estadístico $p < 0,05$ para asumir diferencias significativas.

5. RESULTADOS

5.1 Observaciones generales

5.1.1 Las mediciones de consumo de oxígeno

La mayoría de las mediciones de consumo de oxígeno se completaron con éxito debido a que se observaron pocas señales de estrés, solo dos ensayos fueron descartados por obstrucción del sensor de oxígeno por baba secretada. Las inspecciones visuales revelaron que los peces al ser introducidos al respirómetro mostraron natación y secreción de baba durante los primeros 5 minutos. Estos evidentes signos de estrés fueron disminuidos considerablemente por la aclimatación de a lo menos 1 hora dentro de la cámara del respirómetro, mostrándose los individuos enrollados en el fondo del acuario sin movimiento ni alteraciones evidentes.

Las mediciones del oxígeno disuelto y disminución de este en el agua fue ligeramente diferente en las replicas de cada grupo (G100, G200, G300, G400 y G500) notándose una mayor disminución de oxígeno disuelto durante la mitad del tiempo de experimentación, lo cual puede deberse a que ese período coincide con las horas nocturnas concordando a su vez con los hábitos nocturnos de la especie (apartado 3.1.3). Una mayor disminución de oxígeno disuelto se puede observar en los grupos G400 y G500, llegando a concentraciones de O_2 disuelto < 4 mg/l al final del período de prueba pero con un menor COER que los grupos G100, G200 y G300.

En las siguientes figuras (Fig. 9 a 13) se exponen las mediciones de oxígeno disuelto y COER de cada grupo de experimentación en relación al tiempo transcurrido:

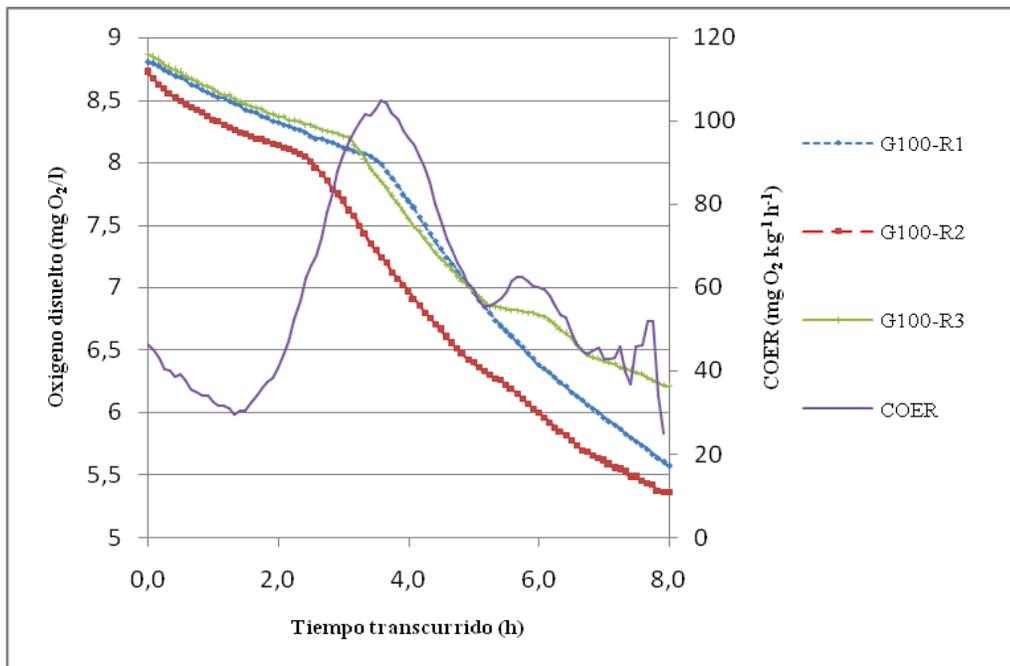


Figura 9. Mediciones de oxígeno disuelto y COER promedio de G100 en relación al tiempo transcurrido.

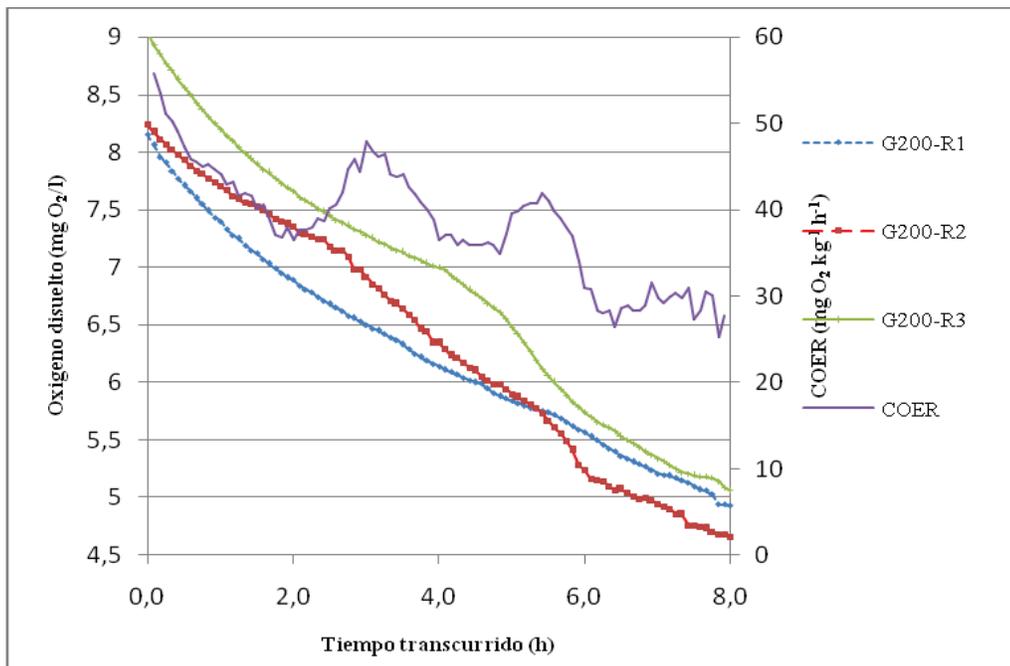


Figura 10. Mediciones de oxígeno disuelto y COER promedio de G200 en relación al tiempo transcurrido.

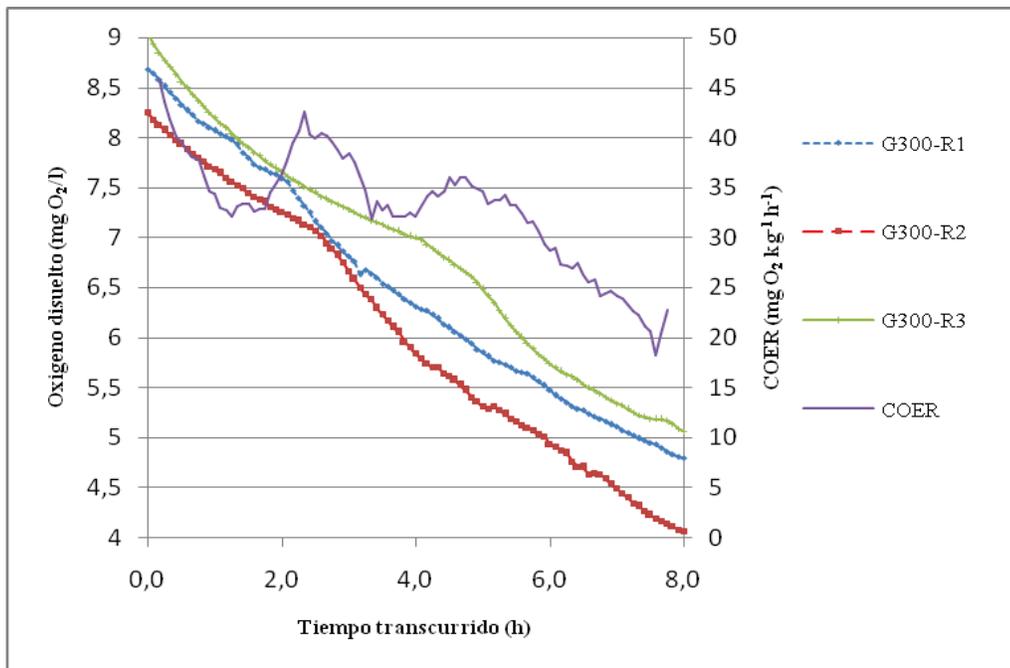


Figura 11. Mediciones de oxígeno disuelto y COER promedio de G300 en relación al tiempo transcurrido.

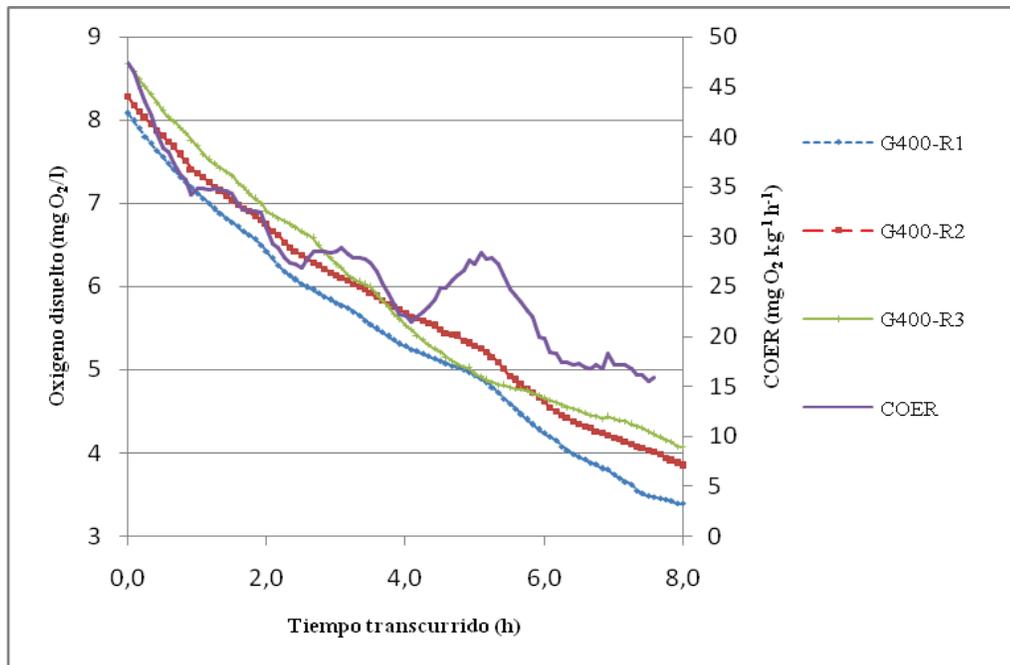


Figura 12. Mediciones de oxígeno disuelto y COER promedio de G400 en relación al tiempo transcurrido.

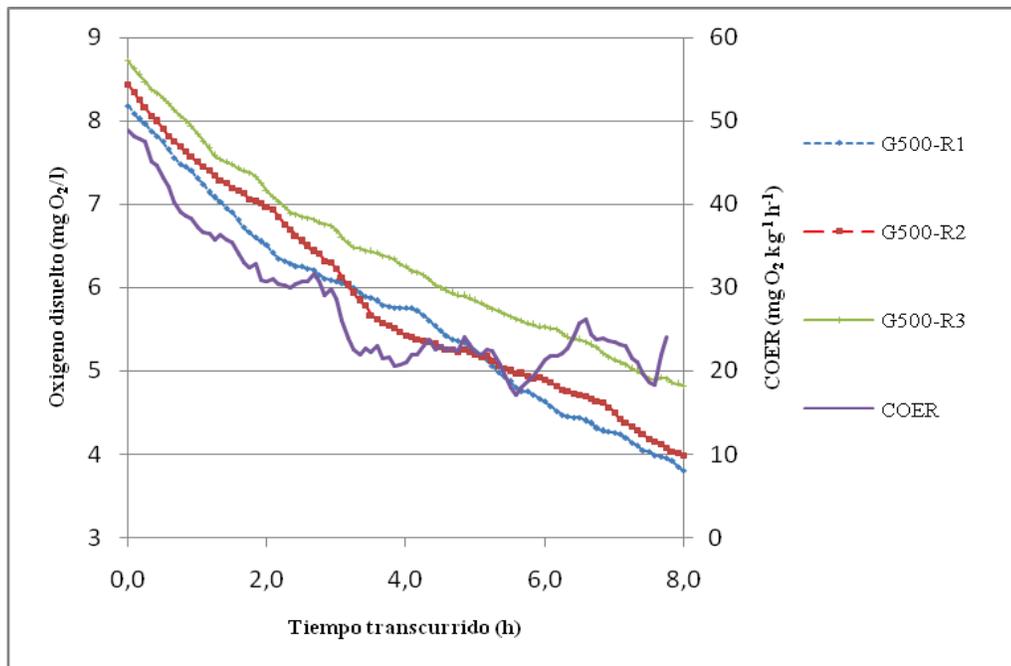


Figura 13. Mediciones de oxígeno disuelto y COER promedio de G500 en relación al tiempo transcurrido.

5.1.2 Consumo de Oxígeno de Rutina y Específico (COR y COER) de cada grupo de experimentación

En la siguiente Tabla II se muestra los resultados relevantes en promedio y desviación estándar de COR y COER para cada repetición de cada grupo de experimentación:

Tabla II. COR y COER de cada grupo de experimentación para cada repetición.

Grupo	Repeticiones	P (g)	COR (mg O ₂ /h)	COER (mg O ₂ /Kg/h)
G100(3)	R1	75,20±4,10	4,87±2,09	64,81±27,79
	R2	80,27±9,30	4,83±2,06	60,19±25,63
	R3	77,87±6,31	3,87±2,00	49,69±25,79
G200(3)	R1	135,00±4,27	4,37±1,53	32,97±9,75
	R2	136,47±5,06	5,17±1,74	36,83±11,97
	R3	131,83±6,59	5,91±1,04	44,85±7,89
G300(3)	R1	178,53±14,66	5,52±1,56	30,94±8,73
	R2	173,27±17,05	5,98±1,72	34,51±9,95
	R3	172,67±12,06	5,50±1,93	31,83±11,21
G400(3)	R1	236,00±6,00	6,36±2,20	26,97±9,32
	R2	239,00±13,24	6,18±1,77	25,88±7,40
	R3	238,67±8,14	6,32±2,66	26,48±11,15
G500(2)	R1	336,00±5,65	9,37±3,10	27,89±9,22
	R2	321,40±22,06	9,21±3,67	28,65±11,41
	R3	310,50±34,65	8,00±3,01	25,77±9,71

5.2 Prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para las observaciones de COER

La Tabla III muestra los resultados de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, mostrándose el p-valor. Los valores rojos indican que se rechaza la hipótesis nula H_0 dejando al descubierto que existe un nivel de significancia para decir que existen diferencias significativas en las medias de las replicas dentro de un mismo grupo de experimentación:

Tabla III. Resumen de Prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para los datos de COER.

Prueba Kruskal-Wallis de cada grupo (3 niveles)				G100	R1	R2	R3
G100	0,000	G400	0,441	R1	-	0,380	0,000
G200	0,000	G500	0,219	R2	0,380	-	0,000
G300	0,018			R3	0,000	0,000	-

G200	R1	R2	R3	G300	R1	R2	R3
R1	-	0,01	0,00	R1	-	0,008	0,938
R2	0,01	-	0,00	R2	0,008	-	0,024
R3	0,00	0,00	-	R3	0,938	0,024	-
G400	R1	R2	R3	G500	R1	R2	R3
R1	-	0,014	0,226	R1	-	0,959	0,112
R2	0,014	-	0,810	R2	0,959	-	0,155
R3	0,226	0,810	-	R3	0,112	0,155	-

5.3 Tabla resumen de resultados del efecto del peso corporal sobre el consumo de oxígeno

En la Tabla IV se expone de forma resumida los resultados obtenidos de COR y COER para cada grupo de experimentación, en los datos de COER se incluye letras de haber diferencias significativas en las medias poblacionales de cada replica (siendo a:R1; b:R2; c:R3) dentro de un mismo grupo:

Tabla IV. Efecto del peso corporal sobre el consumo de oxígeno de anguila babosa (*Eptatretus polytremus*). Peso individual promedio (P), consumo de oxígeno de rutina individual (COR) y específico (COER).

Grupo	Repeticiones	P (g)	COR (mg O ₂ /h)	COER (mg O ₂ /Kg/h)
G100 (3)	3	77,78±6,37	4,55±2,07	58,61±26,80 ^c
G200 (3)	3	134,43±5,10	5,15±1,59	38,22±11,14 ^{abc}
G300 (3)	3	174,82±13,06	5,67±1,75	32,43±10,09 ^b
G400 (3)	3	237,89±8,45	6,29±2,23	26,44±9,39
G500 (2)	3	322,63±21,79	8,86±3,32	27,44±10,19

^{a, b, c} Medias con distintas letras son estadísticamente diferentes (p<0,05).

5.4 Efecto del peso corporal (kg) y biomasa (kg) en la tasa de consumo de oxígeno por hora (ajuste de datos a modelos alométricos: MO₂ y VO₂)

Se representaron las medias de los datos de consumo de oxígeno de rutina (COR) y específico de rutina (COER) tomados cada 5 minutos para cada experimento con respecto al peso promedio W (g) ajustándola la línea de ajuste potencial de la formula alométrica en la Figura 14 y 15.

$$R=\alpha W^{\beta}$$

El ajuste para $MO_2 = \alpha W^\beta$ muestra un valor “ α ” de $0,419 \pm 0,161$, con un coeficiente de determinación R^2 de 0,809 y un exponente “ β ” de $0,515 \pm 0,072$ (Fig. 14). En relación al ajuste para $VO_2 = \alpha W^{(\beta-1)}$ muestra un valor “ α ” de $748,199 \pm 247,131$, con un R^2 de 0,843 y un exponente “ β ” de $0,402 \pm 0,065$ (Fig. 15), lo que pone de manifiesto una reducción del Consumo de Oxígeno Específico de rutina (COER) respecto al aumento del peso promedio W (g).

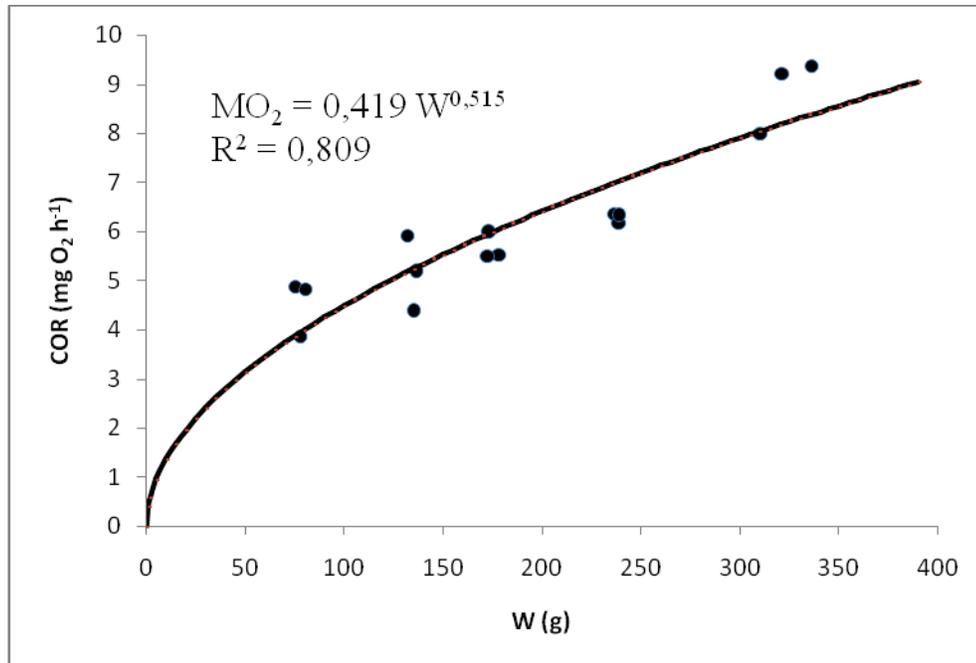


Figura 14. Representación gráfica de los datos de Consumo de Oxígeno de Rutina (COR) con respecto al peso W (g), donde la línea de ajuste potencial corresponde al ajuste de la ecuación alométrica $MO_2 = \alpha W^\beta$.

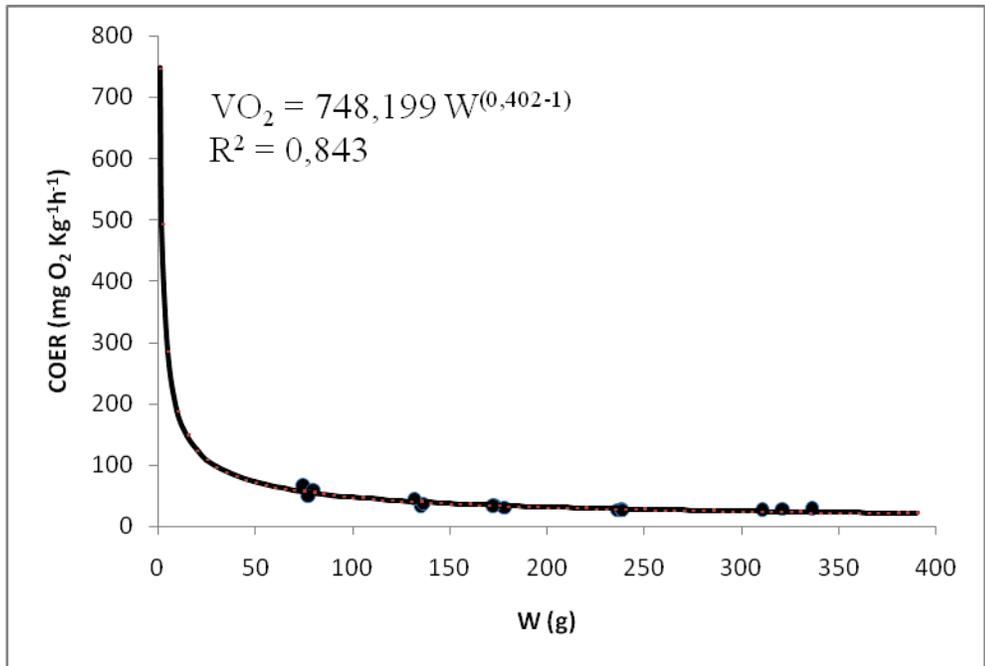


Figura 15. Representación gráfica de los datos de Consumo de Oxígeno Específico de Rutina (COER) con respecto al peso W (g), donde la línea de ajuste potencial corresponde al ajuste de la ecuación alométrica $VO_2 = \alpha W^{(\beta-1)}$.

5.5 Aspectos generales de las anguilas en cautiverio

5.5.1 Alimentación y crecimiento

La alimentación fue medida desde el 25 de Marzo hasta el 08 de Mayo, esta consistió en trozos pequeños de Jibia (*Dosidicus gigas*). En la Tabla V se presenta la cantidad de alimento, peso promedio y factor de conversión de alimento, este último está expresado en biomasa ganada (kg) dividido por alimento total suministrado (kg).

Tabla V. Alimentación y crecimiento en el período comprendido desde el 25 de Marzo hasta el 08 de Mayo del 2015.

Fecha	Alimento total (kg)	Peso promedio (g)	Biomasa total (g)	Factor de conversión
25/03/2015	-----	0,210	8,413	-----
08/05/2015	4,036	0,240	9,592	0,292

5.5.2 Mortalidad

Desde el 22 de Febrero hasta el 15 de Junio del 2015 se registró una mortalidad correspondiente al 5% (2 individuos). Durante el transcurso de los experimentos desde el 16 de Junio hasta el 01 de Julio se registró una mortalidad del 2% (1 individuo). Entre el 03 hasta el 07 de Julio debido a problemas con el abastecimiento de agua hubo una ocurrencia del 20% de mortalidad (8 individuos).

5.5.3 Sacrificio y pesaje de gónadas e hígado

El porcentaje de ausencia de gónada en los individuos de 333,64 de peso promedio es de 20%, contrarrestándose con los individuos de peso promedio inferior. Respecto al peso promedio del hígado y gónada, son mayores a medida que el peso promedio de los individuos aumenta (Tabla VI).

Tabla VI. Resultados de pesaje de gónadas e hígado de *Eptatretus polytrema*. P: Peso promedio en g; P Hígado: peso promedio de hígado; P Gónada: peso promedio de gónada y % ausencia gónada corresponde al % de individuos que no presentan gónadas.

Cantidad individuos	P (g)	P Hígado (g)	P Gónada (g)	% ausencia gónada
4	118,2±12,7	4,38±0,67	0,5±0,14	50%
7	171,45±9,77	6,14±1,30	1,23±0,32	43%
7	238,87±26,43	8,47±1,32	3,77±0,55	43%
5	333,64±9,71	13,3±2,37	3,56±2,9	20%

6. DISCUSIÓN

6.1 Consumo de oxígeno de rutina

6.1.1 Consumo de oxígeno de rutina en *Eptatretus polytrema*

La media general de consumo de oxígeno de rutina para *Eptatretus polytrema* fue de 36 ± 13 mg O₂ Kg⁻¹ h⁻¹ en una temperatura de 14 ± 1 °C y peso promedio entre 75-330 g, el consumo de oxígeno de rutina es menor en relación a la mayoría de las especies expuestas en la literatura, como por ejemplo: 625 mg O₂ Kg⁻¹ h⁻¹ en *Oncorhynchus nerka*, 579 mg O₂ Kg⁻¹ h⁻¹ en *Hypophthalmichthys molitrix*, 295 mg O₂ Kg⁻¹ h⁻¹ en *Rhomboplites aurorubens*, etc. No obstante, es muy semejante a especies que presentan similares hábitos bentónicos como: 39 y 60 mg O₂ Kg⁻¹ h⁻¹ en *Anguilla anguilla* y 34 mg O₂ Kg⁻¹ h⁻¹ en *Anguilla japonica*. En relación a las especies del Género *Eptatretus* la tasa consumo de oxígeno de *Eptatretus polytrema* se asemeja bastante a las reducidas tasas de consumo de oxígeno del Género, Munz & Morris (1965) determinaron una tasa de consumo de oxígeno de 11-14 mg O₂ Kg⁻¹ h⁻¹ para una temperatura de 10 °C para *Eptatretus stoutii*. Después de 45 años Cox *et al.* (2010) estudia nuevamente la especie y de una forma más completa, determinando una tasa de consumo de oxígeno de 20-22 mg O₂ Kg⁻¹ h⁻¹ y valores máximos de 70-80 mg O₂ Kg⁻¹ h⁻¹. En el presente estudio se observaron valores máximos de 105, 60, 57, 49 y 50 para G1, G2, G3, G4 y G5 respectivamente con una media general de 65 ± 23 mg O₂ Kg⁻¹ h⁻¹, lo que revela una similitud en las tasas de consumo de oxígeno de rutina entre *Eptatretus polytrema* y *Eptatretus stoutii*. La baja tasa metabólica de los mixinos confirmada por Forster (1990) en la especie *Eptatretus cirrhatius* se refleja en los resultados obtenidos, por lo que la especie *Eptatretus polytrema* presenta una baja tasa metabólica al igual que las especies *myxiniformes* anteriormente estudiadas.

6.1.2 Observaciones y análisis de datos

Aparentemente los individuos de G100 y G200 presentan una mayor incidencia a la actividad espontánea que los peces de mayor tamaño. A su vez al parecer la mayor actividad ocurre en los períodos nocturnos marcados por un aumento del consumo específico de oxígeno (véase Figura 9 y 10 de los resultados, en los otros experimentos no es observable) y es sabido que los mixinos presentan hábitos nocturnos (Wisner & McMillan, 1995). Es posible afirmar que por la mayor incidencia a la actividad espontánea en el G100 y G200 existan diferencias significativas en las medias de la mayoría de las replicas mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis (Tabla III).

Durante el inicio de las mediciones de cada replica en todos los grupos, se observa un COER bastante mayor a los subsiguientes con excepción de la Figura 9, esto es debido a que los individuos se alteran por manipulación del respirómetro justo antes de iniciar las

mediciones. Esto es normal en este tipo de experimentos donde los mismos autores anteriormente señalados especifican este detalle.

Un aspecto importante que se observa en las Figuras 9 a 13 es que a medida que el oxígeno disuelto en el respirómetro disminuye también lo hace el COER. De esto se deduce que es un mecanismo de adaptación frente a poca disponibilidad de oxígeno. Este fenómeno también es observado por Cox *et al.* (2010), donde la especie *Eptatretus stoutii* se adapta incluso a condiciones de anoxia, reduciendo su metabolismo y consecutivamente la demanda de oxígeno del organismo.

6.1.3 Modelos alométricos y el efecto del peso corporal en el COR y COER

Un aspecto relevante para *Eptatretus polytrema* es que el modelo alométrico MO_2 explica que el peso es exponencial positivo al consumo de oxígeno, describiéndose la relación de que un pez de mayor tamaño consume más oxígeno que un pez pequeño (Fry, 1972). No obstante, el exponente $\beta=0,52$ es menor que en la mayoría de las especies de peces que fluctúan entre 0,7 y 0,85, pero muy semejante al de las especies *Anguilla rostrata* y *Anguilla anguilla* que fluctúan entre 0,53 y 0,61 (De la Gándara, 2003). Este exponente β revela que si bien el consumo de oxígeno es mayor en un pez grande que en uno pequeño, la diferencia entre los dos no es tan marcada desde una perspectiva proporcional. Por ejemplo un individuo de la especie estudiada de 240 g consume según la ecuación $7,04 \text{ mg O}_2 \text{ h}^{-1}$ que es aproximadamente 1,7 veces lo que consume uno de 80 g, siendo que el de 240 g lo triplica en peso.

En relación al modelo alométrico VO_2 para *Eptatretus polytrema*, el peso corporal es exponencial negativo al consumo de oxígeno específico, esto quiere decir que un pez de menor tamaño consume por unidad de peso más oxígeno que un pez grande (De la Gándara, 2003). El exponente β en esta ecuación es 0,40 lo que muestra una disminución del consumo de oxígeno específico ante aumento de peso corporal, dado que por ejemplo un pez de 70 g consume $58,48 \text{ mg O}_2 \text{ Kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ que es el doble de lo que consume un pez de 210 g.

El aumento tanto del valor medio de COR como de COER en el G500 (Tabla IV) puede ser explicado por el aumento significativo de peso de hígado y mayor presencia de gónadas y ovas desarrolladas (Tabla VI), estos órganos presentan una alta tasa metabólica y su alometría es negativa junto con todos los órganos que componen las vísceras (Itazawa y Oikawa, 1986; Oikawa *et al.*, 1992; Fidhiany & Winckler, 1998).

El coeficiente de correlación 0,81 y 0,84 muestra el alto grado de relación entre el peso corporal y el consumo de oxígeno, a su vez estos valores están dentro del rango observado en este tipo de estudios.

6.2 Aspectos relevantes en el cautiverio de *Eptatretus polytremus*

6.2.1 Alimentación y crecimiento

Tomando en cuenta que la carne de jibia está compuesta por humedad (82%), proteínas (15,3%), grasa (0,87%) y cenizas (1,31%), se deduce que esta *E. polytremus* es susceptible para ser mantenida en cautiverio y presentar crecimiento y engorde. Dado que el factor de conversión es 0,3 durante el período comprendido de aproximadamente 50 días, y si bien aumentar 300 g de masa corporal por 1000 g de alimento es muy menor al observado en los cultivos comerciales de peces, el alimento suministrado presenta una humedad del 82%, por lo cual este bajo índice se ve influenciado por el contenido de agua.

Eptatretus polytremus no tuvo afinidad con el alimento peletizado durante todo el tiempo que se tuvo en cautiverio. Por consiguiente podría confeccionarse algún tipo de alimento peletizado húmedo que sea compatible con su comportamiento alimenticio.

6.2.2 Mortalidad

La mortalidad durante el tiempo que se mantuvieron en cautiverio y antes del problema de abastecimiento de agua fue de 3 individuos durante un período de aproximadamente 5 meses. Estos valores pudieron resultar de mordeduras provocadas por otros individuos, conllevando a stress, infección por herida expuesta y falta de apetito. La ocurrencia de mordeduras era observada cuando en un mismo estanque había peces de distinto rangos de peso, donde al parecer los peces pequeños mordían a los de mayor tamaño. Estos incidentes de mordeduras son descritos también en artículos del *Department of Fisheries and Aquaculture of Canadá* de forma general para los procedimientos "Holdings" (Leask & Beamish, 1999).

7. CONCLUSIONES

Eptatretus polytrema presenta una baja tasa metabólica revelada por su consumo de oxígeno de rutina de $36 \pm 13 \text{ mg O}_2 \text{ Kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ en una temperatura de $14 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ y peso promedio entre 75-330 g, consumo muy inferior a la mayoría de las especies estudiadas en este tipo de experimentos pero bastante similar al observado en otras especies de mixinos.

El efecto del peso corporal sobre el consumo de oxígeno es analizado por medio de las ecuaciones MO_2 y VO_2 , en *Eptatretus polytrema* el peso corporal es exponencialmente positivo al Consumo de Oxígeno de Rutina, explicado por la ecuación $\text{MO}_2 = 0,42 W^{0,52}$ expresado en $\text{mg O}_2 \text{ h}^{-1}$ y negativamente exponencial al Consumo de Oxígeno de Rutina Específico, descrito por la ecuación $\text{VO}_2 = 748,20 W^{(0,40-1)}$ expresado en $\text{mg O}_2 \text{ Kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$. De estas ecuaciones la de mayor relevancia para la mantención en cautiverio es la VO_2 , dado que permite obtener el oxígeno disuelto que se requiere durante una hora para 1 kg de peces de determinado peso. Por consiguiente si se mantienen a individuos de un peso similar en un estanque, se determina la cantidad de oxígeno disuelto que se necesita para mantener a dichos individuos durante 1 hora sin déficit en la disponibilidad de oxígeno.

Un aspecto interesante en este experimento es que se advierte que esta especie presenta un mecanismo de adaptación frente a disminuciones de oxígeno disuelto según lo observado en los experimentos, lo cual es muy posible dada la existencia de un estudio en *Eptatretus stoutii* donde comprueban este fenómeno y a su vez la sobrevivencia a una exposición anóxica prolongada. Otros de menor importancia en relación a la mantención en cautiverio pero no faltos de consideración, es que los ejemplares entre 70-140 g presentan una mayor incidencia a la actividad espontánea observada en los gráficos de consumo de oxígeno y la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, y que desde los 320 g los individuos tienen un mayor peso de hígado y gónadas, además de mayor presencia de ovas lo que puede ser causa de un aumento de COR y COER.

Eptatretus polytrema es susceptible de mantenerse en condiciones de cautiverio presentando crecimiento y baja tasa de mortalidad si son manejados de forma óptima. Se pueden mantener en condiciones de cautiverio en el caso de comercializarlos muertos, para permitir vaciado del tracto digestivo de los mixinos y a fin de que el vendedor pueda construir un inventario antes de la venta, y también con el objetivo de transportarlos vivos hasta la comercialización en el Continente Asiático. Es de importancia exponer que esta especie responde de buena manera a anestesia y manipulación tales como: muestreos, selección, alimentación y limpieza de estanques.

En el ámbito internacional la comercialización de mixinos ha presentado una tendencia al aumento de la importación de mixinos como fuente de alimento hacia el mercado asiático, donde la mayoría de las importaciones son llevadas a cabo desde Estados Unidos y Canadá. En este contexto existe la posibilidad de llevar a cabo un nicho económico satisfactorio para el sector pesquero artesanal, mediante la comercialización de anguilas babosas (*Eptatretus polytrema*) hacia el mercado asiático.

Este estudio permite el acceso de información biológica relevante como es la demanda de oxígeno de la especie para de esta manera generar interés en el sector pesquero, y a su vez para que se puedan llevar a cabo procedimientos y protocolos que faciliten los manejos si se llegará a desarrollar una actividad económica con esta especie.

Una temática importante a ser tratada desde la captura hasta la comercialización es la secreción de baba que puede perjudicar y derivar en muertes masivas a causa de asfixia, en especial cuando se trata con grandes volúmenes de peces. Algunas soluciones son la disminución de la temperatura durante los transportes y la eliminación manual de la secreción desde la captura hasta la muerte de los individuos o hasta su comercialización en el caso de venderlos vivos.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andrews, J. W. & Y. Matsuda. 1975. The influence of various culture conditions on oxygen consumption of channel catfish. *Trans. Amer. Fish. Soc.* 104: 322-327.

Arancibia, H. 1999. Desarrollo de nuevas pesquerías en recursos marinos bentónicos gamba de profundidad, pelágicas calamar común y demersal ánguila de profundidad, en Chile central. Informe cuatrimestral, Universidad de Concepción, Chile, 230 pp.

Araya, J. R. 2007. Determinación del tipo de trampa y tiempo de reposo diurno para la captura de anguila babosa *Eptatretus polytrema* en la región de Valparaíso. Tesis de Ingeniería Pesquera, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, 73 pp.

Barbieri, E. 2007. Use of metabolism and swimming activity to evaluate the sublethal toxicity of surfactant (LAS-C12) on *Mugil platanus*. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 50(1): 101-112.

Barss, W.H. 1993. Pacific hagfish, *Eptatretus stouti*, and black hagfish, *E. deani*: the Oregon fishery and port sampling observations, 1988-92. *Mar. Fish. Rev.* 55(4): 19-30.

Bell, S. 2009. Hagfish a re-emerging commercial fishery. [<https://nrm.dfg.ca.gov/FileHandler.ashx?DocumentID=33827>]. Revisado: 26 Agosto 2015.

Berka, R. 1986. The transport of live fish. A review. *EIFAC Tech.Pap* (48), 52 pp.

Black, G. 2007. Proceedings Series 2009/009 de Fisheries and Oceans Canada. [http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/publications/Pro-CR/2009/2009_009_009_e.pdf]: 8-9.

Cerezo, J. & B. García. 2004. The effects of oxygen levels on oxygen consumption, survival and ventilatory frequency of sharpsnout sea bream (*Diplodus puntazzo* Gmelin, 1789) at different conditions of temperature and fish weight. *Journal of Applied Ichthyology* 20(6): 488–492.

Cox, G. K., E. Sandblom, J. G. Richards & A. P. Farrell. 2010. Anoxic survival of the Pacific hagfish (*Eptatretus stoutii*). *J Comp Physiol B.* 181(3): 361–371.

Daza, E., C. Vargas, C. Oyarzún, D. Bucarey & G. Aedo. 2011. Estudio Biológico pesquero de anguila en la XII Región de Magallanes y Antártica chilena. *FIP N° 2008-44*, 142 pp.

De La Gándara, F. 2003. Efecto de diversos factores sobre el consumo de oxígeno de juveniles de seriola *Seriola dumerili* (Risso, 1810) en condiciones de cultivo. Tesis de Doctorado en Oceanografía, Instituto Español de Oceanografía, Universidad de Murcia, Murcia, 279 pp.

Edwards, R. W. & M. A. Learner. 1960. Some factors affecting the oxygen consumption of asellus. *Journal of Experimental Biology* 37: 706-718.

- Farrell, A. P. & J. F. Steffensen. 2005.** The Physiology of Polar Fishes. Gulf Professional Publishing. Vol. 22, 408 pp.
- Fernholm B. 1998.** Hagfish systematic en Biology of Hagfishes editado por Jorgensen, J. M., J. P. Lomholt, R. E. Weber & H. Malte. London, UK: 33-44.
- Fidhiany, L. & K. Winckler. 1998.** Influence of Body Mass, Age, and Maturation on Specific Oxygen Consumption in a Freshwater Cichlid Fish, *Cichlasoma nigrofasciatum* (Günther, 1869). *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol.* 119(2): 613-619.
- FishBase. 2015.** *Eptatretus polytrema* (Girard, 1855). [<http://www.fishbase.org/summary/8714>]. Revisado: 19 Agosto 2015
- Fondo de Investigación Pesquera (FIP). 2011.** Memoria año 2011. [<http://www.fip.cl/Archivos/Documentacion/Noticias/MEMORIA%20FIP%202011.pdf>]. Revisado: 10 Agosto 2015.
- Forster, M. E. 1990.** Confirmation of the low metabolic rate of hagfish. *Comp Biochem Physiol A* 96: 113–116.
- Fry, F. E. J. 1972.** The effect of environmental factors on the physiology of fish. *Fish physiology* edited by W.S. Hoar & D. J. Randall, Volume VI: 1-87.
- Gálvez, M., H. Rebolledo, C. Pino, L. Cubillos, A. Sepúlveda & A. Rojas. 2000.** Parámetros biológico-pesqueros y evaluación de stock de besugo (*Epigonus crassicaudus*). Informe Final, Inst. Inves. Pesq., Talcahuano, 110 pp.
- Gorbman, A., H. Kobayashi, Y. Honma & M. Matsuyama. 1990.** The Hagfishery of Japan. *Fisheries*. Vol. 15, N°4: 12-18.
- Hill, R. W. 1979.** Fisiología animal comparada: un enfoque ambiental, 910 pp.
- Honma Y. 1998.** Asian hagfishes and their fisheries biology, editado por Jorgensen, J. M., J. P. Lomholt, R. E. Weber & H. Malte. London, UK: 45-56.
- Itazawa, Y. & S. Oikawa. 1986.** A quantitative interpretation of the metabolism-size relationship in animals. *Experientia*, 42: 152-153.
- Leask, K. D. & R. J. Beamish. 1999.** Review of the fisheries and biology of the Pacific hagfish (*Eptatretus stoutii*) in British Columbia, with recommendations for biological sampling in a developmental fishery. *Fisheries and Oceans*, 48 pp.
- Lillo S, R. Bahamonde, B. Leiva, M. Rojas, M. A. Barbieri, M. Donoso & R. Gili. 1999.** Prospección del recurso orange roughy (*Hoplostethus* spp.) y su fauna acompañante entre la I la X Región. Proyecto FIP N°98-05. Instituto de Fomento Pesquero, 47 pp.

- Lotze, H. K., Ellis J.E. Rowe S. 2015.** Expansion of hagfish fisheries in Atlantic Canada and worldwide. *Fisheries Research* 161: 24-33.
- Lovell, T. 2012.** Nutrition and Feeding of Fish. Springer Science & Business Media. Second edition, 267 pp.
- Montagna, M.C. & J. Parma de Croux. 2001.** Consumo de oxígeno en *Pimelodus albicans* (Pisces, Pimelodidae) en relación con la masa corporal y la temperatura. *Natura Neotropicalis*, 32(1): 49-57.
- Munz F. W. & R. W. Morris. 1965.** Metabolic rate of hagfish *Eptatretus stoutii* (Lockington 1878). *Comp Biochem Physiol* 16: 1–6.
- Northeast Fisheries Science Center. 2003.** *E. atlantic* hagfish 1.0 executive summary *Myxine glutinosa*. [www.nefsc.noaa.gov/publications/crd/crd0316/pdfs/hagfish.pdf]. Revisado: 20 Agosto 2015.
- Oikawa, S., Y. Itazawa & M. Gotoh. 1991.** Ontogenetic change in the relationship between metabolic rate and body mass in a sea bream *Pagrus major* (Temminck & Schlegel). *J. Fish Biol.*, 38: 483-496.
- Oregon Department of Fish and Wildlife (ODFW). 2009.** Developmental Fisheries Program, Annual Review of Activities. Attachment 4: 5-11.
- Oregon Department of Fish and Wildlife (ODFW). 2015.** Oregon's Ocean Commercial Fisheries. [http://www.dfw.state.or.us/MRP/docs/Backgrounder_Comm_Fishing.pdf]. Revisado: 26 Agosto 2015.
- Prosser, C. L. 1973.** Comparative animal physiology. Saunders, 3 edition vol 1-2, 966 pp.
- Rankin, J. C. & F. B. Jensen. 2012.** Fish Ecophysiology. Springer Science & Business Media, first edition, 421 pp.
- Schmidt-Nielsen, K. 1984.** Scaling: Why is animal size so important?. Cambridge University Press, 241 pp.
- Stead, S. M. & L. Laird. 2002.** The Handbook of Salmon Farming. Springer Science & Business Media, edition 1, 502 pp.
- Steffensen J. F., K. Johansen, C. D. Sindberg, J. H. Sørensen & J. H. Møller. 1984.** Ventilation and oxygen consumption in the hagfish, *Myxine glutinosa* L. *J Exp Mar Biol Ecol* 84: 173–178.
- Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA). 2014.** Estado de situación de las principales pesquerías chilenas 2013. 63 pp.

Dillman, T. 2013. Slimed: Ugly Hagfish Yields Somewhat Pretty Income. [<http://www.fishermensnews.com/story/2013/02/01/features/slimed-ugly-hagfish-yields-somewhat-pretty-income/149.html>]. Revisado: 16 Agosto 2015.

Wisner, R.L. & McMillan, C.B. 1988. A new species of hagfish, genus *Eptatretus* (Cyclostomata, Myxinidae), from the Pacific Ocean near Valparaiso, Chile, with new data on *E. bischoffii* and *E. polytrema*. Transactions of the San Diego Society of Natural History 21(14): 227-244.

Wootton, R. J. 1984. A functional biology of sticklebacks. University of California Press, 265 pp.

ANEXOS

ANEXO I

Consultora Boston Consulting Group anunció que existen 52 especies de ser susceptibles para realizar algún tipo de cultivo acuícola, en la siguiente tabla se muestran 34 de estas especies donde se incluye a la anguila babosa.

Categoría	Nombre en Chile	Nombre comercial / en inglés	Nombre científico	Origen	Exp	Piloto	Precom	Com
Peces 21 especies	1. Bacalao de profundidad	Chilean seabass / Patagonian toothfish	Dissostichus eleginoides	N	X			
	2. Congrio colorado	Red or Chilean kingclip	Genypterus chilensis	N	X			
	3. Corvina	Chilean croaker	Cilus gilberti	N	X	X		
	4. Dorado	Mahi-mahi o Dolphinfish	Coryphaena hippurus	N	X			
	5. Pejerrey	Pejerrey	Odontesthes spp.	N	X			
	6. Róbalo	Patagonian blennie	Eleginops maclovinus	N	X			
	7. Bagre de canal	Catfish	Ictalurus punctatus	I	n.d.			
	8. Esturión blanco	White sturgeon	Acipenser transmontanus	I	n.d.			
	9. Esturión siberiano	Siberian sturgeon	Acipenser baeri	I	n.d.			
	10. Puye	Galaxias	Galaxias maculatus	N	X	X	X	
	11. Merluza austral	Antarctic Queen	Merluccius australis	N	X	X		
	12. Hirame	Bastard Halibut	Paralichthys olivaceus	I	X	X	X	
	13. Halibut	Atlantic halibut	Hippoglossus hippoglossus	I	X	X		
	14. Lenguado chileno	Fine or Chilean flounder	Paralichthys adpersus	N	X	X	X	
	15. Anguila	Highfin snake eel	Ophichthus pacifici	N	n.d.			
	16. Anguila	Fourteen-gill hagfish o Anguila babosa	Eptatretus polytrema	N	n.d.			
	17. Atún aleta amarilla	Yellow fin tuna	Thunnus albacares	N	n.d.			
	18. Atún ojos grandes	Big eye tuna	Thunnus obesus	N	n.d.			
	19. Cojinoba	White warehou	Serirolella caerulea	N	X			
	20. Rollizo	Sandperches	Pinguipes chilensis	N	X			
	21. Trucha ártica	Arctic Charr	Salvelinus alpinus	I	X	X	X	
Moluscos 13 especies	1. Almeja	Almeja juliana o del pacifico	Tawera gayi	N	X	X	X	
	2. Almeja	Almeja taquilla	Mulinia edulis	N	X	X	X	
	3. Almeja	Almeja chilena	Venus antiqua	N	X	X	X	
	4. Navaja o Huepo	Razor clam	Ensis macha	N	X	X		
	5. Lapa	Abalón rojo	Fissurella spp.	N	X	X		
	6. Caracol locote	Chocolate rock shell, Top shell	Thais chocolata	N	n.d.			
	7. Loco	Chilean o False Abalone	Concholepas concholepas	N	X			
	8. Macha	Macha clam o almeja amarilla	Mesodesma donacium	N	X			
	9. Pulpo	Octopus	Octopus mimus	N	X			
	10. Caracol trumulco	Caracol trumulco	Chorus giganteus	N	X			
	11. Culengue	Almeja	Gari solida	N	X			
	12. Navajuela	Navajuela	Tagelus dombeii	N	X			
	13. Ostiones del sur	Scallops	Chlamys patagonica y chlamys vitrea	N	X			

Fuente: Subsecretaría de Pesca; Conicyt – Fondef; Reporte ACHOOP "Tendencias de la acuicultura del norte en Chile"; análisis BCG Documento de referencia Acuicultura-18May07.ppt THE BOSTON CONSULTING GROUP N: Nativo I: Introducido n.d.: no disponible - 50 -

ANEXO II

En la siguiente tabla se utilizaron datos de estadísticas de pesca, estadísticas de despachos comerciales de aduanas e información de la Bolsa del Banco de Corea, se hace referencia a la cantidad de mixinos importados desde Estados Unidos y Canadá a Korea. La fuente de la tabla es el estudio "Hagfish needs the new paradigm of Japan's domestic fisheries management" de Kazuhiko Kameda y Akari Nishida del año 2004.

Table 4 the fishing Amount and the Import of the Hagfish by Korea

Unit: fishing quantity (volume: ton, value: 1,000 won, price averages: won/kg),
import (volume: kg, value: US\$, price averaged: US\$/kg)

Year	1991	1996	1998	2000	2001	2002	2003
Won-U.S.\$ rate	760.8	844.2	1207.8	1259.7	1326.1	1200.4	1197.8
Total Supply Volume For Domestic Consumption			2,440	3,602	3,889	5,250	4,958
Domestic Catch volume			12	1	3	0	63
value			91,894	5,631	17,699	217	376,387
price averaged			6.3	4.5	4.5		4.9
US\$			7,658	5,631	5,900		5,974
Won							
Import (Total Value)			3,862,701	8,269,256	8,716,129	12,280,541	11,171,098
"Live" volume	13,200	213,846	63,257	529,635	581,875	756,049	659,891
value	60,775		247,291	3,176,048	3,525,429	5,182,819	4,326,632
price averaged							
US\$	4.6		3.9	5.9	6.0	6.8	6.5
Won	3,500		4,710	7,432	7,957	8,163	7,786
"Deep-frozen" volume	—	3,324,943	2,364,870	3,071,014	3,303,814	4,494,077	4,235,220
value	—	5,446,559	3,615,410	5,093,208	5,190,700	7,097,722	6,844,466
price averaged							
US\$		1.6	1.5	1.6	1.5	1.5	1.6
Won		1,351	1,812	2,016	1,989	1,801	1,916

Note: The total weight is rounded. Live hagfish is imported from China and Japan. In value, the Japanese accounts for 96 % (2003). The deep-frozen is caught in the Pacific Ocean and the Atlantic Ocean and imported from 10 countries. The origin in U.S. and Canada accounts for 99 % (2003). The unit price is arranged arithmetically. No data in blank column. "Won" means the Korean currency.

Source: Authors made with the fisheries statistics, trade customs clearance statistics and materials of The Exchange

ANEXO II

Desembarques en toneladas y precios por kilogramo de mixinos en las principales pesquerías estadounidenses.

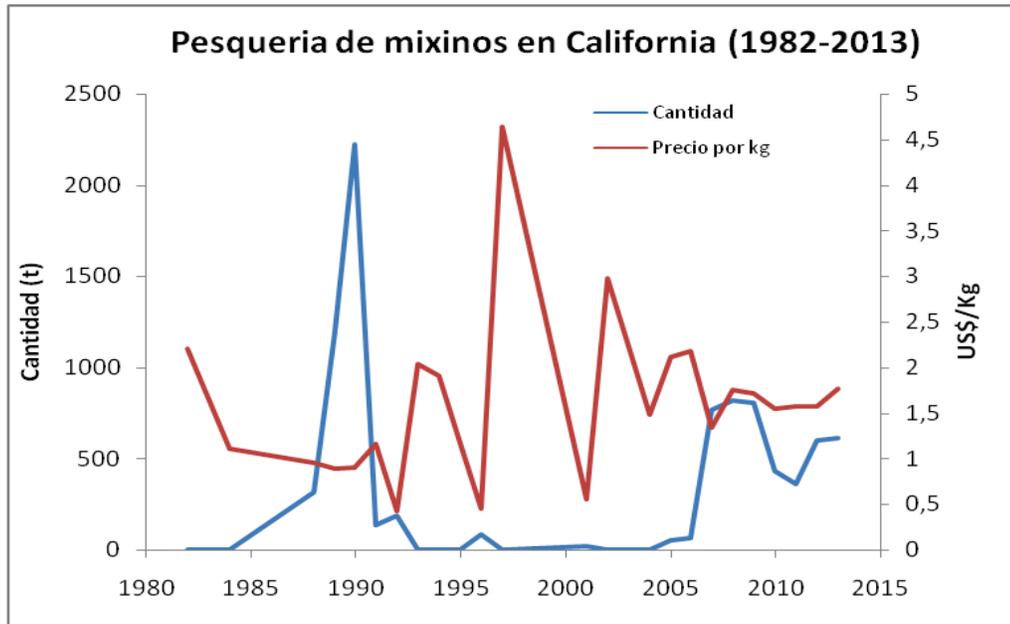


Figura 16. Desembarques en toneladas (t) y precios por kilogramo (kg) de mixinos en California desde 1982 hasta 2013.

Fuente: NOAA, Commercial Fisheries Statistics.

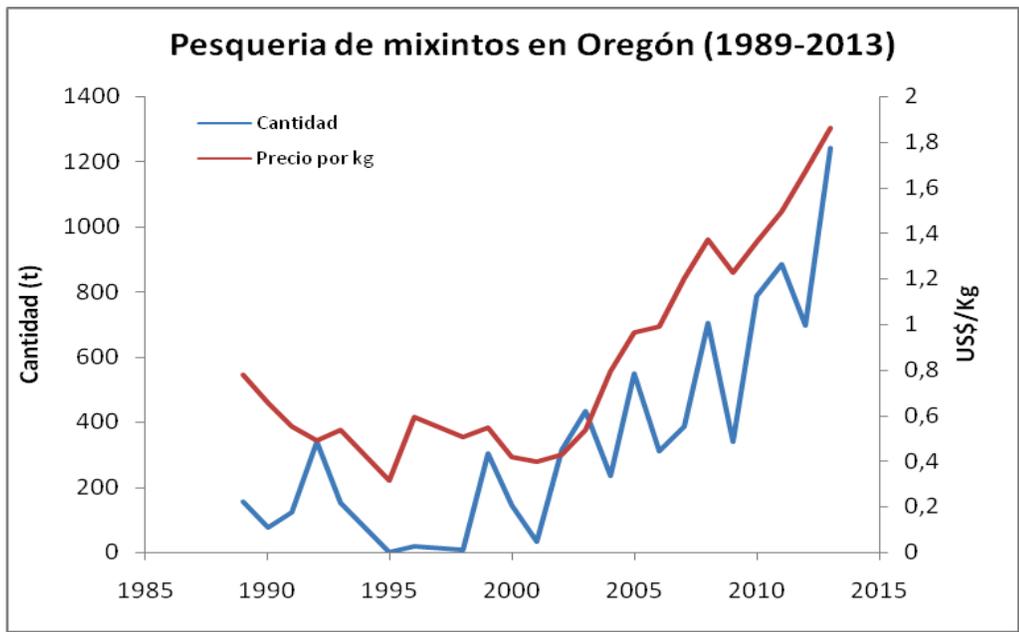


Figura 17. Desembarques en toneladas (t) y precios por kilogramo (kg) de mixinos en Oregón desde 1989 hasta 2013.
Fuente: NOAA, Commercial Fisheries Statistics.

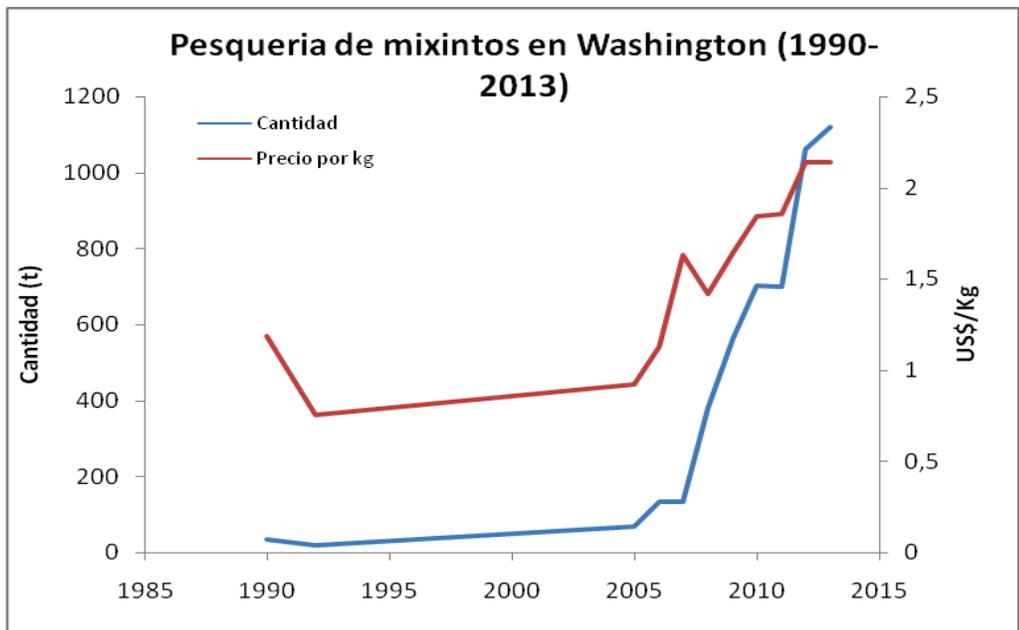


Figura 18. Desembarques en toneladas (t) y precios por kilogramo (kg) de mixinos en Washington desde 1990 hasta 2013.
Fuente: NOAA, Commercial Fisheries Statistics.

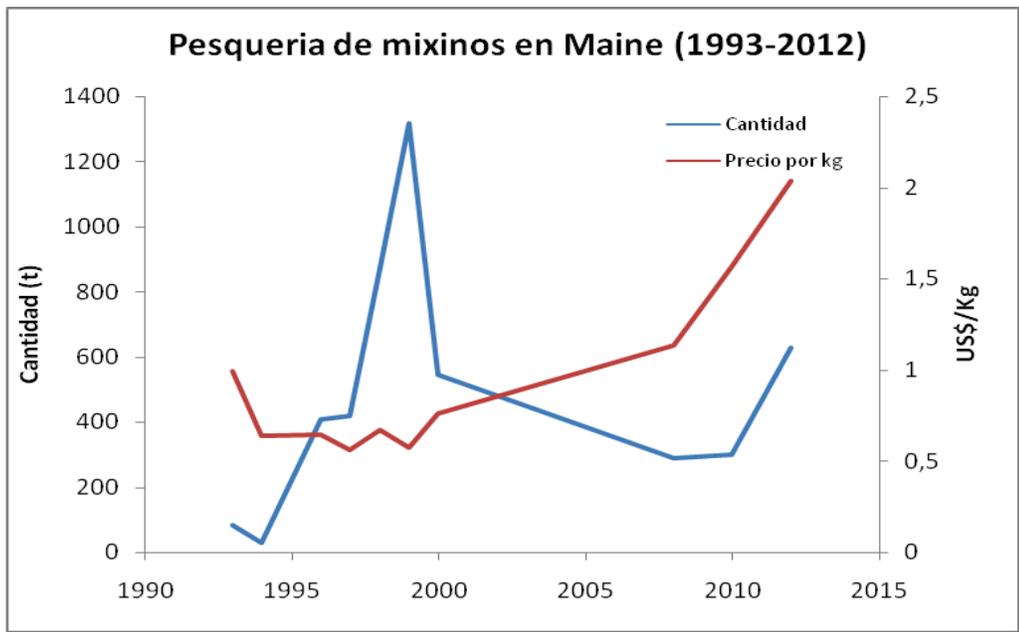


Figura 19. Desembarques en toneladas (t) y precios por kilogramo (kg) de mixinos en Maine desde 1993 hasta 2013.
Fuente: NOAA, Commercial Fisheries Statistics.

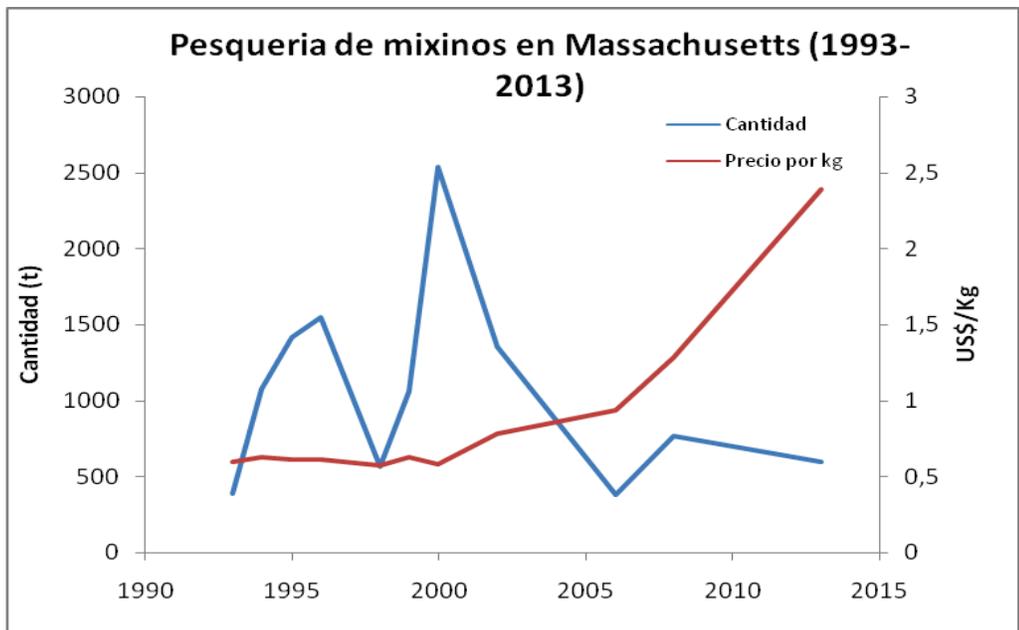


Figura 20. Desembarques en toneladas (t) y precios por kilogramo (kg) de mixinos en Massachusetts desde 1993 hasta 2013.
Fuente: NOAA, Commercial Fisheries Statistics.