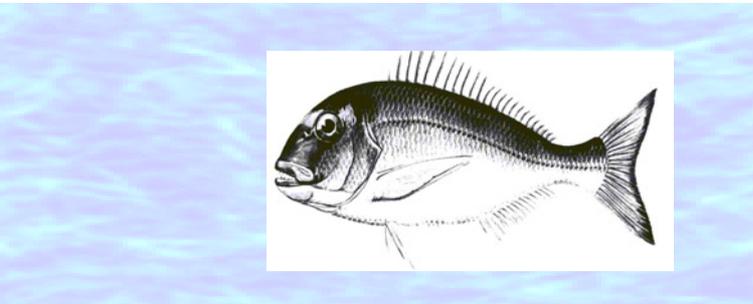




“Efecto de la Dieta y Otros Factores
Sobre la Excreción de Amonio y el
Aprovechamiento del nitrógeno por la
Dorada *Sparus aurata*, y su incidencia en
los Cultivos de Esta Especie”



Tesis presentada por:
ROBERTO ESTEBAN MARTÍNEZ LÓPEZ
para obtener el título de
DOCTOR EN CIENCIAS DEL MAR

Barcelona, Junio del 2002

RESUMEN

El amonio es el catabolito mayoritario en los peces, significando más del 60% de los residuos nitrogenados totales, y siendo la fracción no ionizada (ANI) un compuesto tóxico tanto para el medio de cultivo como para el medio receptor de estos residuos. En este trabajo estudiamos el efecto que presenta el nivel proteico y la composición de las dietas, el tamaño de la ración de alimento, la temperatura de cultivo y la inclusión de distintos niveles de Cr_2O_3 en el alimento sobre la excreción de amonio total (AT), la utilización del alimento y las proteínas de la dorada *Sparus aurata* (una especie de interés comercial en el Mar Mediterráneo y de forma especial en España).

El metabolismo de la dorada está controlado por factores nutricionales y ambientales, afectando a la excreción de amonio y la utilización de las proteínas dietarias. Un incremento de la temperatura, el tamaño de la ración y/o el nivel proteico en la dieta, provoca un aumento significativo en las tasas de excreción de amonio. La excreción diaria de amonio encontrada para doradas menores a 45 gramos (450-500 mg N/kg pez.día) y de 115-150 gramos (116 mg N/kg pez.día) coinciden con los niveles de excreción de otros teleósteos, aunque fueron mayores que en los peces planos.

La sustitución parcial de las proteínas por carbohidratos permitió reducir la pérdida de nitrógeno por excreción, incrementando la retención de las mismas, aunque también incrementó el nitrógeno fecal. Se recomienda la utilización de dietas con un contenido de proteínas/carbohidratos del 50%/25%, que además de presentar un efecto de ahorro proteico debido a los buenos resultados desde el punto de vista de producción, permitió reducir los niveles de nitrógeno que llegan al medio acuático por diferentes vías.

El balance energético no fue claramente afectado por la inclusión de Cr_2O_3 en la dieta, sin embargo, la excreción de amonio y el nitrógeno fecal se redujeron en las doradas alimentadas con las dietas que contuvieron cromo.

La temperatura y el nivel de alimentación presentaron un efecto combinado sobre la utilización de las proteínas dietarias. Las doradas alimentadas a saciedad retuvieron mayor nivel de proteínas solo cuando fueron mantenidas a 25°C, presentando menores niveles de excreción y pérdidas de nitrógeno a través de las heces. En las doradas mantenidas a 15°C, la reducción del metabolismo repercutió en una menor conversión del alimento y las proteínas cuando fueron alimentadas a saciedad.

La utilización de las proteínas en el presente trabajo para crecimiento y engorde significó entre el 25-30% del N ingerido. La excreción de amonio (25-30%) y la pérdida de nitrógeno a través de otras formas solubles (~30%, aminoácidos y NO_3+NO_2) significaron las fracciones mayoritarias del balance, mientras que el nitrógeno fecal significó entre el 8-10% y la excreción de urea fue minoritaria (2%). La fracción de aminoácidos medida fue significativamente importante, por lo que es recomendable su medición cuando se evalúa la utilización del nitrógeno por medio de un balance.

Para el presente trabajo encontramos un nivel máximo de amoníaco de 2.64 μg N-ANI/litro, aunque solo se presentó cuando cerramos el flujo de agua durante las incubaciones. Este nivel no presentó efecto sobre el desarrollo de las doradas en el presente estudio. Sin embargo, este nivel de amonio puede afectar el desarrollo de la dorada en su etapa larvaria cuando las larvas permanecen expuestas por más de 12 horas. Se proponen medidas para prevenir que estos niveles de amoníaco se presenten en los cultivos comerciales de esta especie.

ABSTRACT

Ammonia ($\text{NH}_4^+ + \text{NH}_3$) is the mayor catabolite in fishes, significant more than 60% of total waste nitrogenous excreted; their unionized fraction (ANI, NH_3) is a toxic compound, both for culture and the environment that receive it. In this work we studied the effect of dietary proteins level and the diet composition, ration size, rearing temperature and the inclusion of Cr_2O_3 in diet on the ammonia total excretion (AT), feed and proteins utilization in gilthead sea bream *Sparus aurata* (a interesting commercial specie in Mediterranean Sea, specially in Spain).

Sea bream metabolism is controlled by nutritional and environmental factors, which affect the ammonia excretion and dietary proteins utilization. A temperature rise, ration size and/or dietary protein level increment, leave to a significant increasing of ammonia excretion rates. Daily ammonia excretion in juveniles of sea bream less than 45 grams (450-500 mg N/kg fish.day) and of 115-150 grams (116 mg N/kg fish.day) agree with excretion levels in other teleosts, although it was greatest that in flat fishes.

Partial dietary protein substitution by carbohydrates dropped nitrogen losses by excretion and increased fecal nitrogen. It is recommended the utilization of diets with proteins/carbohydrates ratio of 50%/25%, which represent a protein sparing, good performance for production, and reduce nitrogen waste level in aquatic environment.

Energy budget was not affected clearly by Cr_2O_3 inclusion in the diets, but ammonia excretion and fecal nitrogen were reduced in gilthead fed with diets containing chromium.

Temperature and level of food showed a combined effect on dietary protein utilization. Sea bream fed to satiety retained a major protein level only to 25°C and showed lower excretion levels and nitrogen losses trough fecal losses. In sea bream cultured to 15°C, the reduction in metabolism redounded in bad protein and feed utilization when fed to satiety.

Protein utilization for growth and mass increase signified between 25-30% of N ingested. The ammonia excretion (25-30%) and the nitrogen losses trough other soluble forms (~30%, amino acids and $\text{NO}_3 + \text{NO}_2$) were more significant forms in the budget, whereas the fecal nitrogen signified between 8-10% and urea excretion was minority (2%). The amino acids fraction was very important, therefore we recommend their measurement when to evaluate nitrogen utilization trough any budget.

For this work, we encountered some times maximum ammonia level of 2.64 μg N-ANI/liter, although only when we close water flow in aquariums during incubation periods. This level had not effect on the development of juveniles of sea bream in the present study. However, some scientists reported that this level of ammonia could be affect the development of larvae when are exposed more than 12 hours. Measurements are proposed to prevent increasing of ammonia in commercial cultures of sea bream.

UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA

INSTITUTO DE CIENCIAS DEL
MAR DE BARCELONA
(CMIMA-CSIC)

UNIVERSITAT DE
BARCELONA

PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS DEL MAR

“Efecto de la Dieta y Otros Factores Sobre la Excreción de Amonio y el Aprovechamiento del Nitrógeno por la Dorada *Sparus aurata*, y su Incidencia en los Cultivos de Esta Especie”.

ROBERTO ESTEBAN MARTÍNEZ LÓPEZ

Memoria para optar al título de DOCTOR EN CIENCIAS DEL MAR, dirigida por el Dr. Felipe J. Fernández González del Departamento de Ecología de la Facultad de Biología de la UB.

Tesis Doctoral adscrita al *Departament d'Enginyeria Hidràulica, Marítima i Ambiental* de la *Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona* (UPC). Durante la realización de esta tesis, el autor disfrutó de una beca otorgada por el *Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología* (CONACYT) del Gobierno Mexicano (Ref. 93053).

Ocean. Roberto Esteban Martínez López
DOCTORANDO

Dr. Felipe J. Fernández González
DIRECTOR DE TESIS
Dpto. Ecología/Facultad de Biología/UB

Dr. Joan Pau Sierra Pedrico
TUTOR DE DOCTORADO
DEHMA/ETSECCPB/UPC

Barcelona, Junio del 2002

DEDICATORIA

A MIS PADRES

Pues han sido mi ejemplo de perseverancia y, aunque les he fallado en algunos momentos, me siguen apoyando y queriendo de la misma forma que yo a ellos. Si alguna felicidad para ellos está en mis manos, hoy comienzo con este logro. Perdón por no estar con ustedes en los momentos que más se necesitó. Perdón a mi papá por no saber como decirle que cuente conmigo para todo. Gracias a mi mami, que con su tenacidad nos ha devuelto la imagen del abuelo...

A MIS HERMANOS

A mi gran amiga Gaby, la cual con sus comentarios me reubica siempre en mis objetivos y la realidad...

A Adrián por sostener su confianza en mí y compartir conmigo nuestras confidencias, además de dejarme conocer su interior, felicidades por reencontrar tu camino a pesar de las penas y por hacerlo por paquete doble...

A Edwin y su familia por ser amigos y un apoyo constante a pesar de la distancia...

A Omar por su reciente aportación al clan de los Martínez y comenzar su vida en familia (mucho suerte!!).

A MIS ABUELITAS -Bertha y Angelina-

Por sus bendiciones y preocupaciones, por ser la imagen que me incentiva. Que me duren muchos años más...ah! y por ese padrazo y madraza que me dieron...

A MI MADRINA GUILLERMINA Y MI TÍO RICARDO

Por aguantarme tanto aún a costa de su salud. Espero que mis palabras lleguen a expresar por lo menos una parte de mi agradecimiento. En gran parte debo a ustedes el haber vivido esta aventura. Por darme esa luz de confianza cuando nadie más estuvo dispuesto a otorgármela...

A MI PATTY

Por que a pesar de la distancia siempre estuvo pendiente de lo que me sucedía y sus bendiciones me alcanzaron, fue en muchos momentos una fuente de inspiración. Por responder a mi grito cuando la he necesitado y por su cariño, por seguir siendo parte importante de mi vida...

A TODOS USTEDES CON MI ADMIRACIÓN Y CARIÑO..

Y RECUERDEN...



Queda Prohibido...

Queda Prohibido llorar sin aprender,
levantarse un día sin saber que hacer,
tener miedo a nuestros recuerdos,
sentirse solo alguna vez.

Queda prohibido no sonreír a los problemas,
no luchar por lo que se quiere,
abandonarlo todo por tener miedo,
no convertir en realidad todos nuestros sueños.

Queda prohibido no demostrarnos todo el amor que sentimos,
hacer que el resto de la gente pague mis dudas y mi mal humor,
inventarse cosas que nunca ocurrieron,
recordarnos solo cuando no nos tenemos.

Queda prohibido dejar a nuestros amigos,
no intentar comprender lo que vivimos,
llamarles solo cuando los necesitamos.

Queda prohibido no ser nosotros ante la gente,
fingir ante las personas que no nos importan,
humillar a la gente que tiene menos,
olvidar a toda la gente que me quiere.

Queda prohibido no hacer las cosas por nosotros mismos,
no creer en "nuestro dios" y hacer nuestro destino,
tener miedo a la vida y a sus castigos,
no vivir cada momento como si fuera un suspiro.

Queda prohibido echarte de menos sin alegrarme por ti,
olvidar tus ojos, tu risa, tus besos y tus caricias,
olvidar lo bello que suena "cariño" en tus labios,
solo porque nuestros caminos han dejado de abrazarse.

Queda prohibido no intentar comprender a las personas,
pensar que sus vidas valen más que la mía,
no saber que cada uno tiene su camino y su dicha,
pensar que con su falta el mundo no termina.

Queda prohibido no crear mi historia,
dejar de dar la gracias a mi familia por mi vida,
no tener un momento para la gente que me necesita,
no comprender que lo que la vida nos da, también nos lo quita...

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecer al *Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología* (CONACYT) de México, pues sin su apoyo a través de la beca otorgada para realizar el doctorado (Ref. 93053) hubiera sido imposible alcanzar esta meta, gracias por su constancia y seguridad.

Al Dr. Felipe Fernández y la Dra. M. Isabel V. Baanante (Fac. Farmacia/UB) por aceptarme como parte del equipo de trabajo en el proyecto "*Control Nutricional y Hormonal del Metabolismo de Carbohidratos y del Crecimiento de la Dorada Sparus aurata*", bajo la dirección de esta última, financiado por el DGES del Ministerio de Educación y Cultura de España (Ref. PB96-14), dentro del cual se maduró la idea de esta tesis. Durante este tiempo he aprendido tareas que me han nutrido en conocimientos. Agradezco al Dr. Fernández su apoyo, respaldo y acertada asesoría en cada fase de la presente tesis.

En el tiempo que permanecí en Barcelona tuve oportunidad de formar parte de un grupo de trabajo en el Laboratorio de Ingeniería Marítima (LIM/UPC) dentro del proyecto: "*Preparation and Integration of Analysis Tool Toward Operational Forecast of Nutrients in Estuaries of European Rivers (PIONEER)*" financiado por la Unión Europea (Ref. MAS3-CT98-0170). En este proyecto tuve oportunidad de aprender mucho sobre estuarios bajo la dirección del Dr. Joan Pau Sierra, a quien quiero agradecer su confianza durante este tiempo, de manera especial, su amistad.

Al Dr. Agustín Sánchez Arcilla y a Javier Pineda por permitir que formase parte del personal en el Laboratorio de Ingeniería Marítima (UPC), además del resto de personas que conforman dicho grupo, cada uno de ellos es un eslabón de esta cadena que con su trabajo mantienen en alto el nombre del LIM. No va de escribir el nombre de todos ellos, pero hay un agradecimiento especial para cada una de las secretarías (Genoveva Comas, María Ruiz, Marisol Esplandiu, Emilia Baños, Isabel Sagues y Mónica Bertrán, además de las chicas de tercer ciclo), a las cuales les di bastante el palo. A M^a del Mar Fleixas por mostrarse interesada sinceramente en la fecha de depósito de la presente tesis.

Al personal del Servicio Científico Técnico (UB) por hacer menos tedioso el tiempo dedicado al análisis de muestras: Santi Mata, Yolanda Muela, Dra. Gloria Lacort, Maité González, Sara, Silvia, Eva y Pilar Fernández.

En el tema de flujo informativo, estimo de alto valor la ayuda de D. Juan Gómez de la Sección Comercial de la empresa *Alevines y Doradas, S. A.* (Castillo del Romeral, Gran Canaria) por facilitar algunos datos de producción y mercado. La extensión de mi agradecimiento para D. Eduard Chifré y D. Francesc Alcoverro de la *Direcció General de Pesca i Afers Marítims* (Dpto d'Agricultura, Ramaderia i Pesca-Generalitat de Catalunya) por su atención y facilitar información sobre la pesca y acuicultura de la dorada.

En algunos temas que he tenido que tratar en la tesis, como el metabolismo de los carbohidratos en los peces, he necesitado asesoría externa, a lo cual Isidoro Metón (Fac. Farmacia/UB) se ofreció desinteresadamente, sin su orientación ahora seguiría leyendo sobre este tema.

Per un altre banda, un recordatori afectuos a les famílies Bigorra-de Sloover i Martínez-Calls per obrir-me el seu cor i haber-me permés formar part de la seva família en Barcelona. Sense el seu afecte hagués estat més difícil dur a terme aquesta experiència amb èxit.

També els amics de Barcelona que m'han permés conèixer la cultura i els costums dels nadius (catalans i de la resta d'Espanya): Carlota Bigorra, Elizabeth Bigorra (i Joel Rudol), Héctor Martínez, Elsa Martínez, Alba Martínez (...y familia), Jordi Guinea (...y familia), Silvia Capellas, Encarna Medina, Fátima Beltrán, Marc Mestres, Anna García, Esther Serra, M^o del Mar Rodríguez, Mirem Adán, Manel e Isabel, Mónica Díaz, Agustí Fournier, Anna Clúa, Carme Ferrer, Xavi Anglada, Teresa Llambrich, Joaquim Comes, Isabel Cruanyes, Cristina Comes i mes recentement la Laia. En cuanto al resto de amigos foráneos con los que también he pasado tantas cosas divertidas, ratos de ocio y de trabajo aquí, además de mostrarme culturas, comidas y estilos de vida que no conocía, y a veces ayudarme con mis problemas: consulado colombiano (M^a Elena, Sandra, Marlon y su peladilla Gloria y sus hermanos, principalmente a Laura Ximena), consulado brasileño (Rauquirinho, Lucinha y Reminho), consulado chileno (Manuel, Loreto y su nena Paulina Isabel), consulado peruano (Erika y sus gatos), consulado uruguayo (Laura), consulado argentino (Augusto, Jishermo y Silvia Falcó), consulado valenciano (Esther, Inma y Miguel), consulado italiano (Claudia Giarrusso, Andrea Boturini y Leonardo Marotta) y consulado mexicano (Cesar, Hugo, Angélica, Pablo, Enrique Isla, Carmiña, Ramón y Rodolfo).

De manera especial a Enrique Movellán con el que he compartido todo este tiempo hombro con hombro (en las buenas y en las malas) y que me ha transmitido muchos valores. Junto con él, el resto de la peña desde hace más de 12 años, aquellos que aunque se encuentran lejos siempre me dieron su respaldo y ánimos para terminar esta etapa: Gabriel López., Aramis Olivos., Francisco Muñoz., Carlos Santín., Ángel Chávez, Jorge Olivos, Emilio Álvarez., y Martín Gómez. Yo no sabría contestar que es ser amigo de verdad, pero no encuentro algún motivo para decir que me ha faltado algo por parte de ellos, les agradezco sus enseñanzas y cariño sincero, el cual es correspondido.

A TODOS AQUELLOS QUE HE OBVIADO Y ALGUNOS QUE NO HE MENCIONADO, YA SABEN QUE TAMBIÉN TIENEN SU VELITA EN ESTE PASTEL.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Resumen.....	<i>i</i>
Abstract.....	<i>ii</i>
Presentación de la Tesis.....	<i>iii</i>
Dedicatoria.....	<i>v</i>
Agradecimientos.....	<i>vii</i>
Índice de Contenido.....	<i>ix</i>
Lista de Figuras.....	<i>xii</i>
Lista de Tablas.....	<i>xiv</i>

Capítulo 1: Introducción General.

1.1. Generalidades de la dorada	3
1.1.1. Antecedentes de la piscicultura.....	5
1.1.2. Impacto de las piscifactorías sobre el medio acuático.....	10
<i>Residuos provenientes de las piscifactorías.....</i>	<i>10</i>
<i>Residuos comunes provenientes de la acuicultura y sus efectos.....</i>	<i>11</i>
<i>Medidas para mitigar el efecto de los residuos.....</i>	<i>13</i>
1.2. Metabolismo y aprovechamiento de los nutrientes en peces	15
1.2.1. Respiración y metabolismo.....	16
1.2.2. Bioenergética y metabolismo intermediario.....	17
1.2.3. Digestión del alimento en los peces.....	22
<i>Composición y funcionamiento del sistema digestivo de los peces.....</i>	<i>22</i>
<i>Algunos aspectos del sistema digestivo de los peces.....</i>	<i>24</i>
1.2.4. Utilización de las proteínas en los peces.....	25
1.2.5. Utilización de los carbohidratos.....	31
<i>Glucólisis (degradación de glucosa).....</i>	<i>32</i>
<i>Gluconeogénesis (formación de glucosa).....</i>	<i>34</i>
<i>Vía de las pentosas fosfato (síntesis de ácidos grasos).....</i>	<i>36</i>
1.2.6. Utilización de los lípidos.....	36
1.3. Excreción de nitrógeno.....	39
1.3.1. Origen y formas de nitrógeno excretado.....	39
<i>Excreción de nitrógeno total en forma de amonio.....</i>	<i>42</i>
<i>Excreción de nitrógeno en forma de urea.....</i>	<i>42</i>
1.3.2. Toxicidad del amonio y sus efectos.....	44
1.3.3. Medidas para mitigar el efecto del amonio/amoníaco y sus residuos.....	45
1.3.4. Patrón de excreción a lo largo del día.....	47
1.4. Breves antecedentes sobre la excreción de nitrógeno.....	48
1.4.1. Efecto de la sustitución proteica por carbohidratos en la dieta.....	48
1.4.2. Efecto de la temperatura.....	50
1.4.3. Efecto del nivel de alimentación.....	51
1.4.4. Efecto combinado de la temperatura y el nivel de alimentación.....	52
1.4.5. Efecto del cromo.....	52

Capítulo 2: Objetivos.

2.1. Objetivo principal.....	59
------------------------------	----

Capítulo 3: Materiales y Métodos.

3.1. Dietas utilizadas.....	63
3.2. Condiciones experimentales.	66
3.2.1. Aclimatación de los peces.	66
3.2.2. Sistema de bombeo y filtración de agua.	67
3.2.3. Incubaciones y toma de muestras.	67
3.3. Métodos de análisis del nitrógeno excretado.....	69
3.3.1. Análisis de amonio (NH_4^+).....	69
3.3.2. Cálculo del amonio no ionizado (amoníaco, NH_3 o ANI).....	70
3.3.3. Análisis de urea.....	71
3.4. Análisis de otras formas de nitrógeno relacionadas con la excreción.	72
3.4.1. Análisis de nitratos (NO_3).	72
3.4.2. Análisis de nitritos (NO_2).....	73
3.5. Análisis de nitrógeno ajeno a la excreción.	73
3.5.1. Análisis de aminoácidos (AA).....	73
3.5.2. Análisis de nitrógeno particulado (NP).....	74
3.6. Balance de nitrógeno.	74
3.6.1. Nitrógeno asimilado (N_{ret}).....	75
3.6.2. Nitrógeno fecal (N_{fec}).....	75
3.6.3. Nitrógeno total excretado (NT_{exc}).....	76
3.6.4. Retención de proteínas (N_{ret}).....	76
3.7. Otros índices sobre la utilización de las proteínas y el alimento.....	76
3.7.1. Porcentaje de Eficiencia Proteica (PER).....	77
3.7.2. Porcentaje de la Eficiencia de Utilización del Alimento (FER).....	77
3.8. Análisis estadístico.....	77

Capítulo 4: Resultados.

4.1. Efecto de la sustitución parcial de proteínas por carbohidratos.....	81
4.1.1. Condiciones experimentales.	81
4.1.2. Diseño de muestreo.	81
4.1.3. Excreción de amonio.	83
4.1.4. Balance de nitrógeno y nitrógeno total excretado.	86
<i>Composición del alimento.....</i>	86
<i>Efecto de la talla.....</i>	89
4.1.5. Utilización de las proteínas y otros parámetros relacionados al crecimiento.	92
4.2. Efecto de la temperatura y el tamaño de la ración.	94
4.2.1. Condiciones experimentales.	94
4.2.2. Diseño de muestreo.	94
4.2.3. Excreción de amonio.	96
<i>Efecto de la temperatura sobre la excreción de amonio.</i>	96
<i>Efecto del nivel de ración sobre la excreción de amonio.</i>	97
4.2.4. Balance de nitrógeno y nitrógeno total excretado.	98
<i>Efecto de la temperatura sobre el balance de nitrógeno.</i>	98
<i>Efecto del nivel de la ración sobre el balance de nitrógeno.....</i>	99
4.2.5. Utilización de las proteínas y otros parámetros relacionados al crecimiento.	101
4.3. Efecto de la inclusión de óxido crómico en las dietas.	103
4.3.1. Condiciones experimentales.	103
4.3.2. Diseño de muestreo.	103
4.3.3. Excreción de amonio.	105
4.3.4. Balance de nitrógeno y nitrógeno total excretado.	107
4.3.5. Utilización de las proteínas y otros parámetros relacionados al crecimiento.	107

4.4. Excreción de nitrógeno no amoniacal.....	111
4.4.1. Condiciones experimentales.....	111
4.4.2. Diseño de muestreo.....	111
4.4.3. Diferentes formas de nitrógeno.....	113
<i>Excreción de amonio y urea.....</i>	<i>113</i>
<i>Nitratos y nitritos (NO₃ y NO₂).....</i>	<i>113</i>
<i>Aminoácidos libres (AA).....</i>	<i>113</i>
<i>Nitrógeno particulado.....</i>	<i>113</i>
4.4.4. Balance de nitrógeno y nitrógeno total excretado.....	115

Capítulo 5: Discusiones.

5.1. Excreción de amonio	119
5.1.1. Patrón nictimeral de la excreción de amonio.....	119
5.1.2. Tasas de excreción de amonio.....	120
<i>Efecto de la talla del pez.....</i>	<i>120</i>
<i>Efecto de la composición de la dieta.....</i>	<i>120</i>
<i>Efecto del régimen de alimentación.....</i>	<i>121</i>
<i>Efecto de la temperatura de cultivo.....</i>	<i>122</i>
5.1.3. Niveles máximos de excreción (A_{max}).....	122
<i>Retraso en los picos de excreción (A_{max}).....</i>	<i>122</i>
<i>Duración de los picos de excreción (A_{max}).....</i>	<i>123</i>
<i>Incremento de la excreción de amonio debido a manejo del cultivo.....</i>	<i>124</i>
5.2. Nitrógeno fecal y otras formas nitrogenadas distintas al amonio.....	126
5.2.1. Urea.....	126
5.2.2. Aminas primarias (aminoácidos).....	127
5.2.3. Nitratos+Nitritos.....	128
5.2.4. Nitrógeno fecal.....	129
5.3. Efecto del peso del pez sobre la utilización del nitrógeno	131
5.4. Efecto de la composición del alimento sobre la utilización del nitrógeno	134
5.5. Efecto del nivel de alimentación sobre la utilización del nitrógeno	137
5.6. Efecto de la temperatura sobre la utilización del nitrógeno	139
5.7. Efecto de la inclusión de óxido crómico en las dietas	142
5.8. Efectos del nitrógeno sobre los cultivos de dorada <i>Sparus aurata</i>	145
5.8.1. Toxicidad del amonio (amonio no ionizado, amoniaco, ANI).....	145
5.8.2. Utilización del nitrógeno o balance de nitrógeno.....	147
<i>Perdidas metabólicas de nitrógeno: amonio y urea.....</i>	<i>148</i>
<i>Retención de nitrógeno.....</i>	<i>149</i>
<i>Perdidas no-metabólicas de nitrógeno: heces y resto de alimento.....</i>	<i>149</i>
<i>Regulación metabólica en la utilización del nitrógeno.....</i>	<i>151</i>

Capítulo 6: Conclusiones.

.....	155
-------	-----

Capítulo 7: Literatura Citada.

.....	161
-------	-----

ANEXO.

.....	177
-------	-----

LISTA DE FIGURAS

Figura Nº	Título	Página
1-1.	Zonas de pesca de la dorada <i>Sparus aurata</i> en las costas de España (A) y zonas de cultivo en las costas de Cataluña (B).....	5
1-2.	Evolución de la producción acuícola de la dorada <i>Sparus aurata</i> para el periodo 1992-1999.....	9
1-3.	Flujo idealizado de energía a través de los peces.....	18
1-4.	Fases de la respiración celular.....	21
1-5.	Tracto digestivo de un pez carnívoro (A) y un pez omnívoro (B).....	23
1-6.	Puntos de entrada de diferentes aminoácidos en el ciclo del ácido cítrico.....	28
1-7.	Rutas metabólicas de los aminoácidos en el hígado.....	31
1-8.	Vías metabólicas de los carbohidratos, presentando sus conexiones con el metabolismo de las proteínas y los lípidos.....	33
1-9.	Vías precursoras en la Gluconeogénesis o formación de glucosa.....	34
1-10.	Procesos de desaminación de proteínas que tienen como producto el amonio.....	40
1-11.	Catabolismo de las purinas y producción de urea.....	43
3-1.	Sistema de flujo cerrado de agua utilizado en los acuarios.....	67
3-2.	Sistema simplificado de flujo de agua antes y después de las incubaciones.....	68
3-3.	Sistema simplificado de flujo de agua durante las incubaciones.....	69
3-4.	Protocolo utilizado para el análisis del nitrógeno en forma de amonio.....	70
4-1.	Modelo para el experimento <i>E1</i>	82
4-2.	Tasas promedio de excreción de amonio para dos tallas de dorada.....	85
4-3.	Relación entre los niveles promedio de excreción de amonio por día y composición de la dieta.....	86
4-4.	Balance de nitrógeno para doradas de 13.32 gramos alimentadas con distintas proporciones proteínas/carbohidratos en las dietas.....	90
4-5.	Balance de nitrógeno para doradas de 29.23 gramos alimentadas con distintas proporciones proteínas/carbohidratos en las dietas.....	91
4-6.	Eficiencia de retención de las proteínas (PER), eficiencia de utilización del alimento (FER) y porcentaje de retención proteica (NPU) para juveniles de dorada <i>Sparus aurata</i> de dos tallas.....	93
4-7.	Modelo para el experimento <i>E2</i>	95
4-8.	Tasas promedio de excreción de amonio de juveniles de dorada <i>Sparus aurata</i> mantenidas bajo dos temperaturas y dos niveles de ración alimenticia.....	97
4-9.	Balance de nitrógeno para doradas mantenidas a dos temperaturas (15°C y 25°C) y alimentadas con distintos niveles de ración.....	101
4-10.	Eficiencia de retención de las proteínas (PER), eficiencia de utilización del alimento (FER) y porcentaje de retención proteica (NPU) para juveniles de dorada <i>Sparus aurata</i> mantenidas a dos temperaturas y alimentadas con diferentes niveles de ración.....	102
4-11.	Modelo para el experimento <i>E3</i>	104
4-12.	Tasas promedio de excreción de amonio para cada nivel de cromo en las dietas.....	106
4-13.	Balance de nitrógeno para doradas alimentadas con distintos niveles de Cr ₂ O ₃ en las dietas.....	109
4-14.	Eficiencia de retención de las proteínas (PER), eficiencia de utilización del alimento (FER) y porcentaje de retención proteica (NPU) para juveniles de dorada <i>Sparus aurata</i> alimentadas con diferentes niveles de Cr ₂ O ₃ en la dieta.....	110
4-15.	Modelo para el experimento <i>E4</i>	112

4-16.	Tasa de excreción de amonio y urea	115
4-17.	Balance de nitrógeno para juveniles de la dorada <i>Sparus aurata</i> alimentados con la dieta DIBAO.....	116
5-1.	Balance de nitrógeno para la dorada <i>Sparus aurata</i> , utilizando las condiciones de estabulación y alimentación del presente estudio.....	150

LISTA DE TABLAS

Tabla Nº	Título	Página
I.I.	Evolución de la producción acuícola de dorada en España y Cataluña para el periodo 1992-1999.....	7
I.II.	Evolución de la producción pesquera y acuícola de dorada en Cataluña para el periodo 1992-1999.....	8
I.III.	Evolución de la producción acuícola de dorada y otras especies de interés económico en Cataluña durante el periodo 1992-1999.....	10
I.IV.	Contenido energético de los principales constituyentes corporales en algunas especies de peces.	22
I.V.	Comparación del aprovechamiento de las proteínas en peces y mamíferos.....	26
I.VI.	Requerimientos proteicos de algunos peces en porcentaje del peso seco corporal.	27
I.VII.	Aminoácidos esenciales requeridos por algunas especies de peces.....	30
I.VIII.	Ventajas de los carbohidratos y las grasas como sustitutos parciales de las proteínas en las dietas comerciales de peces.....	49
III.I.	Composición de las dietas NOR de la casa NIDO Industrial, utilizadas en los experimentos con la dorada <i>Sparus aurata</i>	65
III.II.	Composición del pienso para dorada de la casa comercial DIBAO.	66
IV.I.	Diseño de muestreo para el amonio de los distintos tratamientos y duración de los periodos de incubación: experimento E1.	82
IV.II.	Excreción de nitrógeno en forma de amonio para dos tallas de doradas <i>Sparus aurata</i> . Las dietas aportadas contienen distintos niveles de proteínas y carbohidratos.	84
IV.III.	Balance de nitrógeno en juveniles de dorada <i>Sparus aurata</i> de 13.32 grs	87
IV.IV.	Balance de nitrógeno en juveniles de dorada <i>Sparus aurata</i> de 13.32 grs (en %).....	87
IV.V.	Balance de nitrógeno en juveniles de dorada <i>Sparus aurata</i> de 29.23 grs	88
IV.VI.	Balance de nitrógeno en juveniles de dorada <i>Sparus aurata</i> de 29.23 grs (en %).....	88
IV.VII.	Diseño de muestreo para el amonio de los distintos tratamientos y duración de los periodos de incubación: experimento E2.	95
IV.VIII.	Excreción de nitrógeno en forma de amonio de juveniles de dorada para dos temperaturas y alimentadas con distintos niveles de alimento.	96
IV.IX.	Balance de nitrógeno en juveniles de dorada <i>Sparus aurata</i> mantenidos a dos temperaturas y con diferentes niveles de alimentación.....	100
IV.X.	Balance de nitrógeno en juveniles de dorada <i>Sparus aurata</i> mantenidos a dos temperaturas y con diferentes niveles de alimentación (en %).....	100
IV.XI.	Toma de muestras de amonio para los distintos tratamientos: experimento E3.....	105
IV.XII.	Excreción promedio de nitrógeno en forma de amonio para cada una de las dietas con distinto contenido de Cr ₂ O ₃	106
IV.XIII.	Balance de nitrógeno para juveniles de dorada <i>Sparus aurata</i> alimentados con dietas de distinto nivel de Cr ₂ O ₃	108
IV.XIV.	Balance de nitrógeno para juveniles de dorada <i>Sparus aurata</i> alimentados con dietas de distinto nivel de Cr ₂ O ₃ (en %).....	108
IV.XV.	Toma de muestras para los distintos tratamientos del experimento E4.	112
IV.XVI.	Nitrógeno medido en los acuarios en mg N/kg pez.hora.....	114
IV.XVII.	Balance de nitrógeno en juveniles de dorada <i>Sparus aurata</i> alimentados con la dieta DIBAO Extruded.	114
V.I.	Nivel de alimentación diaria para la dorada <i>Sparus aurata</i> , en porcentaje de la biomasa total, para diferentes tallas y diferentes temperaturas de cultivo.	121