

**UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA**

**DEPARTAMENTO DE PATOLOGÍA ANIMAL, PRODUCCIÓN ANIMAL  
Y BROMATOLOGÍA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS**



**TESIS DOCTORAL**

**POSIBILIDADES DE MANIPULACIÓN DEL FOTOPERÍODO  
DURANTE EL ENGORDE INTENSIVO DE DORADA  
(SPARUS AURATA)**

**RAFAEL GINÉS RUIZ**

Las Palmas de Gran Canaria, 1997

15/1997-98  
UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA  
UNIDAD DE TERCER CICLO Y POSTGRADO

Reunido el día de la fecha, el Tribunal nombrado por el Excmo. Sr. Rector Magfco. de esta Universidad, el/la aspirante expuso esta TESIS DOCTORAL.

Terminada la lectura y contestadas por el/la Doctorando/a las objeciones formuladas por los señores miembros del Tribunal, éste calificó dicho trabajo con la nota de APTO CUM LAUDE (Uuaa) Las Palmas de Gran Canaria a 29 de noviembre de 1997.

El/la Presidente/a: Dr. D. Isidro Sierra Alfranca,

El/la Secretario/a: Dra. Dña. Mariá Soledad Izquierdo López,

El/la Vocal: ~~Dr. D. Antonio Fernández Rodríguez,~~

El/la Vocal: Dr. D. Miguel Jover Cerdá,

El/la Vocal: Dr. D. Carlos Sañudo Astiz,

El/la Doctorando/a: D. Rafael Fermín Ginés Ruiz,

# UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

## DOCTORADO EN VETERINARIA

### DEPARTAMENTO DE PATOLOGIA ANIMAL, PRODUCCION ANIMAL Y BROMATOLOGIA Y TECNOLOGIA DE LOS ALIMENTOS

#### POSIBILIDADES DE MANIPULACION DEL FOTOPERIODO DURANTE EL ENGORDE INTENSIVO DE DORADA (*Sparus aurata*)

Tesis Doctoral presentada por D. Rafael Ginés Ruiz.

Codirigida por el Dr. D. Juan Luis López Fernández y el Dr. D. Juan Manuel Afonso López.

El Director.

El Director,

El Doctorando,

Fdo.: J.L. López Fernández

Fdo.: J.M. Afonso López

Fdo.: R. Ginés Ruiz

Las Palmas de Gran Canaria, a 1 de Octubre de 1997.



BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
LAS PALMAS DE G. CANARIA
N.º Documento <u>536.682</u>
N.º Copia <u>536.694</u>

*A Luisa*

# **AGRADECIMIENTOS**

Quiero manifestar mi agradecimiento a:

Juan Luis López Fernández y a Juan Manuel Afonso López que como codirectores de esta Tesis han apoyado y criticado mi trabajo, colaborando a la consecución del mismo. Agradecerles también el ánimo constante con el cual ha sido más fácil afrontar los problemas que han ido surgiendo a lo largo de estos años.

El Instituto Canario de Ciencias Marinas, en especial a Hipólito Fernández-Palacios, por brindarnos sus instalaciones y apoyo técnico.

Marisol Izquierdo López por sus opiniones y consejos.

La empresa Alevines y Doradas S.A. por cedernos parte de sus instalaciones y correr con los gastos que el mantenimiento de los peces ha generado, haciendo extensiva esta mención a todo el personal por su ayuda constante. Destacar especialmente la sensibilidad demostrada para poder desarrollar la importante y necesaria dualidad Empresa-Universidad, esperando y deseando que fructifique en resultados futuros.

Enrique Haro por el interés, preocupación y constante crítica que ha mostrado por este trabajo. Por el tiempo que me ha dedicado y lo que de su experiencia he aprendido en las múltiples conversaciones que hemos mantenido.

Anastasio Argüello porque cuando ha hecho falta su ayuda siempre ha colaborado aun dejando de lado sus tareas. También a Carlos Caruncho y Mónica Palicio por ayudarnos en los muestreos.

# INDICE

1. INTRODUCCION .....	1
2. REVISION BIBLIOGRAFICA .....	7
2.1. Crecimiento .....	9
2.1.1. Modelos de crecimiento en dorada .....	9
2.1.1.1. Poblaciones naturales .....	9
2.1.1.2. Poblaciones cultivadas .....	11
2.1.1.2.1. Curva de crecimiento .....	11
2.1.1.2.2. Tasa de crecimiento .....	13
2.1.2. Influencia del fotoperiodo sobre el crecimiento .....	16
2.2. Maduración sexual .....	20
2.2.1. Desarrollo gonadal .....	20
2.2.2. Perfiles hormonales .....	21
2.2.3. Influencia del fotoperiodo sobre la maduración .....	22
2.2.4. Influencia de la maduración sobre el crecimiento .....	25
2.3. Alimentación .....	26
2.3.1. Comportamiento alimenticio .....	26
2.3.2. Reparto del alimento .....	28
2.3.2.1. Tipo de reparto .....	28
2.3.2.2. Momento del reparto .....	30
2.3.2.3. Comederos de autodemanda .....	31
2.3.3. Consumos y eficiencia en la conversión .....	33
2.4. Densidad .....	36
2.5. Composición regional .....	38
2.6. Composición química .....	40
2.6.1. Factores que influyen en la composición química .....	40
2.6.1.1. Factores endógenos .....	41
2.6.1.2. Factores exógenos .....	42
2.6.2. Relaciones entre parámetros .....	44
2.7. Color externo y de la carne .....	46
3. MATERIAL Y METODOS .....	49
3.1. Experimento 1º.Crecimiento de juveniles hasta tallas comerciales	51
3.1.1. Material animal .....	51
3.1.2. Condiciones de cultivo .....	51
3.1.2.1. Tanques .....	51
3.1.2.2. Condiciones del medio acuático .....	52
3.1.2.3. Iluminación .....	52
3.1.2.4. Densidad .....	54
3.1.3. Alimentación .....	54



3.1.4. Muestreos .....	55
3.1.4.1. Crecimiento .....	55
3.1.4.2. Morfología, composición regional y química .....	56
3.1.5. Metodología para el estudio de la morfología .....	56
3.1.6. Metodología para el estudio de la composición regional ..	57
3.1.7. Metodología para el estudio de la composición química ..	59
3.1.8. Metodología para el estudio del color .....	60
3.2. Experimento 2º. Influencia de la luz sobre el crecimiento en adultos:	
retraso de la maduración sexual .....	60
3.2.1. Material animal .....	61
3.2.2. Condiciones de cultivo .....	61
3.2.2.1. Tanques .....	61
3.2.2.2. Condiciones del medio acuático .....	61
3.2.2.3. Iluminación .....	62
3.2.2.4. Densidad .....	62
3.2.3. Alimentación .....	62
3.2.4. Muestreos .....	63
3.2.4.1. Crecimiento .....	63
3.2.4.2. Maduración gonadal .....	63
3.2.4.3. Nivel de hormonas sexuales .....	63
3.3. Análisis estadístico .....	64
<b>4. RESULTADOS .....</b>	<b>65</b>
4.1. Primer experimento .....	67
4.1.1. Crecimiento .....	67
4.1.2. Consumo de alimento .....	76
4.1.3. Demanda alimenticia .....	82
4.1.4. Índice de conversión del alimento .....	84
4.1.5. Morfología .....	86
4.1.6. Composición regional .....	90
4.1.7. Composición química .....	95
4.1.8. Color externo y de la carne .....	98
4.2. Segundo experimento .....	100
4.2.1. Maduración gonadal .....	100
4.2.2. Crecimiento .....	102
4.2.3. Índice de conversión del alimento .....	108
<b>5. DISCUSION .....</b>	<b>109</b>
5.1. Primer experimento .....	111
5.1.1. Crecimiento .....	111

5.1.2. Consumo, demanda y conversión del alimento .....	115
5.1.3. Morfología y composición regional .....	118
5.1.4. Composición química .....	120
5.1.5. Color externo y de la carne .....	123
5.2. Segundo experimento .....	124
5.2.1. Maduración gonadal .....	124
5.2.2. Crecimiento e índice de conversión del alimento .....	129
6. CONCLUSIONES .....	131
7. RESUMEN .....	135
8. SUMMARY .....	139
9. BIBLIOGRAFIA .....	143

# **1. INTRODUCCION**



La producción de peces marinos en nuestro país está pasando, y aun a riesgo de parecer demasiado optimista, por un periodo de bonanza si atendemos a la evolución que las cantidades producidas de las principales especies explotadas han venido mostrando prácticamente desde que empezaron a aparecer en los boletines estadísticos (Tabla 1). En sus comienzos éstas especies mantuvieron un claro estancamiento motivado, cabe suponer, por el desconocimiento que de ellas se tenía en todos y cada uno de los aspectos que deben estar desarrollados para que una especulación productiva funcione con garantías. Pero en la actualidad, y aunque sea a costa de pocas especies, la progresión parece estar más consolidada.

Tabla 1. Serie histórica de la producción en Tm de peces marinos en nuestro país.

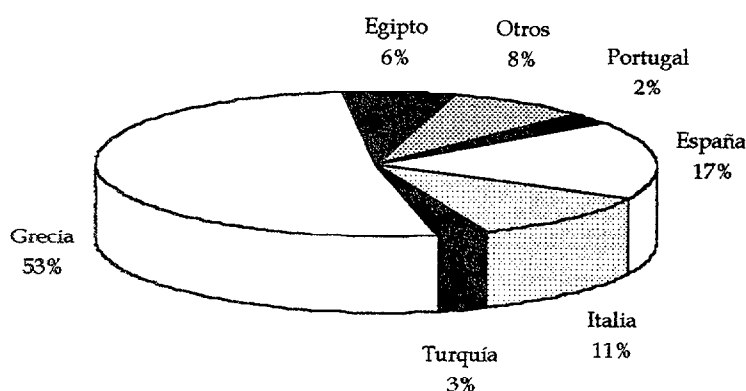
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Rodaballo	40.0	40.0	50.0	97.0	271.1	640.3	825.0	1622.0	1583.8	1809.8	2173.6	2189.0
Lubina	29.0	30.5	37.5	29.0	23.8	30.7	92.1	143.1	370.4	351.0	461.1	693.1
Dorada	127.2	123.8	109.2	160.2	347.7	564.6	1072.9	1675.0	2014.5	2094.3	2706.5	3818.1
Mugilidos	-	165.0	89.9	-	58.9	118.1	56.0	108.3	109.5	144.0	113.6	125.0
Seriola	13.0	9.0	20.0	13.0	17.4	20.8	31.0	22.0	3.0	5.5	1.0	1.0
Lenguado	-	10.0	5.8	-	8.4	7.1	9.1	13.2	11.9	12.0	25.4	23.0
Túnidos	38.0	60.0	108.7	46.5	236.7	357.7	16.3	19.0	19.0	-	14.7	76.8
Anguila	20.2	25.8	29.4	31.2	61.4	124.8	98.1	105.0	175.4	134.1	152.6	189.3
Salmón	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	355.0	553.0	782.0	562.3	909.1	695.0	726.0
Denton	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.5	0.8
Policultivo	-	-	-	8.8	89.8	-	-	-	-	-	-	-
Total	417.4	614.1	600.5	535.7	1265.2	2219.1	2753.5	4489.6	4849.8	5459.8	6344.0	7842.1

Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por la Subdirección General del Caladero Nacional, Acuicultura y Recursos Marinos, M.A.P.A.

La dorada (*Sparus aurata*), como especie de utilización preferencial en el desarrollo de la acuicultura española, ha llegado a multiplicar por treinta sus niveles de producción en los últimos 10 años: se ha pasado de las 123.8 Tm en 1986 a las 3818.1 Tm en 1996, constituyendo la producción de esta especie por sí sola más del 48% de la producción de peces marinos en nuestro país, que fue en 1996 de 7842.1 Tm. De esta espectacular evolución, solamente superada dentro de nuestro entorno por Grecia que ha pasado de no tener registros de producción en 1985 a más de 6.500 Tm de dorada en 1995, ha sido en parte responsable un todavía más espectacular aumento en el número de individuos producidos por los criaderos, que pasaron en el periodo entre 1988 a 1996 de 2.510.000 larvas destetadas a

28.419.000, producción que supera ampliamente las necesidades de nuestro país y que implica una importante presencia de alevines en países deficitarios, tales como la citada Grecia. Aparte de Grecia, otros países de nuestro entorno han consolidado o están en vías de hacerlo un nivel de producción a considerar (Figura 1), con importantes y *a priori* negativas consecuencias para las expectativas de las empresas españolas que se dedican al engorde de ésta especie.

Figura 1. Porcentajes de producción de dorada en los países mediterráneos.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la FAO, 1993. En el epígrafe otros se incluyen, por orden de producción, Marruecos, Malta, Israel, Chipre, Tunes, Croacia, Francia y Argelia.

El número de criaderos censados en nuestro país es de 9, mientras que el de empresas de engorde sobrepasa las 50, con niveles de producción muy diferentes. Todas estas empresas de engorde se vienen agrupando en tres áreas: Mediterráneo, Atlántico Sur y Canarias. Las empresas ubicadas en Canarias son 4 y todas de engorde: 2 en Gran Canaria, 1 en Fuerteventura y 1 en Tenerife, aunque esta última no podría considerarse con unos niveles significativos de producción.

La producción de dorada en Canarias se realiza bajo unos condicionantes especiales, derivados por un lado de los costes de lejanía (necesidad de importar piensos y alevines para engordar así como la distribución del producto a los centros importantes de consumo) y por otro lado de la propia orografía de sus costas, condiciones que obligan a las mayores condiciones de intensificación y a la utilización de piensos de elevadas cualidades. La ventaja evidente de este tipo de explotaciones en nuestro Archipiélago viene determinada por las elevadas y constantes temperaturas del agua, que posibilitan unos crecimientos más

continuados y por ende un mejor aprovechamiento de piensos de altas prestaciones con unas buenas eficiencias alimenticias.

En este contexto, y de cara a mejorar la competitividad, es necesario valorar y desarrollar técnicas que apoyen decisiones encaminadas al incremento de los rendimientos, tanto de utilización de instalaciones como de reducción de los gastos por unidad obtenida. Dentro del proceso productivo, las actuaciones de manejo a realizar por los productores tienen, entre otras posibilidades, la manipulación de las condiciones de cultivo, en este caso concreto el régimen de iluminación. En su consecución podrían mejorarse los parámetros de crecimiento así como de conversión del alimento, aspectos que se van a comprobar con el desarrollo del presente proyecto, y todo ello ofreciendo al mercado un producto perfectamente comparable en su presentación y composición con el obtenido bajo otras condiciones.

No debemos olvidar que la aceptación por parte del consumidor de los productos de la acuicultura (u otras producciones) depende de varios atributos que condicionan la percepción de las cualidades organolépticas, a su vez determinadas por las características morfológicas, histológicas, bioquímicas, reológicas y de composición química del pez. Así, mientras que bajo la óptica de la pesca tradicional solo se puede actuar sobre los métodos y épocas de captura junto con el manejo y procesado tras la misma, el criador de peces tiene vías adicionales que influyen en la calidad del producto al poder controlar factores tanto fisiológicos como ambientales.

Por último entrar a considerar una posible opción de futuro para la producción de dorada en nuestro Archipiélago, como es el obtener individuos de unos pesos mayores de los que en la actualidad se están comercializando. Evidentemente más que un problema técnico es por un lado económico (en cierto modo no deja también de ser técnico) en cuanto a sus costes de producción, y por otro comercial en cuanto a la capacidad del mercado para absorber éste producto. En la segunda parte de este trabajo se pretende abordar la posible optimización de las condiciones ambientales, en concreto de iluminación, que posibiliten llegar a peces de tamaños elevados sin los inconvenientes que en un engorde presentarían debido a que necesariamente han de pasar por al menos una estación reproductiva: el desarrollo del tejido gonadal es caro desde un punto de vista energético, o al menos más que el muscular, con lo que la eficiencia alimenticia debería de ser peor; además el propio proceso de la maduración sexual conlleva modificaciones en el comportamiento que generan agresividad entre los individuos así como un acusado descenso en el apetito.

El reto parece claro ¿se puede anular la maduración sexual mediante la manipulación del régimen de iluminación y mejorar con ello los rendimientos a la hora de producir doradas de pesos elevados? Retomando el punto de la posición privilegiada que ocupamos, entrar a considerar que tal vez en otras latitudes no interesaría demasiado actuar a este nivel, ya que al coincidir esa época reproductiva con el invierno y por ende bajas temperaturas, posiblemente no llegara a ser ventajoso (o rentable) anular la maduración, debido a que los peces están a unos niveles tan bajos de actividad y/o alimentación que durante ese periodo el crecimiento es prácticamente nulo.

Los objetivos planteados con la realización del presente trabajo son:

- 1.- Evaluación de los efectos que ejerce el régimen de luz sobre el crecimiento y desarrollo de *Sparus aurata* durante la fase de engorde.
- 2.- Valoración sobre las posibilidades de modificación de la maduración gonadal mediante el régimen de iluminación y sus efectos sobre el crecimiento de individuos adultos de *Sparus aurata*.
- 3.- Comparación de los aspectos de calidad del producto bajo la influencia del regimen de iluminación.



## **2. REVISION BIBLIOGRAFICA**



## 2.1. CRECIMIENTO

### 2.1.1. MODELOS DE CRECIMIENTO EN DORADA.

Aunque es rápidamente observable y fácilmente medible, el crecimiento es una de las más complejas actividades del organismo, representando el resultado neto de una serie de procesos fisiológicos y etológicos que comienzan con la toma del alimento y terminan en la deposición de la sustancia animal (BRETT, 1979). El crecimiento hay que tenerlo en cuenta dentro de las interacciones de factores relacionados con la alimentación (cantidad y disponibilidad del alimento, composición, digestibilidad) y factores que ilustran las condiciones en las que se encuentra el pez (temperatura, oxígeno, iluminación, salinidad).

#### 2.1.1.1. POBLACIONES NATURALES.

Algunos de los primeros estudios que analizaron el crecimiento en dorada se realizaron sobre poblaciones naturales, valorando mediante el análisis de las escamas la edad de los peces. A partir de ahí se elaboraron ecuaciones para determinar la longitud en función del tiempo así como la relación entre dicha longitud y el peso; en otros casos solo se estimó el peso en función de la longitud (Tabla 2).

Tabla 2. Ecuaciones propuestas por diversos autores para determinar la longitud de doradas salvajes en función del tiempo o determinar el peso en función de la longitud.

$L = 530 - 367 * e^{-0.315t}; P = 0.028892 * L^{2.9071}$	ARNAL y col., 1976
$L = 621.94 (1 - e^{-0.171(t+0.631)}); P = 112 * 10^{-7} * L^{3.055}$	SUAU y LOPEZ, 1976
$L = 845.3 (1 - e^{-0.130(t+1.586)}); P = 7.1 * 10^{-6} * L^{3.12}$	ARIAS, 1980
$P = 0.73835 * 10^{-5} * L^{3.12459}$	ARIAS, 1976
$\text{Log } P = -2.1724 + 3.2216 * \text{Log } L$	EISAWY y WASSEF, 1984
$P = 0.0130 * L^{3.1384}$	RAMOS, 1987

La conjugación entre tiempo, longitud y peso en dichas ecuaciones da lugar a resultados cuando menos discordantes entre autores, y así, con un año de edad estos autores relatan los pesos que se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Pesos obtenidos para doradas salvajes a partir de ecuaciones propuestas por diversos autores.

250 g (en este caso ya a los 10 meses)	ARNAL y col., 1976 (1)
73 g (se alcanzan a 1.25 años)	SUAU y LOPEZ, 1976 (2)
206 g	ARIAS, 1980 (3)
210 g	ARIAS, 1976 (4)
80 g	EISAWY y WASSEF, 1984 (5)
212 g	RAMOS, 1987 (6)

Estas diferencias no parecen lógicas, más aún teniendo en cuenta los resultados tan favorables de todos los autores salvo el (2) y el (5), ya que ni siquiera en condiciones de cultivo intensivo se puede llegar a los mismos. La aparente incoherencia viene determinada por que en los trabajos (1) (2) y (3) la edad se calcula de la misma forma, mediante la lectura de los anillos de crecimiento de las escamas y la distancia desde el núcleo hasta las distintas líneas y el borde de la escama. En el caso de SUAU y LOPEZ (1976) el valor está referido a 1.25 años, considerándose por estos autores más correcto ya que la aparición del anillo ocurre en el mes de Marzo (en primavera y verano el crecimiento es intenso, ralentizándose en otoño y prácticamente frenándose en invierno, apareciendo el anillo al final de este ciclo) y la puesta en esta especie tiene lugar a finales de año. Para ARIAS (1980), teniendo en cuenta que realizaba las pescas entre Octubre y Enero, los ejemplares de un año de edad eran aquellos que no tenían marcado ningún anillo, de dos años los que tenían un anillo, y así sucesivamente.

¿A qué achacar entonces las diferencias? SUAU y LOPEZ (1976) dicen que en su caso pueden ser más pequeños porque en la población de estudio y en la zona en la que lo realizan, los peces, salvo un número muy limitado de individuos jóvenes menores de un año, no penetran en las lagunas costeras, no teniendo por ello unas condiciones tan favorables como las poblaciones descritas por otros autores que se crían dentro de dichas lagunas.

ARNAL y col.(1976) también realiza las capturas en un periodo de tiempo muy restringido, desde mitad de Noviembre hasta mitad de Diciembre, época en que las doradas migran desde el Mar Menor (localización de su estudio) a mar abierto, capturando por ello se supone que los individuos que vayan a realizar la freza, con una media de peso de los peces en la clase de edad más baja de 699 g, no estando ninguno por debajo de 500 g. Estimando la curva a partir de los datos obtenidos con estos animales, y teniendo además en cuenta que para las clases de edad bajas la estima es mayor que el dato real (783 g estimados frente a 699 reales), puede que por ello para el final de la primera fase de crecimiento rápido en Octubre a los diez meses de edad, se estime un crecimiento tan optimista como los 250 g. Dejando esto aparte llama la atención esos pesos tan elevados de los peces capturados, pudiendo pensar que los individuos más jóvenes, aunque lleguen a desarrollar en algún caso tejido gonadal, no van a entrar a formar parte del stock de reproductores.

Quizá sería algo atrevido considerar los resultados de SUAU y LOPEZ (1976) como más acertados y descalificar por ello los otros, ya fueron obtenidos de capturas mensuales a lo largo de todo un año, afinando por ello mucho más en la evolución y tamaño a las diferentes edades.

De los otros autores citados, RAMOS (1987) captura peces en las costas portuguesas, pero sin especificar ninguna época en concreto. Sin la aclaración de este punto fundamental, comenta que los peces de un año están entre 6 y 22 cm, capturando prácticamente a igual proporción de cada talla. Teniendo esto en cuenta de manera estricta, y suponiendo que las pescas se realizan en una sola época, la talla media sería de 14 cm, que se correspondería con un peso de 50 g.

#### 2.1.1.2. POBLACIONES CULTIVADAS.

##### 2.1.1.2.1. CURVA DE CRECIMIENTO.

Uno de los primeros trabajos que elaboran en dorada una curva de crecimiento entre un amplio rango de pesos, en concreto de 172 mg hasta 258 g en un periodo de 18 meses, es el de MAZZOLA y RALLO (1981). Evidentemente lo primero que se observa es que la evolución del peso en el tiempo sigue una dinámica de fases de crecimiento acelerado entre las que se intercala una de crecimiento retardado. Ello viene determinado por la temperatura, ya que durante los meses de invierno el crecimiento se ve frenado, recuperándose más tarde

cuando las temperaturas vuelven a ser favorables. En los meses de alto crecimiento con temperaturas entre 20 y 26°C se llega a incrementar el peso del orden de 27 g por mes, mientras que en el resto la media de incremento es de 10 g por mes.

Prácticamente un calco de esta curva es la obtenida por BERMUDEZ y col.(1989) criando doradas en jaulas. Comienza con individuos de 26 g en Julio, que prácticamente viene a coincidir con los pesos que en esa época tienen los peces de MAZZOLA y RALLO (1981), y gracias a unas favorables temperaturas alcanza los 110 g en cinco meses. Viene después una fase de crecimiento lento en la que se incrementan 20 g en cuatro meses, para volver a recuperarse y sumar otros 40 g en tres meses más.

KENTOURI y col.(1993) lleva peces de 3.7 g a 252 g en 320 días. La dinámica de la curva de crecimiento es similar a las anteriores, aunque al comenzar casi en la misma época del año pero con una manifiesta diferencia en el peso inicial con respecto a MAZZOLA y RALLO (1981), pasa por las épocas favorables y desfavorables en cuanto a temperatura con tamaños diferentes, variando también el rendimiento final. Aquí las ganancias de los meses con temperaturas altas (máximo de 23°C) son de 1.59 g/día, mientras que en los de temperaturas bajas (mínimo de 13°C) son de 0.40 g/día. Todos estos resultados con un sistema de alimentación mediante autodemanda, ya que los alimentados manualmente alcanzaron un peso de 220 g con unos crecimientos medios diarios de 1.46 y de 0.20 g/día respectivamente para similares condiciones de temperatura.

Contrariamente a esto, PORTER y col.(1986) obtiene unos resultados entre 2 y 200 g en 320 días que tienen un ajuste esponencial sin que se aprecie ninguna inflexión que equivalga a fases de crecimiento retardado. Ello es debido a que las temperaturas en las que el experimento se realizó marcaron unos mínimos de 20.5°C en Febrero, no viéndose por ello penalizado el crecimiento por bajas temperaturas. La curva de crecimiento para la evolución del peso en función del tiempo para peces criados en jaulas desde 37 a 250 g durante nueve meses obtenida por estos autores fue:

$$\ln P = 0.008 * t + 2.7$$

Otro trabajo que estudia una fase diferente del crecimiento de dorada es el de KADMON y col.(1985a), criándolas entre 170 y 425 g durante dieciseis meses, desde mitad de Julio hasta mitad de Noviembre del año siguiente. Tiene una primera fase de crecimiento lento que dura cinco meses y en la que los peces ganan 80 g; le sigue otra fase de unos cuatro meses en la que el crecimiento se

frena; culmina con una fase de crecimiento rápido, ganando en los últimos seis meses alrededor de 175 g. Aquí, aunque el freno del crecimiento coincide con los meses invernales, dicha parada no está causada por la temperatura, ya que los peces se mantienen a lo largo de todo el experimento bajo condiciones controladas a  $21\pm 2^{\circ}\text{C}$ , sino que es debida a la maduración gonadal. Estos mismos autores comparan esta evolución con la que se desarrolla en condiciones de iluminación constante, gracias a la cual se anula el desarrollo gonadal y se mantienen a lo largo de todo el experimento unos crecimientos elevados, llegando en el mismo periodo y con peces que pesaban igual al comienzo, hasta los 575 g.

Sobre los resultados de crecimiento que se obtienen en instalaciones comerciales, evidentemente éstos son muy dispares dependiendo de su localización y el sistema de explotación. Valga como comparación un modelo en estanques de tierra (esteros en la zona Suratlántica de la península) frente a otro en tanques de hormigón de una empresa ubicada en Canarias. Así, mientras en el primero se pueden alcanzar los 450 g en 15 o 16 meses partiendo de doradas de 30 g sembradas en Junio teniendo en cuenta que se presenta una parada casi total del crecimiento durante los meses de invierno (DE LA ROSA, comunicación personal), en los tanques de hormigón y con unas temperaturas mas suaves se puede completar todo ese ciclo de crecimiento en 12 meses (HARO, comunicación personal).

#### 2.1.1.2.2. TASA DE CRECIMIENTO.

Uno de los parámetros más apropiados y por ende utilizados para la comparación de resultados entre diferentes lotes es la comúnmente llamada tasa de crecimiento, aunque lo correcto sería denominarla tasa de crecimiento instantáneo, TCI. Se determina según la fórmula de RICKER (1979):

$$\text{TCI} = (\text{Ln } P_2 - \text{Ln } P_1) / (t_2 - t_1)$$

donde  $P_2$  y  $P_1$  son los pesos final e inicial del periodo de estudio y  $(t_2 - t_1)$  la duración en días de dicho periodo. Esta tasa de crecimiento instantáneo se presenta normalmente multiplicada por 100, siendo en realidad una tasa relativa de crecimiento instantáneo, e indicando en este caso el incremento diario de peso expresado como porcentaje del peso corporal.

Para llegar a la expresión anterior hay que partir de la descripción de otros parámetros de valoración del crecimiento tales como la tasa absoluta de crecimiento, TAC, o ganancia media diaria, entre dos momentos  $t_1$  y  $t_2$ :

$$TAC = (P_2 - P_1)/(t_2 - t_1)$$

El siguiente parámetro sería la tasa de crecimiento relativo, TCR, también entre dos momentos  $t_1$  y  $t_2$ :

$$TCR = (P_2 - P_1)/P_1(t_2 - t_1)$$

El inconveniente de utilización de la TCR es que su resultado solo se pueden comparar con otro calculado en ese instante y con el mismo peso, lo cual limita las posibilidades de contrastación entre diferentes autores y diferentes intervalos de tiempo. Por ello es necesario determinar la tasa de crecimiento instantáneo.:

$$TCI = (dP/dt)/P = dP/Pdt$$

Para el cálculo de TCI hay que tener en cuenta que la evolución del peso de los peces a lo largo del tiempo y dentro de los rangos normales de engorde sigue un modelo exponencial (BRETT, 1979):

$$P = a * e^{(TCI)t}$$

donde  $a$  será el peso inicial con  $t=0$  y la pendiente la curva en el momento  $t$  será la tasa absoluta de crecimiento en dicho momento:

$$dP/dt = a * (TCI) * e^{(TCI)t}$$

Dividiendo dicha expresión por la inmediatamente anterior e integrándola en función del tiempo, llegamos a la determinación de la tasa de crecimiento instantáneo, TCI. Como ya se ha comentado con anterioridad, la mayoría de los autores expresan los resultados como TCI, aunque realmente en muchos casos se presentan evoluciones temporales de peso claramente lineales, en cuyo caso sería más conveniente y simple utilizar la TCA (HIDALGO y SIERRA, 1993).



Evidentemente las diferencias entre autores que como es lógico vienen determinadas por el tipo de tratamiento al que sometan a los peces, hace que se presenten importantes variaciones entre ellos para este parámetro.

La tasa de crecimiento, y sin entrar todavía a considerar la modulación que sobre la misma ejerce la temperatura, es menor a medida que los rangos de pesos estudiados son más elevados (MAZZOLA y RALLO, 1981; BERMUDEZ y col., 1989; KENTOURI y col., 1993; GARCIA-ALCAZAR y col., 1994). Esto no ocurre en el caso de KADMON y col. (1985a) si se comparan los intervalos entre 175 y 215 g frente a 240 y 375 g, cada uno con una TCI de 0.19 y 0.41% respectivamente, lo que no parece demasiado lógico teniendo en cuenta que trabaja con temperaturas constantes de  $21\pm 2^{\circ}\text{C}$  y que por ello no pueden ejercer ninguna influencia. La única diferencia en las condiciones de cultivo entre esas fases es la luz recibida, ya que la primera es un regimen de luz decreciente entre Julio y Noviembre acercándonos además a la época reproductiva, mientras que la otra es de Mayo a Agosto, a caballo en el solsticio de verano y con más o menos la mitad de días crecientes y la otra mitad decrecientes.

Solamente en dos de los trabajos revisados (KADMON y col., 1985a; MICALE y PERDICHIZZI, 1990) se presenta un efecto de la maduración gonadal sobre la tasa de crecimiento. Ante esta circunstancia el valor correspondiente para todo un año es de 0.19%, quedándose por debajo de la mitad, 0.08% durante el periodo de desarrollo y maduración gonadal (KADMON y col., 1985a), llegando en algunos periodos concretos incluso a perder peso.

En general, considerando periodos largos, los resultados no son muy buenos, ya sea por el freno que el crecimiento sufre durante las épocas invernales de bajas temperaturas (MAZZOLA y RALLO, 1981; BERMUDEZ y col., 1989), o debido a la maduración gonadal (KADMON y col., 1985a; MICALE y PERDICHIZZI, 1990). En el caso de KADMON y col. (1985a), en el lote que mediante fotoperiodo se anulan los efectos negativos sobre el crecimiento que vienen determinados por el desarrollo gonadal, la tasa de crecimiento tampoco es muy buena, 0.28%, aun estando con temperaturas favorables.

Hay que destacar también dos experimentos de engorde realizados en jaulas (PORTER y col., 1986; BERMUDEZ y col., 1989), con una mejor tasa de crecimiento, de 0.71 y 0.52% respectivamente. El segundo resultado se encuentra penalizado ya que el experimento transcurre durante un invierno habiendo una parada del crecimiento, mientras que el primero se desarrollo en temperaturas entre  $20.5$  y  $25^{\circ}\text{C}$ .

Como se viene comentando en los párrafos anteriores, la evolución de la tasa de crecimiento está determinada por la variación del peso. TANDLER y col.(1982) propuso una fórmula para determinar una en función del otro:

$$\ln (TCI) = 1.9218 - 0.4831 * \ln P$$

aunque solo para peces hasta 15 g. HIDALGO y SIERRA (1993), recopilando resultados bibliográficos así como información de empresas, elaboraron una serie de ecuaciones para las mismas predicciones pero con peces de rangos entre 0.5 y 800 g:

$$\log (TCI) = 0.78 - 0.54 * \log P$$

Realmente, y como también se comentó con anterioridad, en muchos casos las evoluciones temporales de peso se pueden ajustar sin apenas pérdida de precisión a modelos lineales, siendo más simple utilizar por ello la tasa de crecimiento absoluta, cuya relación con el peso según HIDALGO y SIERRA (1993) es:

$$TCA = 96.62 * P^{0.4}$$

### 2.1.2. INFLUENCIA DEL FOTOPERIODO SOBRE EL CRECIMIENTO.

Son conocidos los efectos positivos que el aporte suplementario de luz tiene sobre los cultivos de larvas de especies marinas, consiguiendo mejores resultados de crecimiento a mayor cantidad de horas de iluminación (FUCHS, 1978; RAMOS, 1986; BARAHONA-FERNANDES, 1979; DOWD y HOUDE, 1980; TANDLER y MASON, 1983; BARLOW y col, 1995; HART y col., 1996). Ello es debido a que la larva, como cazador visual (TANDLER y MASON, 1984) no se alimenta en la oscuridad (ALESSIO, 1975; TANDLER y MASON, 1983), estableciéndose esa correlación positiva entre fotoperiodo y crecimiento por el hecho de que se ve aumentada la probabilidad de encontrarse la larva y la presa (TANDLER y HELPS, 1985).

Esta actividad fototropa se ve facilitada por elevadas intensidades luminosas, obteniéndose mejores resultados a mayor intensidad cuando analizamos el crecimiento, pero peores si la referencia es hacia la supervivencia (BARAHONA-FERNANDES, 1979), probablemente porque las altas intensidades, hasta 10.000 lux, puedan ser letales antes de que la larva alcance un importante

grado de pigmentación (ALESSIO, 1975). En el caso concreto de TANDLER y MASON (1983), se demuestran unos resultados más favorables para la supervivencia de las larvas en el caso de las intensidades más elevadas, aunque dichos autores trabajan con unos niveles mucho más bajos, de entre 205 y 1370 lux.

Fuera ya del periodo larvario, las consideraciones sobre los efectos positivos de la luz lleva a otros planteamientos, tales como la influencia que el fotoperiodo llegue a ejercer en su papel de factor director, estimulando vía cerebro los órganos endocrinos y favoreciendo que se desencadene con ello la consiguiente respuesta sobre el metabolismo del animal (BRETT, 1979). El primer cambio que se genera es una marcada hipertrofia de la hipófisis, fundamentalmente de las células somatotropas, valorado por KOMOURDJIAN y col. (1989) criando salmónidos bajo condiciones de iluminación constante.

Evidentemente los ciclos estacionales de crecimiento en los peces han sido y vienen siendo normalmente atribuidos a los cambios en la temperatura del medio acuático, más aun teniendo en cuenta que trabajamos con especies poiquilotermas y que el crecimiento o el metabolismo en general está condicionado por aquella. Pero en cualquier caso, los ciclos anuales de temperatura y fotoperiodo van paralelos, y los efectos individuales de esos dos factores son difíciles de distinguir en condiciones naturales. SWIFT (1961) comprobó una elevada correlación entre el incremento de longitud del día con el crecimiento en primavera, incluso estando los peces bajo condiciones de temperaturas más bajas que en otoño pero con días decrecientes en dicha estación, confirmando el regimen de luz como un agente estimulante de la actividad endocrina. En otros trabajos más recientes también se ha constatado la relación entre los ciclos de cambios anuales de los factores ambientales, sobre todo temperatura y fotoperiodo, con procesos metabólicos como el crecimiento (ZANUY y CARRILLO, 1985), estableciéndose correlaciones positivas, como por otra parte cabría esperar, entre la tasa de crecimiento y la actividad alimenticia condicionada por el ritmo estacional de las variaciones en temperatura y fotoperiodo.

Dos de los primeros trabajos realizados para valorar los efectos de la luz sobre el crecimiento en alevines de salmónidos (TYRON, 1943; EISLER, 1957) comparaban individuos en condiciones de iluminación natural frente a otros cuyo desarrollo a lo largo del trabajo experimental se realizaba sobre tanques cubiertos y por ello en oscuridad, obteniendo, como es lógico, unos mayores crecimientos los que estaban descubiertos de hasta el 56% más de peso (EISLER, 1957).

Hay un cierto número de autores que establecen relaciones directas entre la longitud del fotoperiodo y el crecimiento, ya sea estando los peces bajo 16 horas constantes de iluminación (GROSS y col., 1965; HUH y col., 1976; SAUNDERS y col., 1989; STEWART y col., 1990; SAUNDERS y HARMON, 1990; MASON y col., 1991), bajo 24 horas (PYLE, 1969; SAUNDERS y col., 1985; SAUNDERS y HENDERSON, 1988; VILLARREAL y col., 1988; BJÖRNSSON y col., 1989; KOMOURDJIAN y col., 1989; STEFANSSON y col., 1989) así como bajo regímenes crecientes de luz (GROSS y col., 1965; SAUNDERS y HENDERSON, 1970; KOMOURDJIAN y col., 1976; SAUNDERS y col., 1987; WOIWODE y ADELMAN, 1991; JORGENSEN y JOBLING, 1992; REDDY y col., 1994; FORSBERG, 1995). A la vista de los resultados expuestos en estos trabajos, parece claro el efecto estimulador que la luz ejerce sobre el crecimiento, ya sea con un fotoperiodo largo constante o en uno en el que se vayan incrementando las horas de luz aportadas.

Por otra parte hay autores que obtienen resultados algo contradictorios con los presentados en el párrafo anterior, consiguiéndose crecimientos mayores con peces a 12 horas constantes frente a 20 horas, aunque al final del periodo experimental, ya que al comienzo del mismo fueron más favorables los días largos (LAHAYE y DENIEL, 1975). Esto puede ser explicado ya que al trabajar con especies que mantienen un cierto grado de actividad nocturna, en concreto lenguado y rodaballo, exposiciones tan largas pueden afectar a otros factores que condicionen el aumento de peso. Igualmente hay autores que no encuentran ventajas en el cultivo de peces con mayores exposiciones de luz (CLARKE y col., 1981; BOUJARD y LEATHERLAND, 1992a; BOYER y col., 1994), aunque como alguno de ellos justifica, para evaluar los resultados del fotoperiodo es necesario planificar experimentos de larga duración, al menos más de dos o tres meses que es el tiempo en el cual lo desarrollan (HUH y col., 1976; CLARKE y col., 1981).

En lo referente al posible efecto añadido de la intensidad lumínica, STEFANSSON y col. (1993), trabajando con salmones y a tres intensidades diferentes de 27, 335 y 715 lux, no encontró diferencias en la tasa de crecimiento entre peces criados en cada una de dichas intensidades.

Dos de los parámetros más estrechamente relacionados con la tasa de crecimiento son el consumo de alimento y la eficiencia de su transformación. Ya PHILLIPS y col. (1958), criando alevines de trucha bajo régimen de iluminación constante de 24 horas comparados frente a otros bajo fotoperiodo natural, comprobó que la extensión del día provocaba un descenso en la tasa de crecimiento

y empeoraba el índice de conversión, argumentando una posible mayor demanda energética debido al incremento de actividad inducida por la luz continua. Esto sucedía aportando la misma cantidad de alimento, aunque cuando éste se aumentaba en un 30%, los de luz suplementada tenían una mayor ganancia.

Los niveles de consumo presentan diferencias significativas en función de la longitud del día, estableciéndose entre ambos parámetros una relación directa (GROSS y col., 1965). Se posibilita la extensión del tiempo de alimentación (MASON y col., 1991; SAUNDERS y DUSTON, 1992), pudiendo haber una influencia del fotoperiodo en el apetito de los peces (SAUNDERS y HENDERSON, 1970; SAUNDERS y DUSTON, 1992). Evidentemente este mayor consumo va a llevar aparejada una mayor tasa de crecimiento, pudiendo ser considerada la influencia que el fotoperiodo ejerce sobre la mejora de las performances, al menos parcialmente, como un efecto de la mayor toma de alimento (GROSS y col., 1965; VILLARREAL y col., 1988; JORGENSEN y JOBLING, 1992).

En referencia al otro parámetro, la eficiencia de la conversión, es también destacado por varios autores el efecto positivo de una mayor cantidad de horas de luz sobre la misma (GROSS y col., 1965; PYLE, 1969; MASON y col., 1991; WOIWODE y ADELMAN, 1991; SAUNDERS y DUSTON, 1992). Hay resultados que no muestran tan claramente estos efectos positivos y no encuentran diferencias entre diversos tratamientos de fotoperiodo (BOUJARD y LEATHERLAND, 1992a; BOYER y col., 1994), ya que cuanto mayor sea la cantidad de horas a las que el pez está expuesto, mayor va a ser el gasto de energía no productiva asociada con un incremento de actividad de los individuos (PHILLIPS y col., 1958; BARLOW y col., 1995). Tomando en consideración estas situaciones nos veremos obligados a cuestionar el efecto del fotoperiodo sobre el crecimiento y pensar que realmente las diferencias en la tasa de crecimiento puedan ser debidas a las diferencias en consumo (SAUNDERS y HENDERSON, 1970), siendo posible que el descenso en la longitud del día pueda reducir los periodos de toma de alimento y verse por ello restringidas las tasas de crecimiento (FORSBERG, 1995). GROSS y col. (1965) sale al paso de esto diciendo que el crecimiento está más estrechamente correlacionado con la eficiencia que con el consumo.

Para terminar con este punto, retomar la ya mencionada mejora del crecimiento como una respuesta endocrina mediada por la fotoestimulación. Es evidente que si aparece una hipertrofia de las células somatotropas de la hipófisis (KOMOURDJIAN y col., 1989), ésta se vea reflejada en un aumento de los niveles plasmáticos de hormona de crecimiento (BJÖRNSSON y col., 1989; STEFANSSON

y col., 1991; HALL, 1988; BOUJARD y LEATHERLAND, 1992b). McCORMICK y col. (1995) afinó más para valorar el efecto directo del fotoperiodo sobre las modificaciones de los niveles plasmáticos de dicha hormona comprobando que ya tras una semana de someter a los peces a un incremento de luz que se mantuvo constante, se multiplicaron por cinco los niveles basales a los que se encontraba el pez en el momento anterior de la modificación.

Hay otras hormonas también implicadas en el crecimiento como son las hormonas tiriodeas (la triiodo-L-tironina,  $T_3$  y la L-tiroxina,  $T_4$ ) que no tienen una relación tan clara con el fotoperiodo (McCORMICK y col., 1995), aunque sí con otros parámetros influidos por el mismo como sucede con la tasa de alimentación, pudiendo por ello ejercer algún papel en la promoción del crecimiento (EALES y SHOSTAK, 1985).

## 2.2. MADURACION SEXUAL

### 2.2.1. DESARROLLO GONADAL.

La dorada es una especie proterándrica cuya estación reproductiva tiene lugar sobre un periodo más o menos extenso y bajo días cortos y/o decrecientes, ya sea de Octubre a Diciembre en el Mediterráneo Occidental (LUMARI y VILLANI, 1973; SUAUI y LOPEZ, 1976; ARIAS, 1980) o un poco más tarde, entre Noviembre y Febrero, en el Mediterráneo Oriental (GORDIN y ZOHAR, 1978; BEN-TUVIA, 1979). La primera maduración sexual se alcanza a la edad de uno o dos años, con notables diferencias entre autores que trabajan con poblaciones distintas. Así, en Eilat, Israel, ya en su primer año de vida todos los individuos muestreados llegan a ser machos perfectamente funcionales (ZOHAR y col., 1978), mientras que en otras localizaciones como pueda ser el Sur de Italia, solamente la mitad de los individuos analizados histológicamente habría alcanzado algún grado de madurez aunque sin diferencia macroscópica con los individuos inmaduros (MICALÉ y PERDICHIZZI, 1990), cuestión no sorprendente dada la enorme variabilidad en este parámetro (MICALÉ y PERDICHIZZI, 1988), siendo en su segundo año de vida cuando toda la población se desarrollo como machos funcionales. A pesar de esa maduración en el primer año, los testículos son pequeños y no completamente desarrollados, no participando estos individuos en la freza (BEN-TUVIA, 1979).

También se asigna una talla determinada para que el animal alcance la maduración sexual, pero aquí las diferencias son todavía mayores entre autores

ya que el peso va a depender de otros muchos factores además de la edad. Mientras que CASTELLO (1993) da valores de entre 250 y 400 g, para MICALÉ y PERDICHIZZI (1990) las doradas llegan a ser machos totalmente funcionales entre 200 y 250 g.

En la misma gónada, constituida por dos lóbulos que se localizan a ambos lados de la cavidad abdominal, se asientan las estructuras correspondientes al ovario y al testículo, distribuidas respectivamente en una región dorsal y otra ventral. El crecimiento de la gónada se realiza a costa de la región dorsal, constituyendo unos meses antes de la época reproductiva una estructura de joven ovario; cuando está cerca la estación de freza ese tejido ovárico comienza a degenerar y se incrementa la región ventral, englobando y suprimiendo el ovario, conformándose como un testículo funcional hasta que se agota al finalizar la freza (ZOHAR y col., 1978, 1984). En la siguiente estación reproductiva, una proporción de individuos vuelve a repetir el proceso, proporción que varía según autores entre un 20% (ZOHAR y col., 1978, 1984) y un 33% (BEN-TUVIA, 1979), mientras que el resto en vez de una regresión ovárica hay un rápido incremento de esa región dorsal hasta que se concluye la vitelogénesis. En las siguientes estaciones, la proporción de machos sigue reduciéndose, ejerciéndose un control social del proceso de reversión sexual para asegurar una adecuada proporción de machos y de hembras en la población (ZOHAR y col., 1978, 1984).

### 2.2.2. PERFILES HORMONALES.

Para el caso concreto de los machos, el desarrollo del testículo depende de la presencia de altos niveles de testosterona (ECKSTEIN y col., 1978), presentando la gónada una mayor producción de esteroides durante dicha fase de maduración que durante el resto del ciclo (COLOMBO y col., 1972; CRIM y col., 1982).

Previamente, antes de que se desarrolle la espermatogénesis, hay altos niveles de hormonas gonadotropas, en concreto de GTH, que van descendiendo cuando a medida que se aumenta el índice gonadosomático, para recuperar y alcanzar un pico hacia el final de la espermatogénesis (BILLARD y col., 1982). La testosterona sigue una evolución contraria, y así, partiendo de unos niveles bajos, se incrementa cuando comienza el desarrollo del testículo, subiendo rápidamente hasta un pico máximo previo a la espermiación (SCOTT y col., 1980; NAKARI y col., 1987; PAVLIDIS y col., 1994). Junto a esta hormona aparece la 11-ketotestosterona, que sigue una dinámica similar (LUNDQVIST, 1980) aunque

manteniéndose en niveles altos durante toda la freza (SCOTT y col., 1980). Hay autores que han descrito un patrón bimodal para la testosterona (PRAT y col., 1990), con una evolución igual a la ya descrita en lo que tanto testosterona como 11-ketotestosterona presentan niveles altos coincidiendo con la presencia de esperma en el testículo, seguido además por un segundo pico de testosterona previo a la pregametogénesis, y cuya misión sería la retroalimentación o efecto positivo de este esteroide en la síntesis y acumulación de GTH en la hipófisis como preparación para el nuevo ciclo reproductivo. Evidentemente, el sistema reproductivo de los peces que tienen épocas de cría estacionales presenta periodos en los que aumenta la sensibilidad a unas hormonas y otros en los que no hay respuesta, correspondiéndose estos ciclos con los propios patrones estacionales de su secreción (CRIM, 1982).

En cuanto a los niveles de esteroides en sangre, hay que tener en cuenta por un lado las enormes variaciones individuales (PAPOUSOGLU, 1986) y que no hay una evidencia que relacione esas cantidades con la producción de semen tanto en volumen como en densidad (BAYNES y SCOTT, 1985): por un lado el pico de testosterona se alcanza antes de que la producción de semen pueda ser comprobada por extracción mediante masaje abdominal, y además en cualquier caso el volumen obtenido por el masaje puede que no sea el producido y que solo refleje la capacidad de los conductos espermáticos, cuyo llenado frena la nueva producción. Más aún teniendo en cuenta que la dorada es una especie que realiza varias puestas a lo largo de la época de freza y que presenta eyaculados espontáneos.

Destacar en este punto el efecto negativo que sobre los niveles de testosterona ejercen las condiciones de estrés crónico por confinamiento, reduciéndose en el caso de la trucha arco iris dichos niveles a la mitad de lo que suele ser habitual (CAMPBELL y col., 1994).

### 2.2.3. INFLUENCIA DEL FOTOPERIODO SOBRE LA MADURACION.

En el control del sistema endocrino de los teleósteos al igual que en la mayor parte de los vertebrados, están involucrados una serie de factores ambientales externos que ejercen una notable influencia a lo largo del ciclo reproductivo, haciendo coincidir el desarrollo de dicho ciclo con las condiciones favorables del ambiente externo y asegurando con ello que la recrudescencia gonadal y la producción de alevines tenga lugar en la época más propicia para su supervivencia. En este sentido, los principales factores implicados en el inicio de la



maduración y los eventos reproductivos son el fotoperiodo, la temperatura, salinidad y el estado nutricional (WHITEHEAD y col., 1978; COLOMBO y col., 1989). Sin embargo es el fotoperiodo el elemento regulador esencial del momento de la maduración sexual (GIRIN y DEVAUCHELLE, 1978; CRIM, 1982; NAKARI y col., 1987; BEACHAM y MURRAY, 1988; JONSSON y col., 1994), ya que vía cerebro actúa sobre la hipófisis desencadenando el consiguiente proceso hormonal que culminará en la maduración y consiguiente freza.

La alteración del momento de freza por manipulación ambiental, en concreto del fotoperiodo como método más simple, ha sido ampliamente utilizada para responder a las demandas de producción de huevos a lo largo del año en especies de interés comercial. En este sentido, unas de las primeras experiencias realizadas con salmónidos en las que se obtuvieron resultados satisfactorios fueron las desarrolladas por HAZARD y EDDY (1951), los cuales adelantaron la época de puesta acortando el ciclo anual de fotoperiodo tras un progresivo aporte de luz desde Enero para alcanzar un máximo en Marzo. Más recientemente en especies marinas y entre ellas la dorada, también se obtuvieron puestas escalonadas seis meses reduciendo durante tres años seguidos el ciclo natural de luz de 12 a 10 meses, para a partir de entonces mantenerlo en 12 meses como el natural pero con un desfase de medio año (GIRIN y DEVAUCHELLE, 1978). Todas estas modificaciones de los momentos de freza llevan aparejadas las mismas secuencias de cambio en cuanto a la presentación y actuación de las hormonas responsables (BROMAGE y col., 1982; PAVLIDIS y col., 1994), apareciendo en algunos casos picos de mayor amplitud o incluso dos modas cuando en condiciones naturales solo aparecería una (CARRILLO y col., 1995). Todo ello es lógico ya que la periodicidad de los cambios que controlan la reproducción va a estar sujeta a esa variación de los factores ambientales, concretamente el fotoperiodo (ELLIOT y col., 1984), pudiendo dicha señal fotoperiódica generar importantes cambios en los mecanismos neuroendocrinos involucrados en el control del desarrollo gonadal (ZANUY y col., 1995).

En diversos experimentos manipulando el fotoperiodo y actuando sobre varias especies, se han obtenido maduraciones y consecuentemente puestas sometiendo a los animales a fotoperiodos constantes (BOURLIER y BILLARD, 1984; BROMAGE y col., 1984; MICALE y PERDICHIZZI, 1988, 1990; CARRILLO y col., 1989; PAVLIDIS y col., 1992), lo que ha llevado a sus autores a destacar la existencia de un mecanismo endógeno que puede estar involucrado en el tiempo de reproducción, pero que dentro de unos límites se puede actuar sobre el mismo para adelantar o retrasar el periodo activo de reproducción (CRIM, 1982). Abundando en este tema, BROMAGE y col. (1984) sugiere la existencia de un

periodo de fotosensibilidad que determinaría el momento en el cual el pez debería alcanzar la madurez sexual en función del régimen de luz recibido varios meses atrás: una exposición a días largos dentro de un ciclo de días cortos bastaría para que alrededor de seis meses después se desencadenara la freza, es decir, son necesarios días largos en los estadios iniciales del desarrollo de la gónada.

Para que la maduración llegue a su término tienen que desarrollarse una serie de eventos que concluyen con la recrudescencia gonadal, por lo que la gónada regresionada tiene que experimentar un crecimiento y desarrollar en último término una producción de gametos maduros. La orden de inicio a este proceso de gametogénesis viene determinada por el nivel máximo de luz, por el solsticio de verano (KADMON y col., 1985b), culminando en los días cortos del año.

Dando entonces por hecho la necesidad de días largos ¿qué sucede cuando en lugar de un pulso de mayor o menor duración, se lleva a cabo un incremento brusco y se mantienen constantes los días largos? Los resultados son contradictorios. Hay quien obtiene frezas (BOURLIER y BILLARD, 1984; BROMAGE y col., 1984) y justifica esta situación dando una preponderancia en el control del ciclo reproductivo al hecho de haber incrementado las horas de luz, que es en el fondo lo que va disparar todo el proceso. En el lado contrario hay resultados en los que se argumenta que después de ese importante estímulo que representa el incremento y/o los días largos en los primeros estadios de desarrollo gonadal, es necesario que venga seguido por un ciclo de días cortos (ELLIOT y col., 1984; JOHNSTON y col., 1992). Estas opiniones son en cierta medida congruentes, ya que si en vez de aumentar el aporte de luz viniendo desde días cortos, reducimos el mismo viniendo de días largos, obtenemos también puestas (BROMAGE y col., 1984).

Se ha presentado incluso una tercera posibilidad, no obteniendo maduración y por ello puesta sometiendo los peces a fotoperiodos largos constantes, lo que está en contra del generalmente aceptado ritmo endógeno, pero si alcanzándose dicha maduración en corto plazo cuando tras esos días largos constantes se van disminuyendo las horas de iluminación con una progresión mayor a la del régimen natural (KADMON y col., 1984, 1985b).

Ante estos resultados ¿cómo podemos actuar para controlar el momento de freza y que ésta acontezca cuando más nos interese? Por una parte el pico máximo de luz va a condicionar la gametogénesis, llegando los peces a madurar alrededor de seis meses después (BROMAGE y col., 1984; CARRILLO y

col., 1989). Si lo que queremos es retrasar la maduración una vez se aporte el pulso de luz que incremente las horas de exposición, manteniendo éste constante se espaciará más el tiempo en el que se alcance la freza (LUNDQVIST, 1980; BOURLIER y BILLARD, 1984; MICALE y PERDICHIZZI, 1988, 1990; BEACHAM y MURRAY, 1990, 1993). Si nos interesa adelantar la maduración, habrá que venir de días largos y disminuir la cantidad de horas de luz (KADMON y col., 1984, 1985b; PAVLIDIS y col., 1992).

El hecho de modificar el momento de la freza va a afectar a otros parámetros, y así el periodo de tiempo en el que ésta transcurre para el caso del lote manipulado va a ser más largo que para el control bajo régimen natural (BOURLIER y BILLARD, 1984; FORES y col., 1990; PAVLIDIS y col., 1992), situación que se manifiesta con mayor amplitud cuando la freza se realiza bajo días largos siendo de forma natural en fotoperiodos cortos (BROMAGE y col., 1984), hecho debido a una menor sincronización de los individuos del lote.

A pesar de todo lo expuesto y del generalizado uso de diversos fotoperiodos para desplazar los ciclos de puesta de los peces, poco se sabe sobre el modo de acción del régimen de iluminación así como de los mecanismos a través de los cuales estos individuos perciben, miden y transmiten la información de los cambios de luz (ZANUY y CARRILLO, 1997).

#### 2.2.4. INFLUENCIA DE LA MADURACION SOBRE EL CRECIMIENTO.

En el proceso de maduración, cambios significativos aparecen no solo en la estructura reproductiva sino también en el metabolismo y comportamiento de los teleósteos para la preparación de la freza (WHITEHEAD y col., 1978), siendo uno de los efectos más destacados la inhibición de los mecanismos de crecimiento (LUNDQVIST, 1980) debido posiblemente a la interacción de las hormonas sexuales con la hormona de crecimiento (HULATA y col., 1985) y con otras hormonas responsables del metabolismo como las hormonas tiroideas, cuya formación se suprime en los estadios finales del desarrollo de la gónada para favorecer el desplazamiento de energía hacia la misma (CYR y col., 1988). En este sentido, cuando el desarrollo gonadal es alterado o deteriorado, la energía de la dieta normalmente canalizada a las gónadas puede ir en parte a la deposición de músculo y también a una acumulación de grasa en la cavidad abdominal (HULATA y col., 1985).

Para KADMON y col. (1985a) los resultados son concluyentes, ya que logrando frenar la maduración, el crecimiento en el lote control bajo régimen de iluminación natural se mantiene muy por debajo del alterado, asociando ese freno en el crecimiento al hecho de comenzar a madurar los peces, constatándose el despegue en cuanto a los registros de peso se refiere por parte del lote bajo fotoperiodo largo constante ya desde principios de Noviembre, al inicio de la estación reproductiva.

En el caso de KISSIL y col. (1996), sin lograr anular la maduración pero si retrasarla, se obtienen importantes ventajas del lote alterado frente al control, tales como un incremento en la ganancia de peso y una mejor tasa de conversión del alimento. Por su parte, RODRIGUEZ y col. (1997) concluye que bajo las mismas condiciones de cultivo y de alimentación, la aplicación de fotoperiodos largos constantes (en su caso 15L:9D) y/o expandidos (ciclos de 18 meses donde corresponderían los 12 meses del año) en lubinas de cinco meses de edad puede acelerar su crecimiento. Sin estas condiciones de luz durante los meses de invierno, que coincidan con la época reproductiva, el crecimiento se paraliza casi por completo, unido a esto un aumento del tamaño de la gónada el cual no se alcanza bajo las condiciones de luz manipulada. La diferencia que RODRIGUEZ y col. (1997) obtiene al final de su experimento de 20 meses de duración está alrededor del 55% a favor de los lotes con fotoperiodo alterado (aproximadamente 280 frente a 180 g para los lotes manipulados y el control respectivamente).

## 2.3. ALIMENTACION

### 2.3.1. COMPORTAMIENTO ALIMENTICIO.

El conocimiento del comportamiento es importante para que los alimentos y las técnicas de alimentación puedan ser diseñadas para asegurar el consumo, supervivencia y crecimiento, optimizando el gasto energético para la alimentación (KNIGHTS, 1985), ya sea ahorrando al tomar el alimento, ya sea aportándolo en el momento de máxima eficiencia en su utilización y por ello de ganancia en peso (NOESKE y SPIELER, 1984). Junto a esto hay que intentar minimizar la pérdida de alimento por rechazo del mismo, ya que aparte de elevar los costes de producción va a ocasionar importantes efectos deletéreos sobre la calidad del agua.

Para poder valorar los resultados de crecimiento de los peces frente a diferentes sistemas de alimentación es necesario tener en cuenta aspectos sociales e

hieráticos del comportamiento alimenticio (ADRON y col., 1973), distinguiendo las variaciones que puedan ser esperadas por la variabilidad individual dentro de las poblaciones así como los posibles efectos de los tratamientos empleados, frente a la inducida por competencia o efectos jerárquicos. En este sentido, JOBLING (1982) comprobó como los efectos jerárquicos son normalmente distinguidos por comparación de los coeficientes de variación de las poblaciones en estudio: en una población donde los efectos jerárquicos no son muy manifiestos, un incremento en la talla media de la población también llevaría aparejado un incremento de la varianza, pero el coeficiente de variación podría permanecer constante; en poblaciones donde el crecimiento de algunos individuos es suprimido por competencia, el coeficiente de variación aumentaría cuando se aumentaran las medias de peso. Dichos efectos pueden ser debidos a la competencia directa por el alimento o el resultado de las interacciones sociales que depriman el crecimiento de los individuos más pequeños de la población. Cuando hay competencia directa sobre el alimento, las jerarquías se establecen cuando el aporte del mismo es limitado, siendo monopolizado por unos individuos y estando excluidos los subordinados.

El incremento de las frecuencias de distribución o una mejor dispersión del alimento, puede ayudar a los individuos dominados a obtenerlo, reduciendo con ello los efectos de las interacciones sociales (JOBLING, 1983). Esto puede que no baste, ya que el apetito, entendiendo como tal el estado que despierta en el pez un comportamiento de consumo, puede estar suprimido debido al estrés que las altas densidades o las tallas diferentes ejercen sobre dicha función (KINTHS, 1985). Se puede también aumentar la cantidad de alimento pero por un lado pueden incrementarse los desperdicios, y por otro se puede llegar a una hiperfagia y una insuficiencia en la conversión de los peces dominantes.

El inicio de la respuesta a la alimentación y la modulación de la toma de alimentos depende de factores que varían en importancia según las especies, siendo en gran parte, además del hambre, debido en gran manera a estímulos visuales: toda la actividad alimenticia de la dorada se registra durante las horas de luz (KENTOURI y col., 1994). El apetito puede presentar variaciones individuales (GRAYTON y BEAMISH, 1977), estando además influenciado en una masa de peces en cultivo por los más agresivos (KNIGHTS, 1985), y que van a ser los que en último término transmitan a los demás ese nivel de excitación para desencadenar la toma de alimento.

### 2.3.2. REPARTO DEL ALIMENTO.

En piscicultura intensiva marina, como en toda producción animal de transformación, el alimento es la base para el desarrollo del proceso, representando por ello una parte importante de los gastos de funcionamiento. Su mejoría en términos de eficacia-coste es de hecho uno de los objetivos prioritarios de todo acuicultor, y la búsqueda de técnicas de alimentación adaptadas a las especies de cultivo, es una de las estrategias más importantes para mejorar dicho objetivo. En este sentido, factores como el apetito y la saciedad van a ayudar a la toma de decisiones sobre el régimen alimenticio, cantidad de alimento por ración y tiempo para disponer de ella, pudiendo y debiendo ajustar al máximo los consumos, crecimientos y eficiencias en la conversión. Y todo ello partiendo de la premisa de que posiblemente el mejor sistema de alimentación es aquel que permite que los peces determinen cuando y cuanto han de comer (AZZAYDI y col., 1997).

#### 2.3.2.1. TIPO DE REPARTO.

Los tipos de distribución empleados en la actualidad se pueden englobar en estos tres:

- 1º.- método manual, que puede ir ajustándose en función del apetito de los peces;
- 2º.- método automático, distribuyendo una ración determinada durante un periodo predefinido pero sin llegar a tener en cuenta las variaciones diarias del apetito;
- 3º.- autoalimentadores, que dejan la iniciativa de consumo a los propios peces, tanto en la cantidad como en el momento del día en el que se realiza el mismo.

Trabajar con el parámetro de frecuencia podría ser justificable por el hecho de presentarse como un método para optimizar la eficiencia del crecimiento. En este sentido hay opiniones enfrentadas. Así, JOBLING (1983) afirma que cuanto mayor sea la frecuencia, el pez crecerá más, añadiendo que los que tengan una alimentación restringida y por ello crecimiento más lento, lo pueden en parte solucionar mediante adaptaciones fisiológicas que compensen esa baja frecuencia tales como el establecimiento de una hiperfagia o una mejora en la eficiencia de utilización del alimento; esto también fue corroborado en otros trabajos

(GREENLAND y GILL, 1979; TUNG y SHIAU, 1991) que presentaron la conclusión de que un incremento en el número de tomas, aun consumiendo la misma cantidad de alimento, mejoraba el factor de conversión y evidentemente la ganancia neta. Otros autores comprobaron que la cantidad total de alimento consumido hasta saciedad se incrementaba llegando a un punto máximo repartiendo a una frecuencia de dos veces al día (GRAYTON y BEAMISH, 1977) o de tres veces por día (TANDLER y col., 1982).

En relación con esto último y con el aporte no hasta saciedad sino a un porcentaje fijo (en concreto un 2% para doradas entre 41 y 163 g aproximadamente), ROBAINA y col. (1997) encontró diferencias en crecimiento al repartir dicha cantidad en una, dos, tres o cuatro tomas diarias: con una única toma crecieron significativamente menos y convirtieron peor, aunque en este segundo aspecto no de manera significativa; no hubo diferencias ni en conversión ni en crecimiento entre dos, tres y cuatro tomas.

La tasa diaria de alimentación, como factor abiótico limitante del crecimiento, está relacionada con la capacidad del estómago y la velocidad con que se procese y evacúe del aparato digestivo el alimento ingerido (BRETT, 1971), siendo por ello el intervalo óptimo entre comidas el que se corresponda con la evacuación gástrica, presentándose el apetito como el principal factor que influye en su determinación. Evidentemente esto hace que se establezca una relación entre el tiempo de vaciado gástrico y el retorno del apetito (GROVE y col., 1978), inhibiéndose con la distensión del estómago y estimulándose cuando está vacío (KNIGHTS, 1985). Como es lógico si el alimento presentado es de bajo valor nutritivo hay un incremento en la tasa de vaciamiento gástrico, lo que ayuda a un más rápido retorno del apetito y por ello a una mayor frecuencia en la alimentación (JOBLING, 1980).

Se podría concluir que la extensión del apetito está controlada por la distensión del estómago, siendo la saciedad y el tiempo subsecuente para el retorno de aquel el factor limitante del número de comidas que podría tomar un pez al día. ADRON y col. (1973), trabajando con trucha arco iris, concluyó que todo ese proceso de llenado y vaciado podría completarse en ocho horas, ya que ese fue el espacio de tiempo en el que los peces presentaron picos de actividad para obtener comida a partir de sistemas de autodemanda. Trabajando también con la misma especie, GROVE y col. (1978), constató una demanda cada cinco a seis horas estando los peces en iluminación continua, considerando que ese es el tiempo que tarda en vaciarse el estómago entre el 80 y el 90%.

Lo que si se ha observado variando de una frecuencia a otra es la modificación en el coeficiente de variación de la talla dentro del grupo, ya que esto ha llevado parejo la modificación de los efectos sociales (JOBLING, 1983). Tanto es así que la depresión en el crecimiento de los peces pequeños causada por las interacciones sociales de los peces mayores, se incrementa cuando se reduce la frecuencia de alimentación, no siendo la cantidad de alimento presente en cada periodo un factor limitante. Por ello, el crecimiento y la respuesta a la alimentación de ciertos peces dentro de grupos de cultivo, está marcadamente inhibida por la presencia de peces grandes. Esto está en contradicción con los resultados de ROBAINA y col. (1997) en los que obtuvo un coeficiente de variación similar para sus grupos experimentales independientemente de que el alimento se aportara de una, dos, tres o cuatro tomas.

### 2.3.2.2. MOMENTO DEL REPARTO.

El patrón temporal de alimentación diaria puede modificar procesos fisiológicos implicados en el crecimiento y la eficiencia en la conversión del alimento (SUNDARARAJ y col., 1982; PEREZ y col., 1988; REDDY y LEATHERLAND, 1995). Esto sucede ya que los ritmos circadianos desempeñan un papel importante en la sincronización del animal con su entorno y especialmente en la coordinación de sus actividades metabólicas y de comportamiento, lo que hace en definitiva que un organismo sea fisiológicamente distinto a diferentes horas del día y entre estaciones (SMITH y col., 1993), proporcionando por ello diferentes respuestas a un mismo estímulo en función de la hora de incidencia del mismo.

La hora de reparto del alimento puede interaccionar con la utilización del mismo, y debido a la importancia que dicho capítulo tiene sobre los costes de producción de un cultivo intensivo de peces, es necesario considerar que los ritmos de alimentación puedan llegar a ser un medio para mejorar su eficacia (BOUJARD y LEATHERLAND, 1992).

La luz es probablemente el principal sincronizador del ritmo de actividad alimenticia, no presentando por ello una regulación endógena (BOUJARD y col., 1990). Dependiendo de los parámetros estudiados, hay algunos sincronizados por el ciclo de luz/oscuridad y otros por el momento en el que se reparte la comida: en función de la hora de alimentación se encuentran diferencias en la ingestión y en la conversión (CARRILLO y col., 1986), siendo óptima la utilización del alimento cuando este se proporciona antes de que se inicie la fase de menor actividad (SUNDARARAJ y col., 1982); por otro lado, los niveles de insulina, si bien parecen estar influenciados por el fotoperiodo, presentan



variaciones que se muestran más acordes con la hora de ingesta, actuando ésta como un sincronizador de las variaciones diarias de insulina plasmática, mientras que sobre la glucosa si que habrá un mayor efecto del fotoperiodo (PEREZ y col., 1988; CERDA-REVERTER y col., 1993); además, una hormona tan influyente en el metabolismo como la tiroxina presenta resultados contradictorios en cuanto a su dependencia de la alimentación (BOUJARD y LEATHERLAND, 1992).

¿Qué actúa como sincronizador más efectivo, el momento de suministrar el alimento o la alternancia en el ciclo luz/oscuridad? Atendiendo a los resultados de CERDA-REVERTER y col. (1993) trabajando con dorada, los peces con mayor peso correspondieron a los lotes en los que a pesar de ser menores los niveles de insulina, esta pudiera llegar a actuar con mayor eficacia por una mayor sincronización entre la variación de sus niveles (regulados por el reparto del alimento) y los de glucosa (en mayor medida dependientes del fotoperiodo). Así, la desincronización entre los niveles de insulina y glucosa cuando las horas de ingesta no se distribuyen de forma adecuada al fotoperiodo al que están sometidos los animales, provoca diferencias metabólicas que pueden afectar al crecimiento.

La correlación entre el momento de alimentación y las diferentes tasas de crecimiento es el resultado del tiempo de toma de los metabolitos desde el tracto intestinal y los ritmos diarios de secreción de hormonas, tales como las tiroideas, de crecimiento y cortisol. Dichos ritmos interaccionan con los patrones endógenos de alimentación, afectando por ello a los rendimientos de crecimiento (REDDY y col., 1994; REDDY y LEATHERLAND, 1995).

Por todo lo anterior se podrá pensar que si el alimento es más eficientemente digerido en algunos momentos del día, se podría aportar menos alimento que el aparentemente requerido para las pérdidas metabólicas y/o ineficiencia en su utilización durante otro momento diferente (NOESKE y SPIELER, 1985).

### 2.3.2.3. COMEDEROS DE AUTODEMANDA.

Cuando el acceso al alimento es continuado, aunque en cada toma el pez pueda ingerir menos cantidad también vacía su estómago más rápido para poder volver a comer, lo que a la larga se traduce en que de manera global come más (JOBLING, 1982), golpeando más veces sobre el pistón que posibilita la caída de comida en comederos de autodemanda cuando la iluminación es continuada las 24 horas del día (ADRON y col., 1973). Lo que sucede en estos casos de luz y

disponibilidad de alimento continuada es que no hay preferencia general por la alimentación a alguna hora en particular, no estando por ello sincronizados los ritmos alimenticios (JORGENSEN y JOBLING, 1992). Ha sido también reflejado por varios autores que el apetito y la toma de alimento se incrementan cuando aumentan las horas de luz (KOMOURDJIAN, 1976; LUNDQVIST, 1980; SAUNDERS y HENDERSON, 1988; VILLARREAL y col., 1988; SAUNDERS y col., 1989; STEFANSON y col., 1989).

El uso de los comederos de autodemanda se ha demostrado positivo para la alimentación de los peces ya que de esa forma el propio animal puede regular su tasa de alimentación (KENTOURI y col., 1994). En realidad se ha constatado que solo son unos pocos los animales que inciden sobre el pistón (ADRON y col., 1973), y que como es lógico van a coincidir con los individuos dominantes (LANDLESS, 1976). Estos son, en función de su agresividad, los que van a determinar el total de la tasa de alimentación. En cualquier caso esto no niega el valor de este sistema de alimentación, ya que además de activar el comportamiento alimenticio esa mayor actividad de los dominantes, con un premio adecuado todos los peces presentes pueden tomar alimento, no habiendo evidencia de privación en el caso de los subordinados (LANDLESS, 1976). Mediante observación directa, ADRON y col. (1973) comprobó que el número de toques accidentales fue menor del 2%.

En cuanto al aprendizaje ALANÄRÄ (1996) expone que en lotes de 100 a 300 truchas son necesarios 25 días para que se establezca el nivel de autodemanda, añadiendo además que para la efectividad de este sistema la máxima densidad a la que se pueden obtener resultados satisfactorios en una producción intensiva van a ser los 30 kg/m<sup>3</sup>.

Además de lo expuesto hasta aquí, la utilización de comederos de autodemanda modifica el comportamiento social, desapareciendo la agresividad y redundando por ello en la mejoría de los índices productivos (DIVANACH y col., 1986). La agitación frenética y los picos de actividad caracterizados por la presentación del alimento en pulsos no se manifiesta con los comederos de autodemanda, siendo todo ello reemplazado por una prospección casi continua del sistema por parte de los peces que se paran unos instantes cada una de las pasadas a lo largo de su periplo circulatorio. Zootécnicamente, se detiene la mortalidad, se estabiliza la tasa de ingestión y se mejora tanto el índice de conversión como la ganancia media diaria (DIVANACH y col., 1986). O en cualquier caso, aunque la eficacia alimenticia sea la misma que con otros sistemas, el crecimiento más rápido

se obtiene en peces que pueden elegir libremente las horas de alimentación (AZZADI y col., 1997).

En el caso concreto de la dorada, las intervenciones están dirigidas al extremo de la palanca, aproximándose a partir de estratos más profundos, actuando de forma breve y vigorosa y en la mayor parte de los casos accionando la mencionada palanca con sus mandíbulas (ANTHOUARD y col., 1986).

Por último comentar que en un trabajo realizado por KENTOURI y col. (1993) comparando diversos sistemas de alimentación durante el engorde de dorada, obtuvo los mejores resultados con los comederos de autodemanda, alcanzando al final del periodo un mayor peso de los peces, con un mejor índice de conversión y una menor mortalidad.

### 2.3.3. CONSUMOS Y EFICIENCIA EN LA CONVERSION.

Para BOUJARD y LEATHERLAND (1992) el factor limitante del crecimiento es la toma de alimento y no la eficiencia en la conversión, mientras que GROSS y col. (1965) afirma que el crecimiento está más estrechamente correlacionado con la eficiencia que con el consumo. La tasa diaria de alimentación es una variable cuantitativa que depende de la masa ingerida y de su velocidad de procesado, fenómeno que sucede más rápidamente en el caso de peces pequeños (BRETT, 1971). La cantidad de alimento que ingiere el pez para llenar su estómago es muy variable, pero para peces pequeños puede estar entre un 3 y un 13% de peso vivo por día, y para peces grandes de 1 a 5%, siendo dicha capacidad una función exponencial de la talla.

Retomando el tema del vaciado y relacionándolo con el nivel de consumo y la talla, es fácil intuir que el tiempo de vaciamiento aumenta con el peso del pez, ya que va a ser un fenómeno relacionado con la superficie disponible para la digestión, variando la cantidad de alimento ingerido en relación al peso del pez (GROVE y col., 1978; TANDLER y col., 1982).

La toma voluntaria de alimento depende de la composición de la dieta, y así, en función del aporte energético, el pez consumirá diferente cantidad: hay una alta correlación negativa entre energía e ingestión (MARAIS y KISSIL, 1979). Dentro de esa capacidad de ingesta y de autorregulación del consumo según las necesidades metabólicas (FABRIDGE y col., 1990), los peces pueden ir variando

su tasa de consumo, mostrando con ello un crecimiento compensatorio (MIGLAVS y JOBLING, 1989).

El consumo, o más correctamente el alimento aportado, se determina como un porcentaje del peso vivo del pez al que se quiera alimentar. Como es lógico varía con el peso del individuo, siendo notablemente mayor en el caso de peces pequeños. A pesar de todo las variaciones son muy grandes, aportando en doradas a partir de 20 g desde un 4% diario de su peso vivo en pienso (GARCIA y col., 1987), un 3% (MAZZOLA y RALLO, 1981) o afinando más a un 2.6% (PORTER y col., 1986), y todos ellos dentro de rangos similares de temperatura, ya que la misma condiciona el nivel metabólico de individuos poiquilotermos y por ello también la ingesta.

Los rangos a los cuales se regula la cantidad de alimento suministrado son también enormemente variables. Hay por un lado ajustes de un par de décimas cada 20 g de incremento de peso (PORTER y col., 1986), hasta otros que en rangos mayores de 100 g y en intervalos de peso similares, aportan el mismo porcentaje (GARCIA-ALCAZAR y col., 1994). En este último caso, aún aportando el mismo porcentaje, evidentemente la cantidad absoluta debería ir siendo corregida con cierta periodicidad, generalmente la del muestreo, pero no se ha encontrado este dato en los trabajos revisados, teniendo por supuesto en cuenta que muchos de ellos son periodos cortos de experimentación, o en el caso de los de mayor duración bien se van cambiando asiduamente los porcentajes o bien se aporta alimento hasta saciedad (hasta que en cada toma se manifiestan los primeros signos de indiferencia hacia el pienso y este comienza a ser rechazado).

Llaman la atención los resultados de PEREIRA y col.(1987) ya que trabajando con doradas entre 2 y 25 g, el consumo medio diario fue solamente de 0.72%, teniendo además en cuenta que se aportaba hasta saciedad.

Si nos vamos a pesos elevados, al menos por encima de los 200 g, las variaciones son menores, yendo de 1.1% (MAZZOLA y RALLO, 1981) y 1.2% (PORTER y col., 1986) hasta 1.8% (GARCIA-ALCAZAR y col., 1994). Para peces que pesen de 350-400 g en adelante, la única referencia encontrada fue la de KADMON y col.(1985), pero aportando hasta saciedad mantenía unos consumos alrededor de 0.7-0.8% a temperaturas constantes de  $21\pm 2^{\circ}\text{C}$ .

Además de la talla, otro de los factores que influyen y ya mencionado en párrafos anteriores, es la temperatura. En el experimento de MAZZOLA y RALLO (1981), los aportes son de un 3% en doradas de 10 g con

temperaturas favorables hasta un 0.7% en las más desfavorables, pasando por un 2.2% intermedio. Al año siguiente cuando vuelve a haber buenas temperaturas ya solo se aumenta hasta el 1.1% tras corregir el incremento de la talla.

Junto con la talla y la temperatura, evidentemente la calidad del alimento condiciona la cantidad del aporte (MARAIS y KISSIL, 1979; PEREIRAY col., 1987; GARCIA-ALCAZAR y col., 1994), pudiendo reducirse ésta a medida que aumenta aquella. Hay algunos trabajos en los que se aporta alimento fresco llegando a niveles altos y no comparables con los anteriores: hasta un 7% en doradas de 75 g (KLAUDATOS y APOSTODOULOS, 1986) o un 8% para las de 20 g (FRANCESCON y col., 1988).

KENTOURI y col. (1993) compara entre otras cosas los consumos con las tres posibilidades de reparto del alimento: manual, automático o con autoalimentadores. Con el método manual se aporta hasta saciedad, con el automático según las tablas del fabricante de piensos y con autodemanda lo que los peces requieran. Es de destacar que hasta aproximadamente los 60 g de peso, los consumos con autodemanda y manual son muy similares, mientras que para el mismo periodo, la ración aportada de forma automática a partir de las tablas es un 10% mayor, consiguiéndose además un 13% menos de peso. De aquí a los 200 g el consumo es un 9% y un 15% mayor en autodemanda que en manual y automático respectivamente, consiguiendo solo un 7% de mejora de peso frente a los otros dos sistemas que alcanzaron pesos similares. A partir de aquí, con crecimientos más lentos debido al descenso de la temperatura, las cantidades de pienso son iguales para automático que manual, estando el de libre servicio un 9% por debajo, a pesar de lo cual logra un 2% y un 8% de mejora en peso con referencia al manual y automático respectivamente.

De la misma forma que los consumos varían dependiendo de varios factores, la eficiencia en la conversión del alimento tiene una dependencia similar: cuanto mayor es el pez se vuelve peor convertidor (KENTOURI y col., 1993) así como cuando baja la calidad del pienso (GARCIA-ALCAZAR y col. 1994). Teniendo en cuenta esta última salvedad de la calidad del pienso, las diferencias entre autores a rangos de peso similares son notables, pudiendo ir esa eficiencia desde 0.31 para lotes de engorde que sobrepasen los 250 g (MAZZOLA y RALLO, 1981) hasta llegar a duplicarse (KENTOURI y col., 1993). En periodos algo más cortos y sobre individuos de menores tallas se puede alcanzar hasta el 0.8 (CERDA-REVERTER y col., 1993; GARCIA-ALCAZAR y col., 1994).

Es muy importante el tipo de aporte, ya que la eficiencia va a estar determinada por la ganancia de peso y el pienso aportado, operación que si se realiza a partir de tablas prefijadas puede llevar ocasionalmente a penalizar la eficiencia (KENTOURI y col., 1993), pero no porque el pez convierta peor en ese momento determinado, sino porque no está ingiriendo todo el alimento que se le aporta.

#### 2.4. DENSIDAD

Es evidente que la densidad del stock puede diferir dependiendo de las condiciones ambientales, flujo de agua y sistema de cultivo, así como de los propios requerimientos empresariales. Pero hay que determinar el óptimo en cada caso para obtener los mejores resultados posibles. El confinamiento de los peces en relativamente pequeños volúmenes de agua provoca un estrés crónico común en las explotaciones intensivas (PICKERING y STEWART, 1984), apareciendo normalmente bajo tales condiciones un descenso en el crecimiento por una menor toma de alimento y peor eficiencia en la conversión, así como un incremento en la mortalidad y una mayor susceptibilidad a padecer enfermedades.

Como ya se mencionó en el capítulo de alimentación, el aumento del coeficiente de variación en el tiempo es asumido como que los efectos jerárquicos operan suprimiendo el crecimiento de algunos individuos, y en este sentido se podría esperar que en situaciones de elevada densidad habría mayores diferencias sociales entre individuos, pero la realidad es que dicho coeficiente no se incrementa de manera notable (REFSTIE y KITTELSEN, 1976). Esto sucede probablemente debido a que la complejidad en las interacciones sociales aumenta con la densidad, adoptando los peces una posición media en una difusa jerarquía de dominancia (KNIGHTS, 1985), y afectando por ello a los patrones de crecimiento de los individuos dentro de las poblaciones en estudio (LI y BROCKSEN, 1977).

Lógicamente los efectos sobre el crecimiento vienen determinados por las interacciones entre los individuos, que a su vez van a influir en la toma de energía y/o su gasto (JOBLING y WANDSVIK, 1983), y que en resumen se podrían achacar a un mayor ayuno de los individuos sometidos y a unos elevados niveles de excitación entre los peces. Con sus resultados, HOLM y col. (1990) llegó a establecer una relación inversa entre la densidad y la tasa individual media de crecimiento bajo iguales regímenes de alimentación, responsabilizando a la competencia entre individuos como el factor más importante para tal efecto. También esto ha sido constatado por otros autores, estableciendo una

correspondencia entre las menores tasas de crecimiento y los aumentos de densidad debida al hecho de verse reducido el consumo (VIJAYAN y LEATHERLAND, 1988) o por una desigual toma de alimento a causa de un problema de distribución que conlleva la persistencia de animales que no comen junto a otros que quizá lo hacen en exceso y por ello a un nivel en el cual es menor la eficiencia (LI y BROCKSEN, 1977). Por supuesto que cuando la densidad aumenta, el grado de disponibilidad del alimento es importante para que el lote mantenga una elevada tasa de crecimiento, pudiendo ser parcialmente compensado el negativo efecto de dicha densidad con un régimen alimenticio adecuado (HOLM y col., 1990).

En la medida en la que la tasa de crecimiento depende de la tasa de alimentación y de la eficiencia en la conversión, situaciones en las que dichos procesos puedan ser alterados por acciones de comportamiento o por respuestas de estrés asociadas a las elevadas densidades afectaran a la misma. Es comúnmente aceptado que en sistemas de cultivo con elevadas densidades se reduce la tasa de crecimiento (LI y BROCKSEN, 1977; FAGERLUND y col., 1981; METCALFE, 1986; VIJAYAN y LEATHERLAND, 1988; HOLM y col., 1990), aunque sería necesario determinar el nivel adecuado en función de las condiciones de cultivo, ya que en contra de otras opiniones citadas en este capítulo, TRZEBJATOWSKI y col. (1981) obtuvo mejores eficiencias en la conversión en lotes con las mayores densidades.

Por último entrar a tratar los cambios de densidad o de la estructura de la población que vienen determinados por los trasiegos de los animales. En cuanto al primer aspecto, cuando se confinan los peces pasando a tanques más pequeños de los que normalmente se viene desarrollando el stock de cultivo, aumenta el estrés, que asociado a la alta densidad determina una menor ganancia de peso de la que cabría esperar, disminuyendo el coeficiente de variación y sugiriendo por ello que los efectos jerárquicos para el crecimiento están ausentes (POTTINGER y PICKERING, 1992). Esta situación de estrés que reduce entre otros factores la capacidad de crecimiento (EJIKE y SCHRECK, 1980; SCHRECK, 1982; LAIDLEY y LEATHERLAND, 1988) se mantiene durante algo más de un mes, tiempo a lo largo del cual los niveles de cortisol permanecen elevados (PICKERING y STEWART, 1984).

El otro aspecto de las clasificaciones o despesques en los que se eliminan parte de los efectivos, llevaría a nuevas estructuras jerárquicas cuyo coste sería la reducción del apetito, afectando también a la tasa de conversión y por ende al crecimiento (JOBILING y WANDSVIK, 1983).

## 2.5. COMPOSICION REGIONAL.

Las diferencias en las tasas relativas de incremento en masa o volumen de diferentes partes del cuerpo o tejidos, o en varias dimensiones lineales del cuerpo, pueden producir cambios en las proporciones corporales que llegan a influir en la forma del cuerpo durante el crecimiento. La metodología para evaluar estas relaciones fue desarrollada por HUXLEY (1932), el cual las definió como crecimiento alométrico y las describió en términos de la expresión  $Y=a*X^b$ , donde la constante  $a$  denota el valor de  $Y$  cuando  $X$  es igual a uno (la fracción de  $X$  que ocupa  $Y$  cuando  $X$  es igual a uno), y  $b$  será el crecimiento relativo de la fracción en relación al total.

En comparación con otras especies, se han realizado pocos estudios alométricos en peces, posiblemente porque los cambios que acompañan el desarrollo, crecimiento y maduración, son menos espectaculares (WEATHERLEY y GILL, 1987), habiéndose estudiado en la mayor parte de los casos las relaciones entre peso y longitud o bien el tamaño de las escamas o algún otro tejido calcificado con la longitud, de importancia sobre todo en poblaciones naturales para determinar la edad y la velocidad de crecimiento. A pesar de que el estudio del crecimiento relativo en peces puede ser menos excitante que en mamíferos por una comparativamente modesta magnitud, puede sin embargo ayudar a un conocimiento de los procesos de desarrollo de los diferentes tejidos así como a la partición proporcional de proteína, lípidos y energía en el cuerpo (WEATHERLEY, 1976; BRETT, 1979).

WEATHERLEY y GILL (1983a) estudió el crecimiento relativo de diversos tejidos en trucha arco iris con diferentes tasas de crecimiento como consecuencia de diferentes raciones alimenticias (a saciedad o al 4-5% diario del peso corporal), temperaturas (12 o 17°C) y administración de hormona de crecimiento bovina; consideró una muestra inicial de referencia con peces entre 4 y 11 g, momento en el cual aplicó los tratamientos descritos para llegar a peces de 300 g. Los aspectos del crecimiento relativo que incluyó fueron los siguientes: cambios en el peso corporal, tanto peso húmedo como peso seco, frente a la longitud; peso seco frente a peso húmedo; pesos secos y húmedos de corazón, bazo, hígado, intestino, piel, grasa visceral y canal frente a pesos seco y húmedo del cuerpo.

Para la valoración de los resultados le da poca trascendencia a lo que suceda con el corazón y bazo, ya que entre ambos constituyen solo alrededor del 0.5% de peso corporal. En los peces pequeños (hasta los 11 g de la muestra inicial)



se observan para los diferentes componentes corporales valores de  $b$  mayores que la unidad, lo que significa que presentan una alometría positiva en relación al peso corporal. Esto no sucede con la canal, que entre esos pesos el valor de  $b$  se mantiene ligeramente inferior a la unidad.

En el rango de peso superior, hasta los aproximadamente 300 g de media, la situación detallada en el párrafo anterior se torna al contrario, siendo la alometría negativa para todas las regiones salvo para la canal y la grasa visceral.

Utilizando los valores de  $a$  y de  $b$  es posible calcular el peso de cada uno de los tejidos en relación al peso corporal en diversos momentos a lo largo de la fase de crecimiento del pez. Esos valores muestran que, prescindiendo de las tasas de crecimiento de las truchas, los porcentajes relativos de los pesos de diferentes tejidos tienen una marcada dependencia con respecto al peso total (WEATHERLEY y GILL, 1983a). Dicha relación es especialmente noticable, no solo por las diferencias en las tasas de crecimiento bajo las que se ha manifestado, sino también porque fueron obtenidas bajo distintos rangos de temperatura. Esto sugiere que cuando truchas arco iris inmaduras reciben raciones hasta saciedad, sus tejidos mantienen constantes tasas de crecimiento relativo, a pesar de que haya grandes diferencias en las tasas absolutas de crecimiento corporal resultando de diferentes temperaturas. Solo es proporcionalmente mayor el peso de la piel en peces criados a 7°C.

La ración influye en el crecimiento relativo de la grasa visceral, proporcionando las raciones más bajas no solo menor crecimiento total sino también menor cantidad de grasa almacenada, siendo proporcionalmente mayor con raciones *ad libitum* (WEATHERLEY y col., 1979, 1980). Junto con la grasa visceral, el nivel de la ración también influye en los pesos relativos del intestino, presentándose pesos menores con raciones limitadas frente a raciones *ad libitum*, lo que sugiere una respuesta a las demandas funcionales de digestión y absorción según los diferentes tamaños de la ración (WEATHERLEY y GILL, 1983a). Además de la cantidad de la ración también el tipo de ración influye, y así, en raciones en las que se aporta más energía frente a otras con niveles inferiores, el incremento de retención de la misma se realiza en los depósitos grasos de las vísceras (BERGOT, 1979).

DENTON y YOUSEF (1976) también trabajando con trucha arco iris, no hicieron realmente un estudio alométrico, ya que pesaron varios tejidos en peces con diversos tamaños, estimando el porcentaje que representaban en cada momento. De esta forma concluyeron que tanto el corazón como el aparato

digestivo representan una menor proporción del peso total en individuos de mayor tamaño, mientras que el hígado se mantiene en igual porcentaje.

Un trabajo que también valora el crecimiento relativo de diversas regiones aunque a partir de platijas salvajes es el de DAWSON y GRIMM (1980). Realizan capturas con una periodicidad mensual, y concluyen que tanto la canal como el hígado muestran un crecimiento isométrico.

Estudios más recientes como el de NICOLOSI ASMUNDO y col. (1993) trabajando con lubina, determinaron que con el crecimiento aumenta el porcentaje de la parte comestible, evolucionando la relación entre dicha parte comestible y lo que este autor denomina como descarte (cabeza, cola, piel...) desde 0.76 para los peces de un año hasta 1.35 para los de 3 años.

Igualmente se han valorado los efectos que puede tener la dieta sobre el porcentaje de músculo. En este sentido, HILLESTAD y JOHNSEN (1994) trabajando con salmones concluyeron que el porcentaje de músculo no cambia con la dieta.

Por otra parte, MIGLAVS y JOBLING (1989a) demostraron un crecimiento compensador en salvelino; ya que comprobaron como el descenso en el tamaño relativo de hígado y vísceras cuando se sometía a los peces a una alimentación restringida, se recuperaban e incluso alcanzaban unos tamaños relativos mayores cuando pasaban a ser alimentados a saciedad que los peces que habían estado continuamente bajo ese sistema de alimentación. Evidentemente al tener una relación inversa las proporciones de las vísceras y el hígado con la de la canal, el peso relativo de ésta sufrió una dinámica contraria, representando un mayor porcentaje con el alimento restringido, que descendió cuando pasó a alimentarse a saciedad.

## 2.6. COMPOSICION QUIMICA.

### 2.6.1. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA COMPOSICION QUIMICA.

En su revisión, CLAWSON y col. (1991), enumeró los factores que influyen en la composición corporal, clasificándolos en nutricionales, dependientes del estado fisiológico, genéticos y debidos a la edad. SHEARER (1994) los clasificó de forma parecida aunque englobándolos previamente en dos grupos: endógenos (talla, sexo y estado del ciclo vital) y exógenos (derivados de la dieta como la

composición, frecuencia alimenticia, plano alimenticio, etc., o derivados del ambiente como temperatura, salinidad, etc.). En este sentido, aunque los cambios en la composición proximal pueden ser debidos al tratamiento, es decir, al ambiente o a la dieta, el efecto de los factores endógenos debe ser determinado y analizado en su proporción.

### 2.6.1.1. FACTORES ENDOGENOS

TORRES y col. (1989) criando lenguados llegó a la conclusión de que la edad influye en todos los componentes químicos. Durante el estadio juvenil, el pez incrementa en talla más rápidamente que el almacenaje de energía cuando la toma de la misma es limitada (GARDINER y GEDDES, 1980), razón por la cual los animales salvajes comparados con los cultivados a igual peso tienen menores niveles de lípidos y mayores de humedad (AOKI y col., 1991; BARRERA, 1993). Las diferencias en lípidos y humedad entre peces salvajes y cultivados parecen ser debidas a diferencias en la toma de energía, ya que las diferencias en gasto energético, con claro efecto sobre la eficiencia alimenticia y el crecimiento, son responsables de un pequeño efecto sobre la composición corporal (MIGLAVS y JOBLING, 1989).

Aunque los porcentajes de lípidos y humedad normalmente difieren entre peces cultivados y salvajes a un peso determinado, el porcentaje de proteína no (BARRERA, 1993). Lo que sí tiene una notable influencia sobre la tasa de incremento del porcentaje de proteína es el incremento de peso hasta llegar a adultos, manteniéndose dicho porcentaje relativamente constante (DENTON y YOUSEF, 1976).

En la maduración el crecimiento somático se ralentiza y eventualmente se para mientras las gónadas incrementan su talla; se movilizan proteínas y lípidos del músculo y van a la gónada. La masa corporal desciende levemente su peso y los almacenes de lípidos viscerales se reducen (AKSNES y col., 1986). Esto es más manifiesto para el caso de las hembras, donde hasta el 10% de los lípidos que constituyen la gónada provienen de la masa corporal (HARDY y col., 1985).

KIM y LOVELL (1995) comprobaron que tras mantener periodos de restricción alimenticia a diversos lotes de peces, cuando esta finalizaba mostraban un crecimiento compensador, siendo la composición química al final del periodo de estudio igual en los lotes restringidos y los que fueron alimentados a saciedad.

El efecto de los factores endógenos debe de ser valorado y separado antes del examen de los factores exógenos. En peces cultivados la proteína y cenizas son dependientes de la talla, mientras que los lípidos tienden a aumentar con la misma (NIIMI y BEAMISH, 1974; ZHANG y col., 1994; PAPOUTSOGLU y PAPAPARASKEVA-PAPOUTSOGLU, 1978) pero afectados por el ciclo vital y la toma de energía, estando además inversamente relacionados con la humedad (SHEARER, 1994). Cuando el tratamiento experimental crea diferencias de talla entre los diversos tratamientos, las diferencias en composición proximal pueden ser debidas a factores tanto endógenos como exógenos o ambos. En este sentido parecen algo contradictorios los resultados obtenidos por SCHMELZING y CLAUS (1994), ya que no encuentran correlación entre el peso de la canal y los porcentajes de materia seca o grasa total, aunque en el caso de ésta última presenta coeficientes de variación de hasta un 48%.

Para el caso concreto de la relación de la proteína con la talla SHEARER (1994) propone determinarla mediante un análisis alométrico. Ello consiste en establecer regresiones de las cantidades absolutas de proteína corporal frente al peso para cada tratamiento así como para todos en conjunto, y siempre después de haber transformado logarítmicamente los datos. De este modo compara las pendientes de las regresiones y comprueba que no difieren ni entre tratamientos ni de éstos con el global de la población, concluyendo que el contenido en proteína es dependiente de la talla para el rango de pesos examinado.

Otro aspecto a considerar en el estudio de la composición proximal es establecer las comparaciones en porcentajes sobre peso húmedo, ya que sobre peso seco, si cambia un componente se presenta un efecto sobre los demás (PAPOUTSOGLU y PAPAPARASKEVA-PAPOUTSOGLU, 1978). Posibles diferencias en lípidos van a dar lugar a aparentes diferencias en otros componentes, lo que puede llevar a un error de interpretación en como afecta el tratamiento a la proteína corporal (MILLIKIN, 1982; SMITH y col., 1988; NEMATIPOUR y col., 1992).

#### 2.6.1.2. FACTORES EXOGENOS.

La temperatura es uno de los factores ambientales (exógenos salvo la dieta) que han sido estudiados en su relación con la composición proximal (DEGANI y col., 1989) y cuyo efecto viene determinado porque al influir en la tasa metabólica hace que la proporción de la dieta destinada a mantenimiento sea

diferente, implicando por ello diferencias en los peces criados a varios rangos térmicos (BRETT y GROVES, 1979). Otro factor ambiental con efecto sobre la composición química es el ejercicio (CHRISTIANSEN y col., 1989), presentándose reducciones tanto en proteína como en lípidos. Por último reseñar que los componentes químicos no se ven afectados por la salinidad (PERERA y DE SILVA, 1978).

En cuanto a la dieta, lo primero a valorar va a ser la ración, a pesar de la dificultad en separar sus efectos con los de la composición del alimento, ya que la variación de aquella lleva ligada una modificación en las cantidades absolutas de proteína y energía que el pez va a obtener. HUISMAN (1976) encontró que la cantidad de lípidos en el cuerpo está relacionada con la ración cuando el pez se acerca a su máximo en la toma de energía. En este sentido, peces alimentados con menores cantidades de alimento que los controles pueden tener unos buenos crecimientos pero con menores niveles de lípidos corporales (STOREBAKKEN y AUSTRENG, 1987b), aumentándose dichos niveles a medida que va incrementándose la ración (STOREBAKKEN y AUSTRENG, 1987a; STOREBAKKEN y col., 1991). Ya que el peso se incrementa cuando aumenta la tasa de alimentación, es de esperar una asociación positiva de ésta con el porcentaje de grasa de la canal (REINITZ, 1983).

Diferencias en la composición de macronutrientes de la dieta tienen pequeños efectos en la distribución de los macronutrientes del músculo (FOWLER y col., 1994). Sobre la relación proteína-energía, los resultados presentados son contradictorios: por una parte algunos autores concluyen que a medida que aumenta la citada proporción aumentan las proteínas de la canal y descienden los lípidos (AUSTRENG y REFSTIE, 1979; ZEITLER y col., 1984; BARROWS y col., 1988; JOBLING y col., 1991; KEEMBIYEHETTY y DE SILVA, 1993; BALLESTRAZZI y col., 1994; WEBSTER y col., 1995), mientras que por otra los hay que describen el efecto contrario, descendiendo la proteína y aumentando los lípidos de la canal a medida que se incrementan los niveles de proteína de la dieta (GARLING y WILSON, 1976), e incluso que no haya efecto del nivel de proteína de la dieta con la proteína corporal (MILLIKIN, 1982).

Para el nivel de lípidos hay un mayor acuerdo. Así, cuando aumentan sus niveles en la dieta, se acompañan de una mayor deposición en el pez (BROMLEY, 1980; REINITZ y HITZEL, 1980; DAVIES, 1989; ARZEL y col., 1994; CATA CUTAN y COLOSO, 1995; VERGARA y col., 1996). STOWELL y GATLIN (1992) encontraron que al bajar el nivel de lípidos en la dieta aumentaba la proteína al analizar al animal entero, no presentándose diferencias en el músculo; la grasa

por su parte aumentaba tanto en el cuerpo completo como en el músculo cuando se incrementaba la grasa de la dieta. Igualmente se produce un aumento en la grasa del músculo cuando desciende la proteína de la dieta (HILLESTAD y JOHNSEN, 1994). Junto a esto destacar que aunque la energía disponible de la dieta parece ser el determinante más importante para la deposición lipídica corporal que el propio nivel de lípidos de la dieta, dicha cantidad y el perfil de ácidos grasos tiene un efecto preponderante en el perfil de ácidos grasos de los depósitos lipídicos (MUGRDITCHIAN y col., 1981; HARDY y col., 1987).

Hay también trabajos en los que se incrementan tanto la proteína como los lípidos de la dieta, aumentándose en este caso significativamente las proporciones en músculo tanto de la materia seca como la proteína y las cenizas, siendo algo mayor la deposición lipídica pero no significativamente diferente de la de los peces alimentados con dietas más pobres (WEDEKIND, 1995).

Los últimos factores de la dieta que pueden influir en la composición química van a ser el momento y la frecuencia de alimentación. En cualquier caso parecen tener un efecto indirecto, ya que el alimentar peces a saciedad cuando se incrementa el número de comidas por día lleva aparejado un aumento del consumo de alimento, incrementándose por ello el almacén de lípidos y permaneciendo prácticamente constante la proteína (GRAYTON y BEAMISH, 1977); si comen similar ración, aumentar el número de tomas no influye en la composición química (GRAYTON y BEAMISH, 1977; HUNG y col., 1993), si bien es cierto que a medida que disminuyen las tomas hay una tendencia a aumentar la deposición grasa (ROBAINA y col., 1997).

NOESKE-HALLIN y col. (1985), trabajando con pez gato, comprobó que cuando los peces eran alimentados por la mañana usaban proteína para el crecimiento, mientras que por la tarde crecían menos y almacenaban más grasa. Cuando daba la mitad por la mañana y la otra mitad por la tarde, tanto el crecimiento como la deposición lipídica eran intermedias. En el lado contrario, REDDY y col. (1994) no encuentra variaciones en la grasa visceral o muscular variando el patrón diario de alimentación en trucha arco iris.

#### 2.6.2. RELACIONES ENTRE PARAMETROS.

El peso vivo de la mayoría de los peces consiste a grosso modo en un 70-80% de humedad, 20-30% de proteína y 2-12% de grasa (LOVE, 1970). Sin embargo estos valores varían considerablemente dentro y entre especies, al igual

que con la talla, maduración sexual, alimentación, época del año... La distribución de esas sustancias entre los diferentes órganos y tejidos del cuerpo pueden mostrar también considerables diferencias.

De los tres componentes citados, entre la grasa y la humedad existe una relación inversa, de tal manera que al aumentar la una disminuye la otra (NIIMI y BEAMISH, 1974; REINITZ, 1983; FAUCONNEAU y col., 1993; BRAUGE y col., 1994; ZHANG y col., 1994), pero tras dicha variación (dependiente de la alimentación, el crecimiento somático o la maduración sexual) el porcentaje sobre el peso vivo que los dos componentes tienen en conjunto permanece constante. En base a esto se establecen ecuaciones de regresión de la forma:

$$H = a_1 + b_1 G; G = a_2 + b_2 H$$

donde a y b son constantes, H la humedad y G la grasa, ambos en tanto por cien sobre la composición total.

BRETT y col.(1969) consideró la composición corporal en salmomes jóvenes en relación a un rango de temperaturas de 1 a 24°C y un rango de raciones de 0 a 6% del peso corporal por día. A partir de sus resultados encontró relaciones inversas entre los contenidos de grasa y proteína con el contenido en humedad.

GROVES (1970) concluyó que la proteína, agua y cenizas (los mayores componentes del cuerpo libres de grasa) estaban estrechamente relacionados el uno con el otro y con la longitud forquial en salmomes desde 0.5 a 2500 g. Comprobó que el porcentaje de grasa en el cuerpo tendía a incrementar con la talla del pez, pero no estaba estrechamente relacionado con otros componentes corporales ya que consideró que la grasa es una función de la historia nutricional del pez. Como apoyo a esta idea aportó que el principal determinante del factor de condición ( $K=100 \cdot P/L^3$ ) es la grasa, ya que en condiciones normales de alimentación, a una longitud determinada, el agua, la proteína y las cenizas están en una cantidad predecible, siendo el componente de la grasa el menos relacionado con dicha longitud.

McCOMISH y col.(1974) desarrolló ecuaciones de predicción para la composición proximal con el peso y la longitud. La longitud (L) fue la mejor variable para predecir el contenido en cenizas (C) ( $\text{Ln}C = a + b\text{Ln}L$ ); para la grasa (G) fueron la condición (K) y la longitud ( $G\% = a + bK - c\text{Ln}L$ ); mientras que para la proteína (P) un modelo que combinaba la condición, longitud y peso (P) ( $P\% = a - bK - c\text{Ln}L + d\text{Ln}P + e(\text{Ln}L * \text{Ln}P)$ ).

ELLIOT (1976) trabajando con truchas entre 10 y 300 g determinó una regresión del tipo  $Y = a - bX$  donde X era el agua e Y el resto de componentes (proteína, grasa y energía), determinando los contenidos de los mismos con unos límites de confianza al 95%. Teniendo en cuenta además que el contenido en agua estaría determinado por el peso corporal, la longitud o la condición, todos los componentes podrían calcularse a partir de estos parámetros utilizando un modelo de regresión múltiple  $Y = aL^{b_1} * P^{b_2}$ , donde a,  $b_1$  y  $b_2$  son constantes, L la longitud, P el peso e Y cualquiera de los componentes corporales (humedad, grasa, proteína o contenido calórico) salvo las cenizas, cuya relación con el peso es lineal ( $C = a + bP$ ). En este último punto reseñar que a diferencia de otros autores que establecen la mejor relación de las cenizas con la longitud (McCOMISH y col., 1974), ELLIOT (1976) la encuentra con el peso.

Los resultados de CAULTON y BURSELL (1977), los cuales están obtenidos trabajando con tilapias, muestran relaciones de los componentes corporales con la condición, K, siendo una relación lineal la del agua, curvilínea de la proteína, exponencial los lípidos y permaneciendo constante las cenizas. En el caso concreto de la relación entre lípidos como variable dependiente y agua como independiente, la relación lineal entre ambas da lugar a errores, sobreestimando para animales de baja condición. La explicación viene dada por el hecho de que cuando se incrementa la condición, el principal almacén de lípidos se realiza en base a triglicéridos, los cuales predominan sobre otros componentes lipídicos que por su parte, al ser esenciales para las funciones corporales, van a mantener sus niveles en baja condición: esto implica que en baja condición a una longitud dada el pez puede tener mayor porcentaje de lípidos que los peces más pesados a esa misma longitud. De ahí que la relación sea exponencial entre los lípidos y la condición.

## 2.7. COLOR EXTERNO Y DE LA CARNE.

El color de la piel depende de una cantidad más o menos numerosa de células cromatóforas y de una amplia gama de pigmentos, los cuales en muchos casos no pueden ser sintetizados y deben incluirse en la dieta, llegando a presentar por ello diferente color los animales salvajes frente a los cultivados cuando esto no se realiza (HAARD, 1992). En este sentido son ilustrativos los resultados de autores que han comparado individuos provenientes del medio natural y criados en condiciones controladas, ya sea de dorada (BARRERA, 1993; SAÑUDO y col., 1993) o con lubina (POUEY y col., 1993), presentando en cualquier caso valores más



oscuros los animales cultivados que los salvajes, con tonos además menos verdosos y más amarillentos (BARRERA, 1993).

LAROCHE y col. (1995) determinó las correlaciones entre valores de apreciaciones sensoriales y determinados instrumentalmente mediante el espacio de color definido por la norma CIE (Commission International d'Eclairage, 1976): plano cromático de coordenadas  $a^*$  (valores positivos corresponden a tonos rojos y negativos a verdes) y  $b^*$  (valores positivos tonos amarillos y negativos azules), situándose perpendicular al mismo el eje  $L^*$  (claridad). Mientras que los valores de las coordenadas cromáticas  $a^*$  y  $b^*$  presentan correlaciones significativas con las apreciaciones sensoriales del color, la claridad instrumental no está ligada a la sensorial.

La apreciación del aspecto de la carne está condicionada en gran parte por el color (FAUCONNEAU y col., 1993), sobre todo en el caso de los salmónidos ya que son los únicos de entre los peces que se consumen que poseen una carne pigmentada derivada en su caso de la ingesta de organismos a su vez pigmentados (SPINELLI, 1979). Esta característica obliga a que para la cría de estas especies se vengan aportando pigmentos con el alimento, siendo éstos los responsables del color de la carne (TORRISSEN, 1985).

Un aumento en el contenido de lípidos en la dieta también ejerce influencia, aunque de manera indirecta, en el color de la carne, ya que se mejora la absorción y deposición de pigmentos (SEURMAN y col., 1979), disminuyendo algo los valores de  $L^*$  pero aumentando los de  $a^*$  y  $b^*$ .

Además de la dieta, otro de los factores que influyen en el color de la carne es la velocidad de crecimiento, estando correlacionados con la misma de manera altamente significativa los valores de las coordenadas cromáticas aunque no así la claridad (BOUVINEAU y col., 1993). En realidad más que con la tasa de crecimiento lo vuelven a estar con los pigmentos de la dieta y el nivel de deposición lipídica del animal, ya que un aumento de la cantidad de grasa almacenada por parte de los individuos con mayores tasas de crecimiento va a favorecer el transporte de los pigmentos carotenoides al ser dependiente de la presencia de lipoproteínas y realizarse su depósito en el tejido adiposo (NAKAMURA y col., 1985). Junto a esto, y al presentarse los pigmentos con el alimento, el pez que crece más y por ello come más, también ingerirá una mayor cantidad de pigmentos.

Otros factores de manejo estudiados en relación con el color de la carne son el ejercicio (sometiendo a los peces a variaciones de corriente) y la cría bajo diferentes condiciones de temperatura del agua, concluyéndose en ambos casos que los parámetros ambientales afectan poco al color de la carne (FAUCONNEAU y col., 1993), no presentando diferencias significativas los valores de  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ .

Como factor intrínseco que afecta al color está el estado de maduración sexual en el caso de los salmones (ASKNES y col., 1986). Durante dicho proceso se van produciendo unos cambios en la carne en el sentido de perder grasa y proteína que se van sustituyendo por agua, aumentándose los valores de  $L^*$  como consecuencia del incremento relativo en tejido conectivo derivado de la concentración de la proteína contráctil del músculo, y disminuyendo los de  $a^*$  y  $b^*$  por las pérdidas de astaxantina (REID y col., 1993).

# **3. MATERIAL Y METODOS**



### 3.1. EXPERIMENTO 1º. CRECIMIENTO DE JUVENILES HASTA TALLAS COMERCIALES.

#### 3.1.1. MATERIAL ANIMAL.

Para la realización del presente experimento las doradas fueron suministradas por una explotación comercial, Alevines y Doradas, S.A. (ADSA), ubicada en el municipio de San Bartolomé de Tirajana, al Sur de la isla de Gran Canaria. A dicha explotación habían llegado con una edad aproximada de tres meses y un peso de 1 g, provenientes de una hatchery del norte de la península, concretamente de Tinamenor, S.A. (Cantabria), habiendo sido criadas bajo régimen de luz natural hasta el momento en que fueron tomadas para someterlas a las condiciones experimentales.

El experimento comenzó en Agosto de 1994, momento en que los peces tenían un peso medio de  $25.6 \pm 0.3$  g y una longitud total de  $11.5 \pm 0.1$  cm, correspondiendo a una edad aproximada de 8 meses. Dos semanas antes de iniciarse el experimento, los peces fueron trasladados desde la empresa ADSA a las instalaciones del Instituto Canario de Ciencias Marinas (ICCM), a fin de aclimatarse a las nuevas condiciones de cultivo. El número total de individuos trasladados fue de 1000. En el momento de iniciar el experimento, se pesaron y midieron, rechazando los que estuvieran por debajo de 19 g y por encima de 31 g, comenzándose el experimento con 765 peces.

#### 3.1.2. CONDICIONES DE CULTIVO.

##### 3.1.2.1. TANQUES.

Al llegar los peces estos fueron repartidos al azar en cinco tanques cilíndricos de fibra de vidrio con capacidad para 500 l (diámetro de 119 cm y altura de 49 cm, con base esférica de 11 cm de profundidad máxima en el punto medio). Aquí estuvieron dos semanas antes de iniciarse el experimento, momento en el cual se repartieron al azar 153 individuos en cada uno de los tanques.

Durante los tres primeros meses del experimento (8 de Agosto a 30 de Septiembre de 1994) el mismo se desarrollo en esos tanques de 500 l. A partir de este momento, los peces fueron trasladados a tanques también cilíndricos y de fibra de vidrio de 1800 l de capacidad (diámetro de 180 cm y altura de 100 cm),

ubicación en la que permanecieron hasta el final del experimento (el último muestreo se realizó el 4 de Julio de 1995).

### 3.1.2.2. CONDICIONES DEL MEDIO ACUATICO.

Durante todo el experimento se mantuvo un flujo constante aproximado de 6 l/min de agua de mar. A cada uno de los tanques llegaba, a partir de un sistema general, una toma de agua que entraba superficial y tangencialmente, creando una corriente circular en el interior que provocaba la acumulación de detritus en el fondo y centro del tanque, facilitándose con ello la autolimpieza ya que la evacuación del agua se realizaba por esa zona.

Además de esta elevada tasa de renovación (en los tanques de 500 l había alrededor de 17 renovaciones diarias y en los de 1800 alrededor de 5) cada tanque contaba con una suplementación adicional para la oxigenación del agua mediante aireación. Todo ello a fin de mantener unos niveles de O<sub>2</sub> disuelto de alrededor de 7 mg/ml y nunca por debajo de 5.5 (se hicieron mediciones diarias a diferentes horas, con pequeñas oscilaciones según las propias condiciones del agua que llegaba a las instalaciones).

En cuanto a la temperatura, también controlada diariamente, osciló entre los 18.3°C de mínima a mitad de Marzo y 22.9°C a principios de Septiembre (Figura 2).

### 3.1.2.3. ILUMINACION.

A fin de cuantificar los efectos que la duración del periodo de iluminación y la forma de presentarse tiene sobre el crecimiento y desarrollo, se establecieron los siguientes tratamientos, según terminología propuesta por LEWIS y PERRY (1990) en la que las horas de luz se acompañan de la letra L(=light) y las de oscuridad de la D(=dark), apareciendo entre paréntesis y multiplicado por el número de ciclos correspondientes para cubrir las 24 horas del día cuando estamos en regímenes simétricos intermitentes:

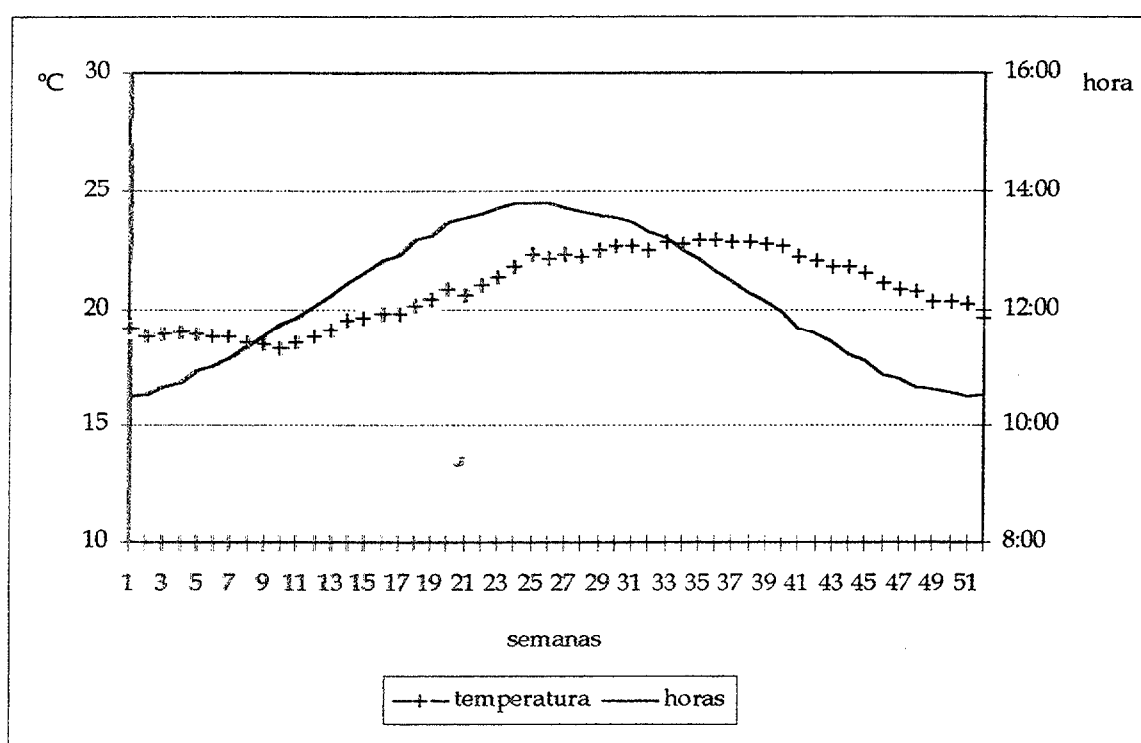
- \* Tratamiento 1 (control): iluminación natural.
- \* Tratamiento 2: iluminación constante 24L:0D.

\* Tratamiento 3: fotoperiodo largo constante 16L:8D.

\* Tratamiento 4: fotoperiodo intermitente 6(1L:3D).

El régimen de iluminación natural se corresponde con las horas de luz de la latitud 28° 10' Norte, con 10 horas 30 minutos a finales de Diciembre y 13 horas 45 minutos a finales de Junio (Figura 2).

Figura 2. Evolución de la temperatura y horas de luz natural a lo largo del año.



En el tratamiento control, y en orden a cuantificar el efecto tanque dentro de tratamiento para poder en su caso corregir dicho efecto, dos tanques fueron sometidos a las condiciones de iluminación natural. Para el resto se utilizó un único tanque por cada tratamiento.

Los tanques con fotoperiodos controlados se mantuvieron aislados respecto a las condiciones de iluminación natural del resto de la nave de cultivos mediante una estructura metálica cubierta con una lámina plástica de color negro que los individualizaba. Sobre cada uno de los mismos (tratamientos 2 a 4) y a una distancia aproximada de 1 m sobre la superficie del agua, se instaló una lámpara

fluorescente de 60 w, registrándose a nivel de dicha superficie una intensidad luminosa de 200 lux. El encendido y apagado se controlaba desde una caja común instalada a tal efecto con temporizadores individualizados por tratamiento.

#### 3.1.2.4. DENSIDAD.

La densidad media de cultivo a lo largo del experimento fue de 20 kg/m<sup>3</sup>. Al comienzo del mismo así como cuando los peces fueron trasferidos de los tanques de 500 l a los de 1800 l, la carga estuvo alrededor de los 11 kg/m<sup>3</sup>, acercándose al final del experimento así como antes del cambio a los 25 y 30 kg/m<sup>3</sup> respectivamente para los tanques de 1800 y 500 l.

#### 3.1.3. ALIMENTACION.

La alimentación se realizó a base de piensos extrusionados comerciales (EWOS, S.A.) con las siguientes características indicadas por el fabricante:

- Humedad: 10%.
- Proteína bruta: 47%.
- Materia grasa bruta: 18%.
- Cenizas brutas: 8%.
- Celulosa bruta: 2%.

El alimento se presentó a libre disposición mediante comederos de autodemanda diseñados y fabricados por el autor a partir de modelos comercializados a nivel de las empresas del sector. Dicho comedero consistía en una tolva de P.V.C. en la que se almacenaba el pienso con capacidad aproximada para 2 kg, al final de la cual había un tubo, también de P.V.C., de 5 cm de diámetro. Sujeta de este tubo por dos brazos laterales a manera de columpio, se situaba una plancha circular de 6 cm de diámetro, desde cuyo centro pendía una varilla de 25 cm de longitud. Al final de la varilla se incrustaba una bola de corcho que penetraba en el agua unos 5 cm. Varilla, plancha y brazos de la misma estaban fabricados en acero inoxidable. Todo esto estaba sujeto al borde del tanque con una pletina de acero inoxidable en cuyo extremo había una argolla, también de acero inoxidable, que a nivel del tubo mantenía la estructura.



La caída del alimento se producía cuando los peces, al impactar de forma contundente y continuada sobre la bola de corcho sumergida, hacían mover la plancha justo debajo del tubo, la cual estaba separada del mismo el espacio justo para posibilitar la caída de unos pocos gránulos de pienso. Para impedir que un golpe fuerte pudiera desviar demasiado la plancha y con ello vaciara la tolva, a ambos lados de uno de los brazos se colocaron sendos topes que permitían el movimiento pero no su total desplazamiento.

La tolva era revisada y rellenada diariamente a partir de una cantidad previamente tarada, calculando los consumos diarios por diferencia entre el peso previo de dicha cantidad y el peso tras haber llenado la tolva.

Para asegurar una correcta utilización del sistema de alimentación, en el tiempo de aclimatación a las condiciones de cultivo (las dos semanas ya mencionadas a la llegada de los animales a la planta experimental) se "enseñó" a los peces su utilización: cada día durante tres o cuatro periodos de 15 a 20 minutos aproximadamente, se hacía el reparto del alimento en pequeñas cantidades alrededor de la bola de corcho sumergida. Prácticamente a partir de los tres o cuatro primeros días ya era accionado por los peces.

#### 3.1.4. MUESTREOS.

##### 3.1.4.1. CRECIMIENTO.

Los muestreos para valorar los efectos que sobre el crecimiento presentaron los diferentes tratamientos se realizaron con una periodicidad bisemanal. En cada punto de muestreo se tomaron 30 peces de cada tanque que tras ser anestesiados en fenoxietanol (al 0.075% del preparado comercial de la empresa BRANQUIA, S.L.) fueron pesados con precisión de 0.1 g y medidos en su longitud y anchura total con precisión de 0.1 cm. Para que la captura fuera al azar y sin tener que modificar el nivel del tanque los peces se en un pequeño espacio del cual eran capturados mediante un salabre.

Junto con los datos de consumo así como los obtenidos en los muestreos periódicos de crecimiento, se cuantificaron las siguientes variables:

\* Tasa de crecimiento (TC) (Ricker, 1979):

$$TC = (\ln P_2 - \ln P_1) * 100 / (t_2 - t_1)$$

\* Tasa media diaria de alimento consumido (TAC):

$$TAC = Q(t_2 - t_1) * 100 / [(P_2 - P_1) / 2]$$

\* Índice de conversión del alimento (IC):

$$IC = Q(t_2 - t_1) / (P_2 - P_1)$$

donde  $P_2$  y  $P_1$  son las medias de pesos en los momentos final e inicial respectivamente,  $Q$  es la cantidad media diaria de alimento demandado (y/o consumido) por cada individuo y  $(t_2 - t_1)$  el intervalo en días entre los momentos inicial y final del tiempo en estudio.

#### 3.1.4.2. MORFOLOGIA, COMPOSICION REGIONAL Y QUIMICA.

En este caso los muestreos tuvieron una periodicidad mensual. De los 11 realizados, en los tres primeros así como en el último, el número de peces capturado fue de seis por tanque; en el resto de muestreos solo se capturaron tres, a fin de no llegar al final con un grupo excesivamente reducido de animales por tanque, lo cual podría llegar a enmascarar los resultados del crecimiento.

Una vez muestreados, los peces fueron introducidos en hielo y trasladados al laboratorio para su posterior procesado.

#### 3.1.5. METODOLOGIA PARA EL ESTUDIO DE LA MORFOLOGIA.

Para el estudio morfológico se siguió el mismo protocolo propuesto por BARRERA y SAÑUDO (1985) aunque con alguna modificación. Todas las medidas se realizaron con calibrador y con una precisión de 0.01 cm:

- 1<sup>a</sup>.- Longitud total: desde la sínfisis maxilar hasta el extremo de la aleta caudal.
- 2<sup>a</sup>.- Longitud forquial: desde la sínfisis maxilar hasta la punta central de la aleta caudal.
- 3<sup>a</sup>.- Longitud cefálica: desde la sínfisis maxilar hasta el borde óseo posterior del opérculo.

- 4<sup>a</sup>.- Anchura cefálica o distancia interorbitaria: la distancia existente entre los dos arcos cigomáticos.
- 5<sup>a</sup>.- Altura dorsal anterior: desde el borde dorsal hasta el borde ventral a nivel de la inserción anterior de la aleta dorsal.
- 6<sup>a</sup>.- Altura anal: desde el borde dorsal hasta el borde ventral a nivel del poro anal.
- 7<sup>a</sup>.- Altura dorsal posterior: desde el borde dorsal hasta el borde ventral a nivel de la inserción posterior de la aleta dorsal.
- 8<sup>a</sup>.- Anchura dorsal anterior: máxima distancia entre ambos flancos medida a nivel de la inserción anterior de la aleta dorsal.
- 9<sup>a</sup>.- Anchura anal: máxima distancia entre ambos flancos medida a nivel del poro anal.
- 10<sup>a</sup>.- Anchura dorsal posterior: máxima distancia entre ambos flancos medida a nivel de la inserción posterior de la aleta dorsal.

### 3.1.6. METODOLOGIA PARA EL ESTUDIO DE LA COMPOSICION REGIONAL.

Inmediatamente después del estudio morfológico de cada individuo, se procedió a su disección, con alguna modificación sobre propuestas realizadas por otros autores (BARRERA, 1993; BARRERA y SAÑUDO, 1985; DE LA ROSA, 1989). Los pesos de las diferentes fracciones obtenidas se determinaron con una balanza electrónica con precisión de 0.01 g:

- 1<sup>a</sup>.- Peso total: realizado previamente al estudio morfológico.
- 2<sup>a</sup>.- Peso del aparato digestivo: comprende el tubo digestivo cortado por el esófago y por el ano, bazo y toda la grasa adherida, así como el contenido digestivo.
- 3<sup>a</sup>.- Peso del contenido del aparato digestivo: se presiona y/o se corta longitudinalmente el tubo digestivo y se extraen los restos del alimento que se encuentren.

- 4<sup>a</sup>.- Peso del hígado y de la vesícula biliar: se realiza un corte a nivel del ileo hepático y se separan estas estructuras del resto del aparato digestivo.
- 5<sup>a</sup>.- Peso de las gónadas: caso de que las presenten, realizando un corte a nivel del poro genital.
- 6<sup>a</sup>.- Peso canal o del animal eviscerado: es el peso del animal una vez extraídos el aparato digestivo, las gónadas, el corazón, la vejiga natatoria y el sistema renal.
- 7<sup>a</sup>.- Peso de la piel: incluye piel y escamas.
- 8<sup>a</sup>.- Peso de los "lomos": comprende los músculos epaxiales así como la fracción muscular de la aleta dorsal.
- 9<sup>a</sup>.- Peso de las "faldas": comprende los músculos hipaxiales así como la fracción muscular de las aletas pectorales, ventrales y anal.
- 10<sup>a</sup>.- Peso de la cabeza: separada del raquis entre la articulación del hueso occipital y la primera vértebra.
- 11<sup>a</sup>.- Peso del raquis y de las aletas: incluye la columna vertebral desde la primera vértebra hasta la inmediatamente anterior al urostilo junto con las costillas (raquis), así como aletas con sus radios óseos (dorsal, caudal, pectorales, ventrales y anal).

Dentro de este apartado hay que añadir la siguiente consideración: si bien el peso canal debe ser igual a la suma de los pesos de la piel, los lomos, las faldas, la cabeza, el raquis y las aletas, las pérdidas que se van produciendo a lo largo del proceso de disección hace que dicha suma sea algo menor. Por una parte las pérdidas son debidas a la propia evaporación, aunque no son demasiado trascendentes, así como a los restos de sangre, escamas, grasa y músculo que quedan en el material. Se asumen como razonables unas pérdidas inferiores al 2%, eliminándose los individuos que superen ese nivel.

A partir de los datos obtenidos con las determinaciones anteriores se calculan los siguientes índices:

- 1º.- Peso vivo vacío: se corresponde con el peso total menos el peso del contenido del aparato digestivo. Para el cálculo de los índices en que intervenga el peso total, se va considerar el peso vivo vacío, a fin de que dichos calculos no puedan estar condicionados por un diferente estado de depleción gástrica.
- 2º.- Rendimiento a la canal sobre el peso vivo vacío o rendimiento comercial: porcentaje del peso vivo vacío que supone el peso canal.
- 3º.- Carne total: suma de los pesos de los "lomos" y de las "faldas".

### 3.1.7. METODOLOGIA PARA EL ESTUDIO DE LA COMPOSICION QUIMICA.

Tras el estudio de la composición regional, se guardaron las piezas correspondientes a los lomos, las cuales fueron congeladas hasta su posterior análisis. Se determinaron las siguientes variables:

- a) **Humedad.** Cada lomo se predeseccó a 60°C durante 24 horas, hasta alcanzar un valor de humedad de alrededor del 10%. En este momento se molió finamente y se tomó una alícuota para pasarla a la estufa a 105°C durante 24 horas hasta pesada constante.
- b) **Cenizas.** En el crisol en el que se midió la humedad, y una vez determinada esta última, la misma muestra se introdujo en la mufla donde fue incinerada a 550°C durante 12 horas hasta pesada constante.
- c) **Proteína.** A partir de la muestra molida se determinó la cantidad de nitrógeno por el método Kjeldhal, multiplicando dicha cantidad por 6.25 para el cálculo de la proteína.
- d) **Grasa.** Igualmente desde la muestra molida se determinó la cantidad de grasa gravimétricamente tras la extracción con éter dietílico por el método Soxhlet.

En todos los casos el análisis se realizó por duplicado tomándose la media como resultado definitivo. No se consideraron válidos y por eso fueron repetidos en su caso los análisis cuando entre ambos la diferencia fue mayor de un 5%.

### 3.1.8. METODOLOGIA PARA EL ESTUDIO DEL COLOR.

Al finalizar el experimento, 4 de Julio de 1995, 30 peces de cada tanque fueron muestreados. El sacrificio se realizó tras ser introducidos en recipientes con hielo, trasladándose después al laboratorio para su posterior análisis.

Se determinó tanto el color externo como el de la carne. En el primer caso, este se valoró en el flanco izquierdo y en la zona dorsal, entre la inserción anterior de la aleta dorsal y la línea lateral. El color de la carne se tomó en el mismo lugar una vez fue retirada la piel.

El análisis se realizó con un colorímetro Minolta CR-200, midiéndose por triplicado los parámetros  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  de cada muestra.

### 3.2. EXPERIMENTO 2º. INFLUENCIA DE LA LUZ SOBRE EL CRECIMIENTO EN ADULTOS: RETRASO DE LA MADURACION SEXUAL.

Para cumplir con los objetivos propuestos en este experimento, el mismo se repitió en dos épocas distintas y con diferentes condiciones experimentales: una primera prueba entre Diciembre de 1995 y Marzo de 1996, y la repetición entre Septiembre de 1996 y Junio de 1997 (en concreto el primer muestro se realizó el 3 de Septiembre y el último el 30 de Junio).

La primera prueba se comenzó con una carga de  $60 \text{ kg/m}^3$ , ya que al programarse sacrificios periódicos a fin de valorar los estadios de desarrollo gonadal, había que llegar al final del experimento con unas densidades representativas y comparables a las que son normales en las empresas de engorde. Los resultados no fueron satisfactorios debido a que la regresión gonadal se presentó no solo en los lotes a los que se manipuló la luz sino también en los controles, probablemente como consecuencia de las condiciones de estrés (CAMPBELL y col., 1994) derivadas de pasar los peces a unos tanques más pequeños y además a unas densidades mayores a las que habían sido habituales a lo largo de su crianza. Por ello hemos decidido no detallar las condiciones ni presentar los resultados, centrándonos únicamente en la segunda de las repeticiones.

### 3.2.1. MATERIAL ANIMAL.

Al realizarse este experimento en las propias dependencias de la empresa ADSA, las doradas utilizadas en el mismo provinieron del propio stock de cultivo, habiéndolo estado bajo las condiciones habituales de un proceso de engorde. Se contó desde el inicio con 780 peces que presentaron un peso medio de  $392.2 \pm 5.2$  g y con una longitud forquial media de  $25.7 \pm 0.4$  cm, los cuales fueron trasladados a los tanques en los que se iba a desarrollar el experimento dos semanas antes de su comienzo a fin de su necesaria aclimatación.

### 3.2.2. CONDICIONES DE CULTIVO.

#### 3.2.2.1. TANQUES.

Los peces fueron repartidos al azar en seis tanques cilíndricos de fibra de vidrio con capacidad para 1800 l (diámetro de 180 cm y altura de 100 cm).

#### 3.2.2.2. CONDICIONES DEL MEDIO ACUÁTICO.

Durante todo el experimento se mantuvo un flujo constante aproximado de 20 l/min de agua de mar. Cada tanque contaba con su correspondiente toma de agua a partir de un sistema general, con una entrada sumergida y una dirección de flujo tangencial, creándose una corriente circular en el interior que facilitara la acumulación de detritus en el fondo y centro del tanque, favoreciéndose con ello la autolimpieza ya que la salida se encontraba a ese nivel.

Junto con la elevada tasa de renovación (alrededor de 16 renovaciones al día) el agua entraba a los tanques tras una previa saturación, registrándose unos niveles a lo largo de los controles que se realizaban diariamente de alrededor de 10 mg de  $O_2$ /ml. Además cada tanque contaba con un sistema adicional de aporte de oxígeno que podía ser accionado manualmente para corregir los posibles déficits. La temperatura media fue de  $20.5 \pm 2.5^\circ C$ .

### 3.2.2.3. ILUMINACION.

Los tratamientos relativos a los diferentes programas de iluminación fueron:

\* Tratamiento 1 (control): iluminación natural.

\* Tratamiento 2: iluminación natural con suplementación de luz al atardecer de cuatro horas para alcanzar un régimen aproximado de 16 horas de luz y 8 de oscuridad (al permanecer los tanques al aire libre dicho régimen de iluminación no se mantuvo constante, legando a un mínimo de 15h 15' coincidiendo con el solsticio de invierno y de 16h 45' con el de verano).

\* Tratamiento 3: iluminación natural desde el inicio del experimento hasta la mitad del mismo (23 de Diciembre de 1996); desde este momento y hasta su conclusión, fue similar al tratamiento 2.

El número de tanques por tratamiento fue de dos, realizándose la suplementación de luz mediante un tubo fluorescente por tanque, aportando una intensidad luminosa de 200 lux medidos en la superficie del agua.

### 3.2.2.4. DENSIDAD.

La densidad media de cultivo estuvo alrededor de los 25 kg/m<sup>3</sup>, realizándose descargas periódicas a fin de mantener un máximo de 30 y un mínimo de 20 kg/m<sup>3</sup>.

### 3.2.3. ALIMENTACION.

El tipo de alimento utilizado fue de las mismas características que el del experimento anterior: piensos comerciales extrusionados de la empresa EWOS, S.A. El reparto se hizo de forma manual, suministrando aproximadamente un 1% diario sobre la biomasa presente en tres tomas, aunque esta cantidad fue reduciéndose levemente durante los periodos más fríos del invierno por observarse un cierto rechazo así como presencia de pienso en el fondo de los tanques por no haber sido consumido.



### 3.2.4. MUESTREOS.

Los muestreos para determinar las variables en estudio se realizaron con una periodicidad mensual.

#### 3.2.4.1. CRECIMIENTO.

Treinta individuos de cada tanque fueron capturados al azar siguiendo igual pauta que en el anterior experimento, los cuales tras ser anestesiados en fenoxietanol fueron pesados y medidos en su longitud forquial, todo ello a fin de determinar algunas de las variables ya citadas con anterioridad tales como la tasa de crecimiento y el índice de conversión del alimento.

#### 3.2.4.2. MADURACION GONADAL.

Una vez pesados y medidos se realizó sobre los treinta individuos un masaje abdominal a fin de determinar el porcentaje de los que estaban maduros, clasificando como tal a los que emitían esperma tras dicha operación (LUNDQVIST, 1980).

Además del porcentaje de maduración se ideó una escala subjetiva que pudiera proporcionar información sobre el grado de maduración en función de la cantidad de esperma emitido. En este sentido se dio el valor de 1 a los peces que tras el masaje solo alcanzaban a presentar esperma en el poro genital; el valor de 2 a los que sobrepasaban dicho nivel; por fin el valor de 3 los que mantenían una emisión profusa y continuada mientras se realizaba el masaje.

#### 3.2.4.3. NIVEL DE HORMONAS SEXUALES.

En orden a cuantificar el nivel de hormonas sexuales en sangre se realizaron extracciones a 10 peces por tanque y por muestreo mediante una punción caudal se extrajo aproximadamente 1 ml de sangre de cada individuo; ocasionalmente hubo peces en los que este intento resultó infructuoso, realizándose en estos casos el acceso a la vía correspondiente a nivel de la branquia, observándose un grado de recuperación similar a pesar de ser una zona más problemática. Tras el pinchazo se aplicaron en el lugar del mismo unas gotas de agentes iodóforos.

La sangre entera fue trasvasada a un eppendorf previamente heparinizado, que tras ser sumergido en hielo, fue trasladado al laboratorio. Esta sangre fue centrifugada a 2000 g durante 5 minutos y a 4°C, obteniendo el plasma, congelándolo y almacenándolo a -40°C hasta el momento de su análisis.

### 3.3. ANALISIS ESTADISTICO.

Un modelo general de análisis lineal fue utilizado tanto para el peso como la longitud a fin de determinar la variación atribuible a los efectos del fotoperiodo:

$$Y_{ij} = \mu + F_i + \varepsilon_{ij}$$

donde  $Y_{ij}$  es el valor individual del pez,  $\mu$  es la media de la población,  $F_i$  es el efecto fijo del fotoperiodo  $i$ -ésimo y  $\varepsilon_{ij}$  es el error residual asociado al registro  $ij$ -ésimo.

Para el caso de las variables de composición química se utilizó un modelo de dos factores con el peso como covariable:

$$Y_{ijk} = \mu + F_i + H_j + (FH)_{ij} + \beta X_{ijk} + \varepsilon_{ijk}$$

donde  $Y_{ijk}$  es el valor individual del pez,  $\mu$  es la media de la población,  $F_i$  es el efecto del fotoperiodo  $i$ -ésimo,  $H_j$  el efecto del muestreo  $j$ -ésimo,  $(FH)_{ij}$  la interacción entre ambos,  $\beta X_{ijk}$  es la regresión de la variable de composición sobre el peso del pez  $k$ -ésimo en el tratamiento  $i$ -ésimo del muestreo  $j$ -ésimo y  $\varepsilon_{ijk}$  es el error residual asociado al registro  $ijk$ -ésimo.

Las variables de color se analizaron siguiendo un modelo lineal similar al utilizado para el peso y la longitud excepto que se incluyó el peso como covariable.

En todos los modelos se aplicó un test *a posteriori* Scheffé al 95%.

Tanto las ecuaciones de predicción como las relaciones alométricas se determinaron mediante modelos de regresión, ya sean lineales como multiplicativos según el tipo de variable estudiada. Para las comparaciones entre pendientes se siguió el test propuesto por MARTIN y LUNA (1994).

# 4. RESULTADOS

٢٠

## 4.1. PRIMER EXPERIMENTO.

### 4.1.1. CRECIMIENTO.

El primer análisis de resultados realizado ha sido la comparación entre los dos tanques que han estado sometidos a las condiciones de tratamiento control con fotoperiodo natural. En ninguno de los puntos de muestreo se han observado diferencias estadísticamente significativas entre ambos ni para el caso del peso (peso final de  $402.9 \pm 10.3$  y  $401.6 \pm 10.7$  g para tanques 1 y 2 respectivamente) ni para el de la longitud total (longitud final de  $27.4 \pm 0.2$  y  $27.4 \pm 0.2$  cm para tanques 1 y 2 respectivamente). Tampoco las pendientes de las rectas de regresión han sido diferentes para las dos variables. Por todo ello se ha tomado la decisión de considerar los dos tanques como un único tratamiento control, comparando la conjunción de ambos con el resto de los tratamientos.

En la Tabla 4 se presentan los valores alcanzados para el peso en los diferentes tratamientos a lo largo del periodo de estudio junto con sus coeficientes de variación en cada muestreo así como la media del coeficiente de variación para todo el periodo en cada tratamiento. Mencionar que los valores correspondientes al muestreo noveno (día 123 desde el inicio del experimento) están estimados debido a que al iniciar dicho muestreo se detectó que el anestésico probablemente estaba en mal estado (los primeros peces a muestrear y en contacto con el mismo presentaron un anormal comportamiento y murieron casi al instante), motivo por el cual no se pudo realizar; es por ello que no aparecen las letras indicadoras de las posibles diferencias entre los valores de los distintos tratamientos.

Como se puede apreciar ya a partir del sexto muestreo (día 81) comienzan a aparecer diferencias a favor de los tratamientos de fotoperiodos largos, aunque todavía sin que sean estadísticamente significativas. Desde el octavo muestreo (día 109) hasta el final del experimento, el tanque sometido al tratamiento 16L:8D es siempre diferente estadísticamente de los tratamientos control y 6(1L:3D), marcando unos pesos que cada vez se van distanciando más a su favor y que van a culminar en el último muestreo con un 15.61% más de peso que los del control y un 13.28% sobre los del 6(1L:3D).

Igualmente el otro tanque con tratamiento de fotoperiodo largo, 24L:8D mantiene diferencias a su favor frente al control y al 6(1L:3D), aunque en algunos puntos se aleja o se acerca a los valores de esos dos tratamientos,

posiblemente por un efecto del propio error de muestreo, siendo por ello diferente o no estadísticamente en función del sesgo acontecido. En cualquier caso los valores para el peso alcanzados en este tratamiento están siempre entre los del tratamiento 16L:8D y los del control y 6(1L:3D).

Tabla 4. Valores alcanzados para el peso (g) a lo largo de los muestreos realizados según el tratamiento de fotoperiodo recibido.

días	control			6(1L:3D)			24L:0D			16L:8D		
	x	ee	CV	x	ee	CV	x	ee	CV	x	ee	CV
0	25,6a	0,3	15,1	25,6a	0,3	15,1	25,6a	0,3	15,1	25,6a	0,3	15,1
7	32,6a	0,3	15,3	28,4b	0,3	15,1	33,3a	0,3	10,5	31,4ab	0,5	18,5
21	39,2a	0,4	15,4	35,1b	0,5	17,7	39,0ab	0,4	12,3	39,9a	0,4	13,6
38	55,1ab	0,4	13,8	53,9ab	0,8	17,7	59,2a	0,7	14,8	53,1b	0,6	14,5
53	68,9a	0,5	12,2	67,6a	1,0	17,3	72,3a	1,0	16,0	69,3a	0,8	14,0
66	85,8a	0,7	12,9	76,1b	1,2	18,2	88,8a	1,4	18,2	87,8a	1,1	14,9
81	102,2ab	0,8	13,5	96,8a	1,5	15,9	109,2b	1,2	12,6	109,8b	1,4	14,8
95	113,7ab	0,9	12,5	106,5a	1,9	17,3	120,5b	1,2	11,3	120,7b	1,4	13,8
109	131,0a	0,9	11,5	128,4a	2,3	17,7	135,3a	2,1	17,9	149,9b	1,5	11,8
123	149,7	1,2	12,5	142,7	2,5	17,1	157,7	2,0	14,6	165,0	1,9	13,0
137	166,8a	1,4	13,5	162,7a	2,6	15,9	174,5a	1,9	12,6	186,7b	2,2	13,5
152	175,2a	1,6	13,0	175,3a	2,5	14,0	192,6b	2,8	12,8	205,6b	2,4	11,1
165	188,1a	1,8	13,3	182,6a	2,7	14,3	207,0b	3,3	13,5	217,1b	2,8	11,9
179	206,7a	2,2	14,6	196,7a	2,7	13,0	229,4b	4,0	15,0	232,2b	3,2	12,9
193	225,5ab	2,2	13,5	212,8a	3,7	16,5	245,6bc	4,1	13,9	254,7a	3,0	10,8
208	243,3a	2,2	12,7	238,3a	4,2	16,5	256,1ab	4,6	15,2	275,6b	3,8	12,8
221	256,3a	2,6	13,6	242,1a	4,7	17,9	267,2a	4,1	12,7	288,0b	4,7	14,8
235	264,8a	4,2	16,7	263,5a	4,1	14,5	278,4ab	4,6	13,8	301,5b	5,0	15,0
250	285,2a	3,5	16,4	274,6a	5,4	18,1	296,1ab	5,6	15,0	327,9b	4,7	13,0
263	306,3a	4,2	18,1	292,1a	5,9	18,3	310,0ab	6,2	15,3	345,7b	4,5	11,5
277	321,5ab	4,0	16,6	299,0a	6,1	18,6	337,2bc	6,1	13,7	356,2c	5,8	14,4
291	330,2a	3,9	15,4	315,0a	6,2	17,6	350,9ab	6,3	13,2	372,8b	6,1	14,3
305	364,5a	4,4	15,7	359,5a	6,9	17,1	374,5ab	6,1	12,1	404,5b	6,6	14,1
319	375,6a	4,3	14,5	388,0ab	8,3	18,6	421,9bc	7,2	12,2	431,3c	6,9	13,3
333	402,2a	4,5	14,2	410,5ab	8,4	17,9	445,9bc	9,2	15,0	465,0c	8,8	15,9
			14,2			16,8			13,9			13,7

x: valor medio de peso (g) en cada muestreo.

ee: error estándar.

CV: coeficiente de variación. Los valores que aparecen en la última fila se corresponden con los coeficientes de variación medios para cada tratamiento.

Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas.

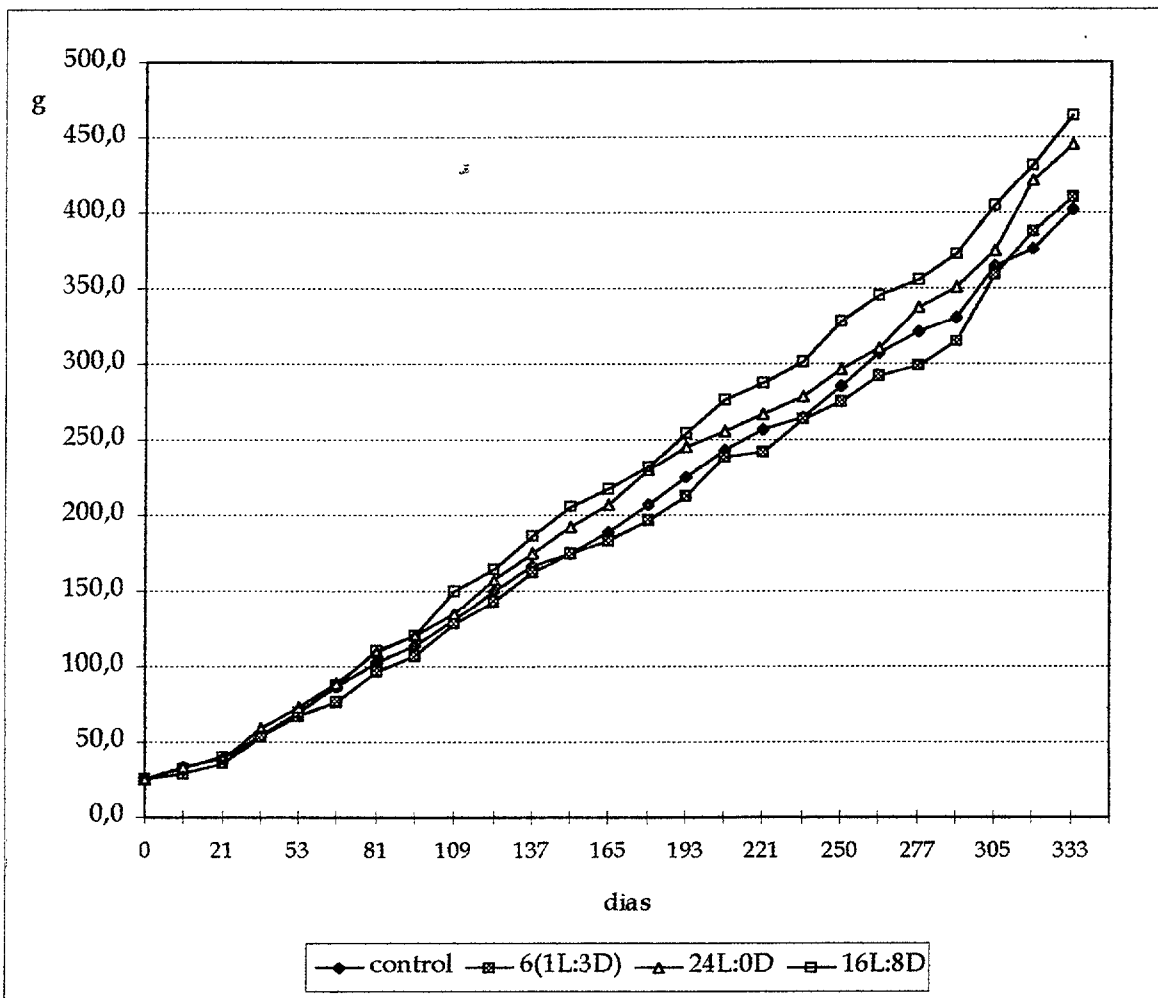
En referencia al tratamiento 6(1L:3D), éste se ha mantenido muy equilibrado con el control, permaneciendo por debajo o por encima del mismo pero sin encontrarse entre ambos diferencias estadísticamente significativas.

Como única excepción a lo anterior las diferencias entre los dos tratamientos en los dos primeros muestreos así como en el quinto.

Entre los tratamientos 24L:0D y 16L:8D las diferencias se presentan a favor de éste último a partir del muestreo octavo (día 109), pero ni antes ni después son estadísticamente significativas salvo para dicho muestreo octavo, el décimo (día 137) y el decimosexto (día 221).

La representación gráfica de como evolucionan los pesos en los diferentes tratamientos se puede observar en la Figura 3, constatándose como el tratamiento 16L:8D presenta los mejores valores frente a los peores del control y el 6(1L:3D), estando el 24L:0D en una situación intermedia.

Figura 3. Evolución del crecimiento en peso (g) según el tratamiento de fotoperiodo recibido.



Otro punto importante a destacar de la Tabla 4 es la evolución de los coeficientes de variación. Salvo para el tratamiento 6(1L:3D) en el que se alcanza un valor del 16.8%, dichos coeficientes permanecieron muy homogéneos y alrededor del 14%, siendo siempre los valores menores para los tratamientos con fotoperiodos largos.

Las ecuaciones de predicción para la evolución del peso en función de los tratamientos recibidos se presentan en la Tabla 5a. Dicha evolución y para los rangos de peso entre los que se desarrolló el experimento tuvo su mejor ajuste a un modelo lineal, encontrándose diferencias estadísticamente significativas entre las pendientes de las rectas de regresión salvo para el tratamiento control frente al 6(1L:3D), que fueron no significativas (Tabla 5b). Dentro de la bondad de los ajustes, el peor de todos ellos fue el de la recta para el tratamiento 6(1L:3D).

Tabla 5.

a. Ecuaciones de predicción para el peso (g) en función de los días de tratamiento.

	ecuación	r <sup>2</sup>	eee
control	10,690 + 1,125 x	90,74	35,70
6(1L:3D)	4,774 + 1,122 x	88,16	40,87
24L:0D	9,584 + 1,204 x	91,46	36,57
16L:8D	5,281 + 1,294 x	92,29	37,19

x: días de tratamiento.

r<sup>2</sup>: coeficiente de determinación.

eee: error estándar de la estima.

b. Comparación de pendientes.

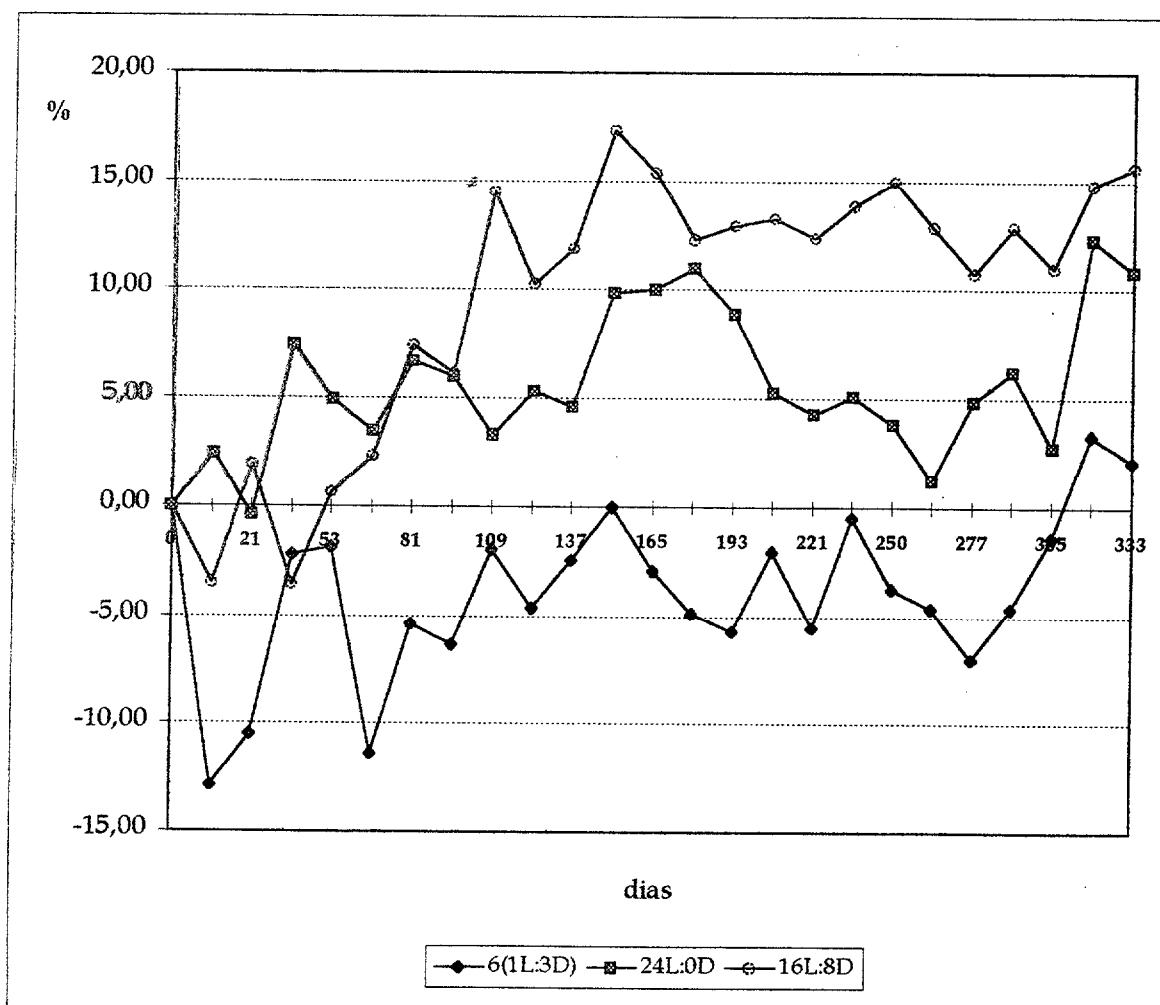
	control	6(1L:3D)	24L:0D
control	-		
6(1L:3D)	0,166	-	
24L:0D	4,661***	3,922***	-
16L:8D	9,989***	8,160***	4,521***

\*\*\*: diferencias significativas (P>0,001)



La evolución del porcentaje de variación del peso de los diferentes tratamientos con respecto al control se representa en la Figura 4. Casi desde el inicio empiezan a manifestarse diferencias de los tanques con fotoperiodos largos, aunque solamente el tratamiento 16L:8D mantiene un ritmo más constante hasta prácticamente estabilizarse alrededor del 15% por encima del fotoperiodo natural. El tanque sometido al tratamiento 24L:0D evoluciona de forma más irregular, con continuas subidas y bajadas pero igualmente permaneciendo por encima del control entre un 5 y un 10%. Por último, con el tratamiento 6(1L:3D), el peso de los peces bajo estas condiciones permanece casi todo el tiempo alrededor del peso de los del control, oscilando desde dicho peso hasta aproximadamente un 5% por debajo del mismo; al inicio del experimento la amplitud de los descensos es algo mayor.

Figura 4. Evolución del porcentaje de variación del peso del peso de los diferentes tratamientos con respecto al control.



Atendiendo ahora a la longitud, en todos los casos las evoluciones son muy similares (Tabla 6), no encontrándose diferencias estadísticamente significativas para esta variable entre los diversos tratamientos y dentro de cada muestreo. Ello a pesar de lo homogéneo de las medidas dentro de cada tratamiento como muestran los bajos valores para los coeficientes de variación, aunque en cualquier caso la longitud total del pez se multiplica por 2.5 veces desde el inicio hasta el final del experimento mientras que el peso lo hace más de 15 veces (Tabla 4) en el mismo periodo: grandes diferencias en peso se corresponden con pequeñas variaciones en longitud, siendo difícil como así se ha comprobado encontrar diferencias en ésta variable.

Tabla 6. Valores alcanzados para la longitud (cm) a lo largo de los muestreos realizados según el tratamiento de fotoperiodo recibido.

días	control			6(1L:3D)			24L:0D			16L:8D		
	x	ee	CV	x	ee	CV	x	ee	CV	x	ee	CV
0	11,52	0,04	5,26	11,52	0,04	5,26	11,52	0,04	5,26	11,52	0,04	5,26
7	11,89	0,04	5,38	11,56	0,04	4,67	12,17	0,03	3,45	11,82	0,06	5,92
21	12,73	0,04	5,11	12,4	0,05	4,91	12,59	0,05	4,68	12,78	0,04	4,14
38	14,07	0,04	5,05	13,79	0,06	5,51	14,36	0,05	4,31	14,11	0,06	4,96
53	15,05	0,04	4,05	15,04	0,06	4,72	15,27	0,07	5,17	15,19	0,05	4,21
66	16,08	0,04	4,29	15,84	0,07	5,05	16,28	0,08	6,02	16,23	0,06	4,68
81	17,11	0,04	4,15	16,85	0,08	4,62	17,53	0,07	4,84	17,49	0,07	4,63
95	17,84	0,04	4,04	17,66	0,10	5,49	18,29	0,06	4,10	18,01	0,07	4,27
109	18,53	0,04	3,44	18,23	0,11	6,03	18,46	0,08	5,30	18,99	0,08	4,58
123	18,62	0,05	4,03	18,38	0,12	6,14	18,82	0,08	4,78	18,97	0,08	4,63
137	20,20	0,06	4,45	20,08	0,12	5,87	21,02	0,07	3,90	20,65	0,08	4,35
152	20,96	0,07	4,48	20,52	0,12	5,45	21,17	0,11	4,39	21,90	0,10	4,33
165	21,40	0,07	4,39	21,24	0,11	4,80	21,81	0,10	3,94	22,24	0,10	4,04
179	21,95	0,07	4,37	21,54	0,12	5,20	22,39	0,13	4,95	22,61	0,10	4,15
193	22,43	0,07	4,45	22,38	0,14	5,76	22,89	0,15	5,41	23,11	0,10	3,93
208	22,99	0,07	4,35	22,85	0,14	5,86	23,08	0,16	6,02	23,54	0,11	4,24
221	23,42	0,07	4,22	23,02	0,14	5,69	23,39	0,14	5,00	23,94	0,13	4,92
235	23,82	0,11	5,12	23,64	0,16	6,43	23,54	0,16	5,43	24,30	0,13	4,97
250	24,38	0,10	5,45	24,28	0,17	6,34	24,44	0,19	6,05	25,13	0,13	4,65
263	25,09	0,11	5,73	24,79	0,17	6,17	25,10	0,19	5,65	25,32	0,11	3,91
277	25,45	0,10	5,22	24,88	0,16	5,82	25,37	0,19	5,55	25,89	0,15	5,21
291	25,78	0,10	5,00	25,28	0,16	5,65	25,54	0,20	5,79	26,40	0,15	5,00
305	26,51	0,11	5,35	26,45	0,20	6,80	26,00	0,18	5,15	27,10	0,16	4,94
319	27,01	0,10	4,77	26,85	0,19	6,03	27,22	0,20	5,29	27,48	0,15	4,44
333	27,43	0,10	4,84	27,29	0,19	5,93	27,58	0,24	6,16	28,13	0,16	4,90
			4,65			5,62			5,06			4,58

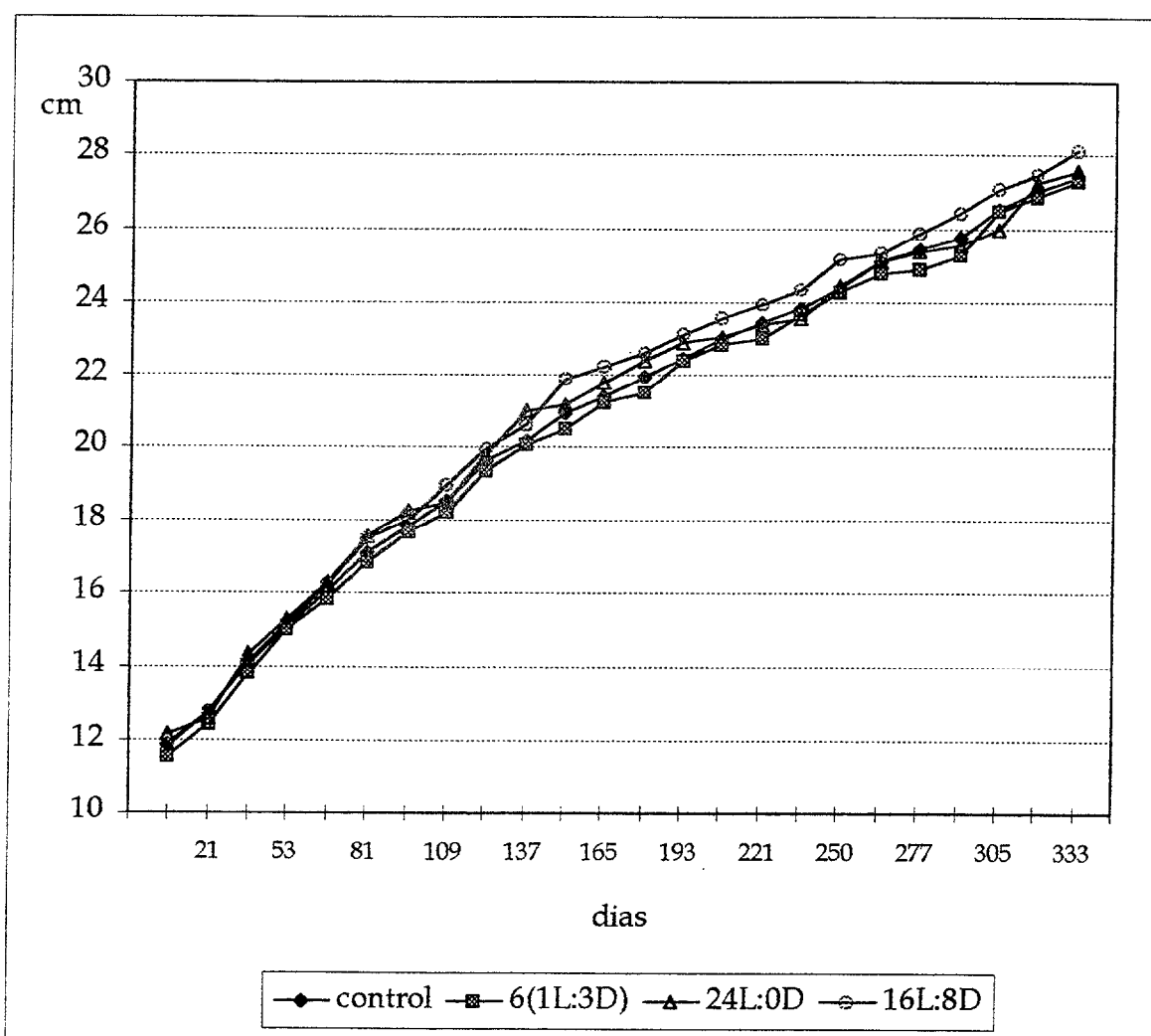
x: valor medio de longitud (cm) en cada muestreo.

ee: error estándar.

CV: coeficiente de variación. Los valores que aparecen en la última fila se corresponden con los coeficientes de variación medios para cada tratamiento.

En la Figura 5 aparecen representados estos resultados de longitud. Nótese que todos los tratamientos llevan una dinámica muy similar, siempre el tratamiento 16L:8D con los valores superiores y el 6(1L:3D) con los inferiores, como era de esperar ya que se corresponden con los pesos mayores y menores respectivamente.

Figura 5. Evolución del crecimiento en longitud (cm) según el tratamiento de fotoperiodo recibido.



Las ecuaciones de predicción para la evolución de la longitud en los diferentes tratamientos se muestran en la Tabla 7. La mayor pendiente es para la recta que representa los resultados obtenidos con el tratamiento 16L:8D, la cual ha presentado diferencias estadísticamente significativas con las pendientes de las otras rectas.

Tabla 7.

a. Ecuaciones de predicción para la longitud (cm) en función de los días de tratamiento.

	ecuación	r <sup>2</sup>	eee
control	12,943 + 0,046 x	93,39	1,22
6(1L:3D)	12,724 + 0,046 x	91,72	1,37
24L:0D	13,296 + 0,045 x	91,10	1,39
16L:8D	13,092 + 0,048 x	93,14	1,29

x: días de tratamiento.

r<sup>2</sup>: coeficiente de determinación.

eee: error estándar de la estima.

b. Comparación de pendientes.

	control	6(1L:3D)	24L:0D
control	-		
6(1L:3D)	0,176	-	
24L:0D	1,267	1,434	-
16L:8D	2,926**	2,509*	3,966***

\*, \*\*, \*\*\*: diferencias significativas (P>0,05; P>0,01; P>0,001; respectivamente)

Los resultados de la evolución de la tasa de crecimiento se presentan en la Tabla 8, cuya correspondiente representación gráfica aparece en la Figura 6. En todos los tratamientos los valores van evolucionando a picos por los propios efectos del muestreo, aunque lógicamente la gráfica presenta una pendiente negativa. Más que la evolución y su representación, lo que tiene mayor trascendencia es el valor de la tasa de crecimiento global para el periodo en estudio (Tabla 8), el cual viene a situarse en un 0.871 para el mejor crecimiento del tratamiento 16L:8D. Evidentemente el mayor valor está determinado por los mayores pesos alcanzados en los peces sometidos a aquellas condiciones de iluminación. Es de destacar la notable diferencia con el tratamiento de fotoperiodo natural, y más aún teniendo en cuenta la larga duración del experimento.

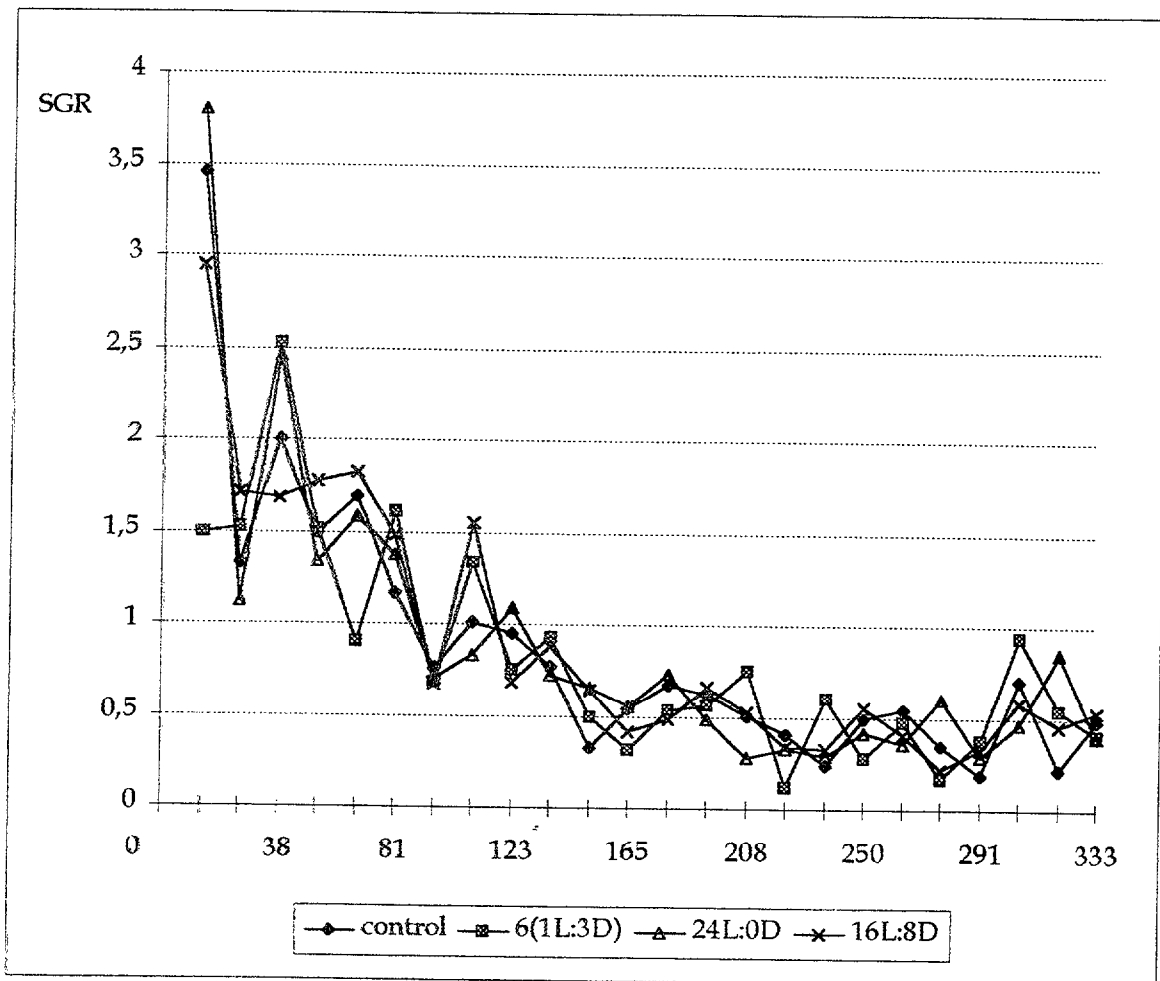
Tabla 8. Valores de la tasa de crecimiento entre muestreos así como global para todo el experimento según el tratamiento de fotoperiodo recibido.

días	control	6(1L:3D)	24L:0D	16L:8D
7	3,459	1,491	3,802	2,950
21	1,323	1,521	1,120	1,713
38	2,002	2,522	2,452	1,678
53	1,493	1,515	1,334	1,775
66	1,691	0,905	1,586	1,823
81	1,167	1,609	1,373	1,490
95	0,758	0,679	0,704	0,672
109	1,010	1,337	0,831	1,551
123	0,954	0,757	1,092	0,686
137	0,775	0,935	0,726	0,882
152	0,328	0,495	0,656	0,642
165	0,544	0,313	0,553	0,419
179	0,674	0,532	0,734	0,481
193	0,622	0,562	0,487	0,661
208	0,506	0,754	0,280	0,524
221	0,401	0,123	0,328	0,339
235	0,233	0,606	0,291	0,328
250	0,495	0,274	0,412	0,558
263	0,549	0,476	0,353	0,408
277	0,345	0,165	0,601	0,213
291	0,191	0,373	0,284	0,326
305	0,705	0,945	0,466	0,583
319	0,215	0,545	0,850	0,458
333	0,489	0,402	0,396	0,537
	0,828	0,834	0,859	0,871

En la última fila se presentan los valores globales para cada tratamiento.

El último punto a considerar dentro de este apartado es valor de la mortalidad alcanzado al final del experimento, el cual se ha situado en un 4,05% contabilizando de manera global las bajas de todos los tratamientos.

Figura 6. Evolución de la tasa de crecimiento entre muestreos según el tratamiento de fotoperiodo recibido.



#### 4.1.2. CONSUMO DE ALIMENTO.

En la Tabla 9 se presentan los consumos medios por pez y día entre cada uno de los muestreos: el día considerado se corresponde con el intermedio entre dos muestreos, ya que para el cálculo de dichos consumos medios se han tomado los consumos acumulados de un muestreo hasta el siguiente. Se ha considerado como alimento consumido todo aquel que se ha ido suministrando a partir de los comederos, no llegando a determinar en que cantidad dicho alimento es ingerido o rechazado por los animales y consecuentemente eliminado por el sumidero. La representación gráfica de estas evoluciones se puede apreciar en la Figura 7. Al inicio del experimento evidentemente los consumos por pez y día están por debajo de un gramo (entre

0.5 y 1 g), para al final situarse alrededor de lo 3 g. Llama la atención no solo la enorme variación entre muestreos llegándose incluso a doblar el consumo entre uno y otro punto, sino también que esa dinámica de subidas y bajadas continuadas tiene la misma dirección y casi la misma amplitud en todos los tratamientos.

Tabla 9. Consumo medio de pienso (g) por pez y día entre muestreos según el tratamiento de fotoperiodo recibido.

dias	control	6(1L:3D)	24L:0D	16L:8D
4	0,545	0,339	0,593	0,419
14	0,965	0,646	0,938	0,819
30	1,283	1,033	1,214	1,048
46	1,129	1,051	1,137	1,090
60	1,732	1,638	1,750	1,514
74	1,603	2,142	1,602	1,657
88	1,318	1,268	1,228	1,330
102	2,025	2,070	1,962	2,376
116	1,350	1,969	1,936	1,765
130	1,582	1,560	1,909	1,894
145	2,138	1,460	3,005	2,510
159	1,662	1,202	2,192	1,236
172	1,312	0,872	1,790	1,141
186	2,876	2,245	3,495	2,889
201	1,978	2,119	2,632	2,203
215	1,494	0,646	1,635	1,351
228	1,686	0,599	1,525	1,879
243	2,436	2,500	3,639	2,056
257	2,034	1,936	2,737	2,041
270	2,406	2,143	3,310	2,258
284	1,566	1,682	2,409	1,750
298	2,778	2,931	4,075	3,072
312	3,413	2,874	4,359	3,969
326	3,222	2,013	2,995	2,932

Si en vez del consumo medio diario por pez entre cada muestreo, vamos al consumo acumulado (Tabla 10, Figura 8) se podrán apreciar mejor las diferencias entre tratamientos. Prácticamente hasta el muestreo décimo (día 137 desde el inicio del experimento) todos los tratamientos mantienen consumos muy similares, comenzando a partir de aquí a despegarse por arriba y por abajo los tratamientos 24L:0D y 6(1L:3D) respectivamente, mientras que tanto el

tratamiento control como el 16L:8D presentan prácticamente los mismos consumos acumulados a lo largo de todo el experimento.

Figura 7. Evolución de los consumos medios de pienso (g) por pez y día entre muestreos según el tratamiento de fotoperiodo recibido.

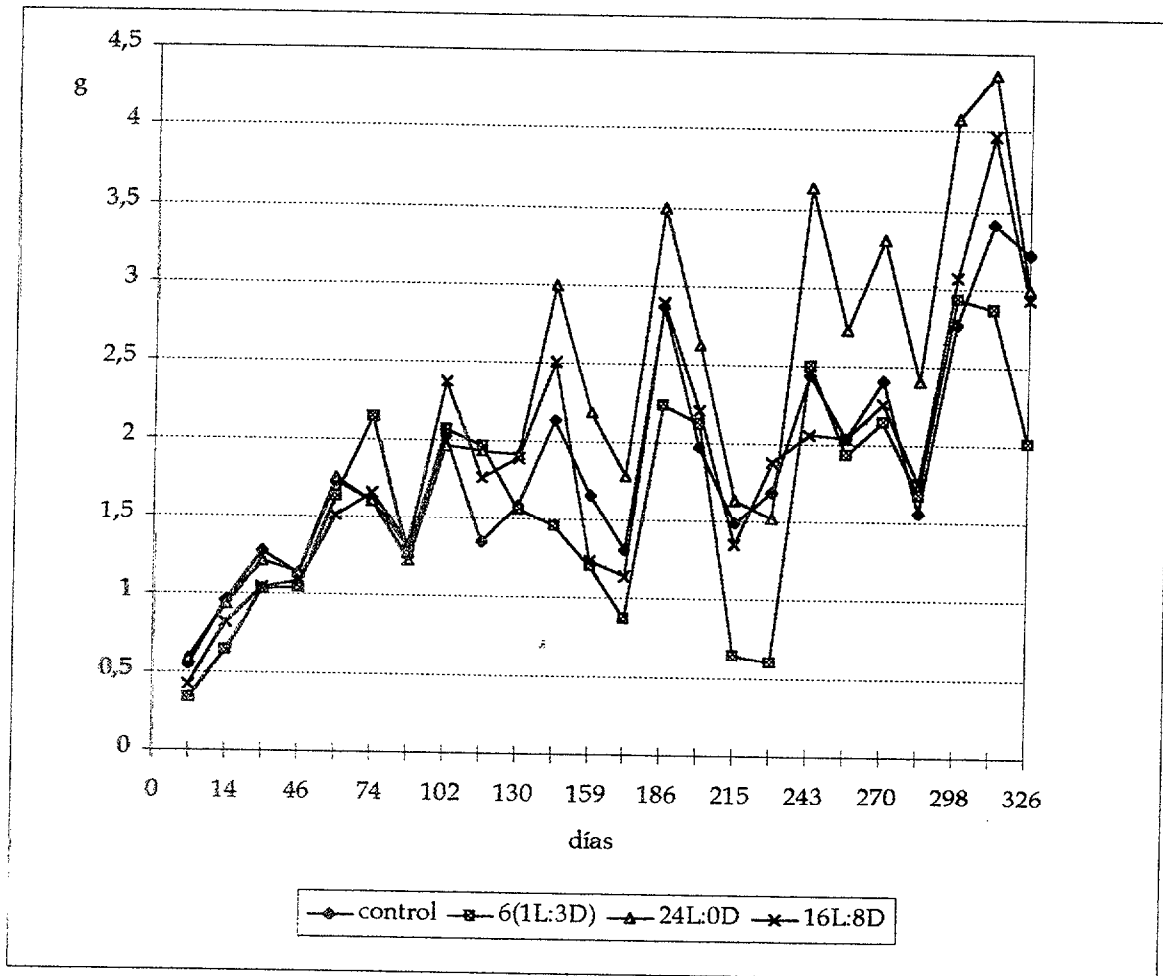


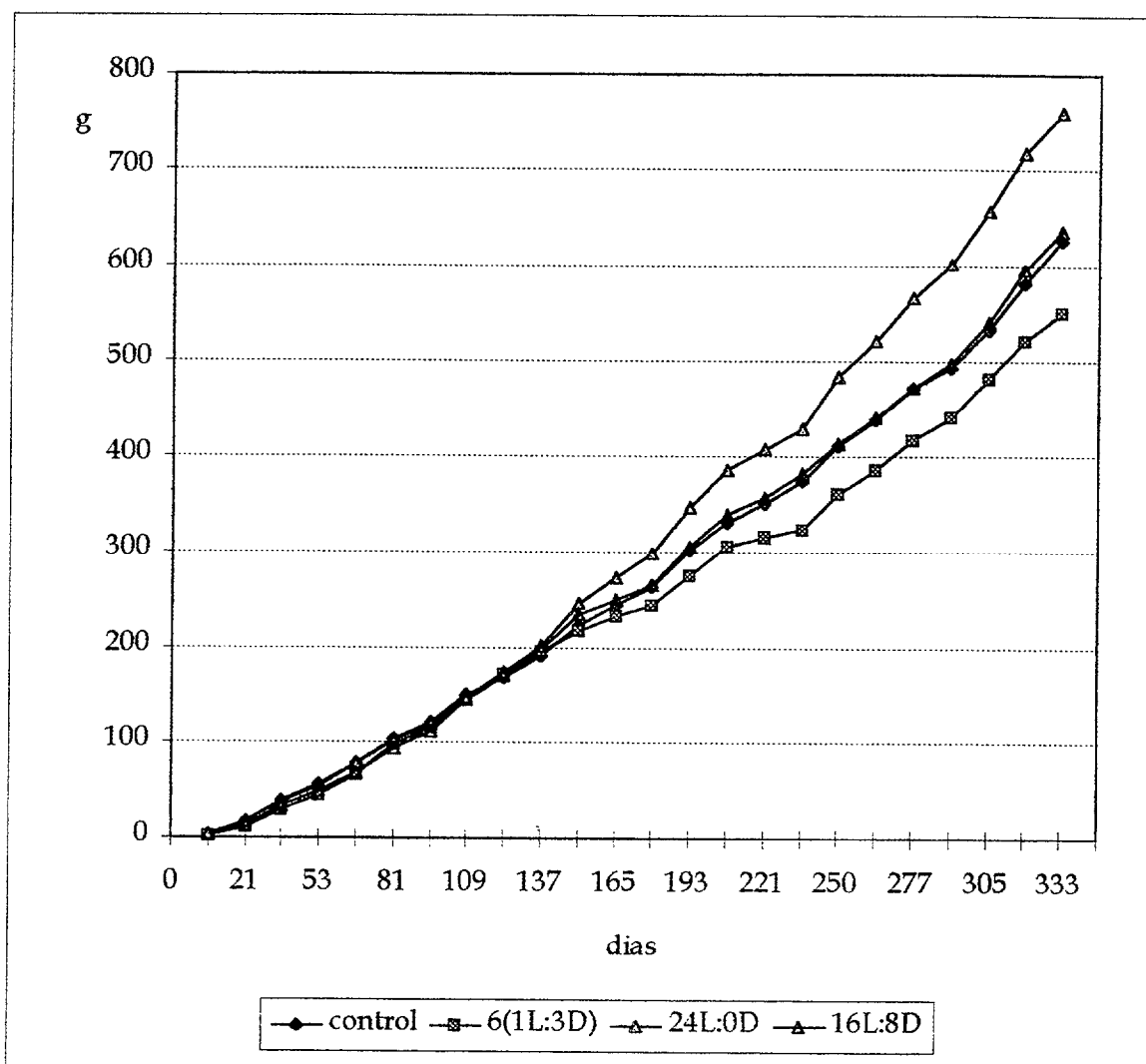


Tabla 10. Consumo acumulado de pienso (g) por pez a lo largo del experimento según el tratamiento de fotoperiodo recibido.

días	control	6(1L:3D)	24L:0D	16L:3D
7	3,81	2,37	4,15	2,93
21	17,32	11,42	17,29	14,40
38	39,13	28,98	37,93	32,21
53	56,06	44,74	54,98	48,56
66	78,57	66,03	77,74	68,23
81	102,62	98,17	101,77	93,08
95	121,07	115,93	118,95	111,71
109	149,42	144,90	146,42	144,97
123	168,32	172,47	173,53	169,68
137	190,47	194,32	200,26	196,19
152	222,54	216,22	245,33	233,84
165	244,15	231,85	273,82	249,91
179	262,52	244,06	298,89	265,89
193	302,78	275,48	347,81	306,34
208	332,45	307,27	387,29	339,38
221	351,87	315,67	408,54	356,94
235	375,48	324,05	429,89	383,24
250	412,01	361,54	484,47	414,08
263	438,45	386,71	520,06	440,61
277	472,13	416,71	566,40	472,22
291	494,06	440,26	600,12	496,73
305	532,96	481,30	657,18	539,73
319	580,74	521,53	718,21	595,30
333	625,84	549,71	760,14	636,35

Para valorar las diferencias en porcentaje de alimento final consumido de cada tratamiento frente al control se presentan estos resultados en la Figura 9. A la conclusión del experimento cada pez del tratamiento 16L:8D ha consumido prácticamente lo mismo que los del control (639 g frente a 625 g respectivamente para 16L:8D y control), mientras que en el 24L:0D ha sido un 20% por encima (760 g) y en el 6(1L:3D) algo más del 10% por debajo (549 g). Llama la atención la evolución que siguen los tres tratamientos frente al control hasta el ya citado décimo muestreo, momento en el que confluyen para empezar a marcar las diferencias definitivas: hasta aquí el tratamiento 24L:0D va parejo con el control, mientras que los otros dos van acercándose desde proporciones de consumo verdaderamente bajas, aunque evidentemente al inicio del experimento pequeñas variaciones pueden llevar a grandes porcentajes y magnificar diferencias que no lo son tanto.

Figura 8. Evolución de los consumos acumulados de pienso (g) por pez a lo largo del experimento según el tratamiento de fotoperiodo recibido.



En la determinación de las ecuaciones de predicción para el consumo de alimento en función del tratamiento se ha optado por dividir el experimento en dos periodos: uno hasta el noveno muestreo (día 123) y otro desde aquí hasta el final. Las pendientes de las rectas de regresión no son diferentes estadísticamente en el primer periodo (Tabla 11a), mientras que en el segundo hay diferencias entre todas ellas salvo para el tratamiento control con el 16L:8D (Tabla 11b).

Figura 9. Evolución del porcentaje de consumo de pienso acumulado por pez en los diferentes tratamientos con respecto al control.

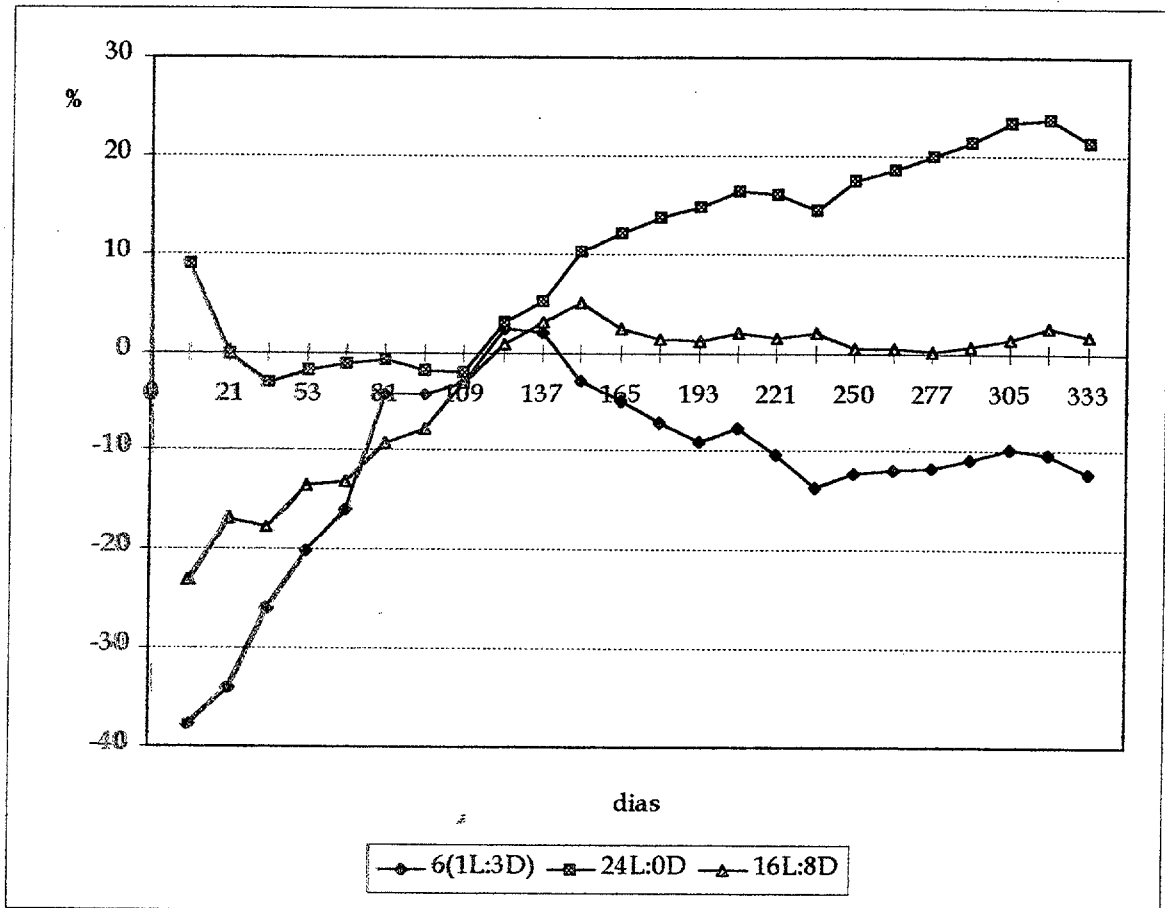


Tabla 11.

a. Ecuaciones de predicción para el consumo acumulado de pienso (g) en función de los días de tratamiento y su comparación de pendientes hasta el día 123.

	ecuación	r <sup>2</sup>	eee
control	-2,470 + 1,427 x	99,24	6,19
6(1L:3D)	-9,490 + 1,468 x	97,61	11,38
24L:0D	-4,350 + 1,464 x	98,69	8,36
16L:8D	-7,650 + 1,444 x	97,71	10,94

x: días de tratamiento.

r<sup>2</sup>: coeficiente de determinación.

eee: error estándar de la estima.

	control	6(1L:3D)	24L:0D
control	-		
6(1L:3D)	0,468	-	
24L:0D	0,528	0,040	-
16L:8D	0,197	0,226	0,218

- b. Ecuaciones de predicción para el consumo acumulado de pienso (g) en función de los días de tratamiento y su comparación de pendientes desde el día 123 hasta el final del experimento

	ecuación	r <sup>2</sup>	eee
control	112,536 + 2,133 x	99,23	12,20
6(1L:3D)	68,547 + 1,784 x	98,23	15,52
24L:0D	193,801 + 2,779 x	99,07	17,43
16L:8D	108,620 + 2,141 x	98,81	16,23

x: días de tratamiento.

r<sup>2</sup>: coeficiente de determinación.

eee: error estándar de la estima.

	control	6(1L:3D)	24L:0D
control	-		
6(1L:3D)	4,139***	-	
24L:0D	7,102***	9,974***	-
16L:8D	0,010	3,846**	6,443***

\*\*, \*\*\*: diferencias significativas (P>0,01; P>0,001; respectivamente).

#### 4.1.3. DEMANDA ALIMENTICIA.

La evolución de los porcentajes de autodemanda se presentan en la Tabla 12. Como era de esperar y al igual que sucede con los consumos (no en vano la demanda es la relación de dicho consumo con el peso), hay unas continuas oscilaciones entre muestreos que son coincidentes en todos los tratamientos. Las ecuaciones de predicción para cada tratamiento no presentan diferencias estadísticamente significativas, por lo que se ha elaborado una única ecuación con los valores medios del porcentaje de autodemanda frente a los pesos medios de todos los tratamientos considerados en conjunto para cada punto de muestreo (Tabla 12).

Tabla 12. Valores de los porcentajes de autodemanda entre muestreos según el tratamiento de fotoperiodo recibido así como el porcentaje medio entre tratamientos.

días	control	6(1L:3D)	24L:0D	16L:8D	x
7	1,67	1,20	1,78	1,33	1,50
21	2,46	1,84	2,41	2,05	2,19
38	2,33	1,92	2,05	1,97	2,07
53	1,64	1,55	1,57	1,57	1,58
66	2,02	2,15	1,97	1,72	1,97
81	1,57	2,21	1,47	1,51	1,69
95	1,16	1,19	1,02	1,10	1,12
109	1,55	1,61	1,45	1,58	1,55
123	0,90	1,38	1,23	1,07	1,14
137	0,95	0,96	1,09	1,01	1,00
152	1,22	0,83	1,56	1,22	1,21
165	0,88	0,66	1,06	0,57	0,79
179	0,63	0,44	0,78	0,49	0,59
193	1,28	1,05	1,42	1,13	1,22
208	0,81	0,89	1,03	0,80	0,88
221	0,58	0,27	0,61	0,47	0,48
235	0,63	0,23	0,55	0,62	0,51
250	0,85	0,91	1,23	0,63	0,91
263	0,66	0,66	0,88	0,59	0,70
277	0,75	0,72	0,98	0,63	0,77
291	0,47	0,53	0,69	0,72	0,60
305	0,76	0,82	1,09	0,76	0,86
319	0,91	0,74	1,03	0,92	0,90
333	0,80	0,49	0,67	0,63	0,65

x: valor medio de la demanda considerando globalmente todos los tratamientos.

Se presenta un modelo multiplicativo (Tabla 13) ya que a pesar de que el ajuste es prácticamente igual para un modelo lineal, con éste último se infravaloran las estimas de los extremos (pesos bajos y pesos altos dentro del rango de pesos estudiado) y se sobrevaloran las estimas para los pesos intermedios. El modelo multiplicativo proporciona mejores estimas, desviándose las mismas hacia valores elevados con peces de pesos inferiores a 40 g.

Tabla 13. Ecuación de predicción para la demanda alimenticia en función de los días de tratamiento.

	ecuación	r <sup>2</sup>	eee
global	12,336 x <sup>-0,485</sup>	65,37	0,27

x: peso (g).

r<sup>2</sup>: coeficiente de determinación.

eee: error estándar de la estima.

#### 4.1.4. INDICE DE CONVERSION DEL ALIMENTO.

La evolución que siguen los índices de conversión en los diferentes tratamientos se presenta en la Tabla 14. Se ha optado por exponer únicamente los acumulados, no proporcionando una información congruente las conversiones entre muestreos ya que en dichos intervalos cortos de tiempo se pueden obtener unos índices de conversión muy elevados (por encima de 4 como así ha ocurrido en algún caso) o por el lado contrario incluso negativos (un punto en el tratamiento 6(1L:3D)). Sobre los resultados de índices de conversión acumulados, el primer valor para cada tratamiento es algo contradictorio, y si bien con pesos bajos las conversiones son buenas, cabe pensar que esos valores están subestimados.

Las ecuaciones de predicción para el índice de conversión en función del peso para los diferentes tratamientos se presentan en la Tabla 15a. Reseñar que se ha eliminado para su cálculo el primer punto de cada tratamiento, alcanzándose de este modo unos elevados valores de eficacia del ajuste. Esto es así salvo para el tratamiento 6(1L:3D) en el que aparecen algunos valores demasiado bajos tanto al inicio como a mitad del experimento. En cualquier caso, solo se observan diferencias estadísticamente significativas entre el tratamiento 24L:8D frente a los demás, siendo no significativas entre cualesquiera de estos últimos (Tabla 15b).

Tabla 14. Evolución del índice de conversión acumulado según el tratamiento de fotoperiodo recibido.

días	control	6(1L:3D)	24L:0D	16L:8D
7	0,55	0,84	0,53	0,50
21	1,27	1,20	1,29	1,00
38	1,33	1,02	1,13	1,17
53	1,29	1,06	1,18	1,11
66	1,30	1,31	1,23	1,10
81	1,34	1,38	1,22	1,10
95	1,37	1,43	1,25	1,17
109	1,42	1,12	1,33	1,17
123	1,36	1,47	1,31	1,22
137	1,35	1,42	1,34	1,22
152	1,49	1,44	1,47	1,30
165	1,50	1,48	1,51	1,30
179	1,45	1,43	1,47	1,29
193	1,51	1,47	1,58	1,34
208	1,53	1,44	1,68	1,36
221	1,52	1,46	1,69	1,36
235	1,57	1,36	1,70	1,39
250	1,59	1,45	1,79	1,37
263	1,56	1,45	1,83	1,38
277	1,60	1,52	1,82	1,43
291	1,62	1,52	1,84	1,43
305	1,57	1,44	1,88	1,42
319	1,66	1,44	1,81	1,47
333	1,66	1,43	1,81	1,45

Tabla 15.

a. Ecuaciones de predicción para el índice de conversión acumulado en función de los días de tratamiento.

	ecuación	r <sup>2</sup>	eee
control	$1,240 + 1,097 \cdot 10^{-3} x$	91,73	0,04
6(1L:3D)	$1,210 + 8,283 \cdot 10^{-4} x$	40,40	0,11
24L:0D	$1,066 + 2,061 \cdot 10^{-3} x$	89,31	0,08
16L:8D	$1,043 + 1,016 \cdot 10^{-3} x$	91,69	0,04

x: días de tratamiento.

r<sup>2</sup>: coeficiente de determinación.

eee: error estándar de la estima.

## b. Comparación de pendientes.

	control	6(1L:3D)	24L:0D
control	-		
6(1L:3D)	1,135	-	
24L:0D	5,475***	4,625***	-
16L:8D	0,823	0,862	6,131***

NS: diferencias no significativas.

\*\*\*: diferencias significativas ( $P > 0,001$ )

Destacar que a pesar de no ser diferentes las pendientes de sus rectas de regresión, los índices de conversión acumulados al final del experimento de los tratamientos 6(1L:3D) y 16L:8D son notablemente mejores que para el tratamiento con fotoperiodo natural, encontrándose esa falta de significación en el hecho de que ya desde el inicio del experimento los valores del tratamiento control son elevados, condicionando esto el valor al final aunque su progresión en el incremento a lo largo del experimento sea similar a la de los otros tratamientos con valores más favorables.

## 4.1.5. MORFOLOGIA.

Lo primero a reseñar dentro de este apartado es que al no haberse detectado diferencias estadísticamente significativas de las variables en estudio entre los diferentes, se consideraron globalmente todos los individuos como pertenecientes a una única población.

El estudio de las medidas morfológicas se hace en referencia a su relación con la longitud forquial como medida más frecuente para determinar la talla en los peces. Las variables tomadas se han agrupado en función según ilustren globalmente la evolución de una determinada región o que sean una serie concatenada que dibuje alguno de los perfiles de crecimiento del cuerpo del pez. En concreto van a ser medidas en la cabeza, medidas de altura y medidas de anchura, para al final llegar a un dibujo global de la evolución morfológica del individuo en su conjunto.



### Cabeza.

Dentro de las variables medidas en la cabeza, la longitud de la misma presenta una alometría negativa (0.892) (Tabla 19). La evolución que la proporción de dicha variable representa en relación a la longitud forquial (Tabla 16) tiende a descender conforme se progresa en el tiempo y consecuentemente en las tallas, descenso que se suaviza a medida que el pez va siendo mayor. Por contra, la anchura cefálica presenta una alometría ligeramente positiva (1.031) (Tabla 19), manteniendo en todo el periodo estudiado una proporción en torno al 8.30% con respecto a la longitud forquial (Tabla 16). Gráficamente, la cabeza se va haciendo proporcionalmente más corta, manteniéndose constante su anchura.

Tabla 16. Evolución de la longitud cefálica y anchura cefálica así como del porcentaje de ambas entre muestreos sobre la longitud forquial .

dias	Longitud cefálica			Anchura cefálica		
	x	es	%	x	es	%
12	3,18	0,03	28,27	0,93	0,01	8,23
46	3,76	0,05	26,90	1,16	0,01	8,30
84	4,44	0,05	27,16	1,36	0,03	8,33
118	4,82	0,09	26,34	1,44	0,03	7,89
158	5,37	0,07	26,29	1,65	0,03	8,06
186	5,47	0,06	26,01	1,69	0,03	8,05
217	5,82	0,07	26,22	1,82	0,03	8,17
259	6,06	0,09	25,32	1,97	0,03	8,24
287	6,48	0,06	26,17	2,08	0,03	8,39
315	6,51	0,11	25,30	2,41	0,17	9,39
342	6,87	0,07	25,67	2,24	0,02	8,38

x: valor medio (cm) en cada muestreo.

es: error estándar.

%; porcentaje de cada variable en relación a la longitud forquial.

### Alturas.

En los tres casos, considerando la evolución de cada parámetro, están cercanos a la isometría, aunque la altura dorsal anterior presenta alometría negativa (0.993), mientras que en las otras dos es positiva (1.018 la altura anal y 1.074 la altura dorsal posterior) (Tabla 19).

Analizando más en detalle, tanto la altura dorsal anterior como la altura anal tienen un primer periodo de incremento en su relación con la longitud forquial que se mantiene por más tiempo en el caso de la segunda, para presentando luego un ligero descenso, más acusado en el caso de la primera. Por su parte, la altura dorsal posterior, aunque con una leve tendencia al incremento, mantiene casi constante su proporción con la longitud forquial (Tabla 17).

Tabla 17. Evolución de las alturas dorsal anterior, anal y dorsal posterior así como de su porcentaje sobre la longitud forquial.

días	Altura dorsal anterior			Altura anal			Altura dorsal posterior		
	x	es	%	x	es	%	x	es	%
12	3,97	0,05	35,22	3,39	0,04	30,13	1,45	0,03	12,90
46	5,05	0,05	36,13	4,36	0,05	31,20	1,94	0,03	13,87
84	5,97	0,07	36,58	5,26	0,07	32,22	2,27	0,04	13,87
118	6,67	0,12	36,44	5,99	0,16	32,71	2,58	0,05	14,09
158	7,41	0,12	36,25	6,55	0,10	32,02	2,94	0,08	14,38
186	7,57	0,09	35,99	6,71	0,11	31,91	2,96	0,05	14,09
217	8,09	0,11	36,43	7,29	0,11	32,85	3,23	0,07	14,55
259	8,53	0,13	35,64	7,52	0,11	31,45	3,34	0,06	13,96
287	8,88	0,11	35,86	7,91	0,10	31,95	3,51	0,05	14,17
315	9,16	0,18	35,61	8,11	0,14	31,55	3,65	0,08	14,18
342	9,40	0,12	35,13	8,17	0,18	30,52	3,68	0,06	13,74

x: valor medio (cm) en cada muestreo.

es: error estándar.

%: porcentaje de cada variable en relación a la longitud forquial.

Morfológicamente el pez va incrementando en mayor proporción las alturas de las partes anterior y media de su cuerpo que la de su parte posterior o su longitud forquial, para después invertir esta dinámica y manifestar un mayor crecimiento en longitud y también en altura posterior.

### Anchuras.

Las variables de anchura manifiestan entre ellas mayores diferencias en relación con la longitud a lo largo del tiempo que las alturas. Así, de la parte anterior a la posterior la alometría de estas variables pasa de negativa para la

anchura dorsal anterior (0.935) a positiva para la anchura dorsal posterior (1.130), presentando un valor intermedio de alometría positiva la anchura anal (1.097) (Tabla 19).

La evolución que la proporción de cada una de las variables con respecto a la longitud forquial sigue en el tiempo, es más homogénea tanto para la anchura dorsal anterior como para la posterior, con una leve pendiente negativa en el primer caso y de signo contrario en el segundo. Por su parte la anchura anal se va incrementando para volver a descender (Tabla 18).

Tabla 18. Evolución de las anchuras dorsal anterior, anal y dorsal posterior así como de su porcentaje sobre la longitud forquial.

días	Anchura dorsal anterior			Anchura anal			Anchura dorsal posterior		
	x	es	%	x	es	%	x	es	%
12	1,70	0,02	15,09	1,39	0,02	12,32	0,79	0,01	7,05
46	2,09	0,03	14,95	1,71	0,03	12,23	1,01	0,02	7,20
84	2,46	0,03	15,06	1,96	0,04	11,98	1,22	0,02	7,48
118	2,74	0,06	14,96	2,48	0,07	13,54	1,49	0,03	8,16
158	3,03	0,06	14,81	2,73	0,06	13,35	1,55	0,05	7,59
186	3,16	0,04	15,02	2,88	0,09	13,69	1,65	0,03	7,85
217	3,37	0,04	15,18	3,13	0,05	14,10	1,76	0,04	7,94
259	3,44	0,06	14,39	3,09	0,10	12,93	1,78	0,03	7,43
287	3,51	0,04	14,17	3,33	0,04	13,44	1,93	0,03	7,79
315	3,73	0,07	14,50	3,08	0,11	11,98	2,04	0,04	7,94
342	3,80	0,04	14,18	3,51	0,07	13,12	2,15	0,04	8,02

x: valor medio (cm) en cada muestreo.

es: error estándar.

%: porcentaje de cada variable en relación a la longitud forquial.

Consideradas en conjunto se puede afirmar que a medida que el pez va creciendo, la anchura del tercio posterior del pez se incrementa proporcionalmente más que las otras zonas.

### Morfología general.

Globalmente el cuerpo del pez va incrementando proporcionalmente más su tercio posterior a medida que aumenta la talla, estando la cabeza en el polo contrario ya que proporcionalmente va representando menos del tamaño total del pez. La parte del cuerpo situada posterior a la cabeza y anterior al tercio caudal, crece proporcionalmente más en altura que en longitud forquial para los peces pequeños, ralentizándose a medida que los peces van siendo mayores para acabar disminuyendo su proporción.

Tabla 19. Relaciones alométricas entre la longitud forquial y el resto de medidas morfológicas.

variables	$L_i = a (LF)^b$		
	a	b	$r^2$
Longitud cefálica	0,364	0,892	97,66
Anchura cefálica	0,075	1,031	93,62
Altura dorsal anterior	0,366	0,993	97,75
Altura anal	0,298	1,018	93,40
Altura dorsal posterior	0,111	1,074	94,82
Anchura dorsal anterior	0,178	0,935	96,70
Anchura anal	0,096	1,097	88,97
Anchura dorsal posterior	0,052	1,130	94,33

$L_i$ : Longitud (cm) de la variable i.

LF: Longitud forquial.

$r^2$ : coeficiente de determinación.

Por su parte la matriz de correlaciones denota la gran interrelación entre variables morfológicas, pudiendo estimar unas en función de las otras con un importante nivel de confianza (Tabla 20).

#### 4.1.6. COMPOSICION REGIONAL.

En la disección la primera fracción a considerar es la que antes se elimina de cara al consumo, como son los órganos de la cavidad abdominal. Empezando por el aparato digestivo, y al igual que sucede con el resto de regiones consideradas, evidentemente su peso en valor absoluto se incrementa a medida

que aumenta el peso de los individuos en estudio. En su disección, el aparato digestivo como es lógico lleva incluido el contenido digestivo, cuyo valor se va a restar del peso total para de aquí en adelante hacer todas las referencias sobre el peso vivo vacío.

Tabla 20. Matriz de correlaciones entre las variables morfológicas.

	LF	LC	AnC	ADA	AA	ADP	AnDA	AnA	AnDP
LF	-								
LC	0,989	-							
AnC	0,934	0,933	-						
ADA	0,986	0,986	0,940	-					
AA	0,961	0,954	0,909	0,977	-				
ADP	0,968	0,968	0,920	0,980	0,958	-			
AnDA	0,978	0,977	0,925	0,989	0,970	0,977	-		
AnA	0,922	0,922	0,811	0,928	0,909	0,967	0,937	-	
AnDP	0,959	0,958	0,900	0,968	0,952	0,923	0,970	0,926	-

LF: longitud forquial; LC: longitud cefálica; AnC: anchura cefálica; ADA: altura dorsal anterior; AA: altura anal; ADP: altura dorsal posterior; AnDA: anchura dorsal anterior; AnA: anchura anal; AnDP: anchura dorsal posterior.

Todas las correlaciones son estadísticamente significativas ( $P > 0,001$ ).

El tubo digestivo presenta una alometría ligeramente positiva (1.026) (Tabla 22), manteniéndose su proporción con respecto al peso vivo vacío alrededor de un 4% (Tabla 21). Por su parte el contenido de dicho tubo digestivo, y aun teniendo en cuenta que los muestreos se realizaron siempre a la misma hora, presenta unas enormes variaciones respecto al peso, mostrando un coeficiente de correlación entre ambos de 0.476. El peso realmente no explica mucho del contenido digestivo encontrado en el momento de la disección, aunque la tendencia es a disminuir su proporción a medida que aquel aumenta, pasando de un 3% sobre peso vivo vacío al inicio del experimento hasta un 1% al final.

En cuanto al hígado, presenta una alometría negativa (0.880) (Tabla 22), evolucionando desde un 2.33% del peso vivo vacío hasta un 1.41% (Tabla 21).

La siguiente región en estudio va a ser la canal, muy cercana a la isometría en su crecimiento pero con una ligera alometría positiva (1.010) (Tabla 22). Su relación con el peso vivo vacío, es decir, el rendimiento canal, está cercano

al 90%, variando desde un 88.53% al inicio del experimento hasta el 92.43% al final (Tabla 21).

Dentro de la canal, la carne consumible sigue una evolución más favorable con respecto al peso vivo vacío, presentando una alometría positiva (1.052) (Tabla 22) y variando entre un 44.21% hasta un 51.05% sobre dicho peso desde el inicio al final del experimento (Tabla 21). Como es lógico esta evolución es similar en los dos componentes que forman la carne consumible, y que son los lomos y las faldas. En ambos casos la alometría es positiva (1.042 para los lomos y 1.063 para las faldas) (Tabla 22) y la proporción de cada uno de los componentes con respecto al peso vivo vacío va incrementándose. En cualquier caso siempre es menor el porcentaje sobre peso de las faldas que de los lomos, aunque con mayores diferencias en pesos pequeños, lógico por otra parte ya que el coeficiente de alometría de las faldas es mayor que el de los lomos.

Las otras regiones que forman la canal pero no son carne (piel, cabeza y raquis más aletas), estudiados en conjunto presentan una alometría negativa, como era de esperar al ser la canal casi isométrica y tener alometría positiva la parte correspondiente a la carne.

Tabla 21. Evolución del peso (g) de las diferentes regiones corporales y de su porcentaje en relación al peso vivo vacío.

días	Digestivo vacío			Hígado			Canal		
	x	es	%	x	es	%	x	es	%
12	1,29	0,08	4,24	0,71	0,03	2,33	26,91	0,83	88,53
46	2,39	0,15	3,98	1,02	0,05	1,69	55,32	1,71	91,97
84	3,65	0,18	3,65	1,80	0,09	1,80	92,11	2,88	92,07
118	5,29	0,37	3,68	2,87	0,18	2,00	133,33	6,25	92,69
158	7,15	0,64	3,75	4,03	0,33	2,11	174,42	6,86	91,47
186	7,70	0,66	3,64	4,75	0,27	2,25	194,72	6,09	92,11
217	11,13	0,76	4,25	5,05	0,30	1,93	240,24	7,76	91,67
259	12,90	0,94	4,34	5,10	0,32	1,72	273,82	9,48	92,19
287	13,53	0,80	4,03	4,72	0,27	1,41	313,14	11,36	93,34
315	16,43	1,39	4,30	5,46	0,38	1,43	351,68	16,94	92,00
342	18,58	1,29	4,45	5,88	0,28	1,41	386,33	11,34	92,43

x: valor medio (cm) en cada muestreo.

es: error estándar.

%: porcentaje de cada variable en relación a la longitud forquial.

días	Lomos			Faldas			Carne consumible		
	x	es	%	x	es	%	x	es	%
12	7,19	0,23	23,67	6,24	0,22	20,54	13,44	0,44	44,21
46	14,93	0,45	24,82	14,13	0,51	23,49	29,06	0,94	48,31
84	24,79	0,87	24,78	23,49	0,80	23,48	48,28	1,64	48,26
118	35,76	1,71	24,86	34,44	1,83	23,94	70,20	3,51	48,80
158	49,67	2,12	26,05	47,91	1,92	25,12	97,58	3,98	51,17
186	56,88	2,20	26,91	53,06	2,36	25,10	109,94	4,50	52,01
217	72,71	2,63	27,74	68,35	2,22	26,08	141,05	4,75	53,82
259	78,35	3,23	26,38	73,10	3,49	24,61	151,45	6,65	50,99
287	86,40	3,36	25,75	82,58	2,89	24,61	168,97	6,12	50,37
315	98,71	5,14	25,82	94,66	5,06	24,76	193,37	10,13	50,59
342	111,09	3,31	26,58	102,29	3,22	24,47	213,38	6,43	51,05

x: valor medio (cm) en cada muestreo.

es: error estándar.

%; porcentaje de cada variable en relación a la longitud forquial.

días	Piel			Cabeza			Raquis más aletas		
	x	es	%	x	es	%	x	es	%
12	1,33	0,06	4,37	6,67	0,20	21,95	3,98	0,13	13,11
46	3,08	0,13	5,12	12,18	0,39	20,26	8,52	0,29	14,17
84	5,40	0,20	5,40	20,05	0,65	20,04	14,64	0,52	14,63
118	8,88	0,39	6,17	29,33	1,49	20,39	21,28	0,88	14,79
158	9,27	0,50	4,86	35,18	1,44	18,45	26,32	1,36	13,80
186	10,14	0,29	4,79	38,63	1,20	18,27	29,86	0,81	14,13
217	12,17	0,58	4,64	45,12	1,72	17,21	34,00	1,33	12,97
259	15,24	0,66	5,13	56,79	2,09	19,12	42,40	1,53	14,27
287	16,05	0,68	4,79	66,19	2,58	19,73	50,92	2,33	15,18
315	19,31	0,84	5,05	72,90	3,53	19,07	59,64	3,47	15,60
342	19,55	0,71	4,68	84,09	2,64	20,12	57,49	1,91	13,75

x: valor medio (cm) en cada muestreo.

es: error estándar.

%; porcentaje de cada variable en relación a la longitud forquial.

Dentro de los tres elementos que forman la parte no consumible de la canal, la cabeza, al ser la que representa el mayor porcentaje (Tabla 21), arrastra en su evolución a los otros componentes cuando se consideran en conjunto, ya que es la única fracción que presenta alometría negativa (0.916) frente a la positiva de la piel (1.010) y de raquis más aletas (1.019) (Tabla 22).

Tabla 22. Relaciones alométricas entre las diferentes regiones corporales y el peso vivo vacío.

variables	$P_i = a (PVV)^b$		
	a	b	$r^2$
Peso del digestivo vacío	0,034	1,026	93,10
Peso del hígado	0,032	0,880	92,50
Peso de la canal	0,872	1,010	99,93
Peso de los lomos	0,207	1,042	99,70
Peso de las faldas	0,174	1,063	99,47
Peso de la carne consumible	0,381	1,052	99,74
Peso de la piel	0,047	1,010	97,17
Peso de la cabeza	0,251	0,952	99,16
Peso del raquis más aletas	0,128	1,019	98,95

$P_i$ : Peso (g) de la variable  $i$ .

PVV: Peso vivo vacío.

$r^2$ : coeficiente de determinación.

Las correlaciones entre las variables son muy elevadas, presentándose los valores menores cuando dichas correlaciones se establecen con las variables de peso del aparato digestivo (tanto lleno como vacío) y del hígado. Las más elevadas lógicamente son las que se establecen entre la canal y sus componentes (Tabla 23).

Tabla 23. Matriz de correlaciones entre las variables de composición regional.

	PVV	PDV	PH	PC	PL	PF	PCC	PP	PCa	PRA
PVV	-									
PDV	0,921	-								
PH	0,919	0,856	-							
PC	0,999	0,922	0,914	-						
PL	0,996	0,920	0,922	0,996	-					
PF	0,996	0,921	0,924	0,996	0,995	-				
PCC	0,995	0,920	0,925	0,997	0,997	0,996	-			
PP	0,981	0,905	0,902	0,981	0,970	0,971	0,972	-		
PCa	0,990	0,915	0,885	0,990	0,983	0,980	0,981	0,976	-	
PRA	0,987	0,900	0,891	0,988	0,976	0,978	0,977	0,980	0,978	-

PVV: peso vivo vacío; PDV: peso del digestivo vacío; PH: peso del hígado; PC: peso de la canal; PL: peso de los lomos; PF: peso de las faldas; PCC: peso de la carne consumible; PP: peso de la piel; PCa: peso de la cabeza; PRA: peso del raquis más aletas.

Todas las correlaciones son estadísticamente significativas ( $P > 0,001$ ).



#### 4.1.7. COMPOSICION QUIMICA.

En el estudio de la composición química se han calculado los porcentajes de cada uno de los macronutrientes a valorar en referencia la materia fresca de lo que se ha venido denominando como lomos. Con objeto de evaluar el efecto que tienen sobre las diferentes variables tanto el tratamiento como el número de muestreo (días después de iniciado el experimento a los que se realiza cada muestreo) se ha tomado como modelo un análisis de la varianza multifactorial: los dos factores principales han sido los ya mencionados de tratamiento y días, añadiendo además el peso de los lomos como covariable. Todos los componentes estudiados (porcentajes de proteína, grasa, cenizas y humedad) presentan un efecto altamente significativo con el peso de los lomos.

##### Proteína.

Una vez eliminado el efecto de la propia evolución del peso de los lomos, la repercusión de cada uno de los factores principales sobre el porcentaje de proteína presenta significaciones claramente diferenciadas (Tabla 24). Así, no se han encontrado efectos estadísticamente significativos entre tratamientos, presentándose el mayor valor para el tratamiento 6(1L:3D) con un 22.03%. En cuanto a los días si que se observan diferencias estadísticamente significativas ( $P>0.05$ ) aunque son debidas únicamente a diferencias entre el primer muestreo y los muestreos segundo y cuarto, no siendo diferentes ninguno de los demás. El valor más alto se alcanzó en el octavo muestreo con 22.84%, aunque muy similar para los demás muestreos salvo el primero con un 20.02%. Cabe destacar que las diferencias no son con los muestreos de valores más altos, sino con los más homogéneos y que por ello tuvieron unos márgenes de confianza más estrechos. Por último dentro del estudio de la proteína, mencionar que no hubo efectos de la interacción entre los dos factores principales.

##### Grasa.

El porcentaje de grasa de los lomos está determinado por los factores principales de manera totalmente inversa: después de descontarse el efecto de la covariable, hay un efecto altamente significativo ( $P>0.001$ ) del tratamiento, no siendo significativo el efecto del muestreo ni de la interacción entre los dos factores (Tabla 24). El menor valor lo presentó el tratamiento 6(1L:3D) con un 4.73%, no siendo diferente del tratamiento 16L:8D (5.45%) y si de los otros dos, control con 6.04% y 24L:0D con 5.69%. Estas diferencias son al 95% con el test de Scheffe, y a

pesar de estadísticamente no ser demasiado válido trabajar con un porcentaje menor, comentar que el margen por el cual no es diferente el tratamiento 6(1L:3D) del 16L:8D es tan estrecho que al 90% serían diferentes.

Sin haberse encontrado diferencias entre los muestreos, destacar que los valores más bajos aparecieron al principio del experimento.

Tabla 24.

a. Valores medios de los porcentajes de humedad, proteína, grasa y cenizas según el tratamiento de fotoperiodo recibido.

tratamiento	proteína		grasa		cenizas		humedad	
	x	ee	x	ee	x	ee	x	ee
control	22,01a	0,14	6,04a	0,13	1,66a	0,01	69,54a	0,17
6(1L:3D)	22,03a	0,20	4,73b	0,25	1,62a	0,02	71,02b	0,24
24L:0D	21,58a	0,22	5,70a	0,21	1,61a	0,02	70,51b	0,27
16L:8D	21,92a	0,21	5,45ab	0,20	1,66a	0,02	70,38ab	0,26

x: valor medio del porcentaje de cada componente.

ee: error estandar.

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas.

b. Valores medios de los porcentajes de humedad, proteína, grasa y cenizas entre muestreos.

días	proteína		grasa		cenizas		humedad	
	x	ee	x	ee	x	ee	x	ee
12	20,02a	0,48	4,60a	0,46	1,27a	0,04	74,01a	0,59
46	22,07b	0,42	5,02a	0,40	1,51b	0,04	70,88b	0,52
84	21,05ab	0,35	4,87a	0,33	1,54b	0,03	71,90b	0,43
118	22,16b	0,37	5,87a	0,35	1,61bc	0,03	69,97b	0,45
158	21,56ab	0,34	5,82a	0,32	1,65bc	0,03	70,41b	0,41
186	21,53ab	0,34	6,23a	0,32	1,68bc	0,03	69,59b	0,42
217	22,09ab	0,39	5,91a	0,37	1,79c	0,03	69,53b	0,48
259	22,84ab	0,42	5,44a	0,40	1,75bc	0,04	69,14b	0,52
287	22,82ab	0,45	5,44a	0,43	1,72bc	0,04	69,65b	0,56
315	22,44ab	0,56	5,57a	0,53	1,78bc	0,05	69,46b	0,68
342	22,17ab	0,59	5,52a	0,56	1,73bc	0,05	69,44b	0,72

x: valor medio del porcentaje de cada componente.

ee: error estandar.

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas.

## c. Niveles de significación.

	fuentes de variación			
	peso de los lomos	tratamiento	días	interacción
proteína	24,812***	2,295	5,374**	1,636
grasa	131,971***	13,513***	2,446	1,232
cenizas	66,735***	2,182	13,164***	2,558
humedad	199,100***	13,987***	9,341***	1,830

\*\*,\*\*\*: diferencias significativas ( $P>0,01$ ;  $P>0,001$ ; respectivamente)

Cenizas.

La significación de los efectos para el porcentaje de cenizas es similar a la del porcentaje de proteína: no hay diferencias entre tratamientos y si las hay entre muestreos (Tabla 24). En este caso, las diferencias entre muestreos son también debidas a que en el primero se obtuvo un valor menor que en el resto (1.27%), siendo éste primero diferente de los demás. También los muestreos segundo y tercero, que presentaron igualmente valores de los más bajos (1.51 y 1.54% respectivamente), fueron diferentes del muestreo séptimo, el de mayor porcentaje de cenizas (1.79%).

Humedad.

Por último el porcentaje de humedad presentó una respuesta similar al porcentaje de grasa, ejerciendo el factor tratamiento efectos altamente significativos ( $P>0.001$ ) (Tabla 24). En este caso también hubo efectos debidos al muestreo, achacables a que en el primero se alcanzaron los valores más altos (evidentemente si presenta los valores más bajos de proteína, grasa y cenizas, como trabajamos en porcentajes, la humedad debe estar por encima del resto de los muestreos). En cualquier caso los efectos debidos al tratamiento son mayores, siendo el valor más alto para el tratamiento 6(1L:3D) con un 71.02%, únicamente diferente con el del valor más bajo para el tratamiento con regimen de iluminación natural (69.55%).

En la Tabla 25 se presentan las correlaciones entre los porcentajes de los componentes estudiados así como con el peso de los lomos y el peso vivo vacío. Debido a la alta correlación entre el peso de los lomos y el peso vivo vacío, las correlaciones entre estas variables y cualesquiera de las otras son prácticamente

iguales: notablemente bajas para el porcentaje de proteína y el de cenizas y algo más altas para los porcentajes de grasa y humedad. Destacar los elevados valores aunque con signo negativo del porcentaje de humedad con los de los otros componentes químicos, siendo con el de la grasa apenas algo mayor. Por su parte el porcentaje de cenizas con el de proteína también presentan una correlación reseñable, mientras que el de ambos con el porcentaje de grasa es baja, menor para el de proteína.

Tabla 25. Matriz de correlaciones entre las variables de composición química.

	peso vivo	peso lomos	% proteína	%grasa	% cenizas	% humedad
peso vivo	-					
peso lomos	0,996	-				
% proteína	0,287	0,281	-			
% grasa	0,564	0,565	0,138	-		
% cenizas	0,375	0,375	0,641	0,357	-	
% humedad	-0,592	-0,591	-0,711	-0,753	-0,711	-

Todas las correlaciones son estadísticamente significativas ( $P > 0,001$ ) salvo entre el porcentaje de proteína y el de grasa.

Las ecuaciones de predicción para el peso en gramos de los diversos componentes químicos en relación al peso de los lomos se presentan en la Tabla 26. Tanto para la cantidad de proteína, de grasa y de cenizas, se dan las ecuaciones en cada uno de los tratamientos así como considerados de manera global para cada componente. Se puede apreciar como la grasa presenta un elevado coeficiente de alometría positiva mientras que por su parte tanto proteína como cenizas están más cerca de la isometría aunque ambos también presentan coeficientes de alometría positivos.

#### 4.1.8. COLOR EXTERNO Y DE LA CARNE.

En la Tabla 27 se presentan los valores  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  para la piel y para la carne en los diversos tratamientos. La comparación entre tratamientos se ha realizado mediante un análisis multifactorial en el cual el peso ha entrado como covariable a fin de determinar los posibles efectos debidos a las diferencias en peso generadas por los tratamientos. En ningún caso se han detectado efectos significativos del peso en los parámetros estudiados.

Tabla 26. Relaciones alométricas entre los diferentes componentes químicos y el peso vivo vacío en cada uno de los tratamientos así como considerados de manera global.

variable	tratamiento	$P_i = a (PL)^b$		
		a	b	$r^2$
proteína	control	0,204	1,019	99,38
	6(1L:3D)	0,189	1,040	99,73
	24L:0D	0,189	1,034	99,69
	16L:8D	0,197	1,027	99,70
	global	0,197	1,027	99,57
grasa	control	0,033	1,156	95,72
	6(1L:3D)	0,020	1,216	96,49
	24L:0D	0,022	1,234	93,24
	16L:8D	0,021	1,247	97,34
	global	0,025	1,204	94,97
cenizas	control	0,014	1,036	99,29
	6(1L:3D)	0,011	1,090	99,45
	24L:0D	0,012	1,063	99,41
	16L:8D	0,012	1,069	99,32
	global	0,013	1,059	99,28

$P_i$ : Peso (g) de la variable i.

PL: Peso de los lomos.

$r^2$ : coeficiente de determinación.

Para el caso de la piel los valores de claridad están directamente relacionados con las horas de iluminación, presentando los más altos (más claros) el tratamiento 24L:0D y los más bajos (más oscuros) el tratamiento 6(1L:3D), siendo además diferentes estadísticamente; los otros tratamientos no son diferentes entre sí aunque los valores más altos son para el 16L:8D. En referencia a las coordenadas cromáticas de la piel fueron diferentes en el tratamiento 6(1L:3D) frente a los demás, con el valor de  $a^*$  más alto y el de  $b^*$  más bajo, cuya consecuencia son unos tonos menos verdosos y menos amarillentos que en los otros tratamientos.

En el color de la carne el efecto de los tratamientos no fue tan manifiesto, no presentándose diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos para los valores de claridad. Por contra si que las hubo tanto para los valores de  $a^*$ , más altos en los tratamientos de fotoperiodos largos, así como los de  $b^*$ , más bajo para el tratamiento 24L:0D.

Tabla 27. Valores L\*, a\* y b\* para la piel y para la carne según el tratamiento de fotoperiodo recibido.

		control		6(1L:3D)		24L:0D		16L:8D	
		x	ee	x	ee	x	ee	x	ee
piel	L*	80,08ab	0,51	77,86a	0,72	85,82c	0,72	82,50b	0,74
	a*	-0,78a	0,08	-0,46b	0,11	-0,76a	0,11	-0,89a	0,11
	b*	6,14a	0,16	5,29b	0,23	5,62ab	0,23	6,10ab	0,23
carne	L*	40,07a	0,21	39,94a	0,30	40,03a	0,30	40,03a	0,30
	a*	-1,02a	0,06	-1,18a	0,08	-0,36b	0,08	-0,58b	0,08
	b*	-2,73ab	0,10	-2,45a	0,14	-3,06b	0,14	-2,32a	0,14

x: valor medio de la variable en cada tratamiento.

ee: error estándar.

Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas.

## 4.2. SEGUNDO EXPERIMENTO.

### 4.2.1. MADURACION GONADAL.

El porcentaje de animales que presentaron emisión de esperma en cada uno de los tratamientos se puede apreciar en la Tabla 30, y cuya representación gráfica a lo largo del tiempo se corresponde con la Figura 10.

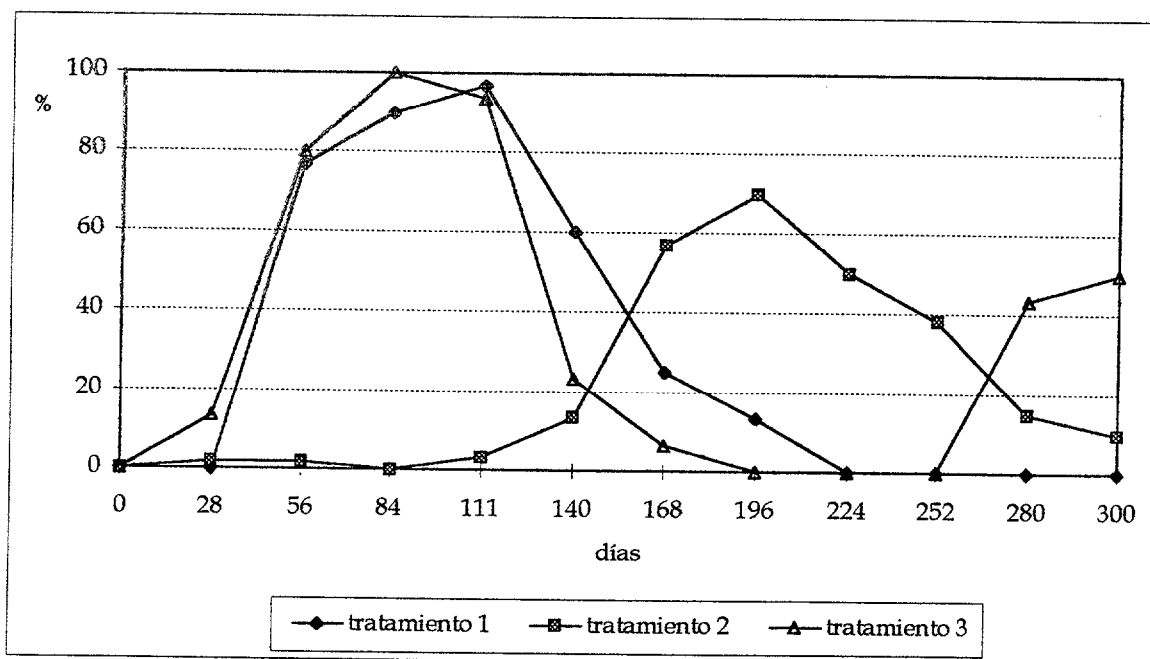
Tabla 30. Porcentaje de individuos maduros entre muestreos según el tratamiento de fotoperiodo recibido.

días	tratamiento 1	tratamiento 2	tratamiento 3
0	0,00	0,00	0,00
28	0,00	1,67	13,33
56	76,67	1,67	80,00
84	90,00	0,00	100,00
111	96,67	3,33	93,33
140	60,00	13,33	23,33
168	25,00	56,67	6,67
196	13,33	70,00	0,00
224	0,00	50,00	0,00
252	0,00	38,33	0,00
280	0,00	15,00	43,33
300	0,00	10,00	50,00

En el tratamiento 1 se detectó el comienzo de la emisión de esperma en el tercer muestreo (día 56), a finales del mes de Octubre. Desde este momento y durante tres meses más (hasta el muestreo sexto) el porcentaje de individuos maduros que presentaron emisión de esperma fue igual o mayor al 60%, rondando alrededor del 100% en los muestreos cuarto y quinto. En el séptimo muestreo el porcentaje bajo al 25% para descender desde aquí hasta el cese total de la emisión en el muestreo noveno, no registrándose ya ningún individuo maduro en los muestreos sucesivos hasta el final del experimento.

En los tanques sometidos al tratamiento 2 la emisión de esperma se inició en el sexto muestreo, aunque en dicho punto menos de un 15% de los individuos la presentaron. Fue en los cuatro muestreos siguientes (séptimo a undécimo ambos inclusive) cuando dichos porcentajes subieron a valores algo más elevados, aunque alcanzándose solamente un máximo del 70% en el muestreo octavo y permaneciendo en cualquier caso en los otros muestreos por debajo del 60%. Por último en los muestreos undécimo y duodécimo los valores fueron bajos y decrecientes, alrededor de un 15 y 10% respectivamente.

Figura 10. Evolución del porcentaje de individuos maduros según el tratamiento de fotoperiodo recibido.



En el tratamiento 3 los peces siguieron una dinámica de emisión y porcentaje de individuos maduros similar a la del tratamiento 1 hasta el quinto

muestreo, no en vano las condiciones experimentales hasta ahí fueron las mismas para ambos tratamientos. A partir de aquí, y tras recibir un estímulo de incremento de las horas de iluminación, ya en el siguiente muestreo se alcanzaron niveles por debajo del 25% de individuos maduros, no llegando a encontrarse ya ninguno bajo esta circunstancia dos muestreos más tarde (muestreo octavo). Durante otros dos muestreos más no apareció emisión de esperma para en el undécimo presentarla por encima del 40% de los individuos y en el último mantenerse en el 50%.

Además del porcentaje global de individuos maduros entre tratamientos, también fue diferente el grado de maduración según la escala propuesta en el apartado correspondiente a la metodología (Tabla 31). Así, de los peces maduros en los tratamientos 1 y 3, la mayor proporción la constituyen aquellos con un elevado grado de emisión de esperma, mientras que para el tratamiento 2 se reparten casi en la misma cantidad para los diferentes grados de emisión. Hay que señalar una salvedad a lo anterior, como es el caso del segundo periodo de maduración que se inicia en el tratamiento 3 hacia el final del experimento: las proporciones de individuos según los diferentes grados de maduración no se presentan a favor de los de elevada emisión sino los del polo contrario, únicamente con presencia de semen tras realizar el correspondiente masaje abdominal. \*

#### 4.2.2. CRECIMIENTO.

Al igual que en el anterior experimento el primer análisis de los resultados consistió en comparar entre sí los dos tanques que habían estado sometidos a cada uno de los diferentes tratamientos, no encontrándose entre ambos dentro de cada muestreo diferencias estadísticamente significativas en ningún punto así como tampoco en las pendientes de sus rectas de regresión. Debido a esto las comparaciones se establecieron a partir de los resultados medios de los dos tanques de cada tratamiento.

En la Tabla 32 se presentan las evoluciones de los pesos en los diferentes tratamientos, cuya representación gráfica se corresponde con la Figura 11. A partir del tercer muestreo (día 56) se comienzan a apreciar diferencias de peso a favor del tratamiento 2, que llegan a ser significativas en el muestreo siguiente (día 84). Estas diferencias van alternando entre la significación y no hasta el muestreo octavo (día 196), no siendo el muestreo noveno y siguientes significativamente diferentes. Las diferencias máximas de



Tabla 31. Porcentaje del grado de maduración entre muestreos según el tratamiento de fotoperiodo recibido.

día/fecha	grado	tratamiento 1	tratamiento 2	tratamiento 3
0/3.9	se	100,0	100,0	100,0
	1	0,0	0,0	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
28/1.10	se	100,0	93,3	98,3
	1	0,0	5,0	1,7
	2	0,0	1,7	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
56/29.10	se	23,3	16,7	98,3
	1	40,0	35,0	0,0
	2	23,3	33,3	1,7
	3	13,3	15,0	0,0
88/26.11	se	8,3	3,3	100,0
	1	3,3	11,7	0,0
	2	8,3	16,7	0,0
	3	80,0	68,3	0,0
111/23.12	se	3,3	6,7	96,7
	1	21,7	3,3	3,3
	2	6,7	0,0	0,0
	3	68,3	90,0	0,0
140/21.1	se	40,0	76,7	86,7
	1	15,0	10,0	8,3
	2	5,0	0,0	5,0
	3	40,0	13,3	0,0
168/18.2	se	75,0	93,3	43,3
	1	6,7	3,3	30,0
	2	3,3	0,0	10,0
	3	15,0	3,3	16,7
196/18.3	se	86,7	100,0	30,0
	1	6,7	0,0	16,7
	2	1,7	0,0	23,3
	3	5,0	0,0	30,0
224/15.4	se	100,0	78,3	50,0
	1	0,0	3,3	5,0
	2	0,0	6,7	20,0
	3	0,0	11,7	25,0
252/13.5	se	100,0	86,7	61,7
	1	0,0	0,0	6,7
	2	0,0	0,0	3,3
	3	0,0	13,3	28,3
280/10.6	se	100,0	0,0	18,2
	1	0,0	76,9	9,1
	2	0,0	23,1	27,3
	3	0,0	0,0	45,5
300/30.6	se	100,0	50,0	90,0
	1	0,0	26,7	0,0
	2	0,0	20,0	5,0
	3	0,0	3,3	5,0

grado de maduración: se, sin emisión de esperma; 1, peces que tras masaje abdominal presentan esperma en el poro genital; 2, peces que sobrepasan el nivel anterior; 3, peces que mantienen una emisión profusa y continuada mientras se realiza el masaje.

peso se alcanzan en el sexto muestreo (día 140) entre los tratamientos 1 y 3 frente al tratamiento 2, estando alrededor del 15% a favor de éste último.

Tabla 32. Valores alcanzados para el peso (g) a lo largo de los muestreos realizados según el tratamiento de fotoperiodo recibido.

días	tratamiento 1			tratamiento 2			tratamiento 3		
	x	ee	CV	x	ee	CV	x	ee	CV
0	394,0a	7,9	15,6	380,2a	9,7	19,8	402,9a	9,4	18,0
28	425,5a	8,8	16,0	427,8a	9,2	16,6	423,3a	10,2	18,6
56	448,3a	14,7	17,9	480,7a	9,3	15,0	463,4a	9,9	16,6
84	481,6a	12,8	20,5	513,1b	10,1	15,2	478,4a	10,1	16,4
111	502,5a	11,0	17,0	516,1a	11,5	17,2	490,2a	18,5	20,6
140	526,5a	12,7	18,6	606,2b	10,6	13,5	531,3a	15,7	16,1
168	579,2a	15,9	21,3	608,9a	14,3	18,2	558,0a	17,7	17,4
196	599,8a	16,5	21,3	663,0b	14,9	17,4	614,2a	14,8	13,2
224	620,5a	18,1	22,7	679,3a	15,6	17,8	650,0a	13,2	15,7
252	704,3a	18,1	19,9	707,4	14,4	15,7	671,1a	15,8	18,2
280	722,8a	19,5	20,9	735,6a	16,6	17,5	763,7a	18,8	13,4
300	744,5a	21,2	22,1	787,5a	17,1	16,8	793,2a	22,6	15,6

x: valor medio del peso (g) en cada muestreo.

ee: error estándar.

CV: coeficiente de variación.

Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas.

Las ecuaciones de predicción para la evolución del peso en función de los tratamientos recibidos se pueden ver en la Tabla 33a. El mejor ajuste fue lineal, no encontrándose diferencias estadísticamente significativas entre las pendientes de las rectas de regresión. Si se divide el experimento en dos partes las cosas cambian, situación que se puede apreciar al comparar las ecuaciones de predicción para cada uno de los tratamientos haciendo referencia solo a los seis primeros muestreos (Tabla 33b) o a los seis últimos (Tabla 33c). En ambos casos las diferencias de sus pendientes son estadísticamente significativas entre el tratamiento 2 y los tratamientos 1 y 3, no siendo las de éstos últimos diferentes para la primera mitad del experimento pero si desde ahí hasta la finalización del mismo. Además, mientras en la primera mitad del experimento es el tratamiento 2 el que muestra la mayor pendiente, en la segunda mitad es el que crece más despacio.

Figura 11. Evolución del crecimiento en peso (g) según el tratamiento de fotoperiodo recibido.

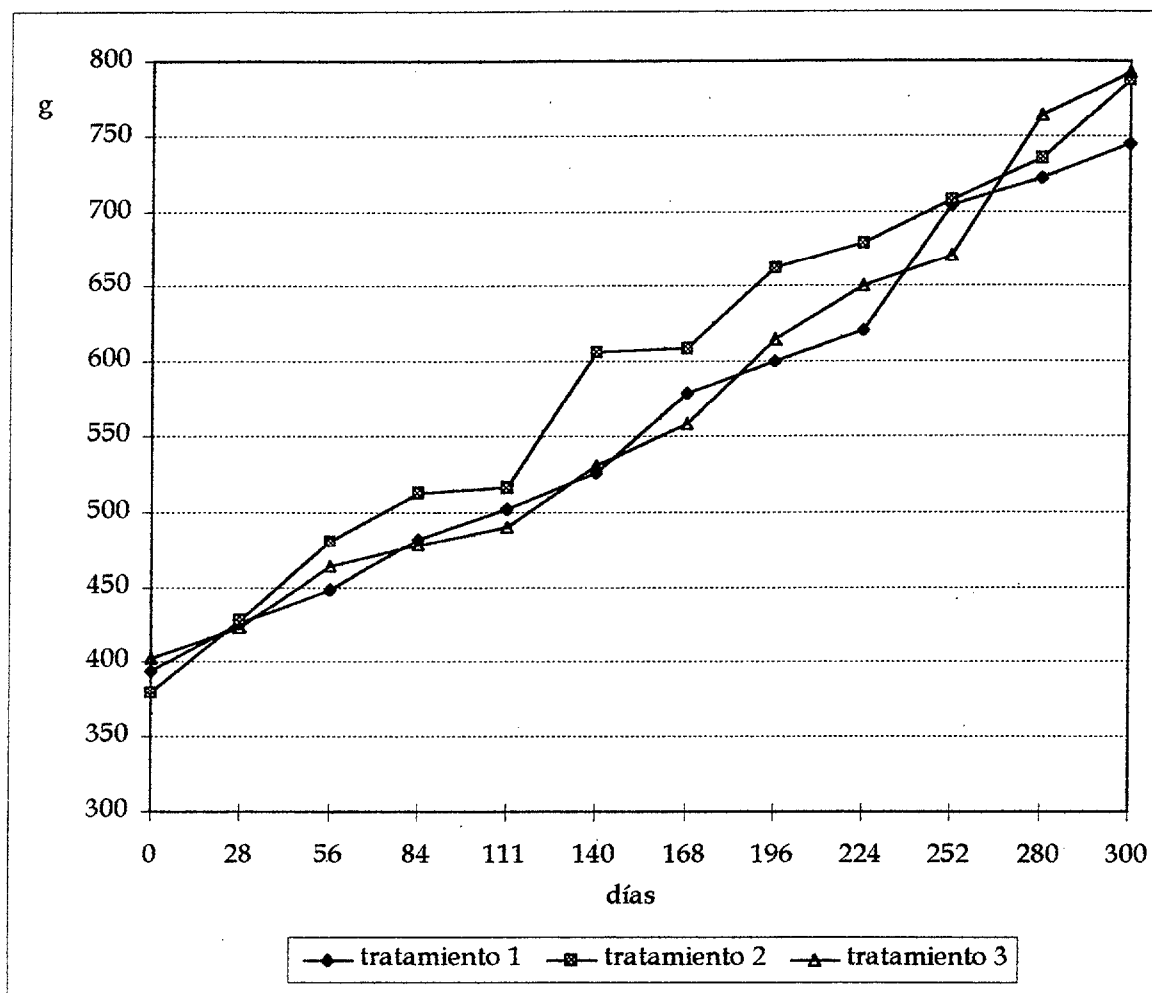


Tabla 33. Ecuaciones de predicción para el peso (g) en función de los días de tratamiento.

a. Experimento considerado globalmente.

	ecuación	r <sup>2</sup>	eee
tratamiento 1	381,331 + 1,180 x	67,94	87,73
tratamiento 2	396,617 + 1,274 x	78,99	71,88
tratamiento 3	382,412 + 1,253 x	74,43	80,72

x: días de tratamiento.

r<sup>2</sup>: coeficiente de determinación.

eee: error estándar de la estima.

- b. Desde el inicio hasta la mitad del experimento junto con su comparación de pendientes.

	ecuación	r <sup>2</sup>	eee
tratamiento 1	397,069 + 0,945 x	64,39	73,00
tratamiento 2	385,419 + 1,456 x	73,60	69,42
tratamiento 3	403,725 + 0,885 x	69,34	70,12

x: días de tratamiento.

r<sup>2</sup>: coeficiente de determinación.

eee: error estándar de la estima.

	tratamiento 1	tratamiento 2
tratamiento 1	-	
tratamiento 2	2,082*	-
tratamiento 3	0,894	2,476*

\*: diferencias significativas (P>0,05)

- c. Desde la mitad hasta la conclusión del experimento junto con su comparación de pendientes.

	ecuación	r <sup>2</sup>	eee
tratamiento 1	340,346 + 1,356 x	66,37	82,88
tratamiento 2	413,283 + 1,198 x	57,57	89,08
tratamiento 3	261,275 + 1,767 x	69,43	78,67

x: días de tratamiento.

r<sup>2</sup>: coeficiente de determinación.

eee: error estándar de la estima.

	tratamiento 1	tratamiento 2
tratamiento 1	-	
tratamiento 2	2,108*	-
tratamiento 3	2,319*	2,870**

\*, \*\*: diferencias significativas (P>0,05; P>0,01; respectivamente)

Los resultados de la evolución de la tasa de crecimiento se exponen en la Tabla 34. Además también aparecen los valores que dicha variable toma en el punto intermedio en el cual se ha considerado interesante dividir el experimento así como a la conclusión del mismo. Nótese que

mientras al final del experimento los valores de la tasa de crecimiento son muy similares en los tres tratamientos (0.212, 0.243 y 0.226 respectivamente para los tratamientos 1, 2 y 3), en el muestreo sexto el resultado del tratamiento 2 (0.333) está muy por encima de los otros dos tratamientos (0.207 y 0.198). Cabe destacar que para el caso de los tratamientos 1 y 3 las tasas de crecimiento apenas han variado entre la mitad y el final del experimento, lo que no sucede en el tratamiento 2 que ha sufrido un marcado descenso a lo largo de dicho periodo.

Tabla 34. Valores de la tasa de crecimiento entre muestreos así como a mitad y global para todo el experimento según el tratamiento de fotoperiodo recibido.

días	tratamiento 1	tratamiento 2	tratamiento 3
28	0,275	0,421	0,176
56	0,186	0,416	0,323
84	0,256	0,233	0,114
111	0,157	0,022	0,090
140	0,161	0,555	0,278
168	0,341	0,016	0,175
196	0,125	0,304	0,343
224	0,121	0,087	0,214
252	0,452	0,145	0,242
280	0,093	0,140	0,321
300	0,148	0,341	0,190
	0,207	0,333	0,198
	0,212	0,243	0,226

En las dos últimas filas aparecen los valores correspondientes a la mitad y al global del experimento respectivamente.

La tasa de mortalidad total alcanzada al final del experimento fue de un 6,28% para todos los tratamientos considerados globalmente. A esto habría que añadir la pérdida de todos los efectivos de un tanque del tratamiento 3 entre el cuarto y el quinto muestreo, y aunque no se llegó a determinar con exactitud la causa probablemente fue debido a que durante la noche se taponó la toma de agua de dicho tanque (hay que tener en cuenta que el sistema de conducción del agua a los tanques del experimento es de un

diámetro mucho menor que al resto de la instalación, y la presencia de algas e incluso pequeños animales pudo obstruirlo temporalmente).

#### 4.2.3. INDICE DE CONVERSION DEL ALIMENTO.

Al igual que en el anterior experimento y por los mismos motivos se ha optado por exponer en la Tabla 35 únicamente los valores de conversión acumulados. Mientras que para los tratamientos 1 y 3 se alcanzan ya casi desde el inicio del experimento valores elevados que se van a ir manteniendo relativamente homogéneos, en el tratamiento 2 por su parte se culmina al final con valores de índice de conversión cercanos a los de los otros dos tratamientos, pero llegando a ellos de una forma más escalonada.

Tabla 35. Evolución del índice de conversión acumulado según el tratamiento de fotoperiodo recibido.

días	tratamiento 1	tratamiento 2	tratamiento 3
28	2,81	1,86	4,34
56	3,81	2,06	3,42
84	3,82	2,52	4,43
111	4,02	3,21	5,00
140	4,19	2,46	4,33
168	3,77	3,05	4,50
196	3,99	2,90	3,88
224	4,30	3,26	3,91
252	3,72	3,53	3,92
280	3,99	3,69	3,64
300	4,04	3,47	3,62

Destacar, como se viene haciendo en la presentación de resultados de este segundo experimento, la diferencia del índice de conversión en el punto intermedio del experimento: para el caso del tratamiento 2, y aunque quizá debería corresponderse con una cifra algo mayor atendiendo a los valores anterior y posterior a dicho punto, no deja de ser notablemente diferente y favorable la conversión alcanzada frente a los otros dos tratamientos.

# 5. DISCUSION





## 5.1. PRIMER EXPERIMENTO.

### 5.1.1. CRECIMIENTO.

Con los resultados obtenidos en este experimento queda de manifiesto que fotoperiodos largos y constantes ejercen un efecto positivo sobre el incremento en peso de *Sparus aurata* durante el periodo de engorde y dentro del rango de pesos estudiado. Esto concuerda con los resultados ya presentados por otros autores y para otras especies en las que la luz repercute positivamente en el crecimiento, tanto en estadios larvarios (FUCHS, 1978; RAMOS, 1986; BARAHONA-FERNANDES, 1979; DOWD y HOUDE, 1980; TANDLER y MASON, 1983; BARLOW y col., 1995; HART y col., 1996) como en otras fases del desarrollo (GROSS y col., 1965; PYLE, 1969; HUH y col., 1976; SAUNDERS y col., 1985; SAUNDERS y HENDERSON, 1988; VILLARREAL y col., 1988; BJÖRNSSON y col., 1989; KOMOURDJIAN y col., 1989; SAUNDERS y col., 1989; STEFANSSON y col., 1989; STEWART y col., 1990; SAUNDERS y HARMON, 1990; MASON y col., 1991; BARLOW y col., 1995), aunque en el caso de las larvas la ventaja de un periodo más largo de iluminación o incluso las 24 horas del día como suele ser habitual, ha sido achacado a que como en el caso concreto de la dorada no se alimenta en la oscuridad (ALESIO, 1975; TANDLER y MASON, 1983) cuando tiene luz puede cazar sus presas, estableciéndose por ello una correlación positiva entre fotoperiodo y crecimiento (TANDLER y HELPS, 1985).

En cualquier caso, el fotoperiodo desencadena respuestas metabólicas (BRETT, 1979) que vía activación de las células somatotropas de la hipófisis (KOMOURDJIAN y col., 1989) eleva los niveles plasmáticos de la hormona de crecimiento (HALL, 1988; BJÖRNSSON y col., 1989; STEFANSSON y col., 1991; BOUJARD y LEATHERLAND, 1992b), además con una respuesta que se puede cuantificar ya una semana después de someter a los peces al estímulo luminoso (McCORMICK y col., 1995).

Sobre la duración más adecuada de la extensión de las horas de iluminación, el resultado más favorable encontrado por nosotros han sido las 16 horas de luz constante frente a las 24, lo cual bajo una perspectiva de su posible aplicación comercial tiene una clara implicación en el ahorro energético. De los resultados expuestos por otros autores en cuyos experimentos se trabaja con estos dos fotoperiodos, las conclusiones que se pueden inferir son algo contradictorias. Para todos está claro que más horas de luz que las del régimen natural favorece un mayor crecimiento, pero mientras BARLOW y col. (1995)

no encuentra diferencias en crecimiento para peces con 16 horas de luz frente a peces con 24 horas, para STEFANSSON y col. (1989) los resultados son mejores cuando están las 24 horas constantes, e incluso para el caso de SANDERS y HENDERSON (1988) se obtienen mejores resultados al inicio del experimento con 24 horas mientras que al final del mismo los peces que alcanzaron un mayor crecimiento fueron los criados bajo 16 horas. Sea como fuere, en nuestro experimento las diferencias dentro de cada muestreo no son significativas para la mayor parte de los mismos, aunque bien es cierto que de manera continuada la media de pesos para el tratamiento 16L:8D es mayor que para el 24L:0D, lo que evidentemente se va a traducir en las diferentes pendientes que sus respectivas evoluciones a lo largo del tiempo presentan, a favor en última instancia del tratamiento 16L:8D.

El otro tratamiento de luz empleado no ha sido encontrado en ninguna referencia de autores que crían peces manipulando el fotoperiodo. No es el caso de los criadores de pollos (CAVE, 1981), que vienen utilizando éste u otros fotoperiodos similares con interesantes resultados, ya que los animales se acostumbran a comer en las horas de luz y el resto del tiempo permanecen descansando y gastando por ello menos energía. En nuestro trabajo, los resultados obtenidos bajo este tratamiento han sido comparables a los del tratamiento control, con el que no han presentado diferencias significativas ni en su evolución ni dentro de muestreos, salvo alguno al inicio tal vez por algún problema de aclimatación de los peces a unas condiciones totalmente nuevas y muy diferentes de las que habían venido disfrutando.

Esto contradice en parte lo expuesto en párrafos anteriores en cuanto a la situación favorable que la cantidad de horas de luz representa, pero al crecer igual que el control, hace pensar en unos niveles basales de expresión de la hormona del crecimiento que regulan éste proceso en los peces, y que solo sea un estímulo por arriba (un incremento de las horas de luz) el que desencadene un aumento de los niveles basales de dicha hormona. En este sentido el experimento de McCORMICK y col. (1995) es claro, ya que cuando en invierno se aumentan las horas de luz simulando una longitud del día como si fuera verano, los niveles hormonales suben hasta alcanzar los rangos que los peces presentan de forma natural en verano.

Las tasas de crecimiento se pueden considerar como buenas incluso para los tratamientos en que éste ha sido menor si las comparamos con resultados de otros autores que hayan trabajado en dorada (MAZZOLA y RALLO, 1981; KADMON y col., 1985; PORTER y col., 1986; BERMUDEZ y col.,

1989; MICALÉ y PERDICHIZZI, 1990). En nuestro caso se cuenta con dos factores a favor: por un lado la calidad de los piensos que presumiblemente va mejorando con el paso del tiempo, y por otro los rangos de temperatura, que no solo no provocan paradas invernales de crecimiento sino que éste se mantiene casi continuo todo el año, aunque los trabajos de KADMON y col. (1985) y de PORTER y col. (1986) tampoco sufrieron temperaturas frías, con  $21\pm 2^{\circ}\text{C}$  el primero y entre  $20.5$  y  $25^{\circ}\text{C}$  el segundo. Contrastadas con resultados contemporáneos en el tiempo y en el espacio, son también algo mejores que las obtenidas por empresas del sector (HARO, comunicación personal) pero evidentemente el grado de control a escala experimental es notablemente mayor.

El reflejo de lo descrito en el párrafo anterior unido a la evolución seguida por los coeficientes de variación para el peso a lo largo de todo el experimento, nos hace pensar que presumiblemente el sistema de distribución del alimento ha tenido una gran responsabilidad en los resultados obtenidos, no estando de acuerdo con la conclusión aportada por JOBLING y WANDSVIK (1983) en el sentido de que cuando en una población los coeficientes de variación permanecen constantes durante largos periodos de tiempo es porque hay individuos que están creciendo por debajo de su potencial máximo.

En este sentido, el crecimiento puede optimizarse alimentando con comederos de autodemanda (KENTOURI y col., 1993): aunque sean los individuos dominantes los que marquen el ritmo alimenticio de todo el grupo mediante la activación del momento del consumo (ADRON y col., 1973; LANDLESS, 1976), cuando éstos se han saciado permiten el acceso a los demás (BOUJARD y LEATHERLAND, 1992); se disminuye la agresividad debido a una mayor distribución temporal del alimento (DIVANACH y col., 1986); además, si el acceso al alimento es continuado, aunque en cada toma llegue a ingerir menos cantidad, también completará antes su vaciado gástrico para volver a comer, lo que se traducirá de manera global en mayor consumo (JOBLING, 1982), golpeando más veces el pistón cuanto mayor sean las horas de iluminación (ADRON y col., 1973). Corroborando esto, nuestro tratamiento 6(1L:3D) fue el que presentó el mayor coeficiente de variación y diferente de los restantes tratamientos, posiblemente debido a una mayor competencia que se establece entre los individuos cuando los periodos de iluminación y por ello de acceso al alimento se encuentran restringidos.

En cualquier caso, la pretensión inicial al diseñar el experimento fue que no pudiera ejercerse influencia alguna sobre el crecimiento con el

reparto del alimento, estableciéndose una dinámica de consumo propia para cada tratamiento y sin estar sincronizados los ritmos alimenticios (JORGENSEN y JOBLING, 1992), a la espera de obtener los mejores resultados cuando los peces pudieran elegir libremente el momento de alimentarse (AZZADI y col., 1997). Más aun teniendo en cuenta los resultados satisfactorios ya aportados por otros autores en cuanto a la utilización de comederos de autodemanda en el engorde de dorada (ANTHOUARD y col., 1986; DIVANACH y col., 1986; KENTOURI y col., 1993).

La evolución del peso tuvo un mejor ajuste lineal, no presentándose ninguna fase de crecimiento retardado en ninguna época del año. Evidentemente las suaves temperaturas invernales, y que no son muy diferentes de las del verano, favorecen ésta evolución, situación ventajosa que no se da en otras latitudes para el cultivo de dorada y que inevitablemente deberán presentar una fase de meseta invernal en su curva de crecimiento (MAZZOLA y RALLO, 1981; BERMUDEZ y col., 1989; KENTOURI y col., 1993). En el caso de PORTER y col. (1986) que trabaja bajo unas condiciones ambientales similares con temperaturas elevadas (entre 20.5 y 25°C), el ajuste que propone es exponencial: en la representación gráfica de su evolución se puede observar una inflexión alrededor de los 80 g, que viene a coincidir con el incremento de temperatura así como de horas de luz (a partir de mes de Marzo en el Mediterráneo Oriental). Es difícil discernir si las inflexiones en la evolución del crecimiento son dependientes de los propios procesos de desarrollo de los individuos o únicamente están sujetos a las variaciones ambientales. Nos inclinamos más por esto último ya que nosotros no hemos observado estas fluctuaciones, teniendo además en cuenta que independientemente de la talla, van a aparecer en los momentos de cambios térmicos (MAZZOLA y RALLO, 1981; KENTOURI y col., 1993), y sin olvidar por supuesto que el fotoperiodo lleva una evolución paralela al termoperiodo en condiciones naturales. Evidentemente el peso al inicio del experimento va a ser un claro condicionante, aunque no es el caso de la comparación de nuestros resultados con los ya mencionados de PORTER y col. (1986).

Las diferencias de crecimiento entre los diversos tratamientos, hacen que al final del mismo los mejores resultados para el fotoperiodo 16L:8D sean alrededor de un 15% más altos que los resultados obtenidos con el tratamiento control. Hasta aquí solo se había hablado de una mejoría del crecimiento, pero es de destacar como bajo una simple manipulación de un factor ambiental como puede ser la luz se pueden lograr resultados tan notables. El acortamiento del ciclo productivo que esto trae aparejado revela el

aporte de luz como un método factible para incrementar los rendimientos en las instalaciones de engorde intensivo de dorada.

El estudio de la longitud en las poblaciones de cultivo de dorada ha sido tratado bajo la perspectiva de la compacidad y la clasificación de los individuos a lo largo del ciclo de engorde (GARCIA y col., 1987, 1990), pero en la discusión de los resultados obtenidos por nosotros no aporta más información que la que cabría esperar por las propias diferencias de crecimiento en peso: los peces que alcanzan al final del experimento un mayor peso son los que van a tener una mayor longitud.

### 5.1.2. CONSUMO, DEMANDA Y CONVERSION DEL ALIMENTO.

Los niveles de consumo de alimento expuestos en los resultados evidencian un efecto de la duración de la fase de iluminación sobre la cantidad de alimento ingerida y/o solicitada por los individuos sometidos a dichas condiciones. Ya GROSS y col. (1965) estableció una relación directa entre la longitud del día y los niveles de consumo corroborada más tarde por BARLOW y col. (1995), justificándola por el hecho de que el fotoperiodo puede ejercer una influencia positiva sobre el apetito de los peces (SAUNDERS y HENDERSON, 1970; SAUNDERS y DUSTON, 1992). En nuestro caso son los individuos del tratamiento 24L:0D los que más comen frente a los del tratamiento 6(1L:3D) que son los de menor consumo, además con unas diferencias notables (760 g frente a 549 g por pez desde el inicio hasta la finalización del experimento). Las diferencias entre los distintos tratamientos comienzan a manifestarse a partir del quinto mes de experimentación, lo que viene a coincidir con el invierno y por ende las más bajas temperaturas de trabajo. Dichas diferencias deben de ser achacadas al hecho de que a partir de ese momento, con los peces ya por encima de los 150 g, se manifiestan de forma aparente las variaciones en consumo, manteniéndose y ampliándose esa divergencia hasta el final del engorde ya que a mayores pesos obviamente mayores consumos.

Una implicación a todo lo visto en el párrafo anterior nos debería llevar a la conclusión de que el fotoperiodo mejora el crecimiento de los peces indirectamente ya que aumenta también el apetito y por ello el consumo de alimento (VILLARREAL y col., 1988; JORGENSEN y JOBLING, 1992), cuestionando por ello la influencia directa del fotoperiodo sobre el crecimiento y que realmente las diferencias en tasa de crecimiento están ocasionadas por un

mayor consumo (SAUNDERS y HENDERSON, 1970), siendo además posible que el descenso en la longitud del día llegue a reducir los periodos de toma de alimento y por ello verse penalizada la tasa de crecimiento (FORSBERG, 1995). Esto podría justificarse para el caso de los dos tratamientos extremos en cuanto a su consumo (máximo para el 24L:0D y mínimo para el 6(1L:3D)), pero no así por los resultados de los otros dos tratamientos (control y 16L:8D), en los que iguales consumos culminan en diferentes pesos. Ello sin duda implica que la eficiencia en la conversión del alimento va a ser diferente, y es esa diferencia la que va a acotar el incremento de peso: según GORSS y col. (1965) el crecimiento está más estrechamente correlacionado con la eficiencia que con el consumo, apreciación que difiere de lo demostrado por BOUJARD y LEATHERLAND (1992) a partir de cuyos trabajos concluyen que el factor limitante del crecimiento es la toma de alimento y no la eficiencia en la conversión del mismo.

Si bien en los consumos se han encontrado diferencias significativas, no las ha habido para los porcentajes de autodemanda del alimento. Al estar dicha demanda determinada en relación al peso de los individuos, las pequeñas diferencias diarias en la cantidad de alimento consumido se diluyen y no llegan a ser diferentes a pesar de que haya tratamientos como el control que consume lo mismo que el 16L:8D y se mueve en unos rangos de peso inferiores. En cualquier caso, esto nos permite elaborar un único modelo global en función del peso de los peces que siempre va a ser mucho más razonable a la hora de proponer una estrategia alimenticia.

En la Tabla 36 aparecen por orden cronológico en función del año de publicación, los porcentajes de pienso sobre peso vivo que diversos autores han utilizado en experimentos trabajando con dorada en función del tamaño de los peces así como la temperatura a la que se desarrolla el cultivo, acompañado por último de las recomendaciones del fabricante de los piensos utilizados por nosotros junto con nuestros propios resultados en función de las demandas que se vinieron realizando a lo largo del experimento. Los resultados obtenidos por nosotros son menores que los tomados como base de trabajo por otros autores e incluso que los propuestos por la fábrica de piensos. En el caso de ésta última los valores son similares al principio, pero a medida que se avanza en el engorde las diferencias se van haciendo cada vez más manifiestas, y más teniendo en cuenta que por las fechas en las que se desarrolló el experimento las últimas fases de crecimiento se hicieron con las temperaturas más altas, siendo con éste rango con el que se debería comparar. Es éste precisamente el aspecto destacado de nuestros resultados, ya que en realidad los ahorros en la

cantidad de pienso a dispensar se van a notar cuando se alimente a peces de pesos elevados y por ello consumos importantes.

Tabla 36. Porcentajes de pienso sobre peso vivo utilizado para alimentación de doradas en función del peso y la temperatura del agua.

	t°	20-40	<60	<80	<100	<150	<200	<300	<500
MARAIS y KISSIL (1979)	23-26°	-	1.6		-	-	-	-	-
MAZZOLA y RALLO (1981)	22-25°	3.0			-	-	-	-	-
	20-22°	-	-	-	-	1.5	-	-	-
	18-20°	-	-	-	-	-	1.1	-	-
PORTER y col. (1986)	20-25°	2.6	2.4	2.2	2.0	1.6	1.3	1.2	-
GARCIA y col. (1987)	21-30°	4.0	-	-	-	-	-	-	-
GARCIA-ALCAZAR y col. (1994)	16-27°	3.3/2.8				-	-	-	-
	18-20°	-	-	-	-	-	-	1.8	-
ROBAINA y col. (1997)	22-24°	-	2.0			-	-	-	-
EWOS, S.A.	18°	2.0	1.5	1.4		1.1		1.0	0.9
	20°	2.3	1.8	1.7		1.5		1.3	1.2
	22°	2.6	2.2	2.0		1.8		1.5	1.3
obtenidos por nosotros	18-23°	2.4	1.8	1.5		1.1		0.8	0.7

En relación a la conversión del alimento hay diversos aspectos a considerar. En primer lugar, al comparar el tratamiento 16L:8D con el control, es de destacar el efecto positivo de una mayor cantidad de horas de luz sobre la conversión del alimento, hecho ya relatado por otros autores (GROSS y col., 1965; PYLE, 1969; MASON y col., 1991; WOIWODE y ADELMAN, 1991; SAUNDERS y DUSTON, 1992). En cualquier caso esta eficiencia debería tener un límite, ya que si comparamos los resultados de los fotoperiodos largos (16L:8D frente a 24L:0D), se puede observar una clara penalización en el que tiene las 24 horas constantes de iluminación. Esto ya había sido descrito (PHILLIPS y col., 1958; BARLOW y col., 1995), los cuales, trabajando con peces expuestos a iluminación continuada, obtenían peores conversiones del alimento debido a un mayor gasto de energía no productiva asociada con el incremento de actividad de los peces.

Por su parte, el tratamiento 6(1L:3D) presentó el mejor índice de conversión, aunque muy similar al 16L:8D, a pesar incluso de presentar la mayor dispersión de pesos. Estos buenos resultados en la conversión

probablemente han sido debidos a un efecto contrario al acontecido en el tratamiento 24L:0D, disminuyéndose el gasto energético de los peces durante los periodos de oscuridad. A lo largo del experimento se pudo apreciar como al encenderse las luces en este tratamiento los peces iniciaban su continua actividad natatoria tras permanecer prácticamente en reposo alrededor del fondo del tanque, siendo además lo más asustadizos y sensibles a la manipulación.

Los valores de conversión obtenidos por nosotros son comparables a los presentados por otros autores también con dorada dentro de los rangos de pesos y temperaturas en las que han trabajado (CERDA-REVERTER y col., 1993; GARCIA-ALCAZAR y col., 1994; ROBAINA y col., 1997), a pesar de lo cual nuestro mérito puede estar en mantener esos buenos índices de conversión a lo largo de todo el engorde, ya que la eficiencia cae notablemente a medida que se incrementa la talle del individuo (KENTOURI y col., 1993).

### 5.1.3. MORFOLOGIA Y COMPOSICION REGIONAL.

El estudio de las variables tanto de morfología como de composición regional tienen como objetivo detallar la descripción de lo que va sucediendo en el cuerpo del animal a lo largo de su periodo de engorde, y todo ello girando en torno a lo que más interesa desde un punto de vista comercial como es la carne consumible. Evidentemente el pescado es un producto que se vende entero, y aunque desde el punto de vista del productor es así como se lo van a pagar, no por ello debe dejar de conocer los aspectos que se acaban de citar, siendo un primer punto a tratar el que a pesar de las diferentes tasas de crecimiento expresadas en cada uno de los tratamientos, no se han encontrado diferencias estadísticamente significativas en el estudio de este grupo de variables, y aunque bien es cierto que la cantidad de individuos muestreados puede ser escasa dada la elevada variación individual, viene a apoyar lo ya apuntado por otros autores en el sentido de que los porcentajes relativos de los pesos de diversas regiones corporales tienen una marcada dependencia con el peso total, no presentándose diferencias aunque la tasa absoluta de crecimiento no haya sido la misma (WEATHERLEY y GILL, 1983a).

Los resultados obtenidos con la apreciación morfológica respaldan las evoluciones que presentan las diferentes regiones corporales. Así, y centrándonos en primer lugar en el estudio de la cabeza, tanto en su forma



como por supuesto en lo que representa porcentualmente sobre el peso del pez, va disminuyendo en importancia a medida que aumenta la edad y/o tamaño, lo que concuerda con lo ya expuesto por BARRERA (1993). En cuanto a las otras medidas morfológicas, nuestros resultados son totalmente congruentes con los ya obtenidos para esta misma especie por BARRERA (1993) o en el caso de la lubina por POUÉY y col. (1993) en el sentido de que el pez incrementa su peso a costa de los diámetros de anchura y altura, aunque en nuestro caso debamos puntualizar que la región que más se modifica es el tercio posterior.

En relación a la evolución de las otras fracciones corporales y empezando por el tubo digestivo, nuestros resultados difieren de los aportados por otros autores (WEATHERLEY y GILL, 1983a; BARRERA, 1993) en el sentido de que no va disminuyendo su proporción a medida que el pez va creciendo, manteniéndose ésta casi constante y con un valor alrededor de un 4% sobre el peso vivo vacío. Este es un hecho a destacar: por un lado, teniendo en cuenta que como ya se ha comentado en apartados anteriores el porcentaje de alimento consumido en relación al peso vivo presenta una clara dinámica descendente, y por otro el hecho de que el porcentaje de contenido digestivo va también disminuyendo (aunque sin olvidarnos que debido a la gran variabilidad individual y/o el tiempo transcurrido desde el último consumo hasta el momento de realizarse el muestreo hace que no sea demasiado fiable), debemos llegar a la conclusión de notables diferencias de tránsito y por ello de eficiencia digestiva entre peces de diferente tamaño, a favor en cualquier caso de los más pequeños (GROVE y col., 1978; TANDLER y col., 1982).

Por su parte el hígado, como ya ha sido reflejado por WEATHERLEY y GILL (1983a), presenta una alometría negativa, conclusión contrapuesta a la aportada por DAWSON y GRIMM (1980) los cuales obtienen para este órgano un crecimiento isométrico.

Con respecto al peso de la canal, se muestra una alometría ligeramente positiva similar a lo hallado por otros autores (WEATHERLEY y GILL, 1983a), lo que se traduce como es lógico en rendimientos cada vez mayores. Los resultados obtenidos por BARRERA (1993) indican por el contrario que peces mayores tienen un menor rendimiento dentro del rango de pesos por él estudiado, aunque las diferencias entre los grupos que establece este autor no son estadísticamente significativas. Si nosotros consideramos únicamente los rangos de pesos similares, los resultados serán equiparables a los de BARRERA (1993) en tanto en cuanto la propia variabilidad del muestreo hace que los valores de rendimiento a la canal sufran constantes altibajos,

correspondiéndose más bien con un desarrollo isométrico (DAWSON y GRIMM, 1980).

Por último la carne consumible, también presenta alometría positiva y por ello aumenta su porcentaje a medida que se incrementa la edad y/o el peso del pez (NICOLOSI-ASMUNDO y col., 1993; POUHEY y col., 1993). La parte de la canal que no corresponde a la carne (cabeza, piel y raquis más aletas) debe ir disminuyendo en su proporción a medida que aumenta el peso del pez, no pudiendo ser de otra forma al mostrarse la canal casi isométrica y la carne presentar un grado mayor de alometría positiva que aquella. En cualquier caso cabe reseñar que solo la cabeza tiene una marcada alometría negativa, pero que arrastra a los otros componentes debido a ser éste el de mayor peso (BARRERA y SAÑUDO, 1987).

#### 5.1.4. COMPOSICION QUIMICA.

Al realizar el diseño del experimento se tomó la decisión de analizar los componentes químicos sobre el músculo de los lomos. Evidentemente esto no va a responder a la evolución, distribución y/o movilización que dichos componentes químicos presentan en el organismo, presentándose por ejemplo para el caso de la dorada un mayor almacén de grasa visceral que hace que la cantidad de dicho componente en el animal completo esté alrededor de un punto por encima sobre el animal eviscerado (VERGARA y col., 1996). Pero desde un punto de vista comercial pensamos que puede ser más interesante valorar los resultados a partir de las piezas que realmente aprovecha el consumidor, en cuya composición es en la que debemos basarnos a la hora de promocionar la idoneidad de este producto como alimento de calidad. Partiendo de esta premisa, a la hora de valorar los efectos que los diversos tratamientos ejercen sobre la composición química del músculo, y teniendo en cuenta que es necesario eliminar las variaciones que vienen determinadas por las propias diferencias en el peso que alcanzan los peces en los distintos tratamientos (SHEARER, 1994), hemos optado por establecer dicha covariación con respecto al peso de los lomos. A la hora de la verdad tampoco va a haber una apreciable diferencia entre covariar la composición química con el peso total o el de los lomos, ya que entre ambos la correlación es cercana a la unidad (ver Tabla 25), y en cualquier caso, aunque no ha sido presentado en los resultados, éstos no varían si se realiza el análisis estadístico con una u otra variable.

Antes de entrar en el estudio detallado de las repercusiones que los tratamientos empleados ejercen sobre la composición química del músculo, mencionar que al trabajar con porcentajes los cálculos se han realizado sobre materia húmeda, ya que si se opta por determinarlos sobre peso seco, al cambiar un porcentaje van a presentarse efectos sobre los demás (PAPOUTSOGLU y PAPAPARASKEVA-PAPOUTSOGLU, 1978), y las diferencias generadas por el tratamiento en algún componente van a llevar a errores de interpretación ya que aparentemente ese tratamiento va a influir en otro componente cuando en realidad no debería ser así (MILLIKIN, 1982; SMITH y col., 1988; NEMATIPOUR y col., 1992). Esto sucede en el trabajo de NICOLSI ASMUNDO y col. (1993) en el que trabajando con lubina se presentan unos resultados en materia seca en los que a medida que el pez va aumentando su talla pierde proteína y gana grasa en el músculo, efectos que se presentarían diferentes si dichos porcentajes fueran calculados sobre materia húmeda debido a la relación inversa que se establece entre la grasa y el agua (REINITZ, 1983; FAUCONNEAU y col., 1993; BRAUGE y col., 1994; ZHANG y col., 1994).

Comenzando por la proteína, no han sido encontrados efectos estadísticamente significativos achacables a los tratamientos empleados. Ello nos indica que el factor que ejerce mayor influencia en la composición de proteína es la propia talla del pez, como así ha sido descrito por otros autores (NIIMI y BEAMISH, 1974; PAPOUTSOGLU y PAPAPARASKEVA-PAPOUTSOGLU, 1978; WEATHERLEY y GILL, 1983b; SHEARER, 1994). El hecho de las diferencias encontradas entre alguno de los muestreos, o lo que es lo mismo, entre el factor días de tratamiento, probablemente sea debido a un sesgo en los propios resultados de los análisis: esas diferencias se presentan solamente entre el primer muestreo y no frente al de mayor valor sino a los más homogéneos y por ello de más estrechos intervalos de confianza. Por su parte y como era de esperar los niveles encontrados son similares a los descritos para esta especie por otros autores (BARRERA, 1993; SAÑUDO y col., 1993).

El siguiente componente a desarrollar es la grasa. En este caso si se ha encontrado un efecto altamente significativo del tratamiento sobre el porcentaje de grasa en el músculo. Han sido profusamente descritas por otros autores diferencias en la proporción de grasa debidas a efectos exógenos, fundamentalmente la dieta tanto en su cantidad (HUISMAN, 1976; STOREBAKKEN y AUSTRENG, 1987a y b; STOREBAKKEN y col., 1991), como en su calidad (GARLING y WILSON, 1976; AUSTRENG y REFSTIE, 1979; BROMLEY, 1980; REINITZ y HITZEL, 1980; ZEITLER y col., 1984; BARLOWS y

col., 1988; DAVIES, 1989; JOBLING y col., 1991; STOWELL y GATLIN, 1992; KEEMBIYEHETTY y DE SILVA, 1993; ARZEL y col., 1994; BALLESTRAZZI y col., 1994; HILLESTAD y JOHNSEN, 1994; CATA CUTAN y COLOSO, 1995; WEBSTER y col., 1995; VERGARA y col., 1996) así como en el momento y la frecuencia del reparto del alimento (GRAYTON y BEAMISH, 1977; NOESKE-HALLIN y col., 1985; ROBAINA y col., 1997), pero no hemos encontrado ninguna referencia que achaque posibles diferencias a la modificación de un factor ambiental como es el caso de la cantidad de horas de luz bajo las que se desarrolle el ciclo de crecimiento.

El valor más bajo para el porcentaje de grasa lo presentó el tratamiento 6(1L:3D), hecho necesario para mantener una buena tasa de crecimiento a pesar de su menor consumo de pienso, lo cual vino refrendado por un bajo índice de conversión. No hubo efecto de las horas de luz en los otros tratamientos ya que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ellos.

Con las cenizas sucedió algo similar a la proteína, no encontrándose diferencias significativas entre los tratamientos utilizados. El argumento para que esto suceda así es similar al empleado con la proteína, y es que junto con ella las cenizas son dependientes de la talla (PAPOUTSOGLOU y PAPAPARASKEVA-PAPOUTSOGLOU, 1978).

Para el caso de la humedad, ésta si que respondió de diferente forma a las horas de luz. Obviamente el valor más alto y diferente significativamente de los otros tres fue para el tratamiento 6(1L:3D) debido a la relación inversa que se establece entre el porcentaje de grasa y el de humedad (REINITZ, 1983; FAUCONNEAU y col., 1993; BRAUGE y col., 1994; ZHANG y col., 1994).

En cuanto a las correlaciones entre las diversas variables de composición y el peso vivo vacío o el de los lomos, los valores son similares a los encontrados por WEATHERLEY y GILL (1983b). Los porcentajes de proteína y cenizas apenas varían a lo largo del crecimiento del pez en el rango de pesos por nosotros estudiado, con lo que su correlación con el peso vivo no puede ser muy alta y en cualquier caso más baja que con el porcentaje de grasa, cuya proporción aumenta con la talla del pez (GROVES, 1970), o con el porcentaje de humedad, aunque en éste último caso de signo negativo. Sobre las correlaciones de las propias variables de composición entre si destacar el elevado valor aunque de signo negativo del porcentaje de humedad con las

otras tres (SHEARER, 1994), resultado lógico si pensamos que como porcentajes de un todo, la variación de cualquiera de las proporciones de la parte seca va a provocar una variación inversa en la parte húmeda. MARAIS y KISSIL (1979) trabajando también con doradas pero solamente entre 43 y 80 g de peso obtienen valores para los coeficientes de correlación entre el porcentaje de humedad frente al de proteína o de grasa similares a los nuestros aunque un poco más elevados (-0,848 y -0,853 respectivamente para humedad-proteína y humedad-grasa), siendo totalmente contrario al nuestro cuando es el porcentaje de humedad frente al de cenizas (0,765).

Referirnos por último a los coeficientes de alometría. WEATHERLEY y GILL (1983b) presenta para la trucha arco iris coeficientes negativos en el caso de la proteína y positivos, pero de rangos menores que en nuestro caso, para la grasa. El hecho que puede explicar estas diferencias es que mientras nosotros trabajamos únicamente con la pieza muscular, WEATHERLEY y GILL (1983b) lo hacen con el animal entero, no acumulándose proteína y si grasa en la cavidad abdominal y por ello descendiendo la proporción de la primera en relación al peso del pez. Para el caso de las cenizas, nuestros resultados muestran que no varían a lo largo del periodo de crecimiento estudiado, lo que está en contra de los resultados de MARAIS y KISSIL (1979) en cuanto a que estos autores encuentran que al igual que la humedad, el porcentaje de las cenizas va descendiendo con la talla del pez.

#### 5.1.5. COLOR EXTERNO Y DE LA CARNE.

Los resultados obtenidos muestran un claro efecto de los tratamientos empleados sobre el color, tanto de la piel como de la carne, aunque en el caso de ésta última con diferencias de menor magnitud. Por su parte, para el peso no se han detectado influencias en los parámetros estudiados, matización que ya había sido reflejada por otros autores (BARRERA, 1993; SAÑUDO y col., 1993; POUHEY y col., 1993).

El parámetro L\* ha presentado los valores más altos a medida que la exposición a las horas de luz fue mayor, lo cual estaría en relación con el hecho de que los peces pueden en cierta medida modificar su color según el fondo en el que se encuentran (HAARD, 1992): todos los tanques tienen un mismo fondo claro pero obviamente los peces criados bajo fotoperiodos largos están durante más tiempo bajo la influencia de dicho fondo. También dentro de

la piel se vieron afectadas las coordenadas las coordenadas cromáticas. El tratamiento 6(1L:3D) fue el que presentó menor saturación, hecho que puede volver a estar justificado en el reducido tiempo de iluminación al que fueron sometidos sus individuos.

En relación al color de la carne, parece confirmado que en esta especie no sucede lo mismo que en los salmónidos en cuanto a las diferencias debidas a la presencia de pigmentos en la dieta (SPINELLI, 1979; TORRISSEN, 1985), ya que como fue comprobado por BARRERA (1993) y SAÑUDO y col. (1993) no se presentan a este nivel diferencias entre individuos salvajes y cultivados, los cuales presumiblemente se han alimentado de diferente forma. En nuestro caso, y aunque los parámetros de color en la carne no se han visto tan influenciados por las condiciones experimentales, si que para el tratamiento 24L:0D las coordenadas cromáticas fueron diferentes con respecto a los otros tratamientos, lo cual contradice la hipótesis de que los factores ambientales afectan poco al color de la carne (FAUCONNEAU y col., 1993).

## 5.2. SEGUNDO EXPERIMENTO.

### 5.2.1. MADURACION GONADAL.

Como era de esperar, los peces en condiciones naturales de iluminación alcanzaron la maduración y presentaron emisión de esperma en Octubre (LUMARI y VILLANI, 1973; SUAUI y LOPEZ, 1976; ARIAS, 1980), manteniéndose en estas condiciones hasta Enero aunque algunos individuos llegaron incluso a emitir esperma en Marzo. De igual manera, y como también ha sido reflejado en la bibliografía, la manipulación de las condiciones de iluminación hizo que se modificara en el tiempo dicho momento de maduración (GIRIN y DEVAUCHELLE, 1978; CRIM, 1982; NAKARI y col., 1987; BEACHAM y MURRAY, 1988; JONSSON y col., 1994). En nuestro caso, y con las condiciones propuestas en el diseño del experimento se produjo para el caso del tratamiento 2 un retraso de alrededor de seis meses, y aunque hubo algún individuo bajo condiciones de luz alteradas que se adelantó con respecto a dicho intervalo, fue ese el tiempo que transcurrió entre los momentos de mayor emisión de esperma de cada tratamiento. Por fin, para el tratamiento 3 el proceso fue similar al del tratamiento 1 mientras mantuvieron las mismas condiciones, pero tras el estímulo de incremento de las horas de luz al que fue sometido en el quinto muestreo a finales de Diciembre y en pleno periodo de freza, volvió otra vez a madurar y emitir esperma seis meses después.

Parece claro que el estímulo externo en referencia a la luz que da la señal de inicio al proceso de gametogénesis es el nivel máximo de luz (KADMON y col., 1985b), es decir, el solsticio de verano, no estando sin embargo tan claros los mecanismos a través de los cuales los peces perciben, miden y transmiten la información de los cambios de luz (ZANUY y CARRILLO, 1997). En cualquier caso y atendiendo a la premisa del pico de iluminación, los trabajos realizados por algunos investigadores encaminados a trasladar en el tiempo las épocas de freza, han mantenido fotoperiodos constantes entre los cuales se intercalaban pulsos de mayor o menor duración que incrementaban las horas de iluminación, llegando con ellos a madurar los peces seis meses después (BROMAGE y col., 1984; CARRILLO y col., 1989). En principio todo este tiempo entre el estímulo luminoso y la consecución de la maduración no está totalmente en consonancia con lo que le sucede a la dorada tanto en el medio natural (LUMARI y VILLANI, 1973; SUAUI y LOPEZ, 1976; ARIAS, 1980) como en nuestro caso con el tratamiento en el que no se manipularon las condiciones de fotoperiodo, acortándose en al menos un mes esos seis meses propuestos (desde finales de Junio hasta finales de Octubre). Probablemente este pequeño desfase sea debido a la paulatina reducción de la longitud del día que ocurre bajo condiciones naturales, ya que tras el estímulo del máximo de iluminación, el acortamiento progresivo de las horas de luz favorece el adelantamiento de la maduración (KADMON y col., 1984, 1985b).

El efecto del acortamiento del fotoperiodo se presenta contradictorio a la vista de los resultados expuestos por diversos autores. Así, mientras para algunos es necesario que el estímulo de días largos al inicio de la gametogénesis venga seguido por días cortos (ELLIOT y col., 1984; JOHNSTON y col., 1992), otros lo único que argumentan es que dicha dinámica lo único que favorece es el adelantamiento de la maduración (KADMON y col., 1984, 1985b; PAVLIDIS y col., 1992), y algunos incluso obtienen resultados manteniendo los peces bajo un régimen de iluminación con días largos (BOURLIER y BILLARD, 1984; BROMAGE y col., 1984). Con nuestros resultados de los tratamientos bajo fotoperiodo manipulado (el 2 y el 3) se retrasó la maduración en al menos un mes con respecto a lo que habría cabido esperar en función del momento en que se presentó el estímulo luminoso y teniendo en cuenta el tiempo que transcurre cuando los animales están en condiciones naturales. Los efectos de los días largos del tratamiento 2 ya han sido comentados con el consiguiente retraso en la maduración, anotando aquí que no fueron de duración constante ya que al acoplarse el protocolo de iluminación artificial al régimen natural y encenderse la luz al atardecer hasta

una hora fija, las modificaciones de por la mañana provocaron aproximadamente una variación de 90 minutos entre el máximo y el mínimo de horas de luz repartida entre los seis meses que se demoró el inicio de la emisión de esperma.

Para el caso del tratamiento 3, en la segunda mitad del experimento se obtuvo una maduración y consiguiente emisión de esperma también unos seis meses después del estímulo de incremento de las horas de luz, pero en estas condiciones no ya solo con días largos sino además crecientes, hecho éste que no hemos encontrado en la bibliografía para especies que tradicionalmente presentan su época reproductiva bajo días decrecientes, situación que para esta especie en concreto se ha descrito como necesaria de cara a completar la gametogénesis (KADMON y col., 1984, 1985b). Con experiencias recientes en lubina se está intentando obtener puestas tras el correspondiente estímulo de días largos dentro de un régimen de iluminación natural (ZANUY, comunicación personal) y no como hasta ahora en que los peces estaban a fotoperiodo constante bajo y era ahí donde se aumentaba durante un mes las horas de luz. Bajo dicha premisa la freza podría provocarse después de un fotoperiodo creciente, aunque en la lubina de forma natural realiza sus puestas bajo días cortos pero cuando éstos comienzan a crecer al final del invierno o inicio de la primavera.

Hay en la bibliografía dos trabajos realizados con dorada en los cuales bajo idénticas condiciones de iluminación con un fotoperiodo constante de 16L:8D unos autores logran frenar la maduración (KADMON y col., 1985a,b) y otros solo la retrasan entre uno y dos meses (MICALÉ y PERDICHIZZI, 1988, 1990). Aparte de la temperatura del agua la única diferencia entre ambos está en que mientras los primeros inician el experimento a finales de Junio coincidiendo con el máximo de luz natural, los segundos lo inician en invierno coincidiendo por ello con el mínimo.

Los resultados de KADMON y col., (1985b) no son congruentes con los de otros autores que con otras especies también han mantenido fotoperiodos constantes y aunque más o menos retrasada han llegado a obtener maduración de los peces, situación que han justificado por el hecho de la existencia de un mecanismo endógeno que antes o después va a determinar el momento de la reproducción a pesar de la alteración de las condiciones de iluminación (BOURLIER y BILLARD, 1984; BROMAGE y col., 1984; CARRILLO y col., 1989; PAVLIDIS y col., 1992). Pero KADMON y col. (1985b) no llega a anular la maduración, sino que se produce un retraso de diez meses



con respecto al lote control bajo condiciones naturales, y a pesar de que al final de un año de luz constante 16L:8D concluye que un descenso de las horas de iluminación en mayor progresión de la que lo hace el régimen natural va a provocar una maduración en menos tiempo, en realidad los análisis hormonales que va haciendo le indican el inicio de la gametogénesis y por lo tanto que no va a mantenerse durante más tiempo el freno al desarrollo gonadal, situación ésta que comprueba cuando todavía los peces están con el fotoperiodo largo constante. En su caso puede ser que el régimen de temperaturas en las cuales desarrolla el experimento (altas y constantes de  $21\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) ayuden a mantener el retraso por más tiempo del que cabría esperar por la sola manipulación del fotoperiodo.

MICALE y PERDICHIZZI (1990) justifican sus resultados en el citado mecanismo endógeno, pero no analizan las causas por las que no encuentran individuos maduros teniendo en cuenta la hipótesis por la que alrededor de seis meses después de aumentar las horas de luz dichos individuos deberían haber aparecido. En nuestro caso un estímulo similar desencadenó la maduración seis meses después y en días crecientes. En cualquier caso estos autores no realizan más que dos muestreos, en Noviembre cuando el lote control va a estar en plena época de maduración, y dos meses después cuando el lote manipulado alcanza la suya, no presentando ningún resultado de lo que pasa en los momentos anteriores. Además inician el experimento con peces de un año de vida (según ZOHAR y col. (1978) ya deberían ser adultos funcionales, pero lo observado por nosotros en el primer experimento pone en duda este argumento, al menos en nuestras condiciones; además ZOHAR y col. (1978) encuentra que el primer año de vida el 100% de la población son machos, mientras que en la segunda época reproductiva, segundo año de vida, hay una elevada proporción de hembras, totalmente diferente a lo encontrado por nosotros ya que aparecen únicamente machos en este segundo año, coincidente de hecho con su primera estación reproductiva), pudiéndose por ello presentarse una falta de receptividad al estímulo luminoso.

Otro aspecto a destacar de los resultados es la diferente proporción de individuos maduros según el tratamiento analizado. Así, bajo condiciones de iluminación natural casi el 100% de los peces emitieron esperma en mayor o menor grado en los dos muestreos realizados en plena época reproductiva, alcanzándose igualmente porcentajes elevados en los muestreos al inicio y finalización de dicha estación sexual. No sucedió esto en el tratamiento 2, no llegando nunca a valores tan altos en la proporción de

individuos maduros. Algunos autores apuntan que el hecho de modificar el momento de freza afecta a otros parámetros como la duración de la misma en el sentido de alargarla (BOURLIER y BILLARD, 1984; FORES y col., 1990; PAVLIDIS y col., 1992), perturbación todavía mayor si al establecer el cambio de época lo desencadenamos en días largos cuando de manera natural acontece en días cortos (BROMAGE y col., 1984). En nuestro caso no podemos apuntar en esta dirección de alargar el periodo de freza, y si bien es cierto que han aparecido peces con emisión de esperma durante un muestreo más, el número de individuos ha sido tan bajo que parece difícil justificar con ello la asincronía en la maduración y el reparto durante más tiempo de peces activos sexualmente. Tal vez el que la maduración se haya presentado en días largos haya desencadenado que cierta cantidad de individuos no haya podido completar con éxito su gametogénesis, situación más trascendente que el hecho en si del desplazamiento temporal.

Abundando en el argumento anterior están los resultados obtenidos referentes al diferente grado de emisión de esperma. Aunque quizá no puedan ser concluyentes debido a que el pez realiza emisiones espontáneas y lo que nosotros encontremos al muestrear va a depender de cuando fue la última y la cantidad de esperma que se liberó, no deja de ser cierto que reiteradamente en todos los muestreos los peces maduros del tratamiento 2 emiten menor cantida de esperma.

En el tratamiento 3, el porcentaje de peces maduros que emiten esperma baja a partir del momento en que se somete al estímulo de incrementar las horas de luz, descenso más acusado que el que se presenta en el tratamiento 1 cuando ambos habían estado hasta entonces con fotoperiodo natural. Puede que esta diferencia sea únicamente debida a la situación de estrés provocada por el aumento de luz más que a un efecto directo sobre los centros que controlan la reproducción. En cualquier caso, como ya se ha mencionado con anterioridad, seis meses después aparece un cierto porcentaje de individuos maduros, y de la misma forma que sucede en el tratamiento 2 hay un grado de emisión de esperma bajo, menor incluso que en dicho tratamiento 2. Teniendo en cuenta el plazo más corto que han tenido los peces para regresionar la gónada y establecer una nueva gametogénesis así como que la maduración se haya desarrollado en días largos y crecientes, es más que probable que el efecto de la modificación altere el proceso de desarrollo y maduración gonadal, aunque éste puede ser completado con éxito.

Otra situación aparentemente incongruente que aparece en el tratamiento 3 es que en esta segunda maduración, al menos los individuos que emiten esperma son machos funcionales. Esta obviedad está en aparente contradicción con lo expresado por otros autores en el sentido de que la dorada, como especie proterándrica, solo va a tener funcionalidad sexual como macho en la primera estación reproductiva, pasando a hembras en la siguiente estación la mayor parte de la población excepto un 20% (ZOHAR y col., 1978) o un 33% (BEN-TUVIA, 1979) que seguirán siendo machos. En nuestro caso al menos hasta el 50% fueron machos, no registrándose más quizá porque el porcentaje de maduración no fue mayor, manteniéndose a unos niveles relativamente bajos como así sucedió en la época reproductiva del tratamiento 2.

### 5.2.2. CRECIMIENTO E INDICE DE CONVERSION DEL ALIMENTO.

Los resultados de crecimiento vienen a reflejar la evolución de la maduración en los distintos tratamientos, y ello teniendo en cuenta que uno de los efectos más destacados provocado por los cambios que aparecen en los teleosteos de cara a la preparación de la freza es la inhibición de los mecanismos de crecimiento (LUNDQVIST, 1980). Los peces del tratamiento 2 crecen por encima de los de los otros tratamientos hasta aproximadamente la mitad del experimento, lo que coincide por un lado con el inicio de la presencia de esperma en los mismos y por otro con el descenso en su producción para los tratamientos 1 y 3. La responsabilidad de este hecho viene determinada por la posible interacción de las hormonas sexuales con la de crecimiento (HULATA y col., 1985) así como con las hormonas tiroideas (CYR y col., 1988), desplazando la energía hacia la gónada.

Las diferencias en crecimiento del tratamiento 2 aparecen ya al inicio de la época de maduración que presentan los otros tratamientos, lo que coincide con los resultados de KADMON y col. (1985a), el cual también ya al inicio de la estación reproductiva constata mayores crecimientos con el lote de fotoperiodo alterado, largo y constante en su caso de 16L:8D. Parece claro que cuando el desarrollo gonadal es alterado o deteriorado, la energía de la dieta normalmente canalizada a las gónadas puede ir en parte a la deposición de músculo (HULATA y col., 1985), con el incremento en peso y en la eficiencia de utilización del alimento que esto va a suponer.

Los resultados de RODRIGUEZ y col. (1997) trabajando con lubina muestran mejoras en el crecimiento que están alrededor del 55% de los

peces en tratamientos de luz controlada frente a los de iluminación natural. Pero en realidad esa diferencia no hay que achacarla en su totalidad al efecto de la anulación de la maduración, ya que con un fotoperiodo largo constante de 15L:9D no solo no retrasan el desarrollo de la gónada sino que además alcanza unos niveles solo ligeramente inferiores a los de los peces con luz natural. El hecho es que ya antes de frenarse el crecimiento en el lote control bajo fotoperiodo natural las diferencias eran cercanas al 50%, justificables por el efecto estimulante de la mayor cantidad de horas de luz ya profusamente discutido en el apartado correspondiente al primer experimento, teniendo además en cuenta que el experimento se empieza casi 15 meses antes y con peces de 9 g de peso.

Por su parte, KISSIL y col. (1996) consigue retrasar la maduración en dorada aplicando fotoperiodos largos constantes de 15.5L:8.5D, alcanzando unos rendimientos de un 26% más de crecimiento en el lote manipulado frente al control. En nuestro caso llegamos a mejorar solo un 15%. De cualquier forma, KISSIL y col. (1996) no sigue adelante en su trabajo (o al menos no lo cita) para comprobar si ésta mejoría continúa manteniéndose o como nos sucede a nosotros se anula cuando llega la maduración del tratamiento 2. Evidentemente esto puede marcar una estrategia productiva en el sentido de manipular la luz en lotes de cultivo que alcancen sus tallas comerciales y/o vayan a salir al mercado durante o inmediatamente después de la época reproductiva natural, consiguiendo por ello un freno en la maduración y mejorando por esta vía los rendimientos.

En nuestro caso los resultados son concluyentes ya que el conseguir únicamente el retraso en la maduración va a provocar que cuando ésta se desarrolle, la ventaja en peso adquirida con anterioridad se anule, presentando igualmente la tasa de crecimiento y el índice de conversión valores completamente diferenciados antes y después de ese hecho. Más aun teniendo en cuenta que la maduración en el tratamiento 2 va a aparecer cuando empiezan a incrementarse las temperaturas del agua, situación que favorece más si cabe la recuperación de peso en los peces de los otros tratamientos que ya terminaron su estación reproductiva. Se puede apreciar como siempre el tratamiento 2 y hacia el final del experimento el tratamiento 3, marcan unos pesos superiores al tratamiento 1 aunque no significativamente diferentes, pudiendo intuirse el efecto positivo de las horas de luz independientemente de su interferencia en el desarrollo gonadal.

# 6. CONCLUSIONES



Bajo nuestras condiciones experimentales y según la metodología empleada, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- 1<sup>a</sup>.- La utilización de fotoperiodos largos constantes (16L:8D y 24L:0D) durante el engorde de dorada desde individuos preengordados hasta alcanzar las tallas comerciales (400-450 g) mejora la tasa de crecimiento. La diferencia máxima de peso alcanzada al final del ciclo reproductivo puede cifrarse en un 15% a favor del mejor tratamiento (16L:8D) frente al control.
- 2<sup>a</sup>.- Cuando el engorde se realiza bajo fotoperiodos intermitentes (6(1L:3D)) y por ello con menos horas totales de iluminación diaria, no hay diferencias en el crecimiento frente al tratamiento control pero si que se mejora el índice de conversión del alimento. Por contra en iluminación continuada dicho índice de conversión se ve penalizado.
- 3<sup>a</sup>.- La alimentación mediante comederos de autodemanda garantiza una correcta dispensación del pienso, reduciéndose los porcentajes diarios del mismo que normalmente se vienen administrando, y todo ello sin que se vea limitado el crecimiento.
- 4<sup>a</sup>.- Los coeficientes de alometría tanto de la canal como de la carne consumible son ligeramente superiores a uno, obteniéndose mayores rendimientos en ambos parámetros a medida que se avanza en el peso de los peces.
- 5<sup>a</sup>.- La composición química de la carne se ve influenciada por el régimen de iluminación, presentando los peces criados bajo fotoperiodo intermitente 6(1L:3D) menor proporción de grasa que los tratamientos largos constantes (16L:8D y 24L:0D) y el control.
- 6<sup>a</sup>.- El color de la piel está directamente relacionado con la longitud de la fase de iluminación, siendo los peces más claros a medida que están expuestos a más horas de luz.
- 7<sup>a</sup>.- El periodo de maduración sexual en la dorada puede ser alterado mediante un incremento burso de las horas de iluminación con respecto al fotoperiodo natural, desencadenándose en este caso una nueva estación reproductiva seis meses después e independientemente de que el fotoperiodo sea creciente o decreciente. Cuando esta modificación se produce, tanto la proporción de individuos que alcanza la maduración sexual como la cantidad de esperma que éstos emiten se ve afectada.

8ª.- Los peces a los que se altera su época reproductiva normal mediante manipulación del fotoperiodo, presentan unos mejores crecimientos y conversión del alimento comparados con los que bajo condiciones naturales si que alcanzan la maduración sexual.

Como corolario añadir que el fotoperiodo puede considerarse como una herramienta útil y de bajo coste de la cual el acuicultor puede valerse para mejorar los rendimientos durante el engorde intensivo de dorada.



## **7. RESUMEN**



Con el presente trabajo se han evaluado los efectos que el régimen de iluminación ejercen sobre el crecimiento de la dorada (*Sparus aurata*) durante su fase de engorde, ya sea hasta alcanzar tallas comerciales (400-450 g) partiendo de individuos prengordados, o ya sea llegando a peces de pesos más elevados de cara a abastecer un segmento de mercado diferente que absorba este tipo de producto.

En el primero de los casos, y comparando con peces creciendo bajo condiciones de iluminación natural, se programaron tres tratamientos de fotoperiodo (6(1L:3D), 24L:0D y 16L:8D) que generaron diferencias estadísticamente significativas en el sentido de mejora notable del crecimiento cifrada en un 15% para el tratamiento 16L:8D frente al control; también el crecimiento al final del experimento fue mejor para el 24L:0D que para el control, no siendo diferente éste último con el 6(1L:3D). Haciendo referencia a las eficiencias en la conversión del alimento, la mejor fue para el tratamiento 6(1L:3D) y la peor para el 24L:0D, siendo iguales el control y el 16L:8D; estos resultados vienen determinados por el hecho de un mayor gasto metabólico de los individuos del tratamiento 24L:0D al estar bajo iluminación continuada, mientras que los del tratamiento 6(1L:3D) tienen los periodos más cortos de actividad.

Con estas condiciones experimentales también se detectaron diferencias en la composición química del músculo, siendo menor el porcentaje de grasa en los peces del tratamiento 6(1L:3D). Igualmente hubo diferencias en el color, tanto de la piel como de la carne, siendo quizá lo más destacado la relación directa entre los valores de claridad de la piel y las horas de iluminación.

En la segunda parte, ya con individuos de pesos elevados, el acontecimiento fisiológico que determinó la evolución del experimento fue la maduración gonadal. Además del tratamiento control se diseñaron otros dos en los que se aumentaron las horas de iluminación (aproximadamente un fotoperiodo de 16L:8D aunque con ligeras variaciones estacionales ya que solo se suplementaba con luz artificial al anochecer, permaneciendo el resto del día bajo condiciones naturales), ya sea desde el inicio o a mitad del experimento. Los peces sometidos a incremento de las horas de iluminación desde el inicio del experimento retrasaron notablemente su época de maduración sexual (alrededor de cinco meses), periodo durante el cual mejoraron su tasa de crecimiento y conversión del alimento frente al control; cuando estos peces comenzaron a madurar, lo que a su vez se solapó en el tiempo con la regresión

gonadal del control, fueron acercándose en la evolución de los parámetros antes citados para finalizar en unos valores no diferentes estadísticamente. Los peces del tratamiento que se sometió al incremento de horas de iluminación a mitad del experimento coincidiendo con el momento central del periodo reproductivo, regresionaron más rápidamente sus gónadas y volvieron a presentar una nueva maduración sexual seis meses después del citado incremento.-

# 8. SUMMARY



In this report has been evaluated the photoperiod effect on *Sparus aurata* growth, from juvenil fish to commercial size (up to 400-450 g) and during higher weights (>400-450 g) in order to supply this kind of fish to the market .

In the commercial production size ranking (400-450 g), and comparing it with fish reared under natural photoperiod, were designed three photoperiod regimes (6(1L:3D), 24L:0D y 16L:8D) which showed significant differences. Thus, long photoperiod treatments (16L:8D and 24L:0D) gained more weight than the control (15%), while there was no significant difference between control and 6(1L:3D) treatments at any time throughout the experiment. In connection with food conversion, 6(1L:3D) and 24L:0D were the best and the worse treatments, respectively, and there was no significant difference between control and 16L:8D photoperiods. These results are due to fish from 24L:0D treatment have a major metabolism under continue illumination, whilst fish from 6(1L:3D) treatment have shorter activity periods.

Under these conditions were detected significant differences in chemical composition. Thus, fish from 6(1L:3D) treatment showed the lower percentage of fats. Furthermore, there was differences in skin and flesh colours, having a covariation between<sup>s</sup> light of the skin and number of hours with illumination.

In fish with high weights (>400-450 g), the gonadal development determined the evolution of the experiment. Thus, three treatments were designed; one natural photoperiod (control), one 16L:8D photoperiod during the study time (increasing the light by night) and one mixed photoperiod (half experiment with natural conditions and half experiment with 16L:8D conditions). Fish under 16L:8D illumination regime postponed the sexual maturity (approximatly five months), improving the growth rate and the food conversion as opposed to the control. The beginning of the sexual maturity of these fish coincided with the gonadal decrease of the control, even though there was no significant difference at the end of the experiment. Fish from mixed photoperiod had a quick gonadal decrease, after to apply the 16L:8D illumination conditions, and a second spawning six months later.





# 9. BIBLIOGRAFIA



- ADRON, J.W., A. BLAIR, C.B. COWEY y A.M. SHANKS. 1976. Effects of dietary energy level and dietary energy source on growth, feed conversion and body composition of turbot (*Scophthalmus maximus* L.). *Aquaculture*, 7:125-132.
- ADRON, J.W., P.T. GRANT y C.B. COWEY. 1973. A system for the quantitative study of the learning capacity of rainbow trout and its application to the study of food preferences and behaviour. *J. Fish Biol.*, 5:625-636.
- AKSNES, A., B. GJERDE y S.O. ROALD. 1986. Biological, chemical and organoleptic changes during maturation of farmed Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Aquaculture*, 53:7-20.
- ALANÄRÄ, A. 1996. The use of self-feeders in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) production. *Aquaculture*, 145:1-20.
- ALESSIO, G. 1975. Riproduzione artificiale di orata, *Sparus aurata* (L.) (Osteichthyes, Sparidae). *Boll. Pesca Piscic. Idrobiol.*, 30:71-92.
- ALLIOT, E., A. PASTOREAUD y H. THEBAULT. 1983. Influence de la température et de la salinité sur la croissance et la composition corporelle d'alevins de *Dicentrarchus labrax*. *Aquaculture*, 31:181-194.
- ANTHOUARD, M., C. DESPORTES, M. KENTOURI, P. DIVANACH y J. PARIS. 1986. Etude des modèles comportementaux manifestés au levier par *Dicentrarchus labrax*, *Diplodus sargus*, *Puntazzo puntazzo*, *Sparus aurata* et *Lithognatus mormyrus* (Poissons Téléostéens), placés dans une situation de nourrissage auto-contrôlé. *Biology of Behaviour*, 11:97-110.
- AOKI, T., K. TAKADA y N. AKUNISAKI. 1991. On the study of proximate composition, mineral, fatty acid, free amino acid, muscle hardness, and color differences of six species of wild and cultured fishes. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 57:1927-1934.
- ARGYROPOULOU, V., N. KALOGEROPOULOS y M.N. ALEXIS. 1992. Effect of dietary lipids on growth and tissue fatty acid composition of grey mullet (*Mugil cephalus*). *Comp. Biochem. Physiol.*, 101A(1):129-135.
- ARIAS, A. 1976. Sobre la biología de la dorada, *Sparus aurata* L., de los esteros de la provincia de Cádiz. *Inv. Pesq.*, 40(1):201-222.

- ARIAS, A. 1980. Crecimiento, régimen alimentario y reproducción de la dorada (*Sparus aurata* L.) y del robalo (*Dicentrarchus labrax* L.) en los esteros de Cádiz. *Inv. Pesq.*, 44(1):59-83.
- ARNAL, J.I., A. GARCIA y A. ORTEGA. 1976. Observaciones sobre el crecimiento de la dorada (*Sparus aurata* L.) en el Mar Menor (Murcia). *Bol. Inst. Espa. Oceano.*, nº 221, 17 pp.
- ARZEL, J., F.X. MARTINEZ, R. METAILLER, G. STEPHAN, M. VIAU, G. GANDEMER y J. GUILLAUME. 1994. Effect of dietary lipid on growth performance and body composition of brown trout (*Salmo trutta*) reared in sea water. *Aquaculture*, 123:361-375.
- AUSTRENG, E. y T. REFSTIE. 1979. Effect of varying dietary protein level in different families of rainbow trout. *Aquaculture*, 18:145-156.
- AZZAYDI, M., J.A. MADRID, S. ZAMORA, F.J. SANCHEZ-VAZQUEZ y F.J. MARTINEZ. 1997. Estudio comparativo de la eficacia de tres sistemas de alimentación sobre el crecimiento y utilización nutritiva de la dieta en la lubina (*Dicentrarchus labrax* L.). *Actas del VI Congreso Nacional de Acuicultura*, 9-11 de Julio de 1997, Cartagena, España.
- BARAHONA-FERNANDES, M.H. 1979. Some effects of light intensity and photoperiod on the sea bass larvae (*Dicentrarchus labrax* (L.)) reared at the Centre Océanologique de Bretagne. *Aquaculture*, 17:311-321.
- BALLRESTRAZI, R., D. LANARI, E. D'AGARO y A. MION. 1994. The effect of dietary protein level and source on growth, body composition, total ammonia and reactive phosphate excretion on growing sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture*, 127:197-206.
- BARLOW, C.G., M.G. PEARCE, L.J. RODGERS y P. CLAYTON. 1995. Effects of photoperiod on growth, survival and feeding periodicity of larval and juvenile barramundi *Lates calcarifer* (Bloch). *Aquaculture*, 138:159-168.
- BARRERA, R. 1993. Descripción, categorización y calidad intrínseca del tipo comercial "dorada de ración": comparación entre animales procedentes de cultivo intensivo, extensivo y del medio natural. Tesis Doctoral, Universidad de Zaragoza, 1993, 327 pp.

- BARRERA, R. y C. SAÑUDO. 1987. Aportaciones al estudio del tipo comercial "Trucha de ración", en la especie *Salmo gairdneri*, R.: I.- Datos biométricos, composición corporal, correlaciones y ecuaciones de predicción. *Cuad. Marisq. Publ. Tec.*, 8:199-218.
- BARROWS, F.T., J.L. SELL y J.G. NICKUM. 1988. Effects of dietary protein and energy levels on weight gains, body composition, and RNA:DNA ratios of fingerling walleyes. *Prog. Fish-Cult.*, 50(4):211-218.
- BAUVINEAU, C., M. LAROCHE, F. HEIL, J.P. DUMONT, M. CARDINAL, J. CORNET, J.L. VALLET, B. FAUCONNEAU y A. FAURE. 1993. Incidence de la vitesse de croissance sur les caractéristiques de la chair de la truite fario (*Salmo trutta*) élevée en mer. *Sciences des aliments*, 13:201-211.
- BAYNES, S.M. y A.P. SCOTT. 1985. Seasonal variations in parameters of milt production and in plasma concentrations of sex steroids of male rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Gen. Comp. Endocrinol.*, 57:150-160.
- BEACHAM, T.D. y C.B. MURRAY. 1988. Influence of photoperiod and temperature on timing of sexual maturity of pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*). *Can. J. Zool.*, 66:1729-1732.
- BEACHAM, T.D. y C.B. MURRAY. 1990. Photoperiod and its effect on incidence of sexual maturity in pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*). *Can J. Zool.*, 68:1209-1213.
- BEACHAM, T.D. y C.B. MURRAY. 1990. Acceleration of maturity of pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*). using photoperiod control. *Aquaculture*, 109:315-325.
- BEN-TUVIA, A. 1979. Studies of the population and fisheries of *Sparus aurata* in the Bardawil Lagoon, eastern Mediterranean. *Inv. Pesq.*, 43(1):43-67.
- BERGOT, F. 1979. Carbohydrate in rainbow trout diets: effects of the level and source of carbohydrate and the number of meals on growth and body composition. *Aquaculture*, 18:157-167
- BERMUDEZ, L., B. GARCIA, O. GOMEZ, M.J. ROSIQUE y F. FARACO. 1989. First results of the ongrowing in cages of *Sparus aurata*, *Puntazzo puntazzo* and

- Lithognathus mormirus* in the Mar Menor (Murcia, S.E. Spain). *EAS Special Publication*, nº 10:27-28.
- BILLARD, R., A. FOSTIER, C. WEIL y B. BRETON. 1982. Endocrine control of spermatogenesis in teleost fish. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 39:65-79.
- BJÖRNSSON, B.T., H. THORARENSEN, T. HIRANO, T. OGASAWARA y J.B. KRISTINSSON. 1989. Photoperiod and temperature affect plasma growth hormone levels, growth, condition factor and hypoosmoregulatory ability of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) during parr-smolt transformation. *Aquaculture*, 82:77-91.
- BLAZQUEZ, M., F. PIFERRER, S. ZANUY, M. CARRILLO y E.M. DONALDSON. 1995. Development of sex control techniques for European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) aquaculture: effects of dietary 17 $\alpha$ -methyltestosterone prior to sex differentiation. *Aquaculture*, 135:329-342.
- BOUJARD, T. y J.F. LEATHERLAND. 1992a. Demand-feeding behaviour and diel pattern of feeding activity in *Oncorhynchus mykiss* held under different photoperiod regimes. *J. Fish Biol.*, 40:535-544.
- BOUJARD, T. y J.F. LEATHERLAND. 1992b. Circadian pattern of hepatosomatic index, liver glycogen and lipid content, plasma non-esterified fatty acid, glucose, T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub>, growth hormone and cortisol concentrations in *Oncorhynchus mykiss* held under different photoperiod regimes and fed using demand-feeders. *Fish Physiol. Biochem.*, 10(2):111-122.
- BOUJARD, T. y J.F. LEATHERLAND. 1992c. Circadian rhythms and feeding time in fishes. *Environmental Biology of Fishes*, 35:109-131.
- BOURLIER, A. y R. BILLARD. 1984. Delayed gametogenesis and spawning in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) kept under permanent light during the first and second reproductive cycles. *Aquaculture*, 43:259-268.
- BOYER, J.N., W. VAN TOEVER y M.E. JANSEN. 1994. Effect of photoperiod on growth of Arctic char under commercial production conditions. *Prog. Fish-Cult.*, 56:44-46.

- BRAUGE, C., F. MEDALE y G. CORRAZE. 1994. Effect of dietary carbohydrate levels on growth, body composition and glycaemia in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, reared in seawater. *Aquaculture*, 123:109-120.
- BRETT, J.R. 1971. Satiation time, appetite, and maximum food intake of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*). *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 28:409-415.
- BRETT, J.R. 1979. Environmental factors and growth. En "*Fish Physiology, vol. VIII*" (W.S. Hoar, D.J. Randall y J.R. Brett, eds.), Academic Press, Nueva York, pp. 599-675.
- BRETT, J.R. y T.D.D. GROVES. 1979. Physiological energetics. En "*Fish Physiology, vol. VIII*" (W.S. Hoar, D.J. Randall y J.R. Brett, eds.), Academic Press, Nueva York, pp. 280-352.
- BRETT, J.R., J.E. SHELBOURN y C.T. SHOOP. 1969. Growth rate and body composition of fingerling sockeye salmon, *Oncorhynchus nerka*, in relation to temperature and ration size. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 26:2363-2394.
- BROMAGE, N.R., J.A.K. ELLIOT, J.R.C. SPRINGATE y C. WHITEHEAD. 1984. The effects of constant photoperiods on the timing of spawning in the rainbow trout. *Aquaculture*, 43:213-223.
- BROMAGE, N.R., C. WHITEHEAD y B. BRETON. 1982. Relationships between serum levels of gonadotropin, oestradiol-17-beta, and vitellogenin in the control of ovarian development in the rainbow trout. II. The effects of alterations in environmental photoperiod. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 47:366-376.
- BROMLEY, P.J. 1980. Effect of dietary protein, lipid and energy content on the growth of turbot, *Scophthalmus maximus* L. *Aquaculture*, 19:359-369.
- CAMPBELL, P.M., T.G. POTTINGER y J.P. SUMPTER. 1994. Preliminary evidence that chronic confinement stress reduces the quality of gametes produced by brown and rainbow trout. *Aquaculture*, 120:151-169.
- CARRILLO, M., N. BROMAGE, S. ZANUY, R. SERRANO y F. PRAT. 1989. The effect of modifications in photoperiod on spawning time, ovarian development and egg quality in the sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). *Aquaculture*, 81:351-365.

- CARRILLO, M., J. PEREZ y S. ZANUY. 1986. Efecto de la hora de ingesta y de la naturaleza de la dieta sobre el crecimiento de la lubina (*Dicentrarchus labrax* L.). *Inv. Pesq.*, 50(1):83-95.
- CARRILLO, M., S. ZANUY, F. PRAT, J. CREDA, E. MAÑANOS, N. BROMAGE, J. RAMOS y O. KAH. 1995. Nutritional and photoperiodic effects on hormonal cycles and quality of spawning in sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). *Netherlands Journal of Zoology*, 45(1-2):204-209.
- CATACUTAN, M.R. y R.M. COLOSO. 1995. Effect of dietary protein to energy ratios on growth, survival, and body composition of juvenile Asian seabass, *Lates calcarifer*. *Aquaculture*, 131:125-133.
- CAULTON, M.S. y E. BURSELL. 1977. The relationship between changes in condition and body composition in young *Tilapia rendalli* Boulenger. *J. Fish Biol.*, 11:143-150.
- CAVE, N.A. 1981. The effect of intermittent light on carcass quality, feed efficiency and growth of broilers. *Poultry Science*, 60:956-960.
- CERDA REVERTER, J.M., J. PINEDA, S. ZANUY, M. CARRILLO, J. RAMOS y J. GUTIERREZ. 1993. Efecto de la hora de alimentación sobre las variaciones diarias de los niveles plasmáticos de glucosa e insulina y sobre el crecimiento de juveniles de dorada (*Sparus aurata*). *Actas IV Congreso Nac. Acuicult.*:103-108
- CHRISTIANSEN, J.S., E. RINGO y M. JOBLING. 1989. Effects of sustained exercise on growth and body composition of first-feeding fry of Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.). *Aquaculture*, 79:329-335.
- CLARKE, W.C., J.E. SHELBOURN y J.R. BRETT. 1981. Effect of artificial photoperiod cycles, temperature and salinity on growth and smolting in underyearling coho (*Oncorhynchus kisutch*), chinook (*O. tshawytscha*) and sockeye (*O. nerka*) salmon. *Aquaculture*, 22:105-116.
- CLAWSON, A.J., J.D. GARLICH, M.T. COFFEY y W.G. POND. 1991. Nutritional, physiological, genetic, sex and age effects on fat-free dry matter composition of the body in avian, fish and mammalian species: a review. *J. Anim. Sci.*, 69:3617-3644.



- COLOMBO, L., E. DEL CONTE y P. CLEMENCE. 1972. Steroid biosynthesis *in vitro* by the gonads of *Sparus aurata* L. (Teleostei) at different stages during natural sex reversal. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 19:26-36.
- COLOMBO, L., A. FRANCESCON, A. BARBARO, P. BELVEDERE y P. MELOTTI. 1989. Induction of spawning in the gilthead sea bream, *Sparus aurata* L., by elevation of water temperature and salinity and by HCG and LH-RH analogue treatments. *Riv. Ital. Acquacol.*, 24:187-196.
- CRIM, L.W. 1982. Environmental modulation of annual and daily rhythms associated with reproduction in teleost fishes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 39:17-21.
- CYR, D.G., N.R. BROMAGE, J. DUSTON y J.G. EALES. 1988. Seasonal patterns in serum levels of thyroid hormones and sex steroids in relation to photoperiod-induced changes in spawning time in rainbow trout, *Salmo gairdneri*. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 69:217-225.
- DAVIES, S.J. 1989. Comparative performance of juvenile rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson, fed to satiation with "standard" and "high energy" diet formulations. *Aquacult. Fish. Manage.*, 20:407-416.
- DAWSON, A.S. y A.S. GRIMM. 1980. Quantitative seasonal changes in the protein, lipid and energy content of the carcass, ovaries and liver of adult female plaice, *Pleuronectes platessa* L. *J. Fish Biol.*, 16:493-504.
- DEGANI, G., Y. BEN-ZVI y D. LEVANON. 1989. The effect of different protein levels and temperatures on feed utilization, growth and body composition of *Clarias gariiepinus* (Burchell 1822). *Aquaculture*, 76:293-301.
- DE LA ROSA, I. 1989. Estudio de la calidad comercial de la trucha de ración en las especies arco iris (*Salmo gairdneri* R.) y común (*Salmo trutta fario* L.). Diferencias entre sexos, pesos y especies. Tesina de Licenciatura, Facultad de Veterinaria, Universidad de Zaragoza, 1989, 151 pp.
- DENTON, J.E. y M.K. YOUSEF. 1976. Body composition and organ weights of rainbow trout, *Salmo gairdneri*. *J. Fish Biol.*, 8:489-499.

- DIVANACH, P., M. KENTOURI y G. DEWAVRIN. 1986. Sur le sevrage et l'évolution des performances biologiques d'alevins de daurades, *Sparus aurata*, provenant d'élevage extensif, après remplacement des nourrisseurs en continu par des distributeurs libre service. *Aquaculture*, 52:21-29.
- DOWD, C.E. y E.D. HOUDE. 1980. Combined effects of prey concentration and photoperiod on survival and growth of larval sea bream, *Archosargus rhomboidalis* (Sparidae). *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 3:181-185.
- DUNAJSKI, E. 1979. Texture of fish muscle. *Journal of Texture Studies*, 10:301-318.
- EALES, J.G. y S. SHOSTAK. 1985. Correlations between food ration, somatic growth parameters and thyroid function in Arctic charr, *Salvelinus alpinus* L. *Comp. Biochem. Physiol.*, 80A(4):553-558.
- ECKSTEIN, B., M. ABRAHAM y Y. ZOHAR. 1978. Production of steroid hormones by male and female gonads of *Sparus aurata* (Teleostei, Sparidae). *Comp. Biochem. Physiol.*, 60B:93-97.
- EISAWY, A. y E. WASSEF. 1984. Preliminary studies on rearing of the gilthead seabream, *Sparus aurata* (L.), in brackish water ponds. *Aquaculture*, 38:255-260.
- EISLER, R. 1957. The influence of lighth on the early growth of chinook salmon. *Growth*, 21:197-203.
- EJKE, C. y C.B. SCHRECK. 1980. Stress and social hierarchy rank in coho salmon. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 109:423-426.
- ELLIOT, J.M. 1976. Body composition of brown trout (*Salmo trutta* L.) in relation to temperature and ration size. *J. Anim. Ecol.*, 45:273-289.
- ELLIOT, J.A.K., N.R. BROMAGE y J.R.C. SPRINGATE. 1984. Changes in reproductive function of three strains of rainbow trout exposed to constant and seasonally changing lighth cycles. *Aquaculture*, 43:23-34.
- FAGERLUND, U.H., J.R. McBRIDE y E.T. STONE. 1981. Stress-related effects of hatchery rearing density on coho salmon. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 110:644-649.

- FARBRIDGE, K.J., P.A. FLETT y J.F. LEATHERLAND. 1992. Temporal effects of restricted diet and compensatory increased dietary intake on thyroid function, plasma growth hormone levels and tissue lipid reserves of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, 104:157-174.
- FAUCONNEAU, B., J. CHMAITILLY, S. ANDRE, M. CARDINAL, J. CORNET, J.L. VALLET, J.P. DUMONT y M. LAROCHE. 1993. Caractéristiques de la chair de la truite arc en ciel: 1. Composition chimique et cellularité du muscle et des tissus adipeux. *Sciences des aliments*, 13:173-187.
- FAUCONNEAU, B., J. CHMAITILLY, S. ANDRE, M. CARDINAL, J. CORNET, J.L. VALLET, J.P. DUMONT y M. LAROCHE. 1993. Caractéristiques de la chair de la truite arc en ciel: 2. Composantes physiques et sensorielles. *Sciences des aliments*, 13:189-199.
- FLOS, R., J. VALERO, P. LED y S. MAURA. 1989. Flesh quality in *Sparus aurata* related to feed composition. *EAS Special Publication*, 10:99-100.
- FORES, R., J. IGLESIAS, M. OLMEDO, F.J. SANCHEZ y J.B. PELETEIRO. 1990. Induction of spawning in turbot (*Scophthalmus maximus* L.) by a sudden change in the photoperiod. *Aquacultural Engineering*, 9:357-366.
- FORSBERG, O.I. 1995. Empirical investigations on growth of post-smolt Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in land-based farms. Evidence of a photoperiodic influence. *Aquaculture*, 133:235-248.
- FOWLER, K.P., C. KARAHADIAN, N.J. GREENBERG y R.M. HARRELL. 1994. Composition and quality of aquacultured hybrid striped bass fillets as affected by dietary fatty acids. *J. Food Sci.*, 59(1):70-75.
- FRANCESCON, A., A. FREDDI, A. BARBARO y R. GIAVENNI. 1988. Daurade *Sparus aurata* L. reproduite artificiellement et daurade sauvage. Expériences paralleles en diverses conditions d'élevage. *Aquaculture*, 72:273-285.
- FUCHS, J. 1978. Influence de la photopériode sur la croissance et la survie de la larve et du juvenile de sole (*Solea solea*) en élevage. *Aquaculture*, 15:63-74.
- GARCIA, B., L. BERMUDEZ, O. GOMEZ, P. MARTIN y A. ORTEGA. 1987. Relaciones entre algunos parámetros biométricos para juveniles de dorada

- (*Sparus aurata* L.) y lubina (*Dicentrarchus labrax* L.). *Cuad. Marisq. Publ. Téc.*, 12:187-192.
- GARCIA, B., L. BERMUDEZ, O. GOMEZ, A. ORTEGA y P. MARTIN. 1987. El preengorde en cultivo intensivo de dorada (*Sparus aurata* L.): aportación de datos biotécnicos. *Cuad. Marisq. Publ. Téc.*, 12:131-136.
- GARCIA, B., L. BERMUDEZ, M.J. ROSIQUE, O. GOMEZ y F. FARACO. 1990. Estudio del factor de condición y relaciones biométricas de dorada (*Sparus aurata* L.) en cultivo intensivo. *Actas III Congreso Nac. Acuicult.*:273-278.
- GARCIA-ALCAZAR, A., E. ABELLAN, M.R.L. DEHESA, M. ARIZCUN, J. DELGADO y A. ORTEGA. 1994. Experiencias de alimentación en preengorde y engorde de dorada (*Sparus aurata* L.) y lubina (*Dicentrarchus labrax* L.) con dietas de distinta relación proteína/grasa. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 10(2):191-201.
- GARDINER, W.R. y P. GEDDES. 1980. The influence of body composition on the survival of juvenile salmon. *Hydrobiologia*, 69:67-72.
- GARLING, D.L. y R.P. WILSON. 1976. Optimum dietary protein to energy ratio for channel catfish fingerlings, *Ictalurus punctatus*. *J. Nutr.*, 106:1368-1375.
- GIRIN, M. y N. DEVAUCHELLE. 1978. Décalage de la période de reproduction par raccourcissement des cycles photopériodique et thermique chez poissons marins. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, 18(4):1059-1065.
- GJEDRE, B. y T. GJEDREM. 1984. Estimates of phenotypic and genetic parameters for carcass traits in Atlantic salmon and rainbow trout. *Aquaculture*, 36:97-110.
- GORDIN, H y Y. ZOHAR. 1978. Induced spawning of *Sparus aurata* (L.) by means of hormonal treatments. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, 18(4):985-990.
- GRAYTON, B.D. y F.W.H. BEAMISH. 1977. Effects of feeding frequency on food intake, growth and body composition of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Aquaculture*, 11:159-172.

- GREENLAND, D.C. y R.L. GILL. 1979. Multiple daily feedings with automatic feeders improve growth and feed conversion rates of channel catfish. *Prog. Fish-Cult.*, 41(3):151-153.
- GROSS, W.L., E.W. ROELOFS y P.O. FROMM. 1965. Influence of photoperiod on growth of green sunfish, *Lepomis cyanellus*. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 22:1379-1386.
- GROVE, D.J., L.G. LOIZIDIES y J. NOTT. 1978. Satiation amount, frequency of feeding and gastric emptying rate in *Salmo gairdneri*. *J. Fish Biol.*, 12:507-516.
- GROVES, T.D.D. 1970. Body composition changes during growth in young sockeye (*Oncorhynchus nerka*) in freshwater. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 27:929-942.
- GUILLOU, A., P. SOUCY, M. KHALIL y L. ADAMBOUNOU. 1995. Effects of dietary vegetable and marine lipid on growth, muscle fatty acid composition and organoleptic quality of flesh of brook charr (*Salvelinus fontinalis*). *Aquaculture*, 136:351-362.
- HAARD, N.F. 1992. Control of chemical composition and food quality attributes of cultured fish. *Food Research International*, 25:289-307.
- HALL, S.J. 1988. The effects of reversal of seasonal changes in photoperiod on the growth and food consumption of cod, *Gadus morhua* L. *J. Fish Biol.*, 32:783-792.
- HARDY, R.W., K.D. SHEARER y I.D. KING. 1985. Proximate and elemental composition of the developing eggs and material soma of pen-reared coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) fed production and trace element fortified diets. *Aquaculture*, 43:147-165.
- HARDY, R.W., T. SCOTT y L. HARRELL. 1987. Replacement of herring oil with menhaden oil, soybean oil or tallow in the diets of Atlantic salmon raised in marine net pens. *Aquaculture*, 65:267-277.
- HART, P.R., W.G. HUTCHINSON y G.J. PURSER. 1996. Effects of photoperiod, temperature and salinity on hatchery-reared larvae of the greenback flounder (*Rhombosolea tapirina* Günther, 1862). *Aquaculture*, 144:303-311.

- HAZARD, T.P. y R.E. EDDY. 1951. Modification of the sexual cycle in brook trout (*Salvelinus fontinalis*) by control of lighth. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 80:158-162.
- HIDALGO, F. y M.A. SIERRA. 1993. Modelización del crecimiento de dorada (*Sparus aurata*) en condiciones de cría intensiva. *Actas IV Congreso Nac. Acuicult.*:115-119.
- HILLESTAD, M. y F. JOHNSEN. 1994. High-energy/low protein diets for Atlantic salmon: effects on growth, nutrient retention and slaughter quality. *Aquaculture*, 124:109-116.
- HOLM, J.C., T. REFSTIE y S. BO. 1990. The effect of fish density and feeding regimes on individual growth rate and mortality in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 89:225-232.
- HOLDWAY, D.A. y F.W.H. BEAMISH. 1984. Specific growth rate and proximate body composition of atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 81(2):147-170.
- HUH, H.T., H.E. CALBERT y D.A. STUIBER. 1976. Effects of temperature and lighth on growth of yellow perch and walleye using formulated feed. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 2:254-258.
- HUISMAN, E.A. 1976. Food conversion efficiencies at maintenance and production levels for carp, *Cyprinus carpio* L., and rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. *Aquaculture*, 9:259-273.
- HULATA, G., G. WOHLFARTH y R. MOAV. 1985. Genetic differences between the Chinese and European races of the common carp, *Cyprinus carpio* L. IV. Effects of sexual maturation on growth patterns. *J. Fish Biol.*, 26:95-103.
- HUNG, S.S., F.S. CONTE y E.F. HALLEN. 1993. Effects of feeding rates on growth, body composition and nutrient metabolism in striped bass (*Morone saxatilis*) fingerlings. *Aquaculture*, 112:349-361.
- HUXLEY, J.S. 1932. *Problems of relative growth*. Methuen, Londres, 1932.
- JOBLING, M. 1980. Gastric evacuation in plaice, *Pleuronectes platessa* L.: effects of dietary energy level and food composition. *J. Fish Biol.*, 17:187-196.

- JOBLING, M. 1982. Some observations on the effects of feeding frequency on the food intake and growth of plaice, *Pleuronectes platessa* L. *J. Fish Biol.*, 20:431-444.
- JOBLING, M. 1983. Effect of feeding frequency on food intake and growth of Artic charr, *Salvelinus alpinus* L. *J. Fish Biol.*, 23:177-185.
- JOBLING, M., R. KNUDSEN, P.S. PEDERSEN y J. DOS SANTOS. 1991. Effects of dietary composition and energy content on the nutritional energetics of cod, *Gadus morhua*. *Aquaculture*, 92:243-257.
- JOBLING, M. y A. WANDSVIK. 1983. Effect of social interactions on growth rates and conversion efficiency of Artic charr, *Salvelinus alpinus* L. *J. Fish Biol.*, 22:577-584.
- JOHNSTON, C.E., M.J. HAMBROOK, R.W. GRAY y K.G. DAVIDSON. 1992. Manipulation of reproductive function in Atlantic salmon (*Salmo salar*) kelts with controlled photoperiod and temperature. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 49:2055-2061.
- JONSSON, L., S.S. ARNASON, B.T. BJÖRNOSSON, J. JONASSON y V. JOHANNSSON. 1994. Photoperiod affects timing of parr-smolt transformation, subsequent growth and incidence of sexual maturation of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 121:289-300.
- JORGENSEN, E.H. y M. JOBLING. 1992. Feeding behaviour and effect of feeding regime on growth of Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Aquaculture*, 101:135-146.
- KADMON, G., H. GORDIN y Z. YARON. 1985. Breeding-related growth of captive *Sparus aurata* (Teleostei, Perciformes). *Aquaculture*, 46:299-305.
- KADMON, G., Z. YARON y H. GORDIN. 1984. Patterns of estradiol and 17 $\alpha$ , 20 $\beta$  dihydroprogesterone in female *Sparus aurata*. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 53:453.
- KADMON, G., Z. YARON y H. GORDIN. 1985. Sequence of gonadal events and oestradiol levels in *Sparus aurata* (L.) under two photoperiod regimes. *J. Fish Biol.*, 26:609-620.

- KEEMBIYEHETTY, C.N. y S.S. de SILVA. 1993. Performance of juvenile *Oreochromis niloticus* (L.) reared on diets containing cowpea, *Vigna catianga*, and black gram, *Phaseolus mungo*, seeds. *Aquaculture*, 112:207-215.
- KENTOURI, M., P. DIVANACH y E. MAINGOT. 1993. Comparaison de l'efficacité de trois techniques de rationnement de la daurade *Sparus aurata*, en élevage intensif en bassins. En "*Production, Environment and Quality*" (G. Barnabé y P. Kestemont, eds.), European Aquaculture Society, Special Publication n° 18, Ghent, Belgium, pp. 273-283.
- KENTOURI, M., L. LEON, L. TORT y P. DIVANACH. 1994. Experimental methodology in aquaculture: modification of the feeding rate of the gilthead sea bream *Sparus aurata* at a self-feeder after weighing. *Aquaculture*, 119:191-200.
- KIM, M.K. y R.T. LOVELL. 1995. Effect of restricted feeding regimens on compensatory weight gain and body tissue changes in channel catfish *Ictalurus punctatus* in ponds. *Aquaculture*, 135:285-293.
- KISSIL, G.W., I. LUPATSCH, A. ELIZUR y Y. ZOHAR. 1996. Photoperiod control as a management tool in postponing reproduction of cultured gilthead seabream (*Sparus aurata*) during winter. *VII International Symposium on Nutrition and Feeding of Fish*, College Station, Texas, United States, 11-15 Agosto, 1996.
- KLAUDATOS, S. y J. APOSTOLOPOULOS. 1986. Food intake, growth, maintenance and food conversion efficiency in the gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Aquaculture*, 51:217-224.
- KNIGHTS, B. 1985. Feeding behaviour and fish culture. En "*Nutrition and feeding in fish*" (C.B. Cowey, A.M. Mackie y J.G. Bell, eds.), Academic Press, Londres, 1985, pp. 223-241.
- KOMOURDJIAN, M.P., R.L. SAUNDERS y J.C. FENWICK. 1976. Evidence for the role of growth hormone as a part of a "light-pituitary axis" in growth and smoltification of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Can. J. Zool.*, 54:544-551.
- KOMOURDJIAN, M.P., J.C. FENWICK y R.L. SAUNDERS. 1989. Endocrine-mediated photostimulation of growth in Atlantic salmon. *Can. J. Zool.*, 67:1505-1509.



- LAHAYE, J. y C. DENIEL. 1975. Action de la photopériode sur la croissance de jeunes turbots et de jeunes soles après leur métamorphose. *10th European Symposium on Marine Biology*, 1:255-256
- LAIDLEY, C.W. y J.F. LEATHERLAND. 1988. Cohort sampling, anaesthesia and stocking-density effects on plasma cortisol, thyroid hormone, metabolite and ion levels in rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. *J. Fish Biol.*, 33:73-88.
- LANDLESS, P.J. 1976. Demand-feeding behaviour of rainbow trout. *Aquaculture*, 7:11-25
- LAROCHE, M., F. ROUSSEAU y J.P. DUMONT. 1995. Relations entre les résultats d'analyse sensorielle et de mesures instrumentales pour des filets de carpe. *Pisci. Fr.*, 121:22-26.
- LEWIS, P.D. y G.C. PERRY. 1990. Glossary of avian photoperiodic terminology and methods of expressing lighting regimens. *Brit. Poultry Sci.*, 31:677-684.
- LI, H.W. y R.W. BROCKSEN. 1977. Approaches to the analysis of energetic costs of intraspecific competition for space by rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *J. Fish Biol.*, 11:329-341.
- LOVE, R.M. 1970. *The chemical biology of fishes*. Academic Press, Londres, 1970, 547 pp.
- LOVE, R.M. 1975. Variability in Atlantic cod (*Gadus morhua*) from the Northeast Atlantic: a review of seasonal and environmental influences on various attributes of the flesh. *J. Fish. Res. Board Can.*, 32:2333-2342.
- LOWE, T.E., J.M. RYDER, J.F. CARRAGHER y R.M. WELLS. 1993. Flesh quality in snapper, *Pagrus auratus*, affected by capture stress. *J. Food Sci.*, 58(4):770-773.
- LUMARE, F. y P. VILLANI. 1973. Maturità sessuale indotta e fecondazione artificiale in *Sparus aurata* (L.). *Inv. Pesq.*, 37(1):57-71.
- LUNDQVIST, H. 1980. Influence of photoperiod on growth in Baltic salmon parr (*Salmo salar* L.) with special reference to the effect of precocious sexual maturation. *Can. J. Zool.*, 58:940-944.

- MARAIS, J.F.K. y G.W. KISSIL. 1979. The influence of energy level on the feed intake, growth, food conversion and body composition of *Sparus aurata*. *Aquaculture*, 17:203-219.
- MARTIN, A. y J. LUNA. 1994. Bioestadística para las ciencias de la salud. Ediciones Norma, Madrid, 1994, 622 pp.
- MASON, E.G., R.K. GALLANT y L. WOOD. 1991. Productivity enhancement of rainbow trout using photoperiod manipulation. *Bull. Aquacul. Assoc. Canada*, 91(3):44-46.
- MAZZOLA, A. y B. RALLO. 1981. Further experiences in the intensive culture of seabream (*Sparus aurata* L.). *J. World Maricul. Soc.*, 12(2):137-142.
- MCCOMISH, T.S., R.O. ANDERSON y F.G. GOFF. 1974. Estimation of bluegill (*Lepomis macrochirus*) proximate composition with regression models. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 31:1250-1254.
- MCCORMICK, S.D., B.T. BJÖRNSSON, M. SHERIDAN, C. EILERTSON, J.B. CAREY y M. O'DEA. 1995. Increased daylength stimulates plasma growth hormone and gill Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>-ATPase in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *J. Comp. Phys. B*, 165:245-254.
- METCALFE, N.B. 1986. Intraspecific variation in competitive ability and food intake in salmonids: consequences for energy budgets and growth rates. *J. Fish Biol.*, 28:525-531.
- MICALE, V. y F. PERDICHIZZI. 1988. Photoperiod effects on gonadal maturation in captivity-born gilthead bream, *Sparus aurata* (L.): early findings. *J. Fish Biol.*, 32:793-794.
- MICALE, V. y F. PERDICHIZZI. 1990. Gonadal responsiveness to photoperiod extension in captivity-born *Sparus aurata* (L.) during the male phase. *Boll. Zool*, 57:21-26
- MIGLAVS, I. y M. JOBLING. 1989a. Effects of feeding regime on food consumption, growth rates and tissue nucleic acids in juvenile Arctic charr, *Salvelinus alpinus*, with particular respect to compensatory growth. *J. Fish Biol.*, 34:947-957.

- MIGLAVS, I. y M. JOBLING. 1989b. The effects of feeding regime on proximate body composition and patterns of energy deposition in juvenile Arctic charr, *Salvelinus alpinus*. *J. Fish Biol.*, 35:1-11.
- MILLIKIN, MR. 1982. Effects of dietary protein concentration on growth, feed efficiency and body composition of age-0 striped bass. *Tras. Am. Fish. Soc.*, 111:373-378.
- MUGRDITCHIAN, D.S., R.S. HARDY y T.W. IWAOKA. 1981. Linseed oil and animal fat as alternative lipid sources in dry diets for chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Aquaculture*, 25:161-172.
- NAKAMURA, K. y M. HATA. 1985. A study on asthaxanthin in salmon *Oncorhynchus keta* serum. *Bull. Jap. Soc.Sci. Fish.*, 51(6):979-983.
- NAKARI, T., A. SOIVIO y S. PESONEN. 1987. Effects of an advanced photoperiod cycle on the gonadal development and spawning time of 2-year-old *Salmo gairdneri* R. reared in earth ponds under extreme annual water temperatures. *Aquaculture*, 67:369-384.
- NEMATIPOUR, G.R., M.L. BROWN y D.M. GATLIN. 1992. Effects of dietary carbohydrate:lipid ratio on growth and body composition of hybrid striped bass. *J. World Aquacult. Soc.*, 23:128-132.
- NICOLOSI ASMUNDO, C., V. SCERRA, M.C. CATALDI LUPO, M. ARCULEO, M.C. SINATRA y S. CAMPISI. 1993. Composizione e aspetti nutrizionali di *Dicentrarchus labrax* in relazione all'accrescimento. *Rivista di Scienza dell'Alimentazione*, 22(4):459-467.
- NIMI, A.J. y F.W.H. BEAMISH. 1974. Bioenergetics and growth of largemouth bass (*Micropterus salmoides*) in relation to body weight and temperature. *Can. J. Zool.*, 52:447-456.
- NOESKE, T.A. y R.E. SPIELER. 1984. Circadian feeding time affects growth of fish. *Tras. Am. Fish. Soc.*, 113:540-544.
- NOESKE, T.A., R.E. SPIELER, N.C. PARKER y M.A. STUTTLE. 1985. Feeding time differentially affects fattening and growth of channel catfish. *J. Nutr.*, 115:1228-1232.

- PAPOUTSOGLOU, S.E. 1986. Effects of dial changes in water temperature on hormonal fluctuations and maturation of rainbow trout (*Salmo gairdneri* R.) upon manipulation of photoperiod. *Aquacultura Hungarica*, 5:37-45.
- PAPOUTSOGLOU, S.E. y E.G. PAPAPARASKEVA-PAPOUTSOGLOU. 1978. Comparative studies on body composition of rainbow trout (*Salmo gairdneri* R.) in relation to type of diet and growth rate. *Aquaculture*, 13:235-243.
- PAVLIDIS, M., D. DIMITRIOU y A. DESSYPRIS. 1994. Testosterone and 17-beta-estradiol plasma fluctuations throughout spawning period in male and female rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), kept under several photoperiod regimes. *Ann. Zool. Fennici*, 31:319-327.
- PAVLIDIS, M., V. THEOCHARI, J. PASCHOS y A. DESSYPRIS. 1992. Effect of six photoperiod protocols on the spawning time of two rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), populations in north-west Greece. *Aquacult. Fish. Management*, 23:431-441.
- PEREIRA, T.G., M.A. RAMOS y M.M. CARVALHO. 1987. Índice de conversão e crescimento de *Sparus aurata* L. utilizando dietas artificiais. *Jornadas sobre Nutrição em Aquacultura*, Lisboa, 29.1.85, pp. 127-138.
- PERERA, P.A.B. y S.S. DE SILVA. 1978. Studies on the biology of young gray mullet, *Mugil cephalus* L. *J. Fish Biol.*, 13:297-304.
- PEREZ, M.A. y A.L. IBÁÑEZ. 1992. Morfometría de los peces *Mugil cephalus* y *M. curema* (Mugiliformes: Mugilidae) en Veracruz, México. *Rev. Biol. Trop.*, 40(3):335-339.
- PEREZ, J. S. ZANUY y M. CARRILLO. 1988. Effects of diet and feeding time on daily variations in plasma insulin, hepatic c-AMP and other metabolites in a teleost fish, *Dicentrarchus labrax* L. *Fish Physiol. Biochem.*, 5(4):191-197.
- PHILLIPS, A.M., H.A. PODOLIAK, D.R. BROCKWAY y R.R. VAUGHN. 1958. Effect of extended light periods upon the growth rate of trout. *Fish. Res. Bull.*, 21:14-16.

- PICKERING, A.D. y A. STEWART. 1984. Acclimatation of the interrenal tissue of the brown trout, *Salmo trutta* L., to chronic crowding stress. *J. Fish Biol.*, 24:731-740.
- POTTINGER, T.G. y A.D. PICKERING. 1992. The influence of social interaction on the acclimatation of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) to chronic stress. *J. Fish Biol.*, 41:435-447.
- PORTER, C.B., M.D. KROM y H. GORDIN. (1986). The effect of water quality on the growth of *Sparus aurata* in marine fish ponds. *Aquaculture*, 59:299-315.
- POUEY, J., C. SAÑUDO, R. BARRERA, C. GARCIA y F. VALENCIA. 1993. Evaluation of the commercial quality of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) from industrial cultivation. En "*Production, Environment and Quality*" (G. Barnabé y P. Kestemont, eds.), European Aquaculture Society, Special Publication n° 18, Ghent, Belgium, pp. 327-334.
- PRAT, F., S. ZANUY, M. CARRILLO, A. de MONES y A. FOSTIER. 1990. Seasonal changes in plasma levels of gonadal steroids of sea bass, *Dicentrarchus labrax* L. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 78:361-373.
- PYLE, E.A. 1969. The effect of constant light or constant darkness on the growth and sexual maturity of brook trout. *Fish. Res. Bull.*, 31:13-19.
- RANDOLPH, K.N. y H.P. CLEMENS. 1978. Effects of short-term food deprivation on channel catfish and implications for culture practices. *Prog. Fish-Cult.*, 40(2):48-50.
- RAMOS, J. 1986. Crecimiento larvario del lenguado (*Solea solea*) a diferentes temperaturas y fotoperiodos. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 3(2):5-10.
- RAMOS, M.A. 1987. Idade, crescimento e ciclo de reprodução de *Sparus aurata* L. *Jornadas sobre Nutrição em Aquacultura*, Lisboa, 29.1.85, pp. 117-125.
- REDDY, P.K. y J.F. LEATHERLAND. 1995. Influence of the combination of time of feeding and ration level on the diurnal hormone rhythms in rainbow trout. *Fish Physiol. Biochem.*, 14(1):25-36.

- REDDY, P.K., J.F. LEATHERLAND, M.N. KHAN y T. BOUJARD. 1994. Effect of the daily meal time on the growth of rainbow trout fed different ration levels. *Aquaculture International*, 2:165-179.
- REFSTIE, T. y A. KITTELSEN. 1976. Effect of density on growth and survival of artificially reared Atlantic salmon. *Aquaculture*, 8:319-326.
- REID, R.A. y T.D. DURANCE. 1992. Textural changes of canned chum salmon related to sexual maturity. *J. Food Sci.*, 57(6):1340-1342.
- REID, R.A., T.D. DURANCE, D.C. WALKER y P.E. REID. 1993. Structural and chemical changes in the muscle of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) during spawning migration. *Food Research International*, 26:1-9.
- REINITZ, G. 1983. Relative effect of age, diet, and feeding rate on the body composition of young rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Aquaculture*, 35:19-27.
- REINITZ, G. y F. HITZEL. 1980. Formulation of practical diets for rainbow trout based on desired performance and body composition. *Aquaculture*, 19:243-252.
- RICKER, W.E. 1979. Growth rates and models. En "*Fish Physiology, vol. VIII*" (W.S. Hoar, D.J. Randall y J.R. Brett, eds.), Academic Press, Nueva York, pp. 677-743.
- ROBAINA, L., A. FERNANDEZ, J.M. VERGARA, M.S. IZQUIERDO, D. MONTERO y E. GIMFERRER. 1997. Efecto de la frecuencia de alimentación sobre el crecimiento, la utilización del alimento y la composición lipídica del músculo de dorada (*Sparus aurata*). *Actas del VI Congreso Nacional de Acuicultura*, 9-11 de Julio de 1997, Cartagena, España.
- RODRIGUEZ, L., M. CARRILLO y S. ZANUY. 1997. Efecto del fotoperiodo sobre el crecimiento somático y el desarrollo gonadal de la lubina (*Dicentrarchus labrax*, L.). *Actas del VI Congreso Nacional de Acuicultura*, 9-11 de Julio de 1997, Cartagena, España.
- SAÑUDO, C., R. BARRERA, C. GARCIA, J. POUHEY, S. GARCIA, F. VALENCIA y P. SANTOLARIA. 1993. Comparative study of the quality of gilthead sea bream (*Sparus aurata*) under different production systems. En "*Production*,

- Environment and Quality*" (G. Barnabé y P. Kestemont, eds.), European Aquaculture Society, Special Publication n° 18, Ghent, Belgium, pp. 335-345.
- SAUNDERS, R.L. y J. DUSTON. 1992. Increasing production of Atlantic salmon smolts by manipulating photoperiod and temperature. *World Aquaculture*, 23(4):43-46.
- SAUNDERS, R.L. y P.R. HARMON. 1990. Influence of photoperiod on growth of juvenile Atlantic salmon and development of salinity tolerance during winter-spring. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 119:689-697.
- SAUNDERS, R.L. y E.B. HENDERSON. 1970. Influence of photoperiod on smolt development and growth of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 27:1295-1311.
- SAUNDERS, R.L. y E.B. HENDERSON. 1988. Effects of constant day length on sexual maturation and growth of Atlantic salmon (*Salmo salar*) parr. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 45:60-64.
- SAUNDERS, R.L., E.B. HENDERSON y P.R. HARMON. 1985. Effects of photoperiod on juvenile growth and smolting of Atlantic salmon and subsequent survival and growth in sea cages. *Aquaculture*, 45:55-66.
- SAUNDERS, R.L., E.B. HENDERSON y P.R. HARMON. 1987. Extended daylength during autumn enhances growth of juvenile atlantic salmon. *Proc. Ann. Meet. Aquacult. Assoc. Canada*, 1:32-33.
- SAUNDERS, R.L., J.L. SPECKER y M.P. KOMOURDJIAN. 1989. Effects of photoperiod on growth and smolting in juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 82:103-117.
- SCHMELZING, T.O. y J. CLAUS. 1994. Relationships among carcass weight, acid-base-balance of the blood, meat quality parameters and body composition of cultured rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *J. Appl. Ichthyol.*, 10:42-56.
- SCHRECK, C.B. 1982. Stress and rearing of salmonids. *Aquaculture*, 28:241-249.
- SCHWASSMANN, H.O. 1971. Biological rhythms. En "*Fish Physiology, vol. VI*" (W.S. Hoar y D.J. Randall, eds.), Academic Press, Nueva York, pp. 371-428.

- SCOTT, A.P., V.J. BYE, S.M. BAYNES y J.R.C. SPRINGATE. 1980. Seasonal variations in plasma concentrations of 11-ketotestosterone and testosterone in male rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. *J. Fish Biol.*, 17:495-505.
- SEURMAN, L., C. MARTINSEN y A. LITTLE. 1979. The effect of dietary lipid and pigment concentration in the feed of *Salmo gairdneri* on sensory characteristics and objective measurements of the fish muscle tissue. *Proc. World Symp. on Finfish Nutrition and Fishfeed Technology*, Hamburg 20-23 June, 1978. Vol. II. Berlin 1979, pp. 401-413.
- SHEARER, K.D. 1994. Factors affecting the proximate composition of cultured fishes with emphasis on salmonids. *Aquaculture*, 119:63-88.
- SILVA, J.L. y G.R. AMMEREMAN. 1993. Composition, lipid changes, and sensory evaluation of two sizes of channel catfish during frozen storage. *J. Applied Aquacult.*, 2(2):39-49.
- SMITH, R.P., H.L. KINCAID, J.M. REGENSTEIN y G.L. RUMSEY. 1988. Growth, carcass composition and taste of rainbow trout of different strains fed diets containing primary plant or animal protein. *Aquaculture*, 70:309-621.
- SMITH, L.P., N.B. METCALFE, F.A. HUNTINGFORD y S. KADRI. 1993. Daily and seasonal patterns in the feeding behaviour of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in a sea cage. *Aquaculture*, 117:165-178.
- SPINELLI, J. 1979. Influence of feed on finfish quality. *Proc. World Symp. on Finfish Nutrition and Fishfeed Technology*, Hamburg 20-23 June, 1978. Vol. II. Berlin 1979, pp. 346-352.
- STEFANSSON, S.O., B.T. BJÖRNSSON, C. HAUX, G.L. TARANGER y R.L. SAUNDERS. 1991. Growth, parr-smolt transformation, and changes in growth hormone of Atlantic salmon (*Salmo salar*) reared under different photoperiods. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 48:2100-2108.
- STEFANSSON, S.O., T.J. HANSEN y G.L. TARANGER. 1993. Growth and parr-smolt transformation of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) under different light intensities and subsequent survival and growth in seawater. *Aquacultural Engineering*, 13:231-243.



- STEFANSSON, S.O., G. NAEVDAL y T. HANSEN. 1989. The influence of three unchanging photoperiods on growth and parr-smolt transformation in Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *J. Fish Biol.*, 35:237-247.
- STEWART, M.W., R.L. SAUNDERS y A.J. WIGGS. 1990. Effects of extended daylength on autumn growth dynamics of juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 47:755-759.
- STOREBAKKEN, T. y E. AUSTRENG. 1987a. Ration levels for salmonids. I. Growth, survival, body composition and feed conversion in Atlantic salmon fry and fingerlings. *Aquaculture*, 60:189-206.
- STOREBAKKEN, T. y E. AUSTRENG. 1987b. Ration levels for salmonids. II. Growth, feed intake, protein digestibility, body composition and feed conversion in rainbow trout weighing 0.5-1.0 kg. *Aquaculture*, 60:207-221.
- STOREBAKKEN, T., S.S. HUNG, C.C. CALVERAT y E.M. PLISETSKAYA. 1991. Nutrient partitioning in rainbow trout at different feeding rates. *Aquaculture*, 96:191-203.
- STOWELL, S.L. y D.M. GATLEN. 1992. Effects of dietary pantethine and lipid levels on growth and body composition of channel catfish, *Ictalurus punctatus*. *Aquaculture*, 108:177-188.
- SUAU, P. y J. LOPEZ. 1976. Contribución al estudio de la dorada, *Sparus aurata* L. *Inv. Pesq.*, 40(1):169-199.
- SUNDARARAJ, B.L, P. NATH y F. HALBERG. 1982. Circadian meal timing in relation to lighting schedule optimizes catfish body weight gain. *J. Nutr.*, 112:1085-1097.
- SWIFT, D.R. 1961. The annual growth-rate cycle in brown trout (*Salmo trutta* Linn.) and its cause. *J. Exp. Biol.*, 38:595-604.
- TANDLER, A. y S. HELPS. 1985. The effects of photoperiod and water exchange rate on growth and survival of gilthead sea bream (*Sparus aurata*, Linnaeus; Sparidae) from hatching to metamorphosis in mass rearing systems. *Aquaculture*, 48:71-82.

- TANDLER, A., B.A. BERG y G.W. KISSIL. 1982. Effect of food attractants on appetite and growth rate of gilthead bream, *Sparus aurata* L. *J. Fish Biol.*, 20:673-681.
- TANDLER, A. y C. MASON. 1983. Light and food density effects on growth and survival of larval gilthead seabream (*Sparus aurata*, Linnaeus; Sparidae). *World Maricult. Soc., Spec. Publ. Ser.*, 3:103-116.
- TANDLER, A. y C. MASON. 1984. The use of <sup>14</sup>C labelled rotifers (*Brachionus plicatilis*) in the larvae of gilthead seabream (*Sparus aurata*): measurements of the effect of rotifer concentration, the lighting regime and seabream larval age on their rate of rotifer ingestion. *European Maricult. Soc. Spec. Publ.*, 8:241-259.
- TORRES, P., L. TORT, A. MOLINERO y R. FLOS. 1989. Biochemical composition in Mediterranean sole muscle: a seasonal study. *European Aquaculture Society, Special Publication*, n° 10:249-250.
- TORRISSEN, O.J. 1985. Pigmentation of salmonids: factors affecting carotenoid deposition in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Aquaculture*, 46:133-142.
- TRYON, C.A. 1943. The effect of covering hatchery troughs on the growth of cutthroat trout (*Salmo clarkii*). *Trans. Am. Fish. Soc.*, 72:145-149.
- TRZEBIATOWSKI, R., J. FILIPIAK y R. JAKUBOWSKI. 1981. Effect of stock density on growth and survival of rainbow trout (*Salmo gairdneri* Rich.). *Aquaculture*, 22:289-295.
- TUNG, P.H. y S.Y. SHIAU. 1991. Effects of meal frequency on growth performance of hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*, fed different carbohydrate diets. *Aquaculture*, 92:343-350.
- VERGARA, J.M., L. ROBAINA, M. IZQUIERDO y M. DE LA HIGUERA. 1996. Protein sparing effect of lipids in diets for fingerlings of gilthead sea bream. *Fisheries Science*, 62(4):624-628.
- VIJAYAN, M.M. y J.F. LEATHERLAND. 1988. Effect of stocking density on the growth and stress-response in brook charr, *Salvelinus fontinalis*. *Aquaculture*, 75:159-170.

- VILLAREAL, C.A., J.E. THORPE y M.S. MILES. 1988. Influence of photoperiod on growth changes in juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *J. Fish Biol.*, 33:15-30.
- WASSEF, E. y A. EISAWY. 1985. Food and feeding habits of wild and reared gilthead bream *Sparus aurata* L. *Cybium*, 9(3):233-242.
- WEATHERLEY, A.H. 1976. Factors affecting maximization of fish growth. *J. Fish. Res. Board.Can.*, 33:1046-1058.
- WEATHERLEY, A.H. y H.S. GILL. 1983a. Relative growth of tissues at different somatic growth rates in rainbow trout *Salmo gairdneri* Richardson. *J. Fish Biol.*, 22:43-60.
- WEATHERLEY, A.H. y H.S. GILL. 1983b. Protein, lipid, water and caloric contents of immature rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson, growing at different rates. *J. Fish Biol.*, 23:653-673.
- WEATHERLEY, A.H. y H.S. GILL. 1987. *The biology of fish growth*. Academic Press, London, 1987, 443 pp.
- WEATHERLEY, A.H., H.S. GILL y S.C. ROGERS. 1979. Growth dynamics of muscle fibres, dry weight and condition in relation to somatic growth rate in yearling rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Can. J. Zool.*, 57:2385-2392.
- WEATHERLEY, A.H., H.S. GILL y S.C. ROGERS. 1980. Growth dynamics of mosaic muscle fibres in fingerling rainbow trout (*Salmo gairdneri*) in relation to somatic growth rate. *Can. J. Zool.*, 58:1535-1541.
- WEBSTER, C.D., L.G. TIU, J.H. TIDWELL, P. VAN WYK y R.D. HOWERTON. 1995. Effects of dietary protein and lipid levels on growth and body composition of sunshine bass (*Morone chrysops* x *M. saxatilis*) reared in cages. *Aquaculture*, 131:291-301.
- WEDEKIND, H. 1995. Dietary influences on product quality in African catfish (*Clarias gariepinus*). *J. Appl. Ichthyol.*, 11:347-353.
- WHITEHEAD, C., N.R. BROMAGE y J.R.M. FORSTER. 1978. Seasonal changes in reproductive function of the rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *J. Fish Biol.*, 12:601-608.

- WOIWODE, J.G. y I.R. ADELMAN. 1991. Effects of temperature, photoperiod, and ration size on growth of hybrid striped bass x white bass. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 120:217-219.
- ZANUY, S. y M. CARRILLO. 1985. Annual cycles of growth, feeding rate, gross conversion efficiency and hematocrit levels of sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) adapted to two different osmotic media. *Aquaculture*, 44:11-25.
- ZANUY, S. y M. CARRILLO. 1997. El porqué de la investigación fundamental en la reproducción de peces en cautividad. *Actas del VI Congreso Nacional de Acuicultura*, 9-11 de Julio de 1997, Cartagena, España.
- ZANUY, S., F. PRAT, M. CARRILLO y N.R. BROMAGE. 1995. Effects of constant photoperiod on spawning and plasma 17beta-oestradiol levels of sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquat. Living Resour.*, 8:147-152.
- ZEITLER, M.H., M. KIRCHGESSNER y F.J. SCHWARZ. 1984. Effects of different proteins and energy supplies on carcass composition of carp (*Cyprinus carpio* L.). *Aquaculture*, 36:37-48.
- ZHANG, Q., R.C. REIGH y W.R. WOLTERS. 1994. Growth and body composition of pond-raised hybrid striped basses, *Morone saxatilis* x *M. chrysops* and *M. saxatilis* x *M. mississippiensis*, fed low and moderate levels of dietary lipid. *Aquaculture*, 125:119-129.
- ZOHAR, Y., M. ABRAHAM y H. GORDIN. 1978. The gonadal cycle of the captivity-reared hermaphroditic teleost *Sparus aurata* (L.) during the first two years of life. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, 18(4):877-882.
- ZOHAR, Y., R. BILLARD y C. WEIL. 1984. La reproduction de la daurade (*Sparus aurata*) et du bar (*Dicentrarchus labrax*): connaissance du cycle sexuel et contrôle de la gamétogenèse et de la ponte. En: *L'Aquaculture du Bar et des Sparidés*, G. Barnabé y R. Billard (Eds.), INRA Publ., Paris, 1984, pp. 3-24.