

DEPARTAMENTO INTERFACULTATIVO DE FISIOLOGIA ANIMAL

Director: Prof. Dr. D. F. J. MATAIX VERDU

CRECIMIENTO Y COMPOSICION CORPORAL EN LA TRUCHA:
INFLUENCIA DE LA SUSTITUCION PARCIAL DE PROTEINA
POR GRASA EN LA DIETA

M. GARCÍA, S. ZAMORA, M. A. LÓPEZ

RESUMEN

La sustitución parcial de proteína por grasa en la dieta para truchas, además de sus repercusiones sobre la utilización nutritiva de la proteína remanente, puede influir sobre la velocidad de crecimiento y sobre la composición corporal de los animales. Cuando tal sustitución implica un descenso notable del nivel proteico (llevándolo a sólo un 38 por 100) la velocidad de crecimiento disminuye considerablemente. La alimentación de truchas con una ración de alto nivel graso, durante períodos dilatados de tiempo, puede provocar acumulación de grasas en las distintas vísceras así como en la «carcasse», lo que podría influir negativamente sobre la fisiología del animal así como sobre su aceptación para el consumo humano. En este sentido se ha podido comprobar que la inserción de cortos períodos de ayuno, que, por otra parte, no afectan de manera significativa al crecimiento, es un procedimiento eficaz para movilizar estos posibles depósitos lipídicos.

SUMMARY

The partial replacement of protein by fat in trout's diet, besides their effect upon the nutritive utilization of protein, can influence the growth rate and the body composition of the animals. When such replacement causes a remarkable reduction of the protein level (up to 38 % of protein in diet), the growth rate decreases significantly. Trout fed on a high fat diet during long time can be sensitive to some degree of fat accumulation,

which could have an effect on the physiology of the animal and on their acceptance for human feeding. The insertion of some shorts fasting periods is an effective procedure in order to avoid these accumulations by bringing about the mobilization of these accumulations, without any appreciable effect on the growth rate.

INTRODUCCION

La trucha es un animal carnívoro estricto que necesita para su alimentación una dieta rica en proteínas lo que hace muy costosa su producción comercial. Ha sido probado en numerosas experiencias que parte de ese material nitrogenado es utilizado con fines energéticos y no plásticos como sería de desear, por lo que podría ser reemplazado por otra fuente de energía menos cara.

A partir de los trabajos de PHILLIPS y col. (1) se ha considerado que, por su mala utilización digestiva y por su elevada tasa de acumulación hepática (que puede llegar a ser nociva), los glúcidos no son una fuente de energía adecuada para los salmónidos, si bien, trabajos recientes sobre este tema ponen de manifiesto que la aplicación de diversos tratamientos tecnológicos al almidón o al maíz entero, provocan una mejora en la digestibilidad de estos productos (2), (3), (4). Sin embargo, han sido los lípidos los que han recibido una mayor atención, dado su efecto ventajoso sobre la utilización nutritiva de la proteína y sobre el crecimiento (5).

La composición del régimen alimentario es uno de los principales factor

peces, lo que puede tener repercusiones especiales en el caso de animales destinados al consumo humano. En algunas experiencias de adición de grasas a la dieta de los salmónidos (6), (7), (8) se han señalado casos de engrasamiento corporal, más o menos intenso según el grado de tal adición, y que afectan de forma diferente a las distintas fracciones corporales susceptibles de engrasamiento.

Por tanto, nos ha parecido interesante verificar cómo una serie de dietas en las que los niveles relativos de proteínas y lípidos han sido modificadas, influyen sobre la velocidad de crecimiento de los animales y sobre la composición de diversas partes del cuerpo. Asimismo hemos intentado valorar la eficacia de la inserción de cortos períodos de ayuno sobre la movilización eventual de las posibles reservas lipídicas como lo han sugerido algunos autores (9).

MATERIAL Y METODOS

Para la realización de este estudio hemos utilizado truchas arco iris (*Salmo gairdneri*) con un peso inicial entre 40 y 65 g, procedentes de una piscifactoría local. Los animales se han mantenido en el laboratorio en cubas de plástico (120 × 60 × 50 cm) llenas de agua desclorada y suficientemente aireada. El agua ha sido renovada cada 24 horas. Las truchas alimentadas, una vez al día, con las diversas dietas experimentales midiéndose la cantidad ingerida.

Protocolo experimental: Se han realizado dos experiencias con otros tantos lotes homogéneos de truchas (de unos 100 animales cada uno), alimentados, uno con una dieta rica en proteínas y baja en grasa (DIETA Pg), y el otro con una dieta baja en proteínas y rica en grasa (DIETA pG). Los dos lotes han recibido estas dietas durante cuatro períodos de 21 días separados por tres períodos de ayuno de 10 días cada uno.

En los días inicial y final de cada período se ha controlado el peso de cada lote y, con truchas tomadas al azar, el peso del hígado y la composición de la "carcasse" (cuerpo del animal sin hígado ni tubo digestivo).

Como testigos de la evolución ponderal hemos utilizado otros dos lotes (de aproximadamente 300 animales por lote) alimentados durante unos cuatro meses con dos dietas, una de bajo contenido graso y la otra con alta cantidad de lípidos (DIETAS Pg, y PG, respectivamente), pero teniendo las dos una gran riqueza en proteínas, dietas similares a las que han sido utilizadas por la mayor parte de los autores
la composición de las dietas.

Para el estudio de la composición corporal hemos trabajado con doce truchas tomadas de cada lote en cada uno de los días control. Una vez sacrificados, los animales han sido pesados cuidadosamente, luego se les ha extraído el hígado y su evolución ponderal ha sido expresada en relación con el peso de la trucha entera según la *Relación Hepatosomática* ($RHS = \text{peso del hígado} \times 100 / \text{peso de la trucha entera}$). La "carcasse" se ha homogenizado molido mecánico, tomándose muestras de un tamaño adecuado para la determinación de la composición en agua, proteínas y grasa.

Métodos analíticos: La composición final de las dietas y de las "carcasses" de las truchas analizadas han sido determinadas según los métodos siguientes:

Humedad, por desecación en estufa a $105 \pm 1^\circ \text{C}$ hasta peso constante.

Proteínas, por el método Kjeldahl usando 6,25 como factor de conversión de nitrógeno en proteínas.

Grasa, por gravimetría tras extracción con éter etílico según el método Soxhlet.

Cenizas (en las dietas experimentales), por calcinación en mufla a 550°C hasta un peso constante.

M. E. L. N. (Material extractivo libre de nitrógeno), por diferencia entre 100 y la suma de los porcentajes anteriores.

Para el estudio histológico del hígado, tratando de determinar su grado de engrasamiento, se han utilizado dos métodos a fin de comparar los resultados: A) Corte de las piezas con criotomo (10μ) y coloración con Sudán III y Hematoxilina como contraste. B) Inclusión de parafina y corte con microtomo normal seguido de coloración con hematoxilina-eosina. En ambos casos el fijador fue formol neutralizado.

Análisis estadístico de los resultados: Los resultados están expresados por su media aritmética por σ/\sqrt{n} . La comparación de los resultados ha sido efectuada por el método de la t de Student.

RESULTADOS Y DISCUSION

El estudio comparativo de la evolución ponderal de la trucha entera (figura 1), en respuesta a los distintos regímenes experimentales, nos muestra que este parámetro depende fundamentalmente del nivel proteico de la dieta pues la elevación del nivel lipídico no influye negativamente sobre el crecimiento; así, al mantener una tasa proteica elevada (Dietas Pg, Pg., y PG), la velocidad de crecimiento es similar para los tres lotes sea 7 ó 17 el porcentaje de lípidos en la dieta, pero, cuando al aumento de la canti-

dad de grasa se une una disminución notable de la de proteínas (Dieta pG), el crecimiento (Tabla 2).

Aunque LUQUET (2) ha informado de un crecimiento similar en truchas alimentadas con dietas conteniendo 30 ó 60 por 100 de proteínas y TAKEUCHI y col. (10) estiman que para la trucha arco iris la proporción relativa óptima entre proteína y grasa son de 35 % a 18 % (es necesario hacer constar que estos últimos autores utilizan caseína como única fuente proteica), parece lo más probable, de acuerdo con la mayoría de los autores (11), (12), (13), (14), (15), que el nivel proteico de la dieta pG se encuentra muy cerca de las necesidades mínimas de esta especie, por lo que se puede deducir que ha sido la reducida tasa proteica la que ha disminuido la tasa de crecimiento y no los períodos de ayuno, ya que los animales alimentados con la dieta Pg también se ven sometidos a estos períodos y, sin embargo, su velocidad de crecimiento es significativamente más elevada.

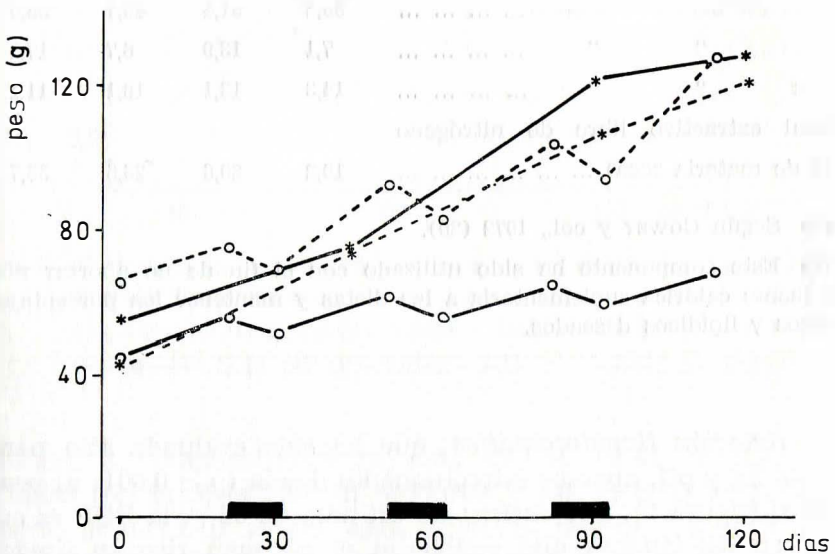


Figura 1.—Evolución ponderal de las truchas alimentadas con las distintas dietas experimentales.

(—*—) PGo; (—*—) PG; (—○—) Pg; (—○—) pG.
Períodos de ayuno (sólo para los lotes Pg y pG). ■

TABLA 1

COMPOSICION DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES

<i>Componentes (g/kg de dieta)</i>	<i>DIETAS</i>			
	<i>Pg.</i>	<i>PG</i>	<i>Pg</i>	<i>pG</i>
Dieta comercial	1.000	840	—	—
Aceite de oliva	—	160	—	—
Harina de pescado	—	—	690	460
Caseína + metionina (5 %)	—	—	127	127
Aceite de hígado de bacalao	—	—	—	120
Complemento mineral (*)	—	—	30	30
Complemento vitamínico (*)	—	—	28	28
Celulosa (**)	—	—	125	235
Materia seca (%)	91,4	92,6	92,4	94,0
Proteína (% de materia seca)	59,4	51,4	48,7	38,0
Grasa " "	7,1	13,9	6,7	17,2
Cenizas " "	14,3	13,1	18,1	11,1
Material extractivo libre de nitrógeno (% de materia seca)	19,2	20,6	26,5	33,7

(*) Según Cowey y col., 1972 (20).

(**) Este componente ha sido utilizado con el fin de no aportar ninguna fuente calórica suplementaria a las dietas y mantener los porcentajes proteicos y lipídicos deseados.

La *Relación Hepatosomática*, que ha sido evaluada sólo para los lotes Pg y pG, aparece estrechamente ligada ($p < 0,001$) al peso corporal

perior en las truchas que recibieron el régimen rico en lípidos lo que puede ser atribuido a una acumulación periódica posible de grasa en este órgano, teniendo en cuenta además que, dada la menor velocidad de crecimiento corporal de estos animales, este lote necesita más tiempo para alcanzar un peso determinado.

DENTON y YOUSEF (16), utilizando truchas de un peso similar al de las de nuestro estudio, no han señalado variaciones de la RHS debidas a la edad, por lo que las modificaciones que nosotros hemos encontrado pueden ser atribuidas a las dietas utilizadas.

Durante los períodos de ayuno, la RHS disminuye en los dos lotes (figura 3), lo que está de acuerdo con los resultados obtenidos por JÜRSS y NICOLAI (17), si bien estos autores encuentran una disminución más ligera. Esta disminución indica una movilización preferencial de los depósitos hepáticos de diversas sustancias. El

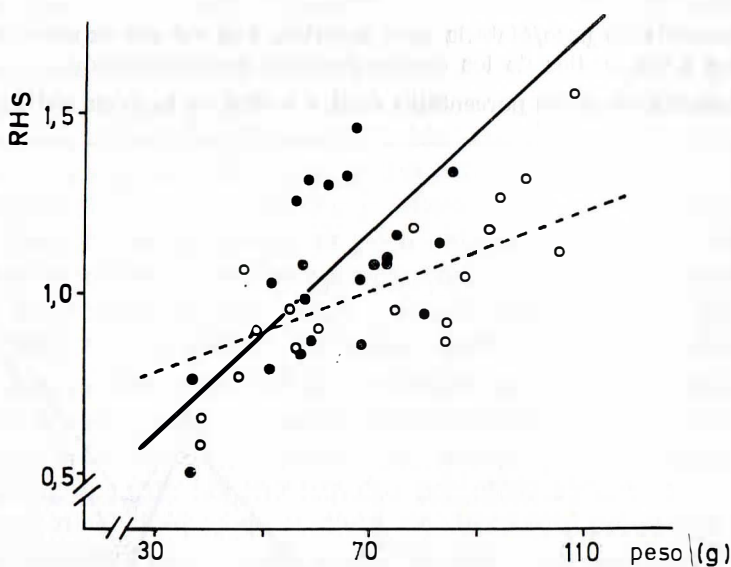


Figura 2.—Variación de la relación hepatosomática (RHS) en función del peso de las truchas.

(—○—) Lote Pg ($y = 0,006x + 0,62$; $r = 0,8091$; $p < 0,001$).

(—●—) Lote pG ($y = 0,015x + 0,11$; $r = 0,5850$; $p < 0,001$).

fenómeno es, comparativamente, más notable en las truchas alimentadas con la dieta rica en proteínas y así, al final de los dos primeros períodos de ayuno, estos animales poseen
 nor que la correspondiente al otro lote, aunque su peso corporal es mayor; esta diferencia se atenúa a medida que se desarrolla la experiencia de tal forma que se produce una inversión al final del tercer período de ayuno lo que puede explicarse por la gran diferencia de peso que existe, en ese momento, entre los dos lotes

TABLA 2

EFFECTOS DE LA COMPOSICION DE LA DIETA SOBRE EL CRECIMIENTO Y LA CANTIDAD DE GRASA DEL HIGADO DE LAS TRUCHAS

<i>Dieta</i>	<i>Indice de conversión (1)</i>	<i>Indice de engrasamiento hepático (2)</i>
Pg	0,91 ± 0,15	0,8
pG	0,71 ± 0,09	1,1

(1) Ganancia de peso/Materia seca ingerida. Los valores expresados corresponden a los medios de los cuatro períodos de alimentación.

(2) Relación entre los porcentajes final e inicial de la grasa del hígado.

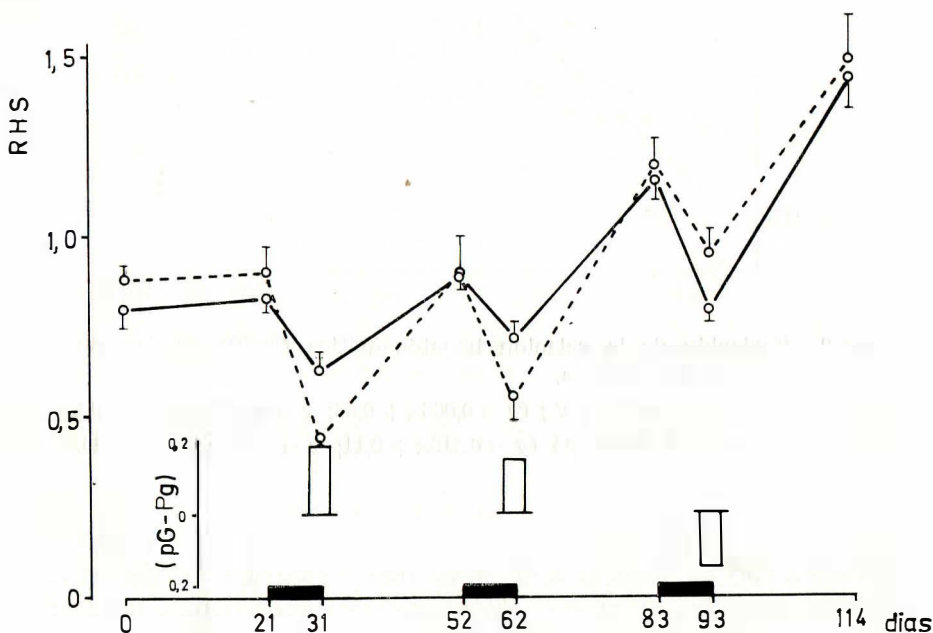


Figura 3.—Influencia de la composición de la dieta y de los períodos de ayuno sobre la relación hepatosomática (—○—) Lote Pg; (—○—) Lote pG. Períodos de ayuno. ■

y por el efecto que éste ejerce sobre la RHS como ha sido citado con anterioridad.

La interpretación

hecho de que las necesidades energéticas pueden ser cubiertas consumiendo una cantidad de grasa más pequeña que de proteínas, sin dejar de tener en cuenta la posibilidad de una diferente movilización de los tejidos extrahepáticos, lo que repercutiría indirectamente sobre la RHS.

El efecto del alimento consumido sobre la composición corporal es particularmente interesante de estudiar en la fracción corporal conocida como "carcasse", dado su tamaño relativo y su empleo para la alimentación humana. Como muestra la figura 4, los porcentajes de proteínas de la "carcasse" de las truchas no sufren grandes variaciones debidas a la composición del régimen a lo largo de la experiencia; este hecho está de acuerdo con DENTON y YOUSEF (16) y con BUCKLEY y GROVES (18) que estiman que este parámetro, en los peces, es poco dependiente de las condiciones experimentales y de la composición del alimento, aunque SATIA (19) ha informado de una buena relación entre el nivel proteico de la dieta y el del cuerpo del animal en el caso de la trucha.

Por lo que se refiere al contenido graso de la "carcasse" (figura 4), se aprecia que es significativamente superior en los peces alimentados con el Régimen pG, aunque estas diferencias sean más ligeras que las encontradas por otros autores que incrementan el nivel lipídico de la dieta sin disminuir prácticamente el de las proteínas (6), (7), (8), lo que implica una sobrecarga calórica.

El estudio de la intensidad de esta acumulación grasa en los dos lotes considerados (Pg y pG), nos muestra que es ligera, siéndolo también las diferencias entre ambos lotes para truchas de un peso similar, todo lo cual sugiere que los períodos de ayuno intercalados han sido eficaces a la hora de movilizar estos depósitos con consecuencias ventajosas sobre la aceptabilidad de la trucha para el consumo humano.

En cuanto al hígado, esta víscera no ha mostrado depósitos grasos notables en las truchas alimentadas con la dieta pG y así, el contenido lipídico de la misma al final de la experiencia es similar al del día inicial, lo mismo que ocurre para el lote Pg (tabla 2), por tanto, se puede concluir que, dado el bajo nivel proteico del régimen pG, toda la grasa ha sido utilizada con fines energéticos,

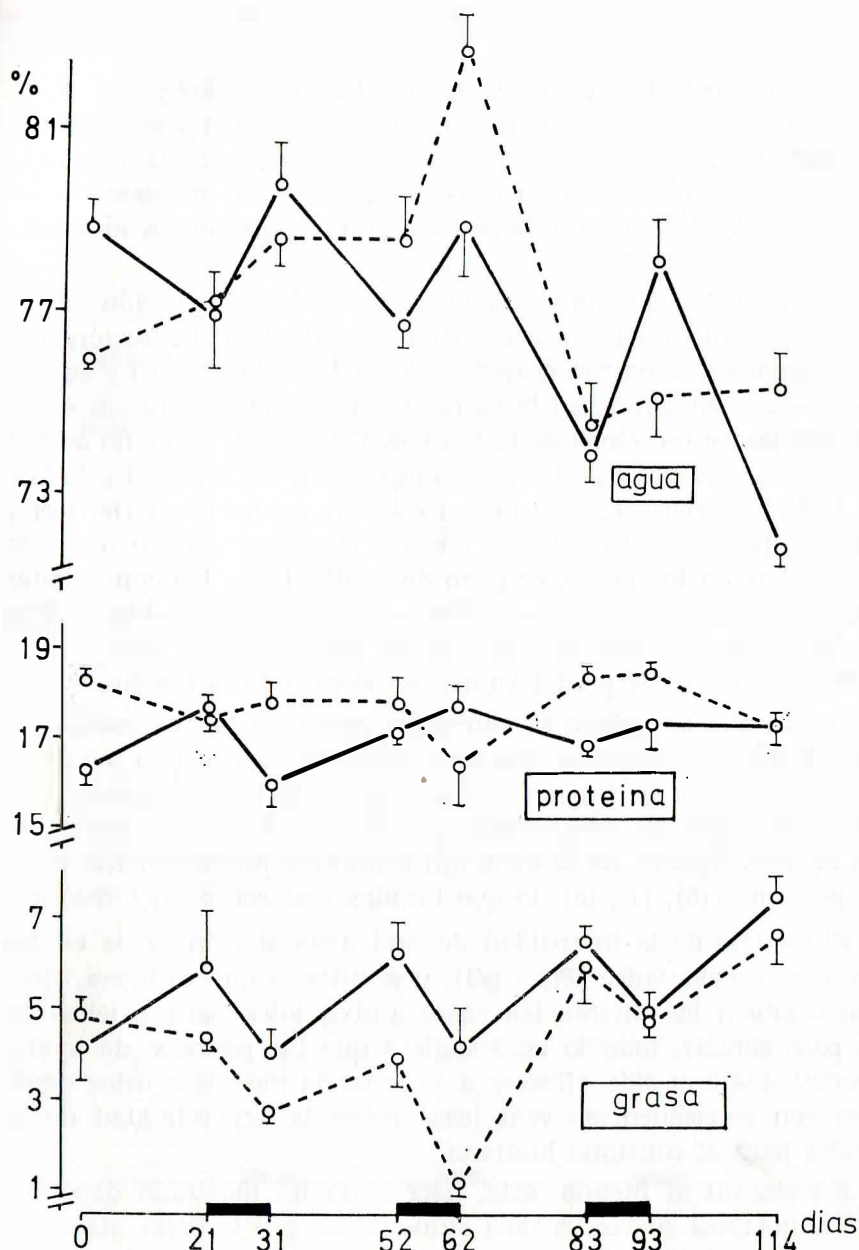


Figura 4.—Composición de la "carcasse" en agua, proteína y grasa de las truchas alimentadas con la dieta Pg (— —o—) y con la dieta pG (—o—).

Periodos de ayuno. ■

no produciéndose acúmulos hepáticos que podrían haber sido perniciosos para la salud del animal. Por otra parte, el estudio histológico del hígado no ha revelado ninguna diferencia entre los dos lotes al final de la experiencia; por el contrario, DE LA HIGUERA (9) y AUSTRENG (6) han señalado un cierto grado de engrasamiento hepático tras la adición de grasa a un régimen en proteínas.

La conclusión más aparente de estos resultados es que, aunque un nivel lípido elevado puede significar un ahorro de proteínas [efecto ya señalado por nosotros mismos en otro artículo (5)], sin afectar a la fisiología de la trucha ni siquiera a la composición de la "carcasse" cuando se intercalan cortos períodos de ayuno; es necesario tener siempre presentes las necesidades mínimas de proteínas en esta especie en cada etapa del desarrollo, para evitar que el crecimiento se vea afectado.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a don Julio Domezaín (Industria Piscícola Navara, S. L.) que nos ha suministrado generosamente todos los animales empleados en este estudio.

BIBLIOGRAFIA

- 1.—PHILLIPS, A. M. Jr.; TUNISON, A. V., y BROCKWAY, D. R. (1948): Utilisation of carbohydrates by trout. *Fish. Res. Bull.*, N. Y., 11, 44 pp.
- 2.—LUQUET, P. (1971): Efficacité des protéines en relation avec leur taux d'incorporation dans l'alimentation. *Ann. Hydrobiol.*, 2, 175-186.
- 3.—LUQUET, P., y BERGOT, F. (1976): Evaluation de divers traitements technologiques des céréales. VII. Utilisation de maïs pressé, floconné, expansé et extrudé dans l'alimentation de la truite arc-enciel. *Ann. Zootech.*, 25, 63-69.
- 4.—TIEWS, K.; GROOP, J., y KOOPS (1976): On the development of optimal rainbow trout pellets feed. *Arch. Fish. Wiss.*, 27 (1), 1-29.
- 5.—GARCÍA, M.; ZAMORA, S., y LÓPEZ, M. A. (1981): The influence of partial replacement of protein by fat in the diet on protein utilization by the rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Comp. Biochem. Physiol.*, 68 (B), 457-460.
- 6.—AUSTRENG, E. (1976): Fat and protein in diets for salmonoid fishes. 2. Fat content in dry diets for rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Meld. Norg. L.*, 55 (6), 1-14.

- 7.—DE LA HIGUERA, M.; ZAMORA, S.; MURILLO, A., y VARELA, G. (1977): Influencia de la ingesta grasa en la composición de la trucha y en su palatabilidad para el hombre. *Anal. Bromatol.*, XXIX-2, 221-230.
- 8.—TAKEUCHI, T.; WATANABE, T., y OGINO, C. (1978): Supplementary effect of lipids in a high protein diet of rainbow trout. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 44 (1), 677-681.
- 9.—DE LA HIGUERA, M. (1974): La alimentación de la trucha con dietas de alto nivel graso: Aspectos nutritivos, bioquímicos y fisiológicos. Tesis Doctoral. Univ. de Granada.
- 10.—TAKEUCHI, T.; WATANABE, T., y OGINO (1978): Optimum ratio of protein to lipid in diets of rainbow trout. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 44 (1), 683-688.
- 11.—HALVER, J. E.; BATES, L. S., y MERTZ, E. T. (1964): Proteins requirements for sockeye salmon and rainbow trout. *Am. Soc. Exp. Biol., Fed. Proc.*, 23, 1778.
- 12.—MANN, H. (1974): Protein requirement and protein utilization in pond fish. *Fisch. Teichwirt.*, 25 (5), 44-46.
- 13.—POSTON, H. A. (1975): Influence of dietary protein and energy on swimming stamina, growth and body composition of brown trout. *Prog. Fish-Cult.*, 36, 80-85.
- 14.—PAPOUTSOGLU, S. E.; PAPAPARASKEVA-PAPOUTSOGLU, E. G. (1978): Comparative studies on body composition of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) in relation to type of diet and growth rate. *Aquaculture*, 13, 235-243.
- 15.—AUSTRENG, E., y REFSTIE, T. (1979): Effect of varying dietary protein level in different families of rainbow trout. *Aquaculture*, 17, 145-146.
- 16.—DENTON, J. E., y YOUSEF, M. K. (1976): Body composition and organ weights of rainbow trout, *Salmo gairdneri*. *J. Fish. Biol.*, 8, 489-499.
- 17.—JURSS, K., y NICOLAI, B. (1976): Biochemical changes in liver and muscle of the rainbow trout (*Salmo gairdneri*) during starvation. *Zool. Jb. Physiol. Bd.*, 80, 101-109.
- 18.—BUCKLEY, J. T., y GROVES, T. D. D. (1978): Influence of feed on the body composition of finfish. En HALVER, J. E., y TIEWS, K., *Finfish Nutrition and Fishfeed Technology*, vol. 2, págs. 335-343. Publ. por Heenemann Verlagsgesellschaft, Berlín, 1979.
- 19.—SATIA, B. P. (1974): Quantitative protein requirement of rainbow trout. *Prog. Fish-Cult.*, 36, 80-85.
- 20.—COWEY, C. B.; POPE, J. A.; ADRON, J. W.; BLAIR, A. (1972): Studies on the nutrition of marine flatfish. The protein requirement of plaice (*Pleuronectes platessa*). *Br. J. Nutr.*, 28, 447-456.