

## La edad como factor determinante de la utilización nutritiva de la proteína por la trucha

G. Gómez-Jarabo \*, M. de la Higuera \*\*, F. J. Mataix, G. Varela \*\* y M. Illera \*\*\*

Departamento de Fisiología  
Facultad de Veterinaria  
Universidad Complutense de Madrid

(Recibido el 3 de julio de 1978)

G. GÓMEZ-JARABO, M. DE LA HIGUERA, F. J. MATAIX, G. VARELA and M. ILLERA. *The Age as a Factor on the Nutritive Utilization of Protein by Rainbow Trout*. Rev. esp. Fisiol., 35, 273-278. 1979.

Nutritive utilization of protein was studied in three age weight rainbow trout (*Salmo gairdnerii*) groups fed on a 37.5 % casein-protein diet. As to digestive efficiency age was found to have no influence on the apparent and true digestibility coefficient for protein. On the other hand Biological Value, Net Protein Utilization and Protein Productive Value decreased with age-weight increases, the results being significantly correlated ( $P < 0.001$ ) between these parameters and the age-weight of the animals. Relative intake, weight increment and Protein Efficiency Ratio also decreased with age-weight increases.

Son muchos los trabajos encaminados a estudiar la influencia del nivel de la proteína de la dieta y su sustitución por grasa o hidratos de carbono (1, 6, 9, 19, 20, 21), sobre la utilización de la proteína por la trucha. Sin embargo, se ha prestado poca atención sobre dicha utiliza-

ción cuando se toma como variable la edad de los animales.

Las demandas nutritivas y particularmente los requerimientos proteicos en diferentes estadios del crecimiento de un animal, deben presentar características especiales en aquellas especies que, como la trucha, requieren altos niveles de proteína en su dieta.

El problema es no sólo científico sino también económico, debido al hecho, por una parte, del gran auge que el cultivo de la trucha ha experimentado en muchos países, por su utilización en alimentación humana como fuente proteica de primer orden y por otra, debido al alto coste de la proteína incorporada a la dieta de

\* Dirección actual: Laboratorio de Psicología. Departamento de Psicología. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad Autónoma. Madrid.

\*\* Dirección actual: Departamento de Fisiología Animal. Facultad de Farmacia. Universidad Complutense. Madrid.

\*\*\* Dirección actual: Departamento de Fisiología Animal. Facultad de Veterinaria. León.

esos animales. Esta es la razón ya apuntada de los numerosos esfuerzos en intentar sustituir la proteína por nutrientes de menor coste que desvíen a los aminoácidos de su utilización energética. Este trabajo intenta ofrecer una nueva perspectiva al problema, ya que aun cuando se utilizan distintos niveles proteicos, se presta una especial atención al modo en que es utilizada la proteína por la trucha, en relación a su edad. Estas consideraciones podrían hacer posible el obtener una más adecuada estandarización de las dietas para truchas, al objeto de obtener un mayor rendimiento en su explotación comercial.

### Material y métodos

**Animales y mantenimiento.** Truchas arco iris de 10 g (primera edad), 50 g (segunda edad) y 100 g (tercera edad) de peso aproximado, fueron obtenidas de una piscifactoría local y mantenidas en cubas de polietileno (80 cm × 30 cm × 40 centímetros) guardando la misma relación peso/volumen (1 g/160 ml) en todos los casos. El sistema de cubas de metabolismo permite, al mismo tiempo, la continua filtración, aireación y termorregulación (12° C ± 1° C) del agua.

**Dieta.** La dieta ensayada fue elaborada usando los nutrientes expresados en la tabla I que, una vez mezclados y homogeneizados convenientemente y, adicionados de agua con gelatina disuelta, como material aglutinante, se pasan por una granuladora eléctrica que proporciona un tamaño de gránulo de 2,5 mm de diámetro. Una vez desecadas a temperatura suave (30° C) se conservan en congelador a -20° C.

**Parámetros nutritivos.** Para la determinación del coeficiente de digestibilidad y valor biológico en la trucha, el período experimental se puede considerar subdividido en dos: endógeno y principal. Pre-

Tabla I. *Composición en nutrientes de la dieta experimental.*

La composición general de la dieta en sustancia seca fue: Proteína, 37,5 %; grasa, 9,1 %; fibra, 5 %; cenizas, 4,8 %; M.E.L.N., 43,6 %.

Nutriente	g/100 g de dieta
Caseína	38,7
Almidón	20,0
Aceite de hígado de bacalao	9,0
Dextrina	20,0
Celulosa	5,0
Clorhidrato de colina	1,5
Vitamina E	0,2
Complejo mineral (2)	4,0
Complejo vitamínico (7)	1,6

viamente a estos períodos los animales estuvieron en adaptación durante 10 días. Durante el período principal, de 7 días de duración, los animales se alimentaron *ad libitum* dos veces al día. Las heces y partes alícuotas del agua se recogieron para determinación de su contenido en nitrógeno. El período endógeno, de 3 días de duración, comenzó dos días después del período principal con el fin de eliminar completamente los restos del alimento del tracto digestivo; durante este período los animales fueron mantenidos en ayuno. En ambos períodos se controla la variación de peso así como la eliminación de nitrógeno fecal y metabólico. En el período principal se controla también la ingesta al objeto de conocer la cantidad de nitrógeno total ingerido.

Los coeficientes de digestibilidad aparente y real (CDA y CDR) se calcularon de acuerdo con las fórmulas siguientes:

$$CDA = (I - F/I) 100;$$

$$CDR = (I - [F-F_0]/I) 100$$

Las determinaciones de valor biológico (VB) se llevaron a cabo según el método de MITCHELL (11) modificado por TUNISON *et al.* (23) para peces.

El coeficiente de utilización neta de la

proteína (NPU) se obtuvo multiplicando  $CDR \times VB$ .

*Valor productivo de la proteína (PPV).* Para la determinación del PPV, según la relación dada por CREMER (3), animales distribuidos en lotes de 10 fueron alimentados dos veces al día, suministrando poco a poco los gránulos de comida; una vez consumidos se repetía de nuevo la operación y así sucesivamente hasta conseguir que los animales estuvieran saciados. Tras un período de adaptación de 10 días, grupos de 20 animales fueron pesados y divididos en dos lotes iguales. El lote patrón fue sacrificado para determinar el nitrógeno corporal inicial. El otro lote fue alimentado durante tres semanas con la dieta experimental, pasadas las cuales se volvieron a pesar y se sacrificaron para determinar en cada uno de los animales su contenido en nitrógeno corporal total.

El coeficiente de eficacia en crecimiento (PER) se expresa como aumento de peso en gramos, en relación a la proteína ingerida.

El índice de conversión (IC) expresa, por otra parte, la ingesta respecto al incremento de peso.

*Técnicas analíticas.* La determinación de nitrógeno se realizó por el método de Kjeldahl utilizando 6,25 como factor de conversión de nitrógeno en proteína.

La determinación de grasa total se realizó gravimétricamente por extracción continua en soxhlet, utilizando éter sulfúrico como disolvente.

Cenizas, por incineración en estufa a 500° C hasta peso constante. Humedad, en estufa a 105 ± 1° C hasta peso constante. M.E.L.N., por diferencia a 100.

### Resultados

En la tabla II están expresados los coeficientes de digestibilidad aparente y real que expresan el efecto de la edad sobre la utilización digestiva de la proteína, así como los parámetros utilizados en su determinación, de acuerdo con la edad de los animales y en valores absolutos.

La tabla III representa el efecto de la edad sobre la utilización metabólica de la proteína indicando al mismo tiempo los valores de los parámetros utilizados en la determinación del coeficiente de utilización neta de la proteína (NPU) y valor biológico (VB).

Tabla II. Efecto de la edad sobre la utilización digestiva de la proteína. Valores medios de 10 animales.

Lote	N ingerido (g)	N fecal total (mg)	N fecal endógeno (mg)	N absor. aparente (g)	N absor. real (g)	CDA	CDR
1.ª edad	0,84	76	15	0,76	0,78	91,1	92,8
2.ª edad	4,32	310	75	4,01	4,09	92,0	94,6
3.ª edad	7,56	610	164	6,95	7,11	92,9	94,2

Tabla III. Efecto de la edad sobre la utilización metabólica de la proteína. Valores medios de 10 animales.

Lote	N ingerido (g)	N metabólico total (g)	N metabólico endógeno (g)	N retenido (g)	NPU*	VB*
1.ª edad	0,84	0,67	0,13	0,36	43,0	46,3
2.ª edad	4,32	3,51	0,59	1,76	40,8	43,1
3.ª edad	7,56	6,60	1,15	2,82	37,7	39,6

\* Correlación significativa ( $P < 0,001$ ) respecto a la edad.

Tabla IV. Efecto de la edad sobre la ingesta, peso e incremento de nitrógeno corporal. Valores medios de 10 animales.

Loio	Ingesta (g/100 g peso corporal/día)*	Incremento de peso (%)	Incremento de nitrógeno corporal (g/100 g peso corporal)	I.C.	P.E.R.	P.P.V.*
1.ª edad	2,60	40,4	0,99 ± 0,05**	1,1	2,3	35,1
2.ª edad	2,14	32,2	0,71 ± 0,04	1,2	2,2	30,8
3.ª edad	1,97	27,8	0,61 ± 0,08	1,3	2,1	28,9

\* Correlación significativa ( $P < 0,001$ ) respecto a la edad.  
 \*\* Diferencia significativa ( $P < 0,001$ ) con segunda y tercera edad.

En la tabla IV se observan los resultados obtenidos al estudiar la ingesta, peso de los animales e incremento de nitrógeno corporal en relación con la edad, los cuales vienen representados por los correspondientes índices de conversión (IC), coeficiente de eficacia en crecimiento (PER) y valor productivo de la proteína (PPV).

### Discusión

La variable edad no parece ejercer influencia alguna (tabla II) sobre el coeficiente de digestibilidad aparente (CDA). La falta de correlación que, por otra parte, existe para niveles proteicos superiores (4, 5), puede atribuirse al mayor contenido en hidratos de carbono de la dieta utilizada (12, 15, 18, 23, 24) o al menor nivel proteico de la dieta (13, 16).

El coeficiente de digestibilidad real (CDR) fue excelente, como corresponde a una proteína de alta calidad, pero estos valores son ligeramente inferiores a los obtenidos por otros autores (13, 16), lo que debe ser atribuido a que nuestras correcciones por nitrógeno fecal endógeno son menores, por haber sido determinado éste en situación de ayuno.

La edad no parece afectar al CDR para el nivel proteico ensayado, a diferencia de lo que ocurre cuando la concentración de proteína en la dieta es mayor (4, 5). Este último hecho debe ser atribuido fundamentalmente al obligado incremento en la excreción de nitrógeno fecal endógeno con la edad.

La utilización metabólica de la proteína (tabla III) es sensible, en términos cuantitativos, a la oferta proteica de la dieta y a la demanda de nitrógeno proteico por los animales. La disminución del VB que se observa es atribuible a que al avanzar la edad, las necesidades estructurales de proteína disminuyen con la tasa de crecimiento.

Al comparar estos resultados con los obtenidos anteriormente, con mayores niveles de proteína dietaria (4, 5), se encuentra que, para una misma edad, el VB disminuye a medida que aumenta la concentración proteica ( $P < 0,001$ ). Este hecho indica que los requerimientos proteicos quedan satisfechos con la dieta de menor contenido proteico ensayada, hecho que coincide con los resultados obtenidos por otros autores (14, 17, 22).

En cualquier caso, los valores de VB obtenidos son bajos y en la misma línea de los encontrados en la bibliografía, lo que sería atribuible, en gran parte, al elevado contenido de nitrógeno proteico en la dieta coincidiendo con los resultados obtenidos con ratas en situación alimentaria análoga (6). Por tanto, el bajo rendimiento en la utilización del nitrógeno proteico por la trucha puede no ser enteramente atribuible a peculiaridades metabólicas de especie, sino a la composición de su dieta habitual.

Todas las consideraciones anteriores que se han hecho sobre VB se confirman al estudiar el NPU (tabla III). Este parámetro disminuye con la edad cuando la concentración proteica es del 37,5 %,

como se puso de manifiesto para concentraciones superiores (4, 5). Por otra parte, para una misma edad, el NPU disminuye a medida que se aumenta el nivel proteico de la dieta.

La menor tasa de crecimiento que presentan los animales mayores se traduce en una disminución de la ingesta correlacionada con la edad cuando los valores para este parámetro se refieren a 100 g de peso corporal y día (tabla IV). Por el contrario, la ingesta en valores absolutos fue lógicamente mejor en los animales de mayor edad, resultados que coinciden con los de KATO (7).

Utilizando dietas de mayor contenido proteico (4, 5, 10), es de destacar que las distintas concentraciones proteicas no parecen ejercer influencia sobre la ingesta, para una misma edad, lo cual se explica si tenemos en cuenta que los niveles proteicos más inferiores (37,5 %) aportan suficientes aminoácidos para cubrir las demandas corporales, sobre todo cuando se utiliza una proteína patrón (caseína).

Los distintos valores de ingesta se traducen en las correspondientes variaciones del peso corporal, así como en el incremento de nitrógeno corporal (tabla IV). Los animales más jóvenes utilizaron mayor cantidad de nitrógeno alimentario con destino estructural que los animales de mayor edad ( $P < 0,001$ ). Sin embargo, no se presentan diferencias significativas entre los valores obtenidos con animales de segunda y tercera edad, lo que sería debido a un acercamiento en la disminución de crecimiento en estas dos fases más avanzadas del desarrollo de la trucha.

Estos datos y los obtenidos con ingesta proteica superiores indican que, al aumentar el nivel de la proteína dietaria, aumenta el incremento porcentual de nitrógeno para una misma edad, lo que se explica por el hecho de que a una mayor ingesta proteica hay más proteína disponible con fines estructurales. Además, hay que tener en cuenta que la diferencia

en proteína de las dietas ha sido sustituida por hidrato de carbono, que, según KITAMIKADO (8), son poco o nada utilizables por la trucha, por lo que las necesidades energéticas procederían del catabolismo proteico.

Los valores obtenidos para el PPV (tabla IV) confirman en líneas generales los resultados de utilización neta de la proteína (NPU) y valor biológico (VB), es decir, una vez más se observa que a medida que avanza la edad de los animales, disminuye la utilización de los aminoácidos dietarios con fines estructurales.

Por otra parte, cuando la variable es el nivel proteico (4, 5) se observa que el PPV disminuye para una misma edad, a medida que aumenta la proteína dietaria y más acusadamente en la primera edad, lo que está de acuerdo con los trabajos de COWEY *et al.* (2) y OGINO y SAITO (18).

El índice de conversión (IC) y el coeficiente de eficacia en crecimiento (PER) valoran de una manera global el efecto de la dieta y de la proteína dietaria, respectivamente, en el desarrollo del animal. Los resultados llevan a las mismas conclusiones que se han expuesto anteriormente al considerar otros parámetros, tanto cuando la variable es la edad, como cuando es el nivel proteico de la dieta (4, 5).

Por tanto, según los resultados obtenidos y en las condiciones experimentales seguidas, la productividad de la proteína en términos de rendimiento es mayor cuanto menor es el nivel de ésta en la dieta y los animales son más jóvenes naturalmente siempre dentro de un contenido proteico suficiente. Asimismo, y teniendo en cuenta trabajos previos (4, 5, 10), se puede concluir que en la trucha, y posiblemente en muchas especies de peces, los aspectos nutritivos deben tener en cuenta los niveles en nutrientes de sus dietas, así como la edad de los animales, tanto de un modo aislado como conjuntamente.

### Resumen

Se estudia la influencia de la edad-peso de truchas arco-iris (*Salmo gairdnerii*), alimentadas con dieta al 37,5 % de proteína-caseína, sobre la utilización digestiva y metabólica de la proteína. Respecto a la eficacia digestiva, la edad no parece tener influencia sobre los coeficientes de digestibilidad aparente y real de la proteína. Por otra parte, el valor biológico, la utilización neta de la proteína y el valor productivo de la proteína disminuyen a medida que aumenta la edad-peso de los animales, existiendo correlación significativa ( $P < 0,001$ ) entre otros parámetros y la edad. La ingesta relativa, el incremento de peso y el coeficiente de eficacia en crecimiento también disminuyen al aumentar la edad-peso de los animales.

### Bibliografía

1. ATHERTON, W. D. y AITKEN, A.: *Comp. Biochem. Physiol.*, **36**, 718-749, 1970.
2. COWEY, C. B., ADRON, J. W., BLAIR, A. y SHANKS, A. M.: *Br. J. Nutr.* **31**, 297-306, 1974.
3. CREMER, H. D.: National Academy of Sciences. National Research Council. Washington. 32-38, 1963.
4. GÓMEZ-JARABO, G., MATAIX, F. J., ILLERA, M. y VARELA, G.: *Rev. Nutr. Animal*, **13**, 213-221, 1975.
5. GÓMEZ-JARABO, G., MATAIX, F. J., ILLERA, M. y VARELA, G.: *Inv. Pesq.*, **40**, 561-569, 1976.
6. HIGUERA, M. DE LA, MURILLO, A., VARELA, G. y ZAMORA, S.: *Comp. Biochem. Physiol.*, **56**, 37-41, 1977.
7. KATO, T.: *Bull. Freshw. Fish. Res. Lab.*, **20**, 50-54, 1970.
8. KITAMIKADO, M., MORISHITA, T. y TACHINO, S.: *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **30**, 50-54, 1964.
9. LEE, D. J. y PUTNAM, G. B.: *J. Nutr.*, **103**, 916-922, 1973.
10. MATAIX, F. J., GÓMEZ-JARABO, ILLERA, M. y HIGUERA, M. DE LA: *Rev. Nutr. Animal*, **14**, 95-102, 1976.
11. MITCHELL, H. H.: *J. Biol. Chem.*, **58**, 873-903, 1924.
12. NOSE, T.: *Bull. Freshw. Fish. Res. Lab.*, **11**, 29-42, 1961.
13. NOSE, T.: *Bull. Freshw. Fish. Res. Lab.*, **13**, 41-50, 1963.
14. NOSE, T.: *Bull. Freshw. Fish. Res. Lab.*, **21**, 85-98, 1971.
15. NOSE, T. y MAMIYA, H.: *Bull. Freshw. Fish. Res. Lab.*, **13**, 1-4, 1963.
16. OGINO, C. y CHEN, M.: *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **39**, 646-651, 1973.
17. OGINO, C. y CHEN, M.: *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **39**, 797-800, 1973.
18. OGINO, C. y SATTO, K.: *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **36**, 250-254, 1970.
19. PAGE, J. W. y ANDREWS, J. W.: *J. Nutr.*, **103**, 1339-1346, 1973.
20. PHILLIPS, A. M. (Jr), LIVINGSTON, D. L. y POSTON, H. A.: *Fish. Res. Bull.*, **29**, 6-14, 1965.
21. PHILLIPS, A. M. (Jr), POSTON, H. A. y LIVINGSTON, D. L.: *Fish. Res. Bull.*, **30**, 25-34, 1966.
22. SYAZUKI, K.: *J. Shimonoscki Col. Fish.*, **3**, 109-113, 1956.
23. TUNISON, A. V., BROCKWAY, D. R., MAXWEL, J. M., DORR, X. y MCCAY, D.: *Fish. Res. Bull.*, **4**, 52-70, 1942.
24. TUNISON, A. V. y MCCAY, C. M.: *Trans. Am. Fish. Soc.*, **65**, 359-375, 1935.