

## Efecto del alimento sobre algunos aspectos reproductivos de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss*, en un criadero venezolano

Hilda Bastardo

Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado Mérida  
(CIAE Mérida), Venezuela

**RESUMEN.** Ejemplares de trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss*, fueron alimentadas con tres dietas secas de las cuales dos eran expandidas y una peletizada, la diferencia entre ellas fue el contenido de proteínas, el cual osciló entre 36% y 42%, y la presencia de un pigmento en la dieta D1. El índice gonadosomático (IGS) y el desarrollo gonadal de las truchas alimentadas con las dietas D1, D2 y D3 reflejan un comportamiento diferente en machos y en hembras, con todas las dietas. En los machos se observó una producción continua de semen, mientras que en las hembras el IGS presentó una tendencia a incrementar desde el comienzo del estudio hasta el final. Con todas las dietas, las hembras presentaron un descanso reproductivo en julio 92. La fecundidad relativa fue similar con todas las dietas, al igual que el diámetro de las ovas. La edad de maduración gonadal de las hembras fue menor con las alimentadas con D1 y D2. Mientras que, las alimentadas con D3 tardaron dos meses más para que el 50% de la población alcanzara la maduración gonadal. La fertilidad de las truchas fue baja con todas las dietas, con un valor máximo de 49%. Las incubaciones procedentes de las truchas alimentadas con D2 fueron descartadas en un 62%, por mortalidad total de las ovas. Con las otras dietas, las incubaciones descartadas alcanzaron un 36% y 43% (D1 y D3, respectivamente).

**Palabras clave:** Trucha, dieta, reproducción, IGS, fertilidad.

**SUMMARY.** Food effects on rainbow trout reproduction, *Oncorhynchus mykiss*, in a Venezuelan farm. Samples of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, were fed with three different dried diets, labeled D1, D2 and D3, the first ones were expanded and the last one pelleted type food. Their protein content ranged from 36% to 42%, and only D1 diet presented a pigment in its composition. The gonadosomatic index (GSI) as well as the gonadial development showed a different behavior in males and females for all the samples tested. A continuous sperm production was observed in males fish, while in female fish the GSI showed a tendency to increase through the whole study, and they showed a reproductive rest period on July 92. Fish relative fecundity and egg diameter were similar in all cases. The gonadial maturation age was shorter for the female that were fed with D1 and D2, while the 50% of the trout population that got D3 had a gonadial maturation period two months longer. For all trouts tested the fertility was low with a maximum value of 49%. The hatchery from the tested trouts with D2 intakes had a mortality value of 62%. Meanwhile, those with D1 and D3 intakes showed mortality values of 36% and 43% respectively.

**Key words:** Trout, diet, reproduction, GSI, fertility.

### INTRODUCCION

Comercialmente la trucha se cultiva en Venezuela desde hace 38 años. La producción actual es de aproximadamente 400 toneladas métricas, representando el 0,085% de la producción de América Latina y el Caribe (1). Bastardo (2), señala que la producción ha disminuido, como consecuencia del elevado costo del alimento concentrado, lo cual ha afectado principalmente a las pequeñas empresas truchícolas. Bórquez et al. (1), informan que los principales problemas que presenta el cultivo de esta especie en América Latina, están relacionados con los aspectos de nutrición y alimentación, especialmente en lo que se refiere a materias primas, alimentos, manejo, enfermedades nutricionales, etc. Chile es el único país que ha resuelto los problemas relacionados con nutrición y alimentación de salmónidos.

Los salmónidos demandan altos niveles de proteína animal en la dieta, por tal razón la harina de pescado constituye el principal insumo en la fabricación del alimento, lo cual repercute en un elevado costo de producción. Alvarado (3), informa sobre la sustitución de la harina de pescado por harina de carne y hueso, con resultados que indican la imposibilidad de una sustitución total. Este autor encontró que al disminuir el contenido de harina de pescado en la dieta, disminuyen los promedios individuales de peso final no ajustados y ganancia de peso de las truchas; no encontrándose diferencias significativas entre el control (sin harina de carne y hueso y 70% de harina de pescado) y la dieta que contenía un 50% de harina de pescado.

El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de tres dietas sobre algunos aspectos reproductivos de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss*, en un criadero ubicado en el Estado Mérida, Venezuela.

## MATERIAL Y METODOS

Este trabajo se realizó en el Campo Experimental Truchícola La Mucuy, adscrito al Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado Mérida, perteneciente al Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP), ubicado en el Parque Nacional Sierra Nevada, en Mérida Venezuela a una altitud de 2300 msnm. El agua utilizada es de origen glaciario, el promedio anual de las características físico-químicas reflejan que el oxígeno disuelto presenta una concentración de  $8,56 \text{ mg/l} \pm 0,46$ ; dureza total  $16,42 \text{ mg/l CaCO}_3 \pm 4,96$ ; alcalinidad  $17,55 \text{ mg/l CaCO}_3 \pm 3,72$ ; calcio  $4,54 \text{ mg/l CaCO}_3 \pm 0,94$  y el pH fue de  $7,46$  unidades  $\pm 0,47$ . Esta información fue suministrada por el personal del Laboratorio de Agua del Campo Experimental Truchícola La Mucuy.

La Tabla 1, indica la temperatura registrada en los estanques de cultivo durante Octubre/91 a julio/92. Se encontró una temperatura promedio anual de  $12,7^\circ\text{C} \pm 0,88^\circ\text{C}$ , con un valor máximo en mayo ( $14,05^\circ\text{C} \pm 0,40$ ) y un mínimo de  $11,75^\circ\text{C} \pm 0,80$  en el mes de julio.

TABLA 1  
Temperatura promedio durante el período de estudio

Mes (Octubre/91-Julio/92)	Temperatura ( $^\circ\text{C}$ )
Octubre	$11,90 \pm 0,98$
Noviembre	$12,32 \pm 0,62$
Diciembre	$12,27 \pm 0,85$
Enero	$11,80 \pm 0,80$
Febrero	$12,40 \pm 0,65$
Marzo	$13,40 \pm 0,50$
Abril	$14,00 \pm 0,55$
Mayo	$14,05 \pm 0,40$
Junio	$13,10 \pm 0,90$
Julio	$11,75 \pm 0,80$

Los ejemplares sometidos a este estudio se obtuvieron de una misma cohorte, se mantuvieron en estanques circulares de fibra de vidrio de 2 m de diámetro, con un flujo continuo de agua de  $0,540 \text{ l/seg}$ . Estos procedían de una investigación sobre crecimiento utilizando diferentes dietas, entre ellas dos comerciales (D1 y D2) y una preparada para esa investigación (D3). El ensayo se inició en julio de 1991, con cuatro replicas, y una densidad de 80 ejemplares por tanque. Los peces tenían, para ese momento, 17 meses de edad con un peso promedio de  $452,6 \pm 22,3 \text{ g}$ , para la D1;  $336,9 \pm 26,7 \text{ g}$  para D3, y el peso promedio de los ejemplares alimentados con D2 fue de  $330,1 \pm 19,6 \text{ g}$ . Todas las dietas eran alimentos secos, D1 y D2 expandidos y D3 una fórmula peletizada. La Tabla 2, indica la composición bromatológica de ellas.

TABLA 2  
Composición bromatológica de las dietas D1, D2 y D3 (g/100g)

Dieta	Proteína	ELN	Grasa	Fibra	Humedad	Ceniza
D1*	39,44	34,95	7,60	0,65	8,62	8,74
D2*	36,31	36,18	4,75	0,50	10,02	7,74
D3**	41,56	32,25	6,80	3,00	10,50	9,75

Fuente: \*Información tomada de la etiqueta comercial.

\*\*Laboratorio del FONAIAP Táchira.

ELN= Elementos libres de nitrógeno

Cada tres meses se sacrificaron 10 ejemplares por tanque (40 truchas por dieta) para estudiar la condición de las gónadas. Los peces se pesaron en una balanza Ohaus con capacidad de 1680 g y precisión de 0,01 g. Se determinó la longitud total con un ictiometro de 0,5 cm de precisión. Posteriormente se extraían las gónadas y se pesaban utilizando la misma balanza.

El estadio gonadal se determinó empleando la metodología de Nikolsky (4), y el índice gonadosomático (IGS) a través de la relación peso gónada/peso corporal, en porcentaje. Los ovarios se preservaron en formalina al 5%, para determinar la fecundidad, lo cual se realizó contando las ovas una a una, en estadio III y IV. La fecundidad relativa se determinó utilizando la relación  $N^\circ$  de ovas/peso corporal, en porcentaje. El diámetro se midió con un vernier de 0,05 cm de precisión. La edad de maduración se estimó utilizando el método de las frecuencias relativas acumuladas (5).

Las hembras maduras se desovaron, y se utilizó el método seco para realizar la fertilización. Los cruces se hicieron con un diseño dialélico de  $12 \times 12$ . En algunos casos las hembras no maduraron por lo que no se completaron los 144 cruces. Se llevó control de ovas muertas, tanto embrionadas como sin embrión, para determinar la tasa de fertilidad (total ovas embrionadas/total incubadas).

Las pruebas estadísticas se realizaron utilizando análisis de varianza de una sola vía.

## RESULTADOS Y DISCUSION

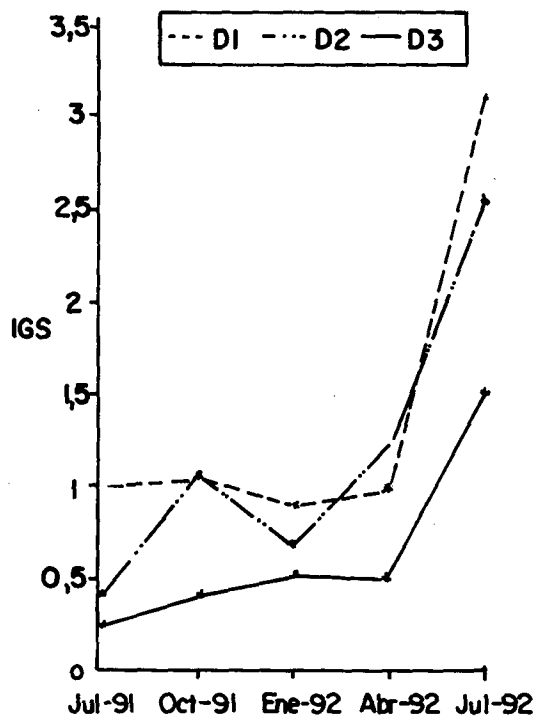
### Índice gonadosomático y desarrollo gonadal

La Tabla 3, representa el IGS promedio de machos y hembras de trucha arcoiris alimentadas con las dietas D1, D2 y D3, se observa que con todas las dietas el IGS fue mayor en machos que en hembras. El IGS de machos y hembras no presentó diferencias significativas en relación con el alimento consumido. La variación del IGS a lo largo del período de estudio (julio 91 a julio 92) tanto en hembras como en machos, se indica en la Figura 1 y Figura 2, respectivamente. El IGS de las hembras presenta una clara tendencia a incrementar su valor desde el comienzo hasta el final del ensayo (Figura 1), mientras que en los machos no se observa esta tendencia (Figura 2).

TABLA 3  
Indice gonadosomático (IGS) promedio de hembras y machos de trucha arcoiris, alimentadas con dietas D1, D2 y D3

Dieta	IGS (Hembras)	IGS (Machos)
D1	1,49±2,5 (n=100)	2,47±2,3 (n=75)
D2	1,43±2,3 (n=94)	2,43±2,0 (n=60)
D3	0,76±1,3 (n=100)	1,95±1,7 (n=62)

FIGURA 1  
Indice gonadosomático (IGS) de truchas hembras, alimentadas con diferentes dietas D1, D2 y D3, durante el período de estudio (julio.91 - julio 92)

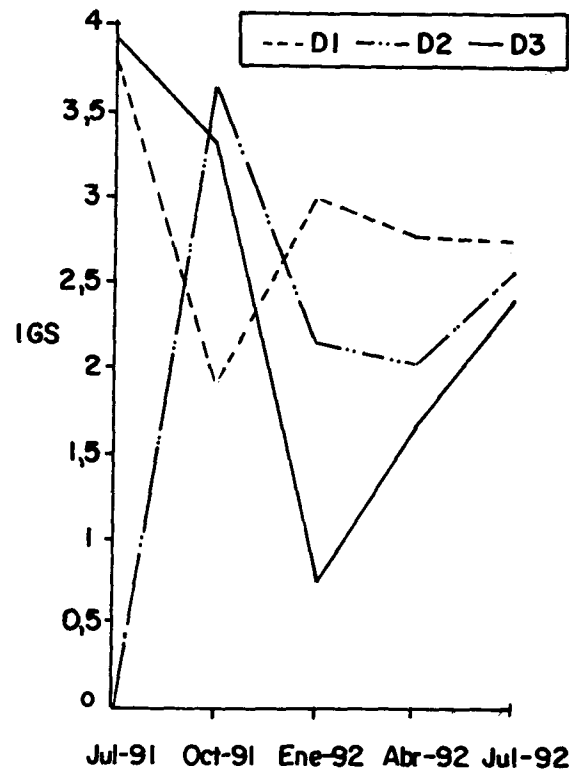


El IGS de las truchas hembras alimentadas con la D3 fue relativamente bajo hasta abril 92, indicando una predominancia de individuos inmaduros en octubre 91 y eventos reproductivos en enero 92 (Figura 4). Paiva (6), informa que el IGS de truchas cultivadas en Brasil, presentó valores bajos de septiembre a enero, con predominancia de individuos en estadio de maduración inicial, durante ese mismo período. Esta situación se explica porque la reproducción de la trucha en ese país ocurre entre junio y julio, mientras que en nuestro país la reproducción es prácticamente constante durante casi todo el año, con un pico entre octubre y enero (7).

Con todas las dietas, se observó un incremento del IGS, a partir de abril 92, con un valor máximo en julio 92, cuando finalizó el estudio. En esa misma fecha se encontraron hem-

bras en proceso de maduración gonadal (estadios III y IV), con todas las dietas estudiadas.

FIGURA 2  
Indice gonadosomático (IGS) de truchas machos, alimentadas con diferentes dietas D1, D2 y D3, durante el período de estudio (julio 91 - julio 92)



Las hembras alimentadas con la D1 presentaron un porcentaje de reproducción creciente desde octubre 91 hasta abril 92. Las alimentadas con D2 se reprodujeron con tres meses de retardo (enero 92 a abril 92). Así mismo, con todas las dietas se observó en las hembras un período de descanso reproductivo (estadio II) en julio 92 (Figura 4), lo cual corrobora los eventos reproductivos ocurridos en los meses anteriores. Bastardo y Coché (7), informan que bajo condiciones de cultivo, esta especie presenta un descanso reproductivo durante junio y julio.

El IGS y el desarrollo de las gónadas de los machos indican un comportamiento reproductivo diferente al observado en las hembras. En la Figura 3 se observa que los machos se reprodujeron continuamente durante todo el período de estudio y con todas las dietas utilizadas. Estos resultados son congruentes con los encontrados en una quebrada de los Andes meridionales (8). Los machos de un año de edad están en condiciones de producir semen, mientras que las hembras proporcionan sus primeras ovas a los dos años (9-11). Esto podría explicar el mayor IGS de los machos en relación a las hembras. Así mismo, un macho tiene la oportunidad de fecundar a distintas hembras, durante un período reproductivo, por su capacidad de producir semen continuamente (12-15).

FIGURA 3

Estadios de desarrollo de ejemplares machos de trucha arcoiris, alimentadas con las dietas D1, D2, D3, durante el período octubre 91 a julio 92

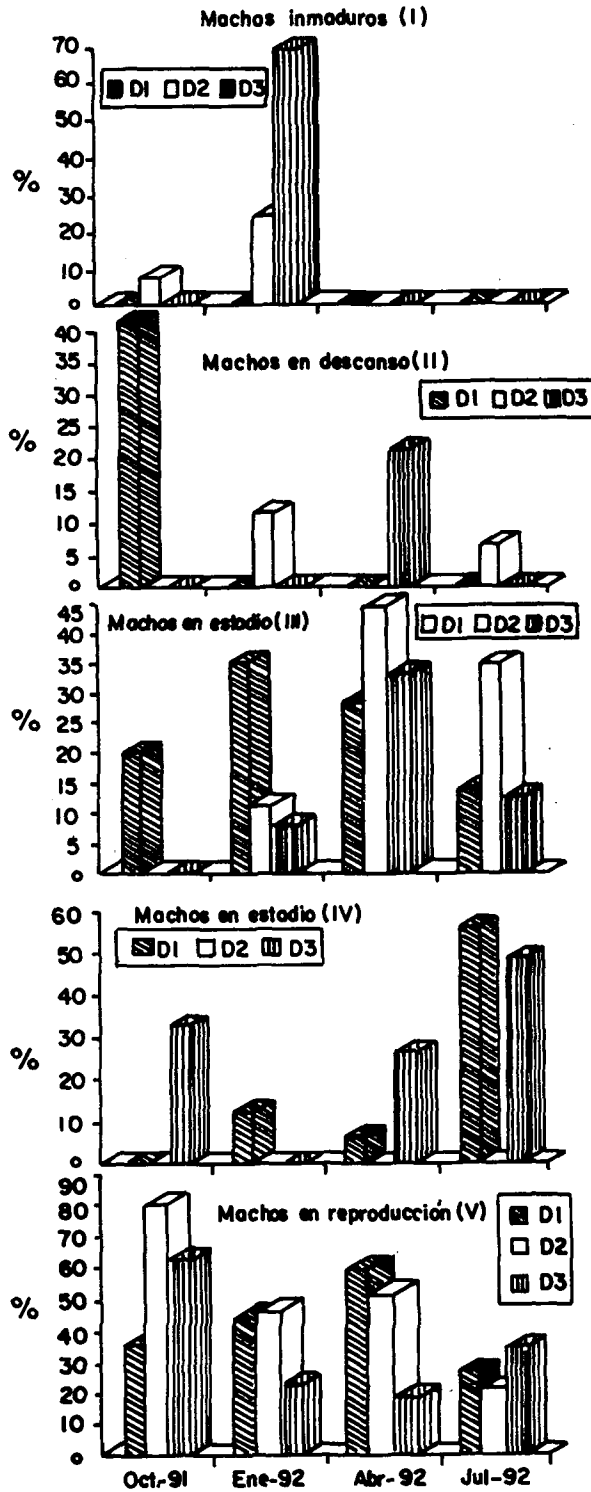
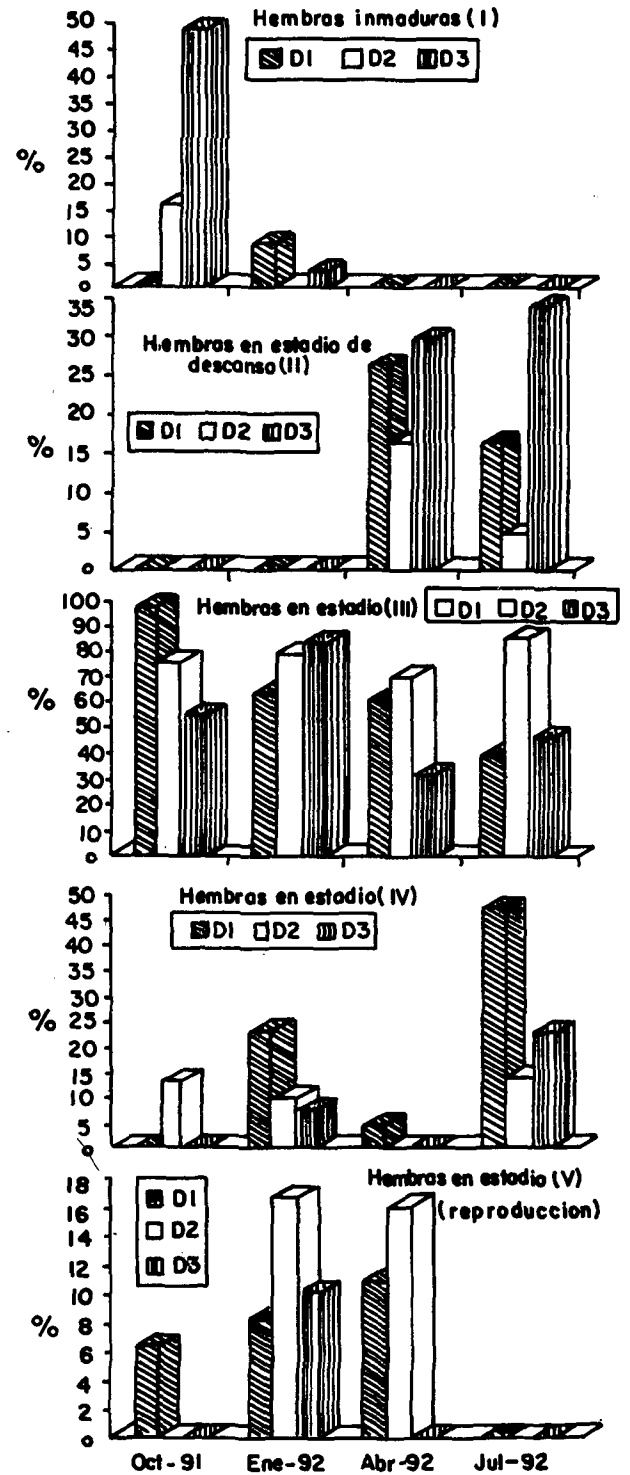


FIGURA 4

Estadios de desarrollo de ejemplares hembras de trucha arcoiris, alimentadas con las dietas D1, D2, D3, durante el período octubre 91 a julio 92



El IGS de las truchas fue similar con todas las dietas utilizadas. Eskelinen (16), no encontró diferencias significativas en el IGS del salmón del atlántico alimentado con dietas secas, húmedas y semihúmedas.

### Fecundidad

La Tabla 4, indica el peso, la fecundidad y el diámetro de las ovas de ejemplares hembras de trucha arcoiris, alimentadas con las dietas D1, D2 y D3. Se observa que las alimentadas con D1 presentaron mayor cantidad de ovas y mayor peso que las que consumieron las otras dos dietas; no se encontraron diferencias significativas entre esta y las truchas que utilizaron la dieta D3; sin embargo, la fecundidad absoluta y el peso de los ejemplares alimentados con D2 fue significativamente menor que con las otras dietas ( $p \leq 0,05$ ). Por el contrario la fecundidad relativa de las truchas alimentadas con D2 fue más alta que las que consumieron las dietas D1 y D3, no encontrándose diferencias significativas entre las tres dietas.

TABLA 4

Peso, fecundidad y diámetro de ovas de truchas alimentadas con las dietas D1, D2 y D3

Dieta	n	Peso (g)	Fecundidad		Diámetro ovas (mm)
			Absoluta No ovas	Relativa Ovas/kg	
D1	31	1192,3±356,7	2932,4±909,9	2682,6±1250,0	2,89±0,98
D2	14	726,8±339,0	2166,5±693,3	3284,1±1043,9	2,74±0,81
D3	7	953,6±258,4	2334,5±373,8	2666,1±834,2	2,43±1,02

Al comparar el diámetro de las ovas de las truchas alimentadas con las dietas D1, D2 y D3, estas no presentaron diferencias significativas entre las medias.

El peso corporal de las hembras fue significativamente mayor que el de los machos ( $p \leq 0,05$ ). En el caso de las hembras los pesos promedios de las truchas alimentadas con las dietas sometidas a estudio fueron diferentes unas de otras ( $p \leq 0,05$ ), siendo mayor el peso logrado por los ejemplares alimentados con D1 (1188,0 g), y menor las que consumieron D2 (707,5 g). Por el contrario los ejemplares machos que se alimentaron con D3 y D1 no presentaron diferencias significativas en sus pesos. Mientras que los machos que utilizaron como alimento la dieta D2 presentaron un peso significativamente menor que aquellas alimentadas con las otras dos dietas (590,3 g).

Los resultados encontrados en este trabajo parecen establecer una relación entre el tamaño del pez y la fecundidad relativa. Los peces alimentados con la dieta D1 presentaron el mayor peso, lo cual coincidió con un menor número de ovas/kg. Bromage et al.(17), señalan que como consecuencia del incremento en el tamaño del pez y de las ovas, la fecundidad relativa disminuye. Estos autores indican, además, que existe una compleja interrelación entre el tamaño de las ovas, la fecundidad y el tamaño del pez, de tal manera que al cambiar

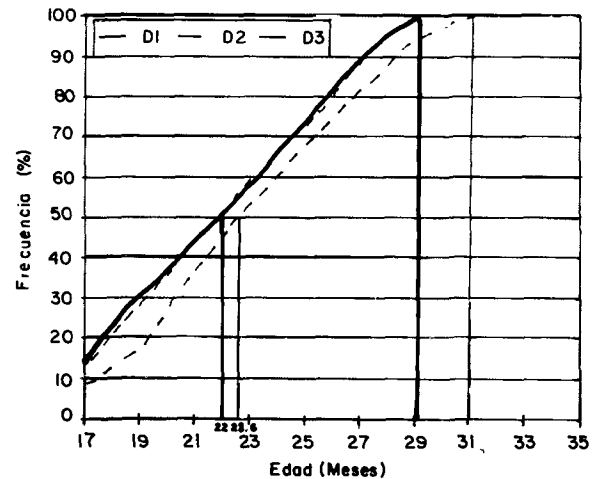
una de ellas ocurre una alteración compensatoria en las otras.

### Edad de la maduración

La edad media a la cual el 50% de la población hembra alcanzó la madurez gonadal se ubicó a los 20,8 meses de edad, en los ejemplares que consumieron la D1 y D2. Las hembras (50%) alimentadas con la D3 alcanzaron la maduración gonadal a los 21,4 meses de edad (Figura 5). Estos resultados nos indican que las hembras están preparadas para iniciar su reproducción a una edad cercana a los dos años, lo cual no coincide con los resultados informados por Paiva (6), en truchas cultivadas en Brasil, en donde tanto hembras como machos se reproducen a los doce meses de edad. Las diferencias encontradas entre estos trabajos se puede fundamentar por las diferentes condiciones climáticas imperantes en estos países. Venezuela tiene una posición latitudinal distinta a Brasil, lo cual implica grandes diferencias en factores relevantes como temperatura y fotoperíodo.

FIGURA 5

Edad media a la cual el 50% y 100% de truchas hembras alcanzan la madurez gonadal, en relación al alimento consumido



### Fertilidad

La fertilidad encontrada con la D2 fue baja, el 62% de las incubaciones se eliminaron por mortalidad total de las ovas. De igual manera, el 36% y 43% de las incubaciones obtenidas de ejemplares alimentados con D1 y D3, respectivamente, también se eliminaron. La fertilidad observada fue baja, con todas las dietas, esta no alcanzó el 50% (Tabla 5); la más alta se encontró en el grupo alimentado con la dieta D3 (macho) por hembra alimentada con D1. Sin embargo, los nueve grupos de progenie se compararon a través de un análisis de varianza, el cual determinó que todos los grupos eran similares.

TABLA 5  
Fertilidad (%) de los nueve grupos de progenie obtenidos a través de los cruces dialélicos, utilizando las dietas D1, D2 y D3

Tipo de cruce	Fertilidad (%)
Macho D1xHembra D1	19,5±22,7 (n=9)
Macho D1xHembra D3	28,3±26,5 (n=11)
Macho D1xHembra D2	14,3±22,5 (n=14)
Macho D3xHembra D1	49,3±37,3 (n=8)
Macho D3xHembra D3	43,9±40,7 (n=5)
Macho D3xHembra D2	22,4±34,7 (n=15)
Macho D2xHembra D1	44,0±40,5 (n=11)
Macho D2xHembra D3	26,6±34,8 (n=14)
Macho D2xHembra D2	25,2±35,9 (n=19)

Se considera que muchos factores están implicados como posibles determinantes de la calidad de las ovas, entre ellos, la nutrición de los reproductores, el tamaño de los huevos, su composición química y la sobremaduración de ellos. Hasta el presente, apartando la sobremaduración, existen pocas datos consistentes para explicar la variación en la calidad de los huevos. Lo que si está claro es la existencia de una considerable variación, bien sea en aquellas ovas producidas por individuos diferentes, como los producidos por individuos procedentes de un mismo lote, mantenidos bajo las mismas condiciones de cultivo (17).

Briggs (citado por 17), informa sobre un 19% de pérdidas de ovas, hasta el embrionamiento. Treinta años después, Springate y Bromage (citados por 17) han encontrado pérdidas similares. Estos resultados son sorprendentes, si consideramos los adelantos en técnicas de cultivo de peces que han podido ocurrir en ese lapso de tiempo.

Eskelinen (16), encontró que la sobrevivencia más alta, desde la fertilización hasta el final de la alimentación inicial, se observó en aquellas dietas con un bajo contenido de grasa, un moderado contenido de energía y suplementadas con ácido ascórbico, así mismo la producción de ovas de este grupo fue buena pero no la más alta.

#### AGRADECIMIENTOS

El autor agradece a los técnicos Sara Sofía y Cruz Vasquez por la ayuda en los trabajos de campo y laboratorio.

#### REFERENCIAS

- Bórquez A, Valdebenito I, Dantagnan P y Bariles J. Producción y alimentación de salmónidos cultivados en América Latina y el Caribe. FAO, Circular de Pesca No 918. 1996.
- Bastardo H. La trucha en Venezuela. Temas Agropecuarios 1995;12:6-8.
- Alvarado H. Sustitución de la harina de pescado por harina de carne y hueso en alimentos para trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). Zoot Trop. 1995;13(2).233-243.
- Nikolsky GV. The ecology of fishes. Academic. Londres. 1963;325 p.
- Vazzoler A de M. Manual de métodos para estudios biológicos de poblaciones de peixes. Reproducao e crescimento. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Brasília. 108 p. 1981.
- Paiva PH, Godinho M, Mainardes-Pinto C, Tabata YA & Leite RG. Comportamiento reproductivo de truta arco-iris *Salmo irideus* Gibbons (*Osteichthyes, Salmonidae*) en cultivo intensivo. B Inst Pesca, 1985;12:61-70.
- Bastardo H y Coché Z. Ciclo reproductivo de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss*, en los Andes venezolanos. Ecotropicos 1992;5:26-31.
- Bastardo H. Ecología de la trucha arcoiris, *Salmo gairdneri* Richardson 1836, en una quebrada del Estado Mérida, Venezuela. Tesis de Magister Scientiae. Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela. 169 p. 1990.
- Hoar WS. Endocrine organs, p. 245-321. In M. Brown (ed.). The physiology of fishes. Academic Press, Londres, 447 p. 1957.
- Pons J. Cría de truchas. Serie Técnica No 44. Madrid. 70 p. 1971.
- Alvarado HY, Bastardo H. Producción de truchas en Venezuela. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias Divulga 1983;1:19-25.
- Bastardo H. Semen de la trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*): Concentración y volumen durante un período reproductivo, en Mérida, Venezuela. Veterinaria Tropical, 1992;17:53-66.
- Billard R. Spermatogenesis and spermatology of some teleost fish species. Reprod Nutr Dev. 1986;26:877-920.
- Billard R, Breton BY, Jalabert B. La production spermatogenetique chez la truite. Ann Bio Anim Biochem Biophys. 1971;11:190-212.
- Sanchez-Rodriguez H, Escaffre AM, Marlott F & Reinud P. The spermatation period in the rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Plasma gonadotrophin androgen levels, sperm production and biochemical changes in the seminal fluid. Ann Biol Anim. Biochem Biophys. 1978;18:943-948.
- Eskelinen P. Effects of different diets on egg production and egg quality of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). Aquaculture, 1989;79:275-281.
- Bromage N, Jones J, Randall C, Thrush M, Davies B, Springate J, Duston J & Barker G. Broodstock management, fecundity, egg quality and the timing of egg production in the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture, 1992;100:141-166.

Recibido: 14-04-1998

Aceptado: 01-09-1999