

Reproducción y talla media de madurez de la trucha *Oncorhynchus mykiss* (Salmoniformes: Salmonidae) en los Andes venezolanos

Hilda Bastardo de C.

Campo Experimental Truchícola La Mucuy. FONAIAP, apartado 425, Mérida 5101, Venezuela.

(Rec. 4-VI-1993. Acep. 9-XII-1993)

Abstract: From January 1987 to February 1988, a total of 393 rainbow trout were captured in a high mountain stream of the Venezuelan Andes (8° 40'N; 71° 5'W). Gonadal development was measured using the Nikolsky method. The mean size for sexual maturation was analyzed with the method of relative frequency of adults and young for each size class. Males reproduced throughout the year, while ripe females were observed only in January (11%). A half of the males was sexually mature at the minimum size of 13.40 cm SL (16.25 for females). All individuals were sexually mature at 26.40 cm (males) and 26.80 cm (females).

Key words: Salmonidae, spawning, gonadal maturation, stream, Venezuelan Andes.

La trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss*, habita los ríos, quebradas y lagunas de los Andes venezolanos desde hace más de 50 años (Bastardo *et al.* 1988). Sin embargo, se desconocen aspectos básicos de su biología necesarios para su manejo eficiente.

En las regiones tropicales donde se ha introducido existe poca bibliografía sobre su adaptación. Por el contrario, en las regiones templadas existe una extensa literatura referente a sus hábitos alimenticios y reproductivos, así como a su ecología en general. Este conocimiento es fundamental para manejar adecuadamente este salmónido, ya sea en actividades de cultivo intensivo o de repoblamiento en aguas naturales.

En Venezuela se ha comenzado recientemente a estudiar algunos aspectos de la biología de la trucha. Bastardo *et al.* (1988) señalan que en condiciones de cultivo la trucha presenta un prolongado período de reproducción (8-10 meses). Bastardo y Coché (1992) encontraron que el 63% de la población bajo cultivo se reproduce durante los meses de octubre a enero. En condiciones silvestres la trucha presenta

un pico reproductivo entre septiembre y enero. En junio y julio no se encontraron ejemplares maduros (Bastardo 1990). Rengifo (1988) señala que las truchas que habitan las quebradas La Negra y La Fría en el Estado Miranda (Venezuela) se reproducen durante dos períodos, uno entre octubre y noviembre y el otro entre marzo y mayo. Bastardo y Segnini (1988) informan sobre un alto índice gonadosomático en septiembre, tanto en machos como en hembras.

El objetivo de este trabajo fue estudiar la madurez de las gónadas y la talla media de reproducción de la trucha arcoiris, en una quebrada altiandina venezolana.

MATERIAL Y METODOS

El presente estudio se realizó en la quebrada El Oro, en el Estado Mérida, Venezuela (8° 40' N; 71° 5' W). Esta quebrada es de origen glaciar, nace en el Parque Nacional Sierra Nevada de Mérida a 4200 m de altitud. El muestreo (enero 1987-febrero 1988) se realizó en una sola esta-

ción, dentro del Parque Nacional, en un área con características de selva nublada, a una altitud de 2300 m.

Las muestras se tomaron aproximadamente cada 30 días, capturando las truchas con equipo de pesca eléctrica (Reynolds 1983). El peso de los ejemplares se determinó con una balanza de 1600 g de capacidad y precisión de 0.01. La longitud estándar (LS) se midió con un Vernier de 15 cm y 0.05 cm de precisión. La madurez de las gónadas se analizó por medio de la clasificación de Nikolsky (1963). La relación macho/hembra, tanto para el total de ejemplares como por mes, se determinó por el método de Chi-cuadrado.

La separación de las clases de talla se realizó utilizando la longitud estándar (LS) con un intervalo de clase de 3 cm.

Para calcular la talla promedio a la cual las truchas alcanzan la madurez gonadal, se utilizó la metodología empleada por Vazzoler (1981). Así mismo, los valores de L_{50} y L_{100} se suavizaron mediante la metodología de los promedios móviles (Shao 1967).

RESULTADOS

Se estudió 228 machos y 155 hembras (a diez ejemplares no se les pudo determinar el sexo por su pequeño tamaño). Los machos pre-

sentaron un peso promedio (\pm DS) de 56.03 ± 28.26 g y una LS de 12.24 ± 2.75 cm (hembras: 64.19 ± 33.86 g y 13.01 ± 2.65 cm, Cuadro 1).

La proporción total macho/hembra fue 1.47:1 ($p < 0.001$, chi-cuadrado), pero analizando por mes solamente hubo diferencias significativas ($p < 0.05$) en febrero (ambos años) y marzo. Los machos fueron más abundantes, excepto en agosto y noviembre, cuando las proporciones sexuales fueron 0.78:1 y 0.56:1 respectivamente (Fig. 1).

La Fig. 2 representa la frecuencia relativa de talla por mes; la clase de 0-3 está escasamente representada en los primeros meses (ambos años). La presencia de ejemplares tan pequeños solo en estos meses refleja la incorporación de una nueva cohorte a la población, sugiriendo reproducción en los últimos meses del año. La talla de 6 a 18 cm predomina y aparece durante todo el período de estudio. A partir de esta talla el porcentaje disminuye, encontrándose un porcentaje escasamente inferior al 10% en tallas superiores a 24 cm LS; estos ejemplares sólo están presentes entre diciembre y febrero.

En el desarrollo gonadal (Fig. 3) y hasta el estadio III, los machos y hembras presentan parecidas distribuciones de frecuencia. Las hembras en estadio IV-VI están escasamente representadas si se les compara con los machos en esos estadios. Hay un desove en enero, corro-

CUADRO 1

Valores morfométricos de la trucha arcoiris en la quebrada El Oro (Venezuela)

Mes	Número de casos	Peso promedio (g) (+DS)	LS (cm) (+DS)	Ambito	
				Peso	Longitud
Enero	24	71.1 \pm 47.5	15.0 \pm 2.8	12.9-260	8.6-23.3
Febrero	25	39.1 \pm 37.6	10.1 \pm 5.5	1.1-101	3.3-17.9
Marzo	24	47.3 \pm 39.8	11.1 \pm 4.6	0.8-130	3.4-18.6
Abril	31	30.8 \pm 36.4	9.4 \pm 4.7	0.2-129	2.5-18.5
Mayo	27	54.6 \pm 43.6	13.3 \pm 3.4	6.0-177	7.3-21.1
Junio	20	91.0 \pm 54.3	16.0 \pm 3.4	26.2-216	10.6-22.9
Julio	30	36.9 \pm 42.8	11.3 \pm 2.9	10.2-224	8.1-18.2
Agosto	32	30.9 \pm 17.9	11.5 \pm 2.1	9.1- 82	7.8-16.2
Septiembre	34	38.1 \pm 44.9	10.7 \pm 4.3	3.2-159	5.5-19.5
Octubre	33	31.0 \pm 32.4	9.9 \pm 4.7	1.4-88	4.2-16.8
Noviembre	25	79.1 \pm 48.5	15.6 \pm 3.4	20.9-214	10.0-23.9
Diciembre	29	129.8 \pm 99.3	17.5 \pm 5.3	2.6-397	4.9-29.0
Enero	18	43.3 \pm 77.0	8.2 \pm 7.7	0.1-238	2.2-24.3
Febrero	41	79.5 \pm 98.2	12.4 \pm 8.1	0.1-363	2.3-28.1

Total 393

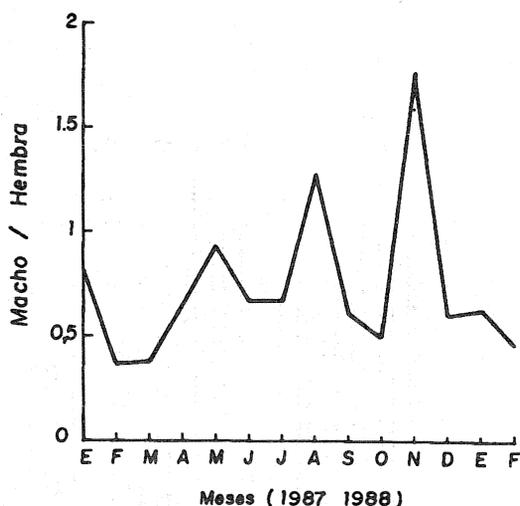


Fig. 1. Variación mensual de la relación macho/hembra en trucha arcoiris, capturadas en la quebrada El Oro (Venezuela).

borado por el correspondiente porcentaje de hembras desovadas en febrero.

Un 29% de las hembras se encontraba expulsando sus huevos y solo ocurrió en enero, mientras que los machos se reprodujeron todos los meses, excepto en febrero de 1987. Durante ese mes se encontró el mayor porcentaje de machos en estadio VI ("spent"), en ambos años. La presencia de individuos en estadio II solamente durante los primeros meses del año podría ser indicativo de eventos reproductivos en los últimos meses del año.

La maduración de las gónadas comienza a tallas diferentes en ambos sexos (Fig. 4). En los machos, el mayor porcentaje de individuos en estadio III y IV se encuentra en la clase 12-15 cm y la mayoría en reproducción en la clase de 15-18 cm; sin embargo se observan ejemplares en estadio V en casi todas las clases. Por otro lado en el estadio VI se encuentran ejemplares a partir de los 12 cm, lo cual era de esperar debido a la reproducción a tallas menores.

Desde los 3 hasta los 15 cm las hembras son más abundantes en estadio I. A partir de los 15 cm aumenta la proporción en maduración gonadal. Se observó un escaso porcentaje de hembras reproductivas con tallas mayores a los 18 cm. Los individuos en reposo a tallas inferiores

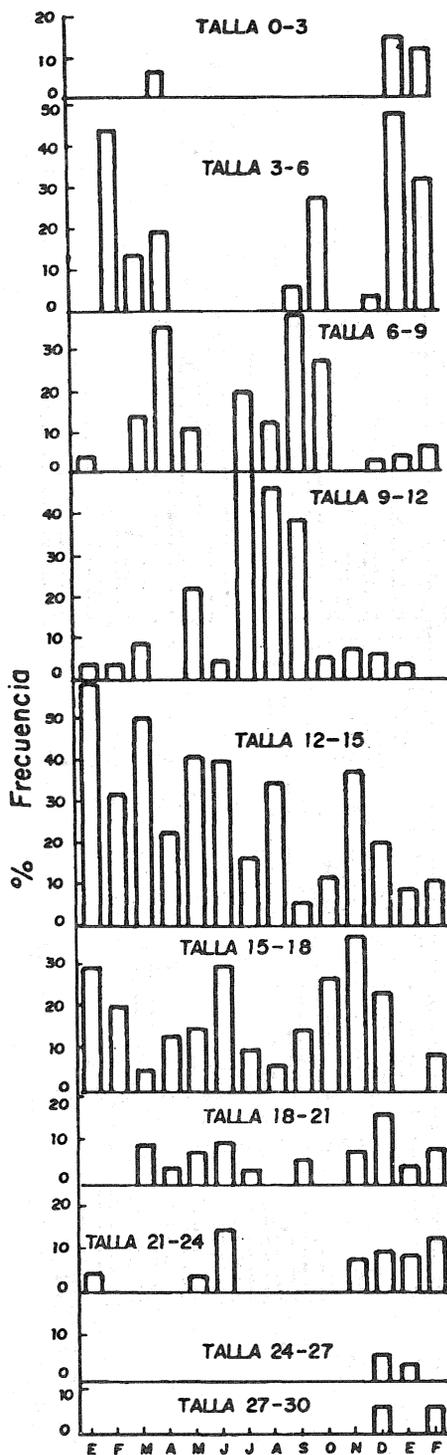


Fig. 2. Distribución por mes de la frecuencia relativa de las clases de tamaño de la trucha arcoiris, El Oro (Venezuela) utilizando la longitud estándar (LS) en cm.

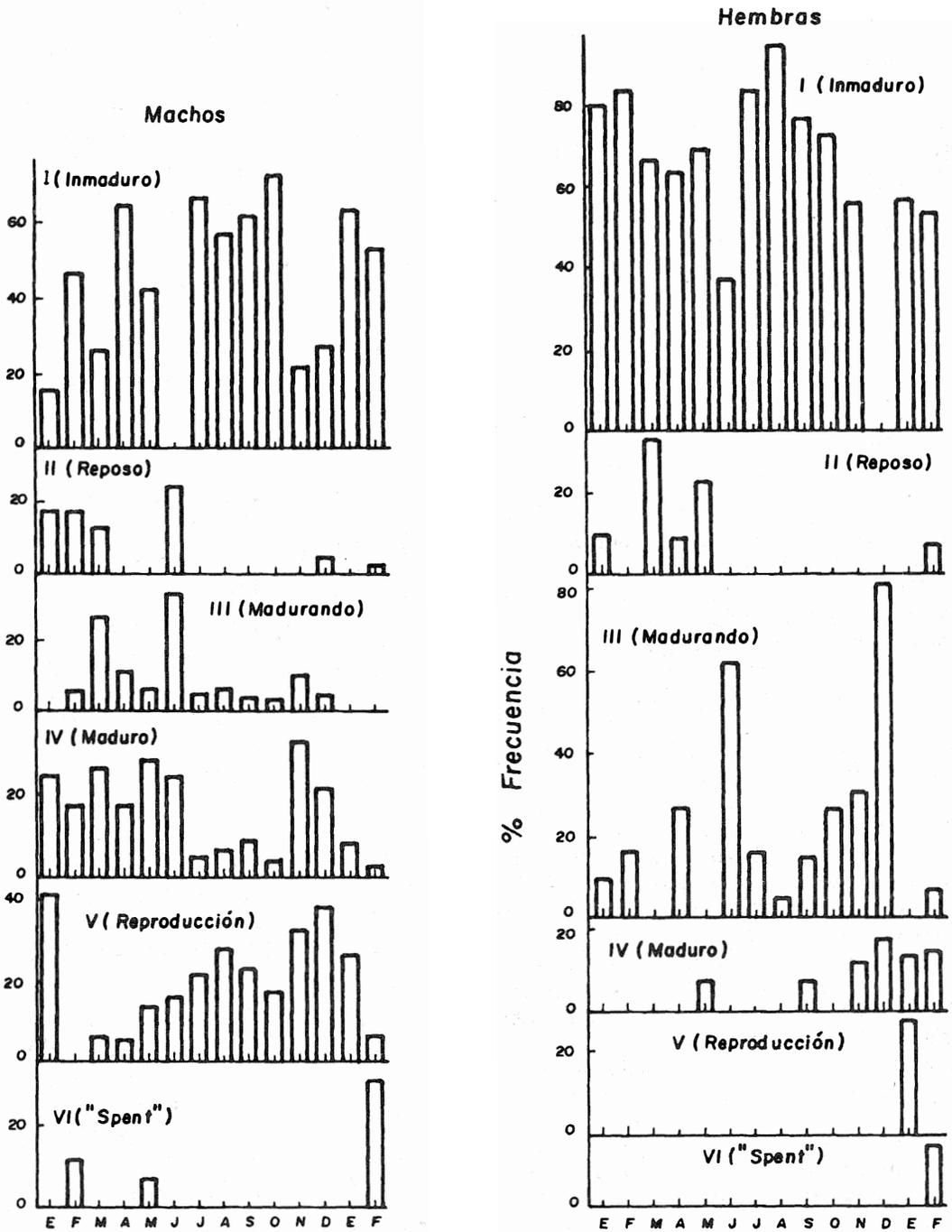


Fig. 3. Distribución de frecuencias por mes (%) de los estadios de desarrollo de trucha arcoiris, El Oro (Venezuela).

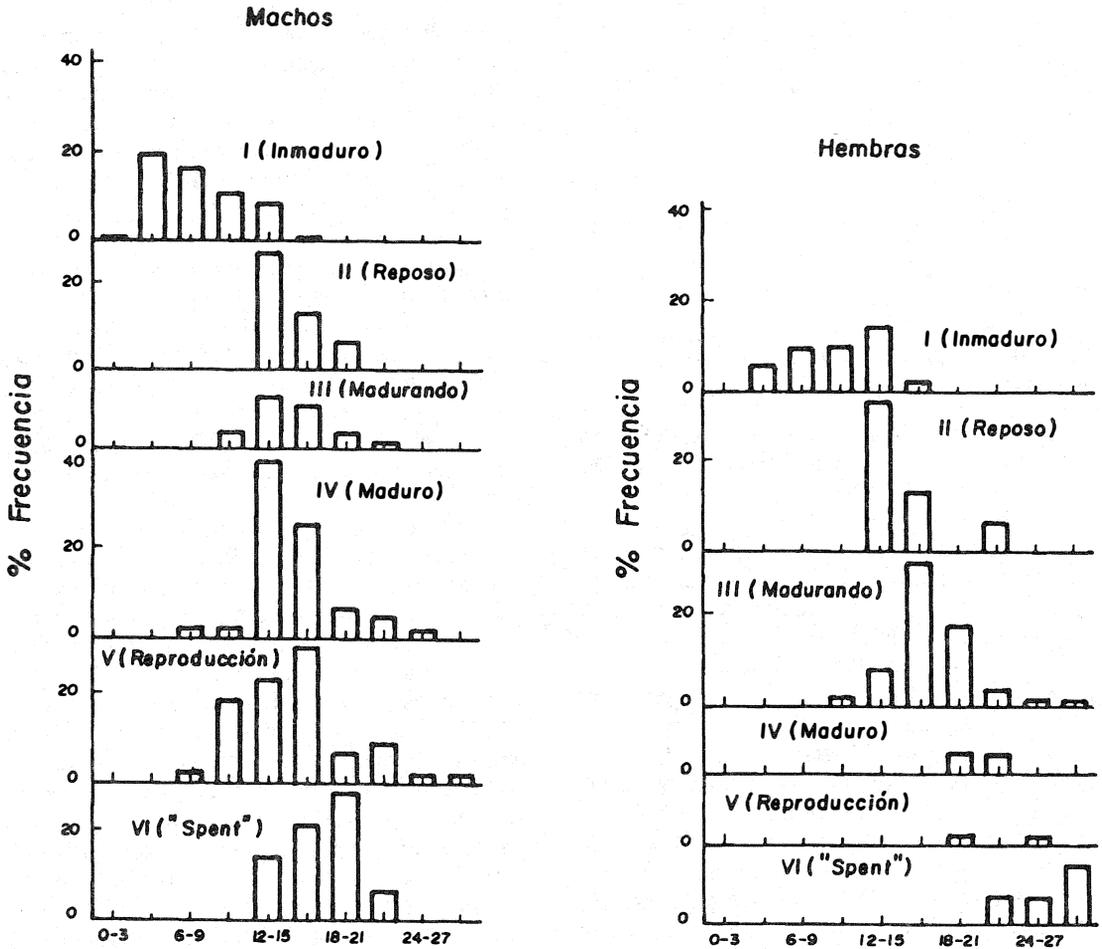


Fig. 4. Distribución de frecuencias relativas por clases de tamaño según desarrollo gonadal de trucha arcoiris, El Oro (Venezuela).

a 18 cm podría indicar eventos reproductivos a tallas más pequeñas; esto no fue detectado en el presente trabajo y posiblemente se deba a la búsqueda de mejores sitios de desove.

Estos resultados parecen reflejar un patrón diferente de reproducción en machos y hembras. En ellas la reproducción está limitada a una época del año, mientras que los machos se reproducen continuamente. Esto puede atribuirse a la diferente edad de reproducción según el sexo en Venezuela (Bastardo, obs. pers.), pero este punto no fue estudiado en la presente investigación.

La talla promedio a la cual el 50% de los ejemplares alcanza la primera maduración (L50) fue 13.40 (machos) y 16.25 cm LS (hem-

bras). Igualmente 26.40 y 26.80 cm LS para machos y hembras respectivamente, es la talla a la cual el 100% (L100) de los ejemplares entra en maduración gonadal (Fig. 5).

DISCUSION

Las truchas de la quebrada El Oro eran en su mayoría pequeñas. El 87% no superaba los 18 cm de LS. Ello puede atribuirse a una escasa disponibilidad de alimento por la baja productividad en quebradas de montaña. La escasa presión de pesca dentro del Parque Nacional Sierra Nevada, también podría contribuir a una mayor competencia por el alimento, factor cuya im-

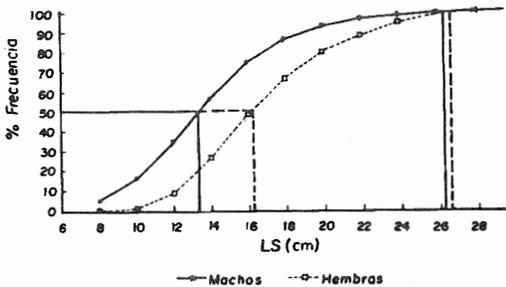


Fig. 5. Talla media a la cual el 50% y 100% de machos y hembras alcanzan la madurez gonadal en El Oro (Venezuela).

portancia es reforzada porque incluso los ejemplares de pequeño tamaño estaban reproduciéndose (especialmente machos).

La biomasa explotable por pesca en el río Chama (Mérida, Venezuela) representa un pequeño porcentaje de la biomasa total, solo un 2% de ejemplares superan la talla mínima legal de 20 cm LS (Hirigoyen 1976). Nebiolo (1982), en un muestreo de 317 ejemplares realizado en el río Chama no encontró ejemplares dentro de la talla legal.

En la quebrada Mucunután (Mérida, Venezuela) solo hubo un 24% de ejemplares legalmente capturables (Bastardo 1990). En el presente trabajo se informa de solo un 13% de ejemplares ubicados dentro de la talla mínima.

Los resultados de Mucunután y la presente investigación señalan mayores porcentajes de ejemplares grandes en comparación con el Chama. Ambas quebradas nacen en la Sierra Nevada de Mérida y desembocan en el río Chama.

La mayor biomasa explotable en Mucunután posiblemente se deba a una mejor alimentación. Allí hay una alta presión de pesca (mayor accesibilidad y ubicación fuera del parque). Sin embargo ambas quebradas están en una cuenca con escasa actividad agropecuaria y poca población humana, lo cual puede producir una óptima calidad de agua. Todo lo contrario ocurre en el río Chama.

La relación de sexo encontrada en las truchas de la quebrada El Oro presentó diferencias significativas con la relación teórica esperada (1:1). En el lago Titicaca la proporción sexual varía con el tamaño de las truchas; entre 30 y 70 cm de longitud total (LT) hay menos del 50% de machos (Everett 1973). Estos datos no son comparables con este trabajo debido a que la mayoría de los ejemplares tenían tallas inferiores a 18 cm LS.

En la bahía de Batchawana Bay, las hembras de mayor edad tienden a ser más abundantes (Kwain 1971). La proporción sexual puede ser distinta durante la reproducción y al nacimiento, debido a diferencias en edad de madurez gonadal y por edad de mortalidad diferencial según el sexo (Margalef 1977).

En el ámbito geográfico del presente trabajo los pocos estudios pertinentes indican diferencias en proporción sexual. Bastardo (1990) encontró, en la quebrada Mucunután, una proporción cercana a la teórica (0.855), con predominio femenino, mientras que Rengifo (1988) informa para el embalse Agua Fría un 0.417, predominando los machos. En El Oro se encontraron resultados similares a los de este último autor (0.68).

Es interesante que las hembras tengan una época definida de reproducción, mientras los machos están produciendo semen casi todo el año. En quebrada Mucunután se encontraron truchas sexualmente maduras casi todo el año, principalmente machos (Bastardo 1990). Estos resultados pueden deberse a la conformación de la estructura de edades de las truchas en quebradas andinas. Los machos de un año de edad están en condiciones de producir semen, mientras que las hembras proporcionan los primeros huevos a los dos años (Hoar 1957, Pons 1971, Alvarado y Bastardo 1983, Bastardo obs. pers.). Un macho tiene la oportunidad de fecundar durante un período reproductivo a distintas hembras. Bastardo (1992) encontró 113.10 ml de líquido seminal acumulado en un ejemplar de 5 años de edad a lo largo del pico reproductivo. Otros autores también informan sobre la producción continua de semen (Billard 1986, Billard *et al.* 1971, Sánchez-Rodríguez *et al.* 1978). Las hembras producen huevos en un sólo momento, los que no son expulsados se reabsorben y comienza nuevamente el proceso.

La talla promedio a la cual el 50% y 100% de los ejemplares alcanza la madurez fue menor en los machos (Fig. 5), lo cual coincide con lo señalado anteriormente. Se sugiere una alta probabilidad de encontrar machos maduros durante todo el estudio pues la talla media de maduración (50% de los machos) está presente en todos los meses del trabajo (Fig. 2). Los resultados similares en Mucunután (Bastardo 1990) son entendibles ya que ambas quebradas tienen características similares.

Los machos maduran más temprano que las hembras en Agua Fría (Rengifo 1988). Sin embargo allí es diferente la talla de maduración femenina (del 50%). Ese L_{50} coincide con el L_{100} del presente trabajo: las hembras de Agua Fría maduran a mayor tamaño. Ello puede deberse a diferencias en cada ecosistema. Scott y Crossman (1973) indican que en los grandes lagos la talla de maduración se alcanza a los 40.6 cm mientras que en los ríos y pequeños lagos se ubica entre 15.2 a 25.4 cm.

Truchas bajo cultivo intensivo en Brasil, presentaron una talla promedio de primera maduración bastante cercana entre ambos sexos (cercana a 21 cm, Paiva *et al.* 1985). Allí la reproducción ocurre en junio y julio, a la edad de 12 meses (ambos sexos).

La posición latitudinal de esa investigación y la aquí informada son muy diferentes; lo cual implica grandes diferencias en factores relevantes como temperatura y fotoperíodo.

En Venezuela la reproducción de trucha abarca casi todo el año con un pico entre octubre a diciembre; junio y julio fueron meses de "descanso reproductivo" (Bastardo y Coché 1992).

En todos los casos los machos alcanzan la madurez gonadal a tallas menores que las hembras. En muchas especies de peces los machos alcanzan la madurez a tallas más pequeñas y edades más tempranas; en muchas después del desove hay un corto reposo seguido por una fuerte actividad espermatogénica (Hoar 1957). Esto permite que los testículos permanezcan llenos de espermatozoides varios meses antes del desove; en tales casos el entrecruzamiento no tiene lugar hasta que aparezcan las características sexuales secundarias, lo cual es coincidente con la aparición de huevos maduros en la hembra.

La continua producción de semen también podría explicarse, por las características tropicales del área. Allí hay un patrón de precipitación bimodal; los valores mínimos no constituyen épocas deficitarias: hay un balance hídrico positivo todo el año. Los páramos más húmedos de la Sierra Nevada de Mérida presentan una constancia térmica característica de la alta montaña tropical (Monasterio y Reyes 1980). Los máximos de radiación e insolación se presentan durante las dos épocas secas del año y los mínimos durante las lluviosas. Estas características climáticas podrían ser los responsa-

bles del comportamiento reproductivo de la especie en esta quebrada de los Andes venezolanos.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a A. M. de Vazzoler y a Heloisa Maria Godinho sus acertadas sugerencias para mejorar el manuscrito.

RESUMEN

Se estudiaron 393 ejemplares de trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss* (ene. 1987-feb. 1988) de una quebrada altiandina venezolana (8° 40'N; 71° 5'W). El desarrollo de las gónadas se determinó según Nikolsky y la talla de primera maduración por el método de frecuencia relativa. Solo los machos presentaron reproducción continua durante el año. El 50% de machos era sexualmente maduro a la talla promedio de 13.40 cm LS (hembras 16.25 cm). Todos eran sexualmente maduros a 26.40 cm LS (machos) y 26.80 (hembras).

REFERENCIAS

- Alvarado, H. & H. Bastardo. 1983. Producción de truchas en Venezuela. Fondo Nacional Investigaciones Agropecuarias *divulga* 1:19-25.
- Bastardo, H., Z. Coché & H. Alvarado. 1988. Manual técnico para el cultivo de truchas en Venezuela. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias-Junta del Acuerdo de Cartagena, Caracas, Venezuela. 169 p.
- Bastardo, H. & S. Segnini. 1988. Distribución por sexos, tamaño e índice gonadosomático de una población de truchas en el Estado Mérida (Venezuela). 38 Convención Anual de la Asociación Venezolana para el Avance de la Ciencia. Maracay, Venezuela. Acta Científica Venezolana 39:68.
- Bastardo, H. 1990. 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.
- Bastardo, H. & Z. Coché. 1992. Ciclo reproductivo de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss*, en los Andes venezolanos. *Ecotrópicos* 5:26-31.
- Bastardo, H. 1992. Semen de la trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*): Concentración y volumen durante un período reproductivo, en Mérida, Venezuela. *Veterinaria Tropical* 17 (en prensa).

- Billard, R. 1986. Spermatogenesis and spermatology of some teleost fish species. *Reprod. Nutr. Dev.* 26:877-920.
- Billard, R., B. Breton & B. Jalabert. 1971. La production spermatogenetique chez la truite. *Ann. Bio. Anim. Biochem. Biophys.* 11:190-212.
- Everett, G. V. 1973. The rainbow trout, *Salmo gairdneri* (Rich.) fishery of the lake Titicaca. *J. Fish. Biol.* 5:429-440.
- Hirigoyen, J. P. 1976. La trucha en los Andes venezolanos. Ministerio de Agricultura y Cría-Oficina Nacional de Pesca, Caracas. 83 p.
- Hoar, W. S. 1957. Endocrine organs, p. 245-321 *In* M. Brown (ed.). *The physiology of fishes*. Academic Press, Londres. 447 p.
- Kwain, W. 1971. Live history of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) in Batchawana Bay, eastern Lake Superior. *J. Fish. Res. Bd. Canada.* 28:771-775.
- Margalef, R. 1977. *Ecología*. Omega, Barcelona. 600 p.
- Monasterio, M. & S. Reyes. 1980. Diversidad ambiental y variación de la vegetación en los páramos de los Andes venezolanos, p. 47-91 *In* M. Monasterio (ed.). *Estudios ecológicos en los páramos andinos*. Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela.
- Nebiolo, E. 1982. Composición y estructura de la ictiofauna de las cuencas media y alta del río Chama, Mérida. Tesis de Lic en Biología. Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela. 151 p.
- Nikolsky, G. V. 1963. *The ecology of fishes*. Academic, Londres. 325 p.
- Paiva, P., H. M. Godinho, C. Mainardes-Pinto, Y. A. Tabata & R. G. Leite. 1985. Comportamiento reproductivo de truta arco-iris *Salmo irideus* Gibbons (Osteichthyes, Salmonidae) en cultivo intensivo. *B. Inst. Pesca* 12:61-70.
- Pons, J. 1971. Cría de truchas. Serie Técnica No 44. Madrid. 70 p.
- Rengifo, A. 1988. Algunos aspectos sobre la biología de la trucha arcoiris, *Salmo gairdneri*, Richardson 1836, en el embalse Agua Fría, Estado Miranda. Tesis de Lic. en Biología. Universidad Central de Venezuela, Caracas. 110 p.
- Reynolds, J. 1983. Electrofishing, p. 147-163. *In* L. A. Nielsen & D. L. Johnson (eds.). *Fisheries Techniques*. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.
- Sánchez-Rodríguez, H., A. M. Escaffre, S. Marlot & P. Reinaud. 1978. The spermiation 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.* 18:943-948.
- Scott, W. B. & E. J. Crossman. 1973. *Freshwater fishes of Canada*. Fish. Res. Bd. Can. Bull. 184:184-191.
- Shao, S. P. 1967. *Estadística para economistas y administradores de empresas*. Herrero, México D. F. 786 p.
- Vazzoler, A. de M. 1981. *Manual de métodos para estudios biológicos de populacoes de peixes. Reprodução e crescimento*. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Brasília. 108 p.