

Biomasa y producción de la ictiofauna en un embalse reciente

CARLOS GRANADO y FRANCISCO GARCÍA NOVO

Departamento de Ecología, Facultad de Biología. Universidad de Sevilla. Avda. Reina Mercedes, s/n. Apartado 1095, Sevilla.

Recibido: Noviembre 1983.

INTRODUCCIÓN

La evolución de una comunidad de peces puede seguirse por el estudio continuado de su biomasa y producción (DICKMAN, 1968; WILHM, 1968) e incluso por el número de peces de la misma (MCFAYDDEN, 1968).

Durante 1980 y 1981 se ha estudiado la ictiofauna del embalse de Arrocambo situado en la margen derecha del río Tajo, a la altura del embalse de Torrejón (Cáceres). Este embalse es una masa de agua pequeña (35,5 Hm³) y somera (profundidad media 3 m), con una cuenca silíceo que aporta aguas poco mineralizadas (petenece al grupo III, MARGALEF *et al.*, 1973). El llenado rápido del vaso en 1977, sin haber retirado la vegetación existente y la descarga al mismo de aguas residuales, domésticas e industriales, provocaron una enorme eutrofia y producción de las aguas: 1979, 296,1 mg C/m²h; 1980, 177,6 mg C/m²h (C.N.A., 1980 y 1981). La masa de agua presenta un ciclo estacional de lago templado holomictico-monomictico.

La concentración de nitrógeno y fósforo es elevada, habiendo alcanzado el fósforo un valor máximo, en la zona iluminada, de 24,1 µg at. P-PO₄/l. La práctica ausencia de carbonatos y escasa precipitación de fosfatos, contribuyen al mantenimiento del P en circulación. La relación P/N es siempre superior a 1, lo que determina un desarrollo algal muy importante y de manera especial de cianofíceas, debido a que el agotamiento de compuestos inorgánicos de nitrógeno frena el crecimiento de aquellas especies incapaces de fijar el nitrógeno atmosférico (factor limitante) permitiendo que determinadas algas (principalmente las cianofíceas *Aphanizomenon* sp. y *Anabaena* sp., con heterocistes), capaces de fijarlo, preponderen en la comunidad fitoplanctónica.

La ictiofauna está formada por las siguientes especies: boga de río, *Chondrostoma polylepis*; carpa de Kóllar, *Cyprinus kollari*; black bass, *Micropterus salmoides*; carpa común, *Cyprinus carpio*; carpín, *Carassius carassius*; barbo, *Barbus bocagei*; tenca, *Tinca tinca*. Son de

TABLA I. Biomosas por especie durante 1980 y 1981. Entre paréntesis se expresan los intervalos de confianza. - *Biomass for species in 1980 and 1981. The confidence intervals are given in brackets.*

	1980						
	Boga	C.Kóllar	C.común	Tenca	B.bass	Barbo	Carpín
Peso medio (g)	306,4	1057,6	621,6	460,0	150,0	2230,0	350,0
Tanto por ciento de captura	57,5	15,9	2,6	1,6	15,5	0,6	3,5
Nº peces	561.573	155.287	25.392	15.626	147.474	5.859	34.182
Biomasa (Tm)	172,0	164,2	15,7	7,1	22,1	13,0	11,9

Nº peces total = 976.650; Nº peces/Ha = 1.953,3; Biomasa total = 406± 162 Tm; Biomasa/Ha = 0,91Tm

	1981						
Peso medio (g)	321,2	495,5	615,5	450,0	130,0	2180,0	350,0
Tanto por ciento de captura	39,1	31,5	4,8	0,1	11,7	0,7	4,4
Nº peces	359.935	289.997	44.186	9.200	107.704	6.904	40.504
Biomasa	115,6	143,6	27,4	0,42	16,1	15,3	14,1

Nº peces total = 920.550; Nº peces/Ha = 1.841,1; Biomasa total = 332,5±133Tm; Biomasa/Ha = 0,66Tm

presencia más irregular: anguila, *Anguilla anguilla*; abichón, *Atherina presbyter*; comiza, *Barbus comiza*, y carpín dorado, *Carassius auratus*.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para el cálculo de biomasa se aplicaron dos métodos: *a) muestreo con red* (trasmallo de 12 × 12 m y nasa de 1 o 2 bandas) para conocer la composición cualitativa (%) de la comunidad y el peso medio por especie, y *b) muestreo con ecosonda* (haz emisor de 12°) para obtener el número aproximado de peces en el embalse, previo tratamiento de las señales registradas con fórmulas específicas (GRANADO LORENCIO & GARCÍA NOVO, 1981). Conociendo el número medio de peces en cada período (1980 y 1981) y el tanto por ciento de captura de las especies, se calcularon los efectivos de cada una de ellos (n.º de peces). La simple multiplicación del peso medio individual por especie y el número total de la población, da una estima de la biomasa por

especie y luego de la biomasa de la comunidad. Valores de biomasa obtenidos a partir de datos semejantes han sido presentados por JOHANNESON (1975), THORNE (1975) y MCKENZIE (1979).

En el estudio de la producción se han utilizado tan sólo los datos de carpa de Kóllar y boga de río (únicas especies con número suficiente de capturas por clases de edad) y se ha seguido la metodología descrita por BALON & COCHE (1974), calculándose los siguientes parámetros:

N_i = número de ejemplares de edad i .
 W_i = peso medio a edad i (g).
 B' = biomasa inicial (Kg/Ha).
 H = tasa de incremento de biomasa = $G - Z$.
 G = tasa instantánea de crecimiento =
 $= \ln W_2 - \ln W_1$
 W_1 = peso medio en edad 1.
 W_2 = peso medio en edad 2.

Z = tasa instantánea de mortalidad =
 $= \ln N_2 - \ln N_1$
 N_1 = número de ejemplares en edad 1.
 N_2 = número de ejemplares en edad 2.

B = biomasa media = $B' (e^H - 1)$.
 A = producción = $G \times B$ (Kg/Ha año).

TABLA II. Referencias sobre biomasa y producción de peces en ecosistemas acuáticos. - *Biomass and production data of fishes in aquatic ecosystems.*

AUTOR	ESPECIE	ECOSISTEMA	BIOMASA	
HOLCIK (1970)	Comunidad	Lago	468	Kg/Ha
GUTHRIE (1976)	Comunidad	Estuario	395	Kg/Ha
MORTENSEN (1977)	<i>Salmo trutta</i>	Río	86	Kg/Ha
MORTENSEN (1978)	<i>Salmo trutta</i>	Río	65 - 331	Kg/Ha
MARCHAL & LAURENT (1977)	<i>Salmo trutta</i>	Lago	129	Kg/Ha
PHILIPPART (1979)	<i>Salmo trutta</i>	Lago (oligotrofo)	147	Kg/Ha
PHILIPPART (1980)	Comunidad	Lago	83 - 325	Kg/Ha
WRENN (1980)	<i>Micropterus salmoides</i>	Río	118 - 134	Kg/Ha
BRY & SOUCHON (1982)	<i>Esox lucius</i>	Lago	41 - 52	Kg/Ha
PRODUCCION				
WETZEL (1981)				
(De varios autores)	<i>Esox lucius</i>	Lago	1,4	Kg/Ha año
	<i>Salmo gairdneri</i>	Embalse	53,0	Kg/Ha año
	<i>Oncorhynchus nerka</i>	Lago	33,0-65,0	Kg/Ha año
	<i>Oncorhynchus tshawytscha</i>	Embalse (eutrófico)	156,0	Kg/Ha año
	<i>Salmo trutta</i>	Río	547,0	Kg/Ha año

RESULTADOS

La densidad de peces en el embalse en 1980 (calculado en ecosondaje) fue de 976.650 individuos; con unos márgenes de confianza entre 602.594 de mínimo y 1.350.706 de máximo, lo que totaliza 1.953 peces/Ha. En 1981 la densidad descendió, siendo el total calculado de 920.550 peces (567.980 — 1.273.120), con una densidad por superficie correspondiente a 1.841 peces/Ha (tabla I).

La biomasa por hectárea (0,81 Tm/Ha en 1980 y 0,66 Tm/Ha en 1981) es elevada, siendo superior a las de otros autores (tabla II), aunque los datos provienen de zonas menos cálidas que la estudiada por nosotros.

La biomasa total del embalse en 1980 (406 ± 162 Tm) se reparte, principalmente, entre boga de río y carpa de Kóllar, nivelando esta última sus menores efectivos por un mayor peso medio; el resto de las especies contribuyen en menos del 20 %; entre ellas destaca el black bass, único depredador carnívoro de la comunidad.

En 1981, si bien descienden las biomasa de las dos especies dominantes, lo hacen por causas distintas: la boga por

que reduce su población y la carpa de Kóllar porque al aumentar las clases de edad inferiores desciende el peso medio individual. Por otra parte, aumenta la biomasa de la carpa común y se mantiene la del black bass. La biomasa total en 1981 parece descender algo aunque se mantenga dentro de los márgenes de confianza de 1980.

En cuanto a producción, la carpa de Kóllar alcanza 227,7 Kg/Ha. año en 1980, descendiendo en 1981 a 124,1 Kg/Ha. año. La boga de río, durante 1980, tiene una producción de 27,7 Kg/Ha. año y 4,25 Kg/Ha. año en 1981 (tablas III y IV).

DISCUSIÓN

Las biomasa y producciones calculadas en la comunidad íctica del embalse de Arrocampo son altas, fenómeno característico de especies oportunistas (GARROD & KNIGHTS, 1979), si bien se alejan de las obtenidas en estanques fertilizados y cultivos de ciprínidos (750 Kg/Ha. año, SEYMOUR, 1980). Estos altos valores pueden ser explicados por la enorme eutrofia del embalse desde su cons-

TABLA III. Producciones obtenidas en carpa de Kóllar y boga de río en 1980 (ver texto). - *Production of Kóllar's carp and iberian nase-carp in 1980 (see text).*

1980								
CARPA DE KOLLAR								
Clase de edad	0+	1+	2+	3+	4+	5+	6+	Total
n	11	42	48	68	101	54	6	330
\bar{W}	126,3	231,4	569,9	100,2	1347,3	1713,0	2329,5	
G	0,60	0,90	0,56	0,29	0,24	0,23		
Z	1,34	0,14	0,34	0,40	0,63	2,19		\bar{Z} : 0,94
H	-0,74	0,76	0,22	-0,10	0,87	2,5		\bar{H} : 0,58
B*	1389,3	9718,8	27355,2	68013,6	136077,3	92502,0	13977,0	ΣB^* : 349 Kg/Ha
$\Sigma \bar{B}$:	733,0 Kg/Ha							
A :	227,7 Kg/Ha . año							
BOGA DE RIO								
Clase de edad	0+	1+	2+	3+	4+	5+	6+	Total
n	0	0	373	328	10	0	0	
\bar{W}	-	-	229,6	289,4	372,4	-	-	
G	-	-	0,23	0,25	-	-	-	
Z	-	-	0,13	3,49	-	-	-	\bar{Z} : 1,81
H	-	-	0,10	3,24	-	-	-	
B*	-	-	856408	949232	3723,0	-	-	ΣB^* : 184,2 Kg/Ha
$\Sigma \bar{B}$:	118,0 Kg/Ha							
A :	27,7 Kg/Ha . año							

trucción, cuyo efecto sobre las comunidades de peces ha sido demostrado (MARCIAK, 1975; STOCKNER, 1980).

Considerando la cantidad de clorofila por metro cúbico como una medida (indirecta) de la productividad primaria del embalse de Arrocampo, éste alcanzó en el año 1979 (segundo año de vida) 26,7 mg clor a/m³, cantidad que, debido al control realizado sobre la eutrofización, se redujo a 16,0 mg clor a/m³ en 1980, incrementándose de nuevo en 1981 (incorporación de aguas éutrofas por bombeo del embalse de Torrejón) hasta 19,8 mg clor a/m³ (C.N.A., 1979, 1980 y 1981).

La relación mg C asimilado por hora/concentración de clorofila es de 3,7 (MARGALEF, 1974) cuando no hay otros factores limitantes. Tomando como límite de compensación fotométrica 3 metros (doble del valor medio, durante 1979, 1980, 1981 y 1982, de la transparencia de las aguas con el disco de Secchi; GRANADO LORENCIO, 1983) y un período útil diario de 10 horas; en 1979 se habrían fijado 1,08 Kg C/m² año; en

1980 el valor sería de 0,68 Kg /m² año y en 1981 de 0,80 Kg C/m² año. Estos datos dan unas estimas teóricas de fijación anual de C en el embalse de: 5.400 Tm C/año en 1979, 3.200 Tm C/año en 1980 y 4.000 Tm C/año en 1981.

Estimando que la transferencia desde el nivel primario a los restantes está alrededor del 10 % (aunque suele ser inferior en muchos casos, MARGALEF, 1974) pasarían al nivel de producción secundaria, 540 Tm C/año en 1979, 320 Tm C/año en 1980 y 400 Tm C/año en 1981.

Utilizando la tasa de respiración media (a 10 y 20°) en *Carassius auratus*, dada por ALTMAN & DITIMER (1966) de 50 mm³ O₂/gramo de peso fresco y hora, se obtendrían un consumo de carbono, en la respiración, de 27,6 × 10⁻⁶ g C/gramo de peso fresco y hora, correspondiente a una utilización de 0,234 Tm C/Tm peso fresco año. De tal forma la biomasa de peces estimada en el embalse de Arrocampo (tabla I) habría necesitado 95 Tm de C en 1980 y de 76,4 en 1981 para la respiración.

Tales estimas quedan dentro de los va-

TABLA IV. Producciones obtenidas en carpa de Kóllar y boga de río en 1981 (ver texto). -
Production of Kóllar's carp and iberian nase-carp in 1981 (see text).

1981

CARPA DE KOLLAR

Clase de edad	0+	1+	2+	3+	4+	5+	6+	Total
n	6	100	66	53	3	-	-	228
\bar{W}	126,0	239,0	536,0	917,3	1446,6	-	-	
G	0,63	0,80	0,53	0,54	-	-	-	
Z	2,83	0,52	0,13	1,22	-	-	-	\bar{Z} : 1,17
H	2,19	1,33	0,67	1,67	-	-	-	
B [*]	757,8	23900,0	35376,0	48616,9	4339,5	-	-	ΣB^* : 112,9 Kg/Ha
ΣB :	226,1 Kg/Ha							
A :	124,2 Kg/Ha . año							

BOGA DE RIO

Clase de edad	0+	1+	2+	3+	4+	5+	6+	Total
n	2	0	1	12	171	-	-	186
\bar{W}	12,0	-	219,0	263,6	329,5	-	-	
G	-	-	0,18	0,22	-	-	-	
Z	-	-	2,48	2,66	-	-	-	
H	-	-	2,66	2,88	-	-	-	\bar{Z} : 2,77
B [*]	-	-	215,3	3163,0	56344,5	-	-	ΣB^* : 59,7 Kg/Ha
ΣB :	19,55 Kg/Ha							
A :	4,25 Kg/Ha . año							

lores de producción disponible al nivel de productores secundarios. Para los peces, este aporte se vería incrementado por la productividad de los macrófitos de orilla, elementos tróficos importantes en la dieta de la comunidad íctica (GRANADO LORENCIO, 1983). Esta valoración muestra que, efectivamente, las biomásas y números de peces estimados son sustancialmente compatibles con las condiciones tróficas del embalse.

La evolución experimentada en el embalse de Arrocampo, alcanzando 650 Tm de biomasa total en 1979 (GRANADO LORENCIO & GARCÍA NOVO, 1981), correspondiendo al segundo año de exsistencia y el progresivo descenso durante 1980 y

1981, en relación al período precedente, muestra un proceso de sucesión con fenómenos de estabilización del propio ecosistema (descenso de productividad, estructuración de niveles tróficos, etc.) reforzados por manejos del embalse tendentes a la reducción de la eutrofia y de regulación en los efectivos poblacionales de las principales especies, pasadas las primeras etapas expansivas en la colonización de la nueva masa de agua. De tal forma que a medida que el ecosistema acuático de Arrocampo vaya alejándose del punto inicial de su formación, se irán produciendo procesos ecológicos que tenderán al establecimiento de un equilibrio más estable de las poblaciones ícticas.

SUMMARY

BIOMASS AND PRODUCTION OF FISHES IN A RECENT SPANISH INPOUNDMENT. A study of the biomass and production of the fish community was conducted in Arrocampo reservoir (Tagus river watershed, Central Spain), during 1980 and 1981. Two methods were used:

captures with trammel net to know the ichthyofauna composition, and echosoundings to estimate the population density (fishes/m³). Production has been estimated for the populations of iberian nase-carp (*Chondrostoma polylepis*) and Kóllar's carp (*Cyprinus kollari*)-

In 1980, the fish biomass was 406 ± 162 Tons (0,81 t/hectare) and 332 ± 133 Tons (0,66 t/hectare) in 1981; these high values are related to the very high primary production due to reservoir eutrophication. The estimated

production of Kóllar's carp was 227,7 Kg/ha. yr in 1980 and 124,1 Kg/ha. yr in 1981. Iberian nase-carp, productivity was 27,7 Kg/ha yr in 1980 and 4,25 Kg/ha. yr in 1981.

BIBLIOGRAFIA

- ALTMAN, Ph. & DITTMER, D., 1966. *Environmental Biology*. Federation of American Societies for Experimental Biology. Maryland, USA, 694 págs.
- BALON, E. K. & COCHE, A. G., 1974. *Lake Kariba: A man-made tropical ecosystem in Central Africa*. W. Junk Publ. La Haya, Holanda, 767 págs.
- BRY, C. & SOUCHON, Y., 1982. Production of young northern pike families in small ponds: natural spawning versus fry stocking. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 111, 476-480.
- C.N.A. (CENTRAL NUCLEAR DE ALMARAZ), 1979. *Estudio ecológico del embalse de Arrocampo*, tomo I, 126 págs.
- C.N.A. (CENTRAL NUCLEAR DE ALMARAZ), 1980. *Estudio ecológico del embalse de Arrocampo*, tomo II, 169 págs.
- C.N.A. (CENTRAL NUCLEAR DE ALMARAZ), 1981. *Estudio ecológico del embalse de Arrocampo*, tomo III, 154 págs.
- DICKMAN, M., 1968. Some indices of diversity. *Ecology*, 49: 1191-1193.
- GARROD, D. J. & KNIGHTS, B. J., 1979. Fish stocks their life-history characteristics and reponse to exploitation. *Symp. Zool. Soc. Lond.*, 44: 361-382.
- GRANADO LORENCIO, C., 1983. *Ecología de la comunidad íctica del embalse de Arrocampo (Cuenca del Río Tajo, Cáceres)*. Tesis Doctoral, Universidad de Sevilla, Sevilla, 349 páginas.
- GRANADO LORENCIO, C. & GARCÍA NOVO, F., 1981. Cambios ictiológicos durante las primeras etapas de la sucesión en el embalse de Arrocampo. *Bol. Inst. Espa. Océano*, VI (3): 224-243.
- GUTHRIE, W., 1976. Standing crops of fishes of an estuarine area in southwest Louisiana. *Sonthe. Assoc. Game and Fish Comm.*, 71-81.
- HOLCIK, J., 1970. *The Klicava reservoir (an ichthyological study)*. Slovak National Museum (Natural History), Bratislava, 78 págs.
- JOHANNESON, K. A., 1975. Preliminary quantitative estimates of pelagic fish stocks in Lake Tanganyika by use of echo integration methods. *FAO EIFAC/23 vol. I*, Roma, Italia, págs. 292-306.
- MARCIAK, Z., 1975. Influence of mineral fertilization of lakes on fish growth. *Verh. Inter. Verein. Limnol.*, 19: 2582-2588.
- MARCHAL, E. & LAURENT, P., 1977. Première estimation de la population piscicole du Lac Lemán par echointégration. *Cah. O.R.S.T.O.M. (ser. Hydrobiol.)*, 11 (1): 3-16.
- MARGALEF, R., 1974. *Ecología*. Ed. Omega, Barcelona, España, 951 págs.
- MARGALEF, R.; PLANAS, D.; ARMENGOL, J.; TOJA, J.; GUISET, A. & VIDAL, A., 1973. Plankton production and water quality in Spanish reservoirs. First report on a research project. *XI Congress Intern. Comm. Large Dams.*, Madrid.
- McFAYDDEN, J. T., 1969. Trends in freshwater sport fisheries of North America. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 98 (1): 136-150.
- McKENZIE, A. H., 1979. The application of fisheries management techniques to assessing impacts. *N.R.C. Task I Report*, Washington, USA, 83 págs.
- MORTENSEN, E. Population, survival, growth and production of trout *Salmo trutta* in a small Danish stream. *OIKOS*, 28 (1): 9-15.
- MORTENSEN, E., 1978. The population dynamics and production of trout (*Salmo trutta*) in a small Danish stream. *Proc. Wild. trout-catchable trout Symp.* Oregon, USA, 151-160.
- PHILIPPART, J. C., 1979. Étude des populations des poissons dans trois ruisseaux oligotrophes du bassin de la Roer supérieure (Belgique). *Bull. Roc. R. Scien. Liège*, 5-8: 212-227.
- , 1980. Demographie du hotu, *Condrostoma nasus* (L.) (Teleostei: Cyprinidae) dans L'Ourthe (Bassin de la Meuse, Belgique). *Ann. Roc. R. Belg.*, 110 (3-4): 199-219.
- SEYMOUR, E. A., 1980. The effects and control of algal blooms in fish ponds. *Aquaculture*, 19: 55-74.
- STOCKNER, J. C., 1980. The British Columbia Lake fertilization program: limnological results from the first two years of nutrient enrichment. *Can. Tech. Rep. Fish. Aq. Soc.*, 724, 91 págs.
- THORNE, R., 1975. Population studies of juvenile sockeye salmon in lake Washington with the use of acoustic assessment techniques. *FAO/EIFAC*, 23 vol., I: 328-345.
- WETZEL, R. G., 1981. *Limnología*. Ed. Omega, Barcelona, España, 679 págs.
- WILHM, J. L., 1968. Use of biomass units in Shannon's formula. *Ecology*, 49: 153-156.
- WRENN, W. B., 1980. Effects of elevated temperature on growth and survival of small-mouth bass. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 109: 617-625.