

DISTRIBUCION DE LA ICTIOFAUNA EN UN EMBALSE CON ESTRATIFICACION ESTIVAL.

C. Granado Lorencio y F. García-Novo

Departamento de Ecología. Facultad de Biología. Universidad de Sevilla

Palabras clave: Reservoir fish community, seasonal fish distribution

ABSTRACT

FISH DISTRIBUTION IN A RESERVOIR WITH SUMMER STRATIFICATION.

Studies were conducted to determine the spatial and vertical distribution of fish in a reservoir with summer stratification. Samples consisted of 24 h. capture with surface and bottom, trammel nets, over 18 stations and simultaneous echosoundings over 37 stations. The sampling was carried out monthly during 1980 over the entire surface of the reservoir. For the calculation of the relative fish abundance the catch per unit effort (c.p.u.e.) is applied to the net results, and specific formulas to echo data.

The results show a strong seasonal distribution pattern of the fish community. In spring and summer fish prevails in shallow zones with dense shore vegetation while in autumn and winter it shows an uniform distribution over all the reservoir. The vertical distribution is influenced by the limnologic cycle, with absence of fish in the hypolimnion during the summer stratification due to oxygen scarcity.

INTRODUCCION

La distribución espacial y temporal de las poblaciones icticas de aguas continentales ha recibido atención científica continua (Byrd, 1951; Clifford, 1972; Ager, 1976; Hartman y Numan, 1977; Horwitz, 1978; Barton, 1980; Vigg, 1980; Setzler-Hamilton *et al.*, 1983; Nielsen, 1983).

El origen de las pautas de distribución de la ictiofauna puede ser de carácter físico: oxígeno y temperatura (Gebhart y Summerfelt, 1976; Donald *et al.*, 1980; Vigg, 1978 y 1980; Bohl, 1980); debido al propio ciclo reproductor de la especie (Nilsson, 1979; Barton, 1980) y como respuesta a las migraciones efectuadas por los organismos (presas) constitutivos de la dieta (Bauman y Kitchell, 1974; Bohl, 1980; Setzler-Hamilton *et al.*, 1981).

MATERIAL Y METODO

La zona de estudio corresponde al embalse de Arrocampo (embalse de refrigeración de la Central Nuclear de Almaraz) situado en la margen derecha del río Tajo (Cáceres). La ictiofauna está dominada por ciprínidos de aguas lentas, que provienen de la comunidad existente en el embalse de Torrejón, del cual se han diferenciado por aislamiento (Granado Lorencio y García Novo, 1981). Las especies mayormente representadas y el porcentaje de capturas, en número, respecto del total son: boga de río, *Chondrostoma toxostoma* Steind. (51'1%); carpa de Kóllar, *Cyprinus kollari* Heck. (24'7%); black-bass, *Micropterus salmoides* Lacép. (12'2%); carpa común, *Cyprinus carpio* L. (3'3%) y barbo, *Barbus bocagei* Steind, carpín *Carassius carassius* L., tenca

Tinca tinca L. y gambusia *Gambusia affinis* Girard con porcentajes inferiores al 1'0%.

La composición química de las aguas incluyen a Arrocampo en el grupo III de Margalef (Margalef et al., 1976) y las características limnológicas son de lago holomíctico-monomíctico (Hutchinson, 1957).

El período de estratificación de la masa de agua comienza en abril-mayo, con diferencias de temperatura de 4°C entre superficie-fondo y tensiones de oxígeno de 2.7 p.p.m. (25% de saturación) en niveles cercanos a este último. En verano, el perfil se encuentra perfectamente estratificado con temperaturas elevadas en superficie (hasta 27°C), que descienden en profundidad, con diferencias de hasta 6°C con el fondo en la zona de la presa; la concentración de oxígeno desciende en niveles profundos, con valor de 0.1 p.p.m. (2% de saturación) por debajo de 11 metros. En otoño, comienza a romperse la estratificación estival y el perfil se va homogeneizando; la concentración de oxígeno vuelve a ser elevada (5.7 p.p.m. en el fondo del hipolimnion). En invierno, se mantiene una mezcla total del perfil con temperaturas próximas a 10°C y el oxígeno presenta un débil gradiente de disminución en profundidad (6 p.p.m.; 33% de saturación en superficie).

MUESTREO

La superficie del embalse fué sectorizada en siete zonas atendiendo a la profundidad media, tipo de orilla, existencia de vegetación litoral y distancia desde la orilla a la pantalla (figura 1). En cada sección se tomaron estaciones de muestreo de dos tipos: artes de pesca y ecosonda, que fueron muestreadas con periodicidad mensual.

En el muestreo con redes, se utilizaron trasmallos de 12 m. de longitud y 2 m. de altura, durante 24 horas; estableciéndose un total de 18 estaciones, distribuídas en las 7 zonas del embalse (fig. 1). En los puntos con profundidad superior a 5 metros se colocaron trasmallos en superficie y fondo. Como estima de las densidades se utilizaron las capturas por unidad de esfuerzo (c.p.u.e.) que ofrecen una buena información de la abundancia íctica (Larrañeta, 1967; Butler y McDonald, 1979; Pauly, 1982; Haraldstad y Jonsson, 1983) y son la mejor estima cuando no es posible conocer la densidad absoluta (Gulland, 1971; Nielsen, 1983).

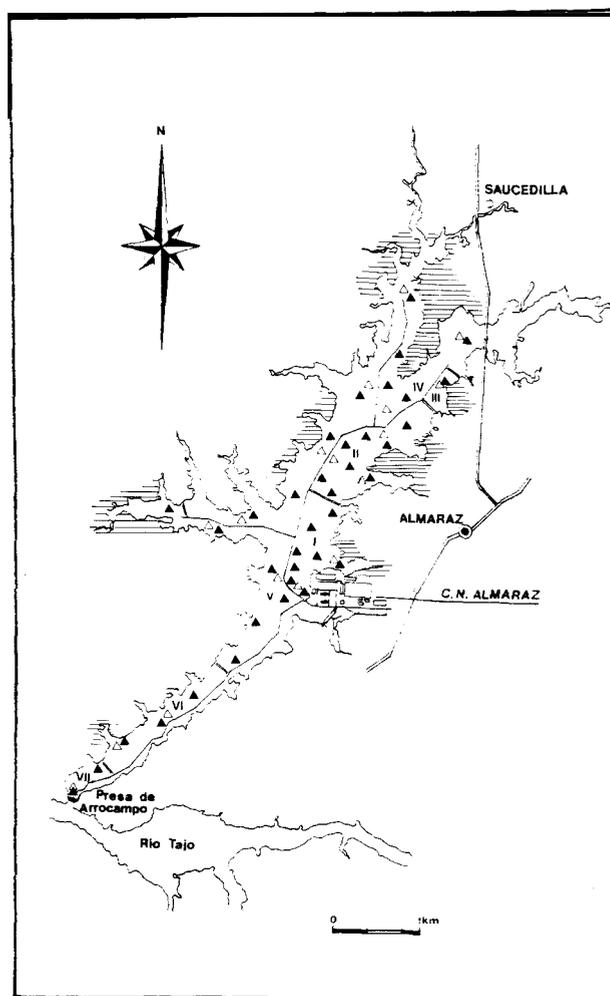


Figura 1. Estaciones de captura con trasmallo (Δ), ecosonda (\blacktriangle) y sectores (I a VII) en el embalse de Arrocampo. El rayado corresponde a orillas con vegetación acuática. - Trammel net sampling (Δ), echosounder stations (\blacktriangle) in Arrocampo reservoir. The shores with aquatic vegetation have been dashed.

La aplicación de técnicas de ecointegración en aguas continentales está experimentando un incremento (FAO, 1974; Chapman, 1975; Enderlin, 1975; Johansson, 1975; Bohl, 1980; Spigarelli et al., 1982) aunque no se encuentra tan desarrollada como en el mar su interpretación (reconocimiento de especies, evaluación de poblaciones, etc.). Se utilizó una

ecosonda con haz emisor de 12º y frecuencia de emisión de 200KH, localizándose 37 puntos en el embalse (figura 1) que fueron muestreados con igual periodicidad a los de red. Se tomaron muestras puntuales y en transecto, siendo integrados los ecogramas por fórmulas específicas para uno y otro tipo de sondeo (Granado Lorencio y García Novo, 1981), calculándose las densidades en pez m³.

RESULTADOS

Patrón de distribución con datos de pesca (c.p.u.e.).

En primavera (Tabla 1), la máxima densidad se localiza en la zona somera y con vegetación litoral (IV: 46.7 y V: 30.0) encontrándose densidades decrecientes hacia profundidades mayores (VI: 8.3 y VII: 8.7). En verano, la densidad se homogeniza en las zonas de

Tabla I.- resultados obtenidos en cada una de las zonas establecidas en el embalse, por ambos métodos de muestreo
Results of fish densities by trammel net and echosounder, in each zones of the reservoir.

| | PRIMAVERA | | VERANO | | OTOÑO | | INVIERNO | |
|----------|-----------|--------|--------|--------|-------|--------|----------|--------|
| | C | E | C | E | C | E | C | E |
| Zona I | 14.8 | 0.0275 | 15.9 | 0.0025 | 5.1 | 0.0401 | 1 | 0.0350 |
| Zona II | 19.5 | 0.0370 | 20.0 | 0.0210 | 12.5 | 0.0260 | 3.5 | 0.0170 |
| Zona III | 25.2 | 0.0070 | 27.0 | 0.0210 | 14.2 | 0.0284 | 4.2 | 0.0047 |
| Zona IV | 46.7 | 0.0640 | 27.7 | 0.0906 | 2.2 | 0.0197 | 6.4 | 0.0662 |
| Zona V | 30.0 | 0.0206 | 25.5 | 0.0650 | 3.0 | 0.0142 | 1.2 | 0.0050 |
| Zona VI | 8.3 | 0.0033 | 0.6 | 0.0041 | 1.2 | 0.0022 | 6.5 | 0.0040 |
| Zona VII | 87 | 0.0045 | 10.0 | 0.0190 | 0 | 0.0080 | 12 | 0.0008 |

C c.p.u.e.
E Densidad por ecosonda (pez. m³)

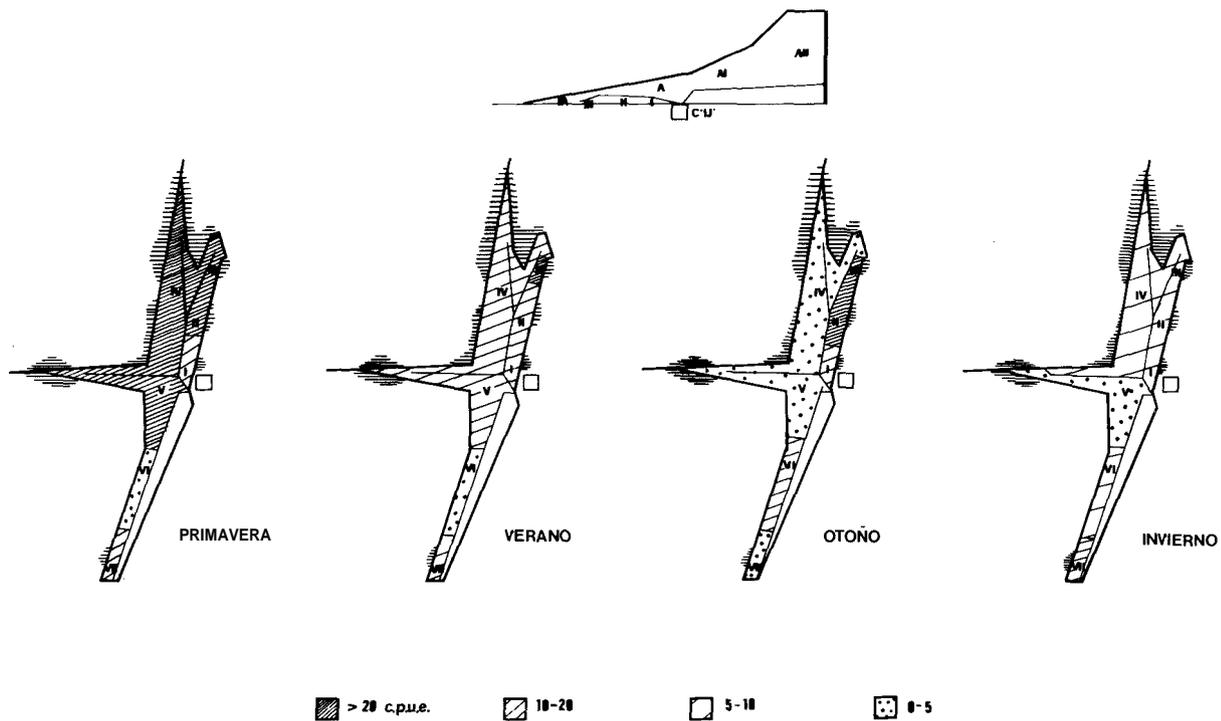


Figura 2.- Distribución espacial de la ictiofauna durante el año, a partir de los datos de captura por unidad de esfuerzo de pesca (c.p.u.e.)
Seasonal spatial distribution of fish's density by capture per unit effort (c.p.u.e.).

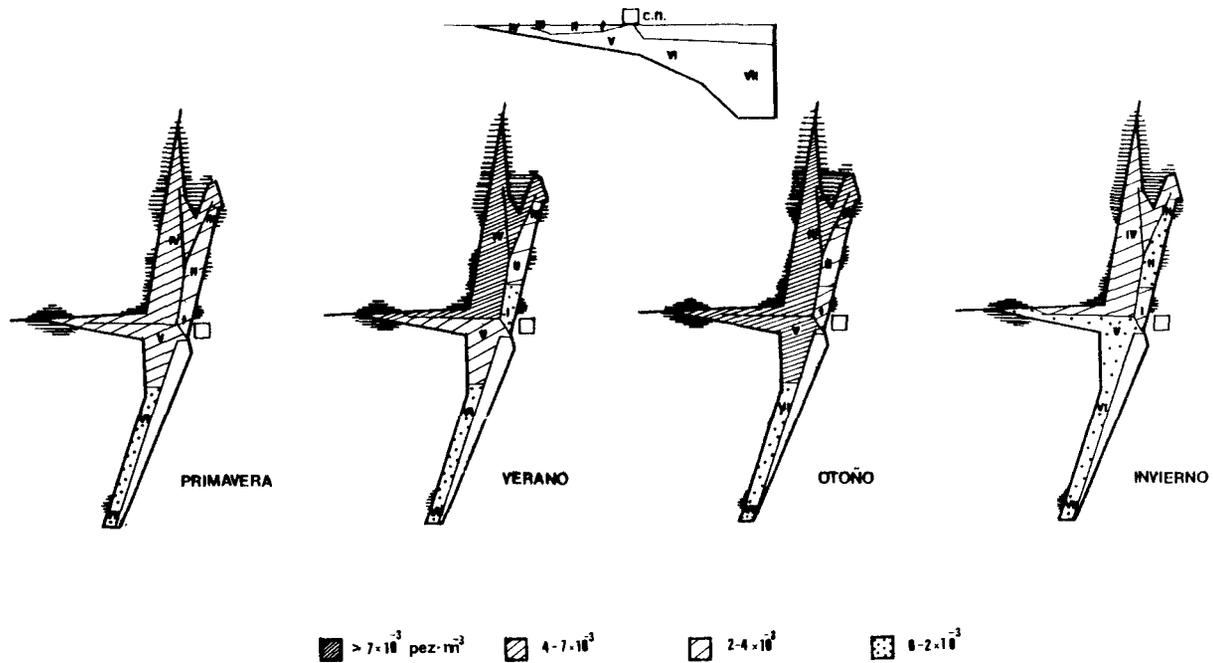


Figura 3.- Distribución espacial de la ictiofauna durante el año, partir de los datos de ecosonda (pez/m^3)
 Seasonal spatial distribution of fish density by echosounder (fish/m^3).

media (II: 20.0 y III: 27.0) y baja profundidad (IV: 27.7 y V: 35.5), descendiendo en las más profundas (VI: 0.6 y VII: 10.0). Otoño se caracteriza por un descenso de densidades en las zonas someras (IV: 2.2 y V: 3.0) y una redistribución en las de mediana profundidad (II: 12.5 y III: 14.2). En invierno existe uniformidad total entre las zonas y un descenso generalizado de las capturas (periodo de mayor inactividad) (Figura 2).

Una distribución uniforme en la columna de agua debería corresponder con un número igual de capturas en trasallos de superficie y de fondo, en cada zona del embalse. Durante el verano, y sólo en este periodo estacional, la comparación mediante el estadístico ji-cuadrado ($p = 0.05$) muestra diferencias significativas en las zonas más profundas del embalse (zona VI y VII), donde se produce estratificación en el perfil. La comparación de capturas, en superficie y fondo, de boga de río (*Chondrostoma polylepsis*) y carpa de Kóllar (*Cyprinus kollari*) por separado, arroja diferencias significativas en estas zonas profundas. El escaso número de capturas de las restantes especies, no permitió observar tendencias similares.

Patrón de distribución con datos de ecosonda (pez/m^3)
 En primavera, las densidades mas altas se obtienen

en las zonas poco profundas (IV: 0.0640 y V: 0.0206) y de mediana profundidad (I: 0.0370), siendo bajas en las profundas (IV: 0.0033 y VII: 0.0045). En verano la máxima densidad se localiza en zonas someras (IV: 0.0906 y V: 0.0650) descendiendo hacia las de mayor profundidad (VI: 0.0041 y VII: 0.0190). En otoño, se produce uniformidad espacial de las densidades, descendiendo las concentraciones elevadas en zonas someras y basculando las poblaciones hacia las zonas de media y alta profundidad. En invierno, descenden las densidades en la mayor parte de las zonas del embalse (a excepción de la zona IV: 0.0662, debido a un segundo periodo reproductivo de ciprínidos) a causa de la mayor inactividad de la ictiofauna en este periodo (Figura 3.) (ver nota).

Las densidades mensuales calculadas en cada zona del embalse no muestran una correlación significativa ($r, p = 0.05$) con la profundidad; tan sólo en abril ($r = -0.68$), mayo ($r = -0.96$) y junio ($r = -0.88$) dicha correlación es significativa y negativa (a menor profundidad mayores densidades). La asociación de densidades por estaciones del año, sólo en primavera ($r = -0.63$) y verano ($r = -0.91$) la correlación es significativa ($p \leq 0.05$) (Figura 4)

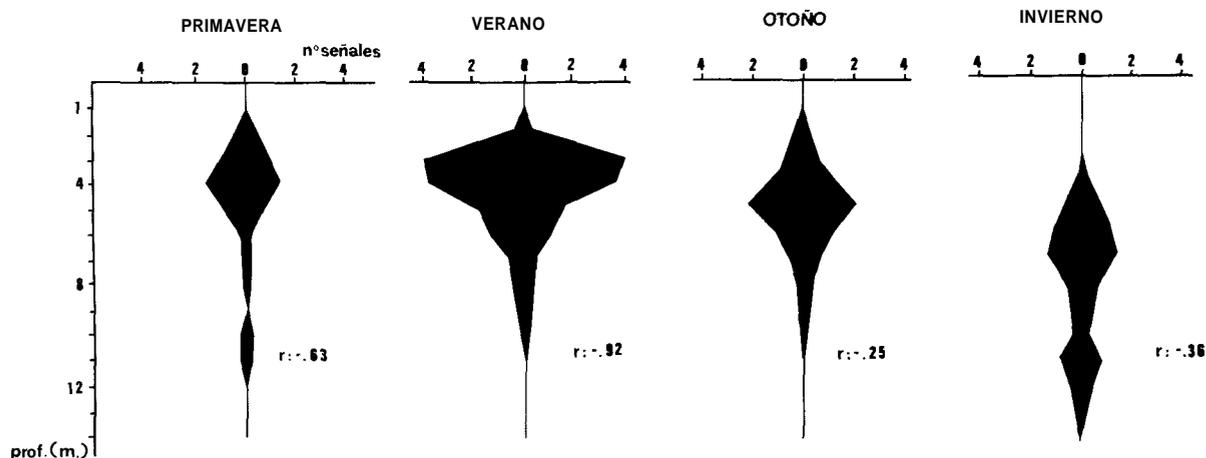


Fig. 1. Evolución estacional del número de señales medio registradas por la ecosonda, en función de la profundidad en que se encuentran localizadas (valor integrado de todas las muestras).

Seasonal evolution of average number of signals registered (echogram) by echosounder and depth localization (integrated values for all samples)

NOTA: La variación en el número de señales, utilizadas como medida indirecta de la densidad ictica, no debe de ser interpretada como evidencia de fenómenos de desaparición o emigración de la ictiofauna fuera del embalse, ya que la información obtenida con la ecosonda corresponde básicamente a la actividad de los peces, que es función de la temperatura media de la masa de agua (ver resultados de c.p.u.e en invierno). Para eliminar la interferencia es necesario igualar el número total de señales por estación y, sobre esta base, interpretar los patrones de distribución.

Patrón de distribución con valores integrados de abundancia.

Utilizando conjuntamente las densidades obtenidas por ecosonda y c.p.u.e., el ciclo general de distribución espacial de la comunidad muestra densidades muy altas en primavera, en las zonas someras (IV y V), siendo bajas en las zonas profundas (VI y VII). En verano, se mantienen densidades muy altas en las zonas IV y sólo altas en las zonas de mediana profundidad (I, II y III); en las profundas, al igual que en el periodo anterior las densidades son bajas y medias. En otoño, se homogenizan las densidades en las zonas de media y baja profundidad, siendo bajas en las profundas. Durante el invierno, la uniformidad en la distribución es máxima en las zonas de media y alta profundidad, mientras que en las someras (IV) se observan densidades elevadas (Figura 6).

DISCUSION

El ciclo biológico de las dos especies representativas mayoritariamente en las capturas (boga y carpa

Kóllar) condiciona el patrón general de distribución de la comunidad.

La elevada densidad encontrada en las zonas someras durante primavera y verano, está causada por la coincidencia de los períodos reproductivos de boga y carpa de Kóllar (Granado Lorenzo, 1983). En primavera, el inicio de la reproducción de la boga, localiza a esta especie en la cola del embalse donde se encuentra la interfase embalse - río a fin de remontar la corriente de éste último (freza fuera del embalse). En el verano es la carpa de Kóllar quien realiza el desove en zonas someras con abundante vegetación, efectuando movimientos desde otras zonas del embalse hacia las áreas de reproducción; la boga se localiza irregularmente. Al final de la época estival y en otoño, nuevamente se efectúan movimientos que conducirán a la distribución homogénea de invierno. Las restantes especies de la comunidad, contribuyen de manera irregular al patrón general de distribución descrito, aportando el ruido de fondo de los datos.

La distribución vertical de la ictiofauna presenta, a diferencia de la espacial, que posee una causalidad endógena (ciclo biológico), un componente exógeno, principalmente durante el periodo estival. En el resto de las estaciones, las condiciones térmicas y de oxigenación, no determinan localizaciones forzadas de los peces (ausencia de correlación significativa entre número de capturas por esfuerzo aplicado y factores del medio tales como temperatura, oxígeno y/o transparencia); Excepto durante el verano, en aquellas zonas donde la profundidad permite el desarrollo de una estratificación de la columna de agua se observa correlación significativa ($p \leq 0.05$), entre

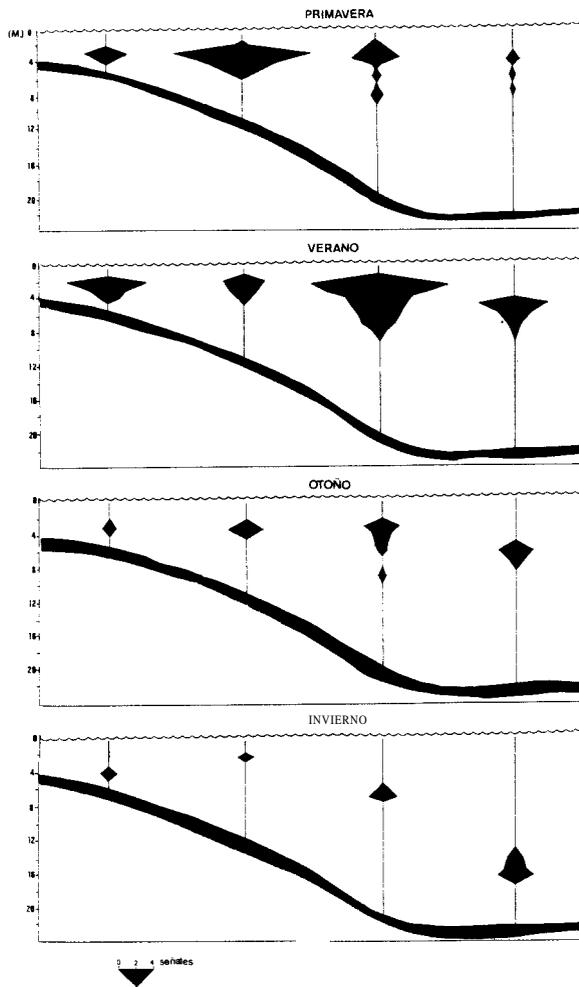


Figura 5 - Representación de las señales de ecosonda en la columna de agua en cuatro puntos representativos del embalse, durante las cuatro estaciones del año. Se observa una elevada actividad En verano, la actividad es elevada en aguas profundas (punto 3) A finales de verano y otoño, se observan menores actividades y mayor iniformidad en la distribución, con exclusión en el fondo anareobico En invierno, los peces estan homogeamnto distribuidos, con tendencia hacia zonas profundas Depth distribution of echo signals on the wather column is represented ata 4 representative sampling points of the reservoir during the foirr seasons There is a marked spring activiry in shallow points (1,2) and near the surface In summer, activity is larger ondeeper waters (point 3) Late in summer and fall show lesser activities than before, more uniform distribution but exclusion from anaerobic bottom In winter, fish is more evenly distributed wirh a tendency for deeper points (4).

número de capturas y concentración de oxígeno ($r = 0.315$).

Finalizando el período de estratificación y en el inicio de la mezcla del perfil (otoño), las condiciones anóxicas estivales desaparecen y se producen procesos de transporte vertical ascendente y removilización de nutrientes retenidos en el sedimento que van a producir el establecimiento de cadenas tróficas que exploten estos recursos disponibles por parte tanto de organismos de vida libre como asociados al bentos. Estos organismos, constituirán una importante fuente de alimento para la ictiofauna, de dieta fundamentalmente bento-planctófaga, por lo que recolonizaran las capas profundas de la columna de agua y se distribuiran homogéneamente en el perfil.

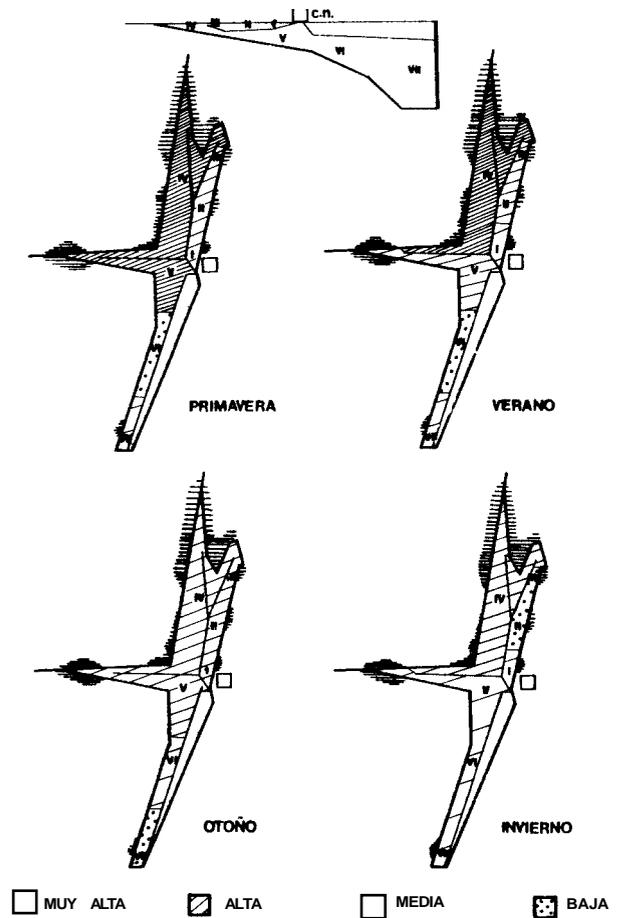


Figura 6 - Densidades medias integradas (c.p.u.e y pez/m³) en las distintas zonas del embalse. Averaged integrated densities (c.p.u.e and fish/m³) in the reservoir zones

BIBLIOGRAFIA

- Ager, L. 1976. A biotelemetry study of the movements of the Walleye in Center Hill reservoir, Tennessee. Proc. South, Ass. Game and Fish Comm. 30: 1-15.
- Barton, Br.** 1980. Spawning migrations, age and growth and summer feeding of white and Longnose Suckers in an irrigation reservoir. Can. Field-Naturalist. 94(3): 300-304.
- Baumann, P.C. y Kitchell, J.F. 1974. Diel patterns of distribution and feeding of bluegill *Lepomis macrochirus* in Lake Wingra, Wisconsin, USA. Trans. Amer. Fish. Soc. 103: 255-260.
- Bohl, E. 1980. Diel pattern of pelagic distribution and feeding in planktivorous fish. *Oecologia (Berl)* 44:368-375.
- Butler, S.A. y McDonald, L.L. 1979. A simulation study of a catch effort model for estimating mortality rates. Trans. Amer. Fish. Soc. 108: 353-357
- Byrd, I.B.** 1951. Depth distribution of the bluegill *Lepomis macrochirus* in Farm ponds during summer stratification. Trans. Amer. Fish. Soc. 81:162-170.
- Chapman, D.W. 1975. Estimaciones acústicas de la biomasa de peces pelágicos del lago Tanganyika EIFAC-T23 FAO: 307-324 Roma.
- Clifford, H.F. 1972. Downstream movements of white sucker *Catostomus commersoni* fry in a brown-water stream of Alberta. J. Fish. Res. Bd. Can. 29(7): 1091-1093.
- Donald, D.B.; Anderson, R.S. y Mayhood, D.W. 1980. Correlations between brook trout growth and environmental variables for Mountain lakes in Alberta. Trans. Amer. Fish. Soc. 109: 603-610
- Enderlein, H.O. 1975. A note on correction factors for the estimation of ichthyomass with an Elac-castor echosounder on Lake Tanganyika, EIFAC/T 23 FAO. 325-327. Roma.
- FAO** 1974. Methodology for the survey, monitoring and appraisal of fishery resources in Lakes and Large rivers, EIFAC/T 23 Roma.
- Gerbhart, G. y Summerfelt, R. 1976. Effects of destratification on depth distribution of fish. J. Env. Eng. Div. 102: 1215-1228
- Granado Lorenzo, C. y García Novo, F. 1981. Cambios ictiológicos durante las primeras etapas de la sucesión en el embalse de Arrocampo (Cuenca del río Tajo, Cáceres). Bol. Inst. Esp. Oceano. VI (319): 224-243
- Granado Lorenzo, C. 1983. Ecología de la comunidad íctica del embalse de Arrocampo (Cuenca del río Tajo, Cáceres). Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla, 349 pp.
- Gulland, J.A.** 1971. Manual de métodos para la evaluación de las poblaciones de peces. Ed. Acirbia, 164 pp.
- Haraldstad, O y Jonsson, B. 1983. Age and sex segregation in habitat utilization by brown trout in a Norwegian Lake. Trans. Amer. Fish. Soc. 112: 27-37.
- Hartman, J.** y Numan, W. 1977. Percids of Lake Constance, a Lake undergoing eutrophication. J. Res. Bd. Can. 34 (10): 1670-1677.
- Hefman, G.S.; Stoneburner, D.L.; Boezeman, E.L.; Christian, P.S. y Whalen, R. 1983. Ultrasonic telemetry of american eel movements in a Tidal Creek. Trans. Amer. Fish. Soc. 112: 105-110.
- Horwitz, R.** 1978. Temporal variability patterns and the distributional patterns of stream fishes. *Ecol. Monogr.* 48: 307-321
- Hutchinson, G.E. 1957. A treatise on limnology. Vol. 1, Ed. Wiley, 1115 pp.
- Johannesson, K.A. 1975. Preliminary quantitative estimates of pelagic fish stocks in Lake Tanganyika by use of echo integration methods. EIFAC/T 23.FAO: 292-306. Roma.
- Larrañeta, M.G. 1967. Sobre la agregación en peces pelágicos. Inv. Pesq. 31 (1): 125-135.
- Margalef, R.; Planas, D.; Armengol, J.; Vidal, A.; Prat, J.; Guisnet, A.; Toja, J. y Estrada, M. 1976. Limnología de los embalses españoles vol. I y II. Depto Ecología, Universidad de Barcelona
- Nielsen, L.** 1983. Variation in the catchability of yellow perch in an Otter trawl. Trans. Amer. Fish. Soc. 112: 53-59
- Nilsson, N. 1979. Food and habitat of the fish community of the offshore region of Lake Vanern, Sweden. Inst. Fresh. Res. 58: 126-139.
- Pauly, D. 1982. A method to estimate the stock-recruitment relationship of shrimps. Trans. Amer. Fish. Soc. 111: 13-20
- Setzler-Hamilton, E.M.; Boynton, W.R.; Mihursky, J.A.; Polgar, T.T.; Wood, K.V. 1981. Spatial and temporal distribution and striped bass eggs, larvae and juveniles in the Potomac Estuary. Trans. Amer. Fish. Soc. 110: 121-136
- Spigarelli, S.A.; Goldstein, R.M.; Prepejchal, W.; Thornes, M.M. 1982. Fish abundance and distribution near three heated effluents to Lake Michigan. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 39(2): 305-315
- Vigg, S. 1978. Vertical distribution of adult fish in Pyramid Lake, Nevada. Great Basin Naturalist 38 (4): 417-427.
- Vigg, S. 1980. Seasonal benthic distribution of adult fish in Pyramid Lake, Nevada. Calif. Fish, and Game 66 (1): 49-58.