

Aplicación de técnicas multivariantes al estudio de dos poblaciones de bogas (*Chondrostoma polylepis willkommi* Stein.) (Pisces: Cyprinidae) en el sur de España (1)

JOSÉ A. HERNANDO Y VIRGINIA JIMÉNEZ

INTRODUCCIÓN

La utilización de las modernas técnicas de análisis factorial aplicadas al estudio de las distribuciones de peces, basados en datos cualitativos (presencia-ausencia) por SMITH y FISHER (1970) y STEVENSON *et al.*, (1974), proporcionan excelentes resultados al igual que al aplicarlo a las densidades relativas (ECHELLE y SCHNELL, 1976).

El principal objetivo del análisis en componentes principales es descubrir la estructura interna de los datos mediante su ordenación a lo largo de direcciones de variación independientes; por lo que en este trabajo, se intenta aprovechar el actual desarrollo de estos métodos numéricos aplicados a masas considerables de datos (medidas) que permiten establecer automáticamente gran número de relaciones y detectar las más significativas. (ISEBRANDS y CROW, 1975).

Por otra parte, muchas de las poblaciones de peces fluviales, por sus especiales características de uniformidad, fácil captura y elevado número de individuos, constituyen un material ideal para ser abordado por métodos de análisis.

(1) Este trabajo se efectuó dentro del programa de investigación: *Estudio ecológico de un conjunto de embalses españoles.*

sis multivariantes, como los aplicados aquí, para comparar dos poblaciones diferentes de una misma especie relacionando los parámetros que mejor reflejan el crecimiento de los individuos de cada una de ellas, estudiando las relaciones entre los caracteres fundamentales que inducen tales estructuras.

El objetivo de este trabajo no ha sido sistemático, sino comparar dos poblaciones de la misma especie, procedentes de dos localidades diferentes dentro de la misma cuenca hidrográfica, para detectar las posibles diferencias entre ellas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para la realización del estudio elegimos los embalses de La Minilla y de Aracena, situados en el río Ribera de Huelva, afluente por la margen derecha del Guadalquivir

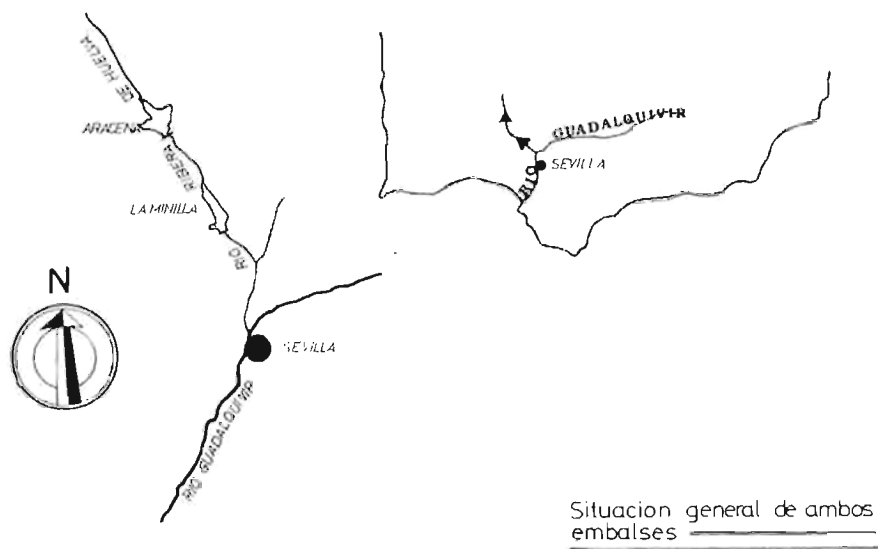


Fig. 1. Situación geográfica de los embalses de La Minilla y de Aracena en la Cuenca hidrográfica del Guadalquivir.

(Fig. 1). El embalse de La Minilla se encuentra situado a 50 kms. al Norte de Sevilla y el de Aracena a 40 kms. aguas arriba del anterior y a 70 kms. de Sevilla. Ambos se utilizan para la regulación y abastecimiento de aguas a Sevilla. Por sus especiales características químicas, muy parecidas, se enmarcan dentro del contexto general de los embalses españoles, entre los de aguas ácidas poco mineralizadas. (Toja, comunicación personal).

Los muestreos se llevaron a cabo entre Febrero y Abril de 1973 utilizando trasmallos

colocados en ensenadas, bahías y desembocaduras de arroyos y corrientes de agua al embalse. Cada uno de los 267 ejemplares capturados fue pesado, medido (longitud total), y conservado en disolución de formol al 14 %. Una vez en el laboratorio a cada ejemplar se le estimaba la edad de acuerdo con NIKOLSKY (1963) y se le tomaban 26 medidas, según los criterios de LOZANO (1928) y Trautman (en LAGLER, BARDACH y MILLER, 1962). (Véase Cuadro 2).

A partir de la matriz de datos originales, sin estandarizar, obtuvimos: la matriz de correlación entre las variables, autovalores y autovectores de la matriz, porcentaje de absorción de la varianza y la matriz de factores (HARMAN, 1967; GITTINGS, 1969). Coordenadas (VAN GROENEWOUD, 1965; HARMAN, *op. cit.*) que nos permitieron la representación de las variables en el subespacio definido por las componentes. La rotación "varimax" nos permitió el cálculo de una nueva matriz de factores y nuevas coordenadas.

Los análisis se han efectuado en el Centro de Proceso de Datos del Ministerio de Educación y Ciencia, a través de la terminal del Centro de Cálculo de la Universidad de Sevilla. Para ello se han procesado ~~separadamente~~ machos y hembras de ambos embalses y conjuntamente los machos y las hembras de La Minilla y de Aracena, utilizándose el programa BMDØ3M (DIXON, 1973).

RESULTADOS

Para los machos del embalse de La Minilla el análisis absorbió en sus cinco primeros ejes, el 66,81 % de la varianza total, correspondiendo el 32,29 % al primer eje. (Cuadro 1). El análisis de los machos de Aracena fue más eficaz al absorber el 82,57 % de la varianza total en sus cinco primeros ejes, correspondiendo al primero el 44,21 % del total absorbido. El análisis de todos los machos acumuló el 63,89 %, correspondiendo a su primer eje el 45,87 % del total acumulado.

Cuadro 1

Varianza total acumulada y porcentajes de dicha varianza absorbidos por los ejes I y II de cada análisis.

ANALISIS	Ejes		Total
	I	II	
Machos de la Minilla	32.29	11.3	66.81
Machos de Aracena	44.21	14.54	82.57
Machos de ambos embalses	45.87	14.32	63.89
Hembras de La Minilla	28.85	12.99	68.18
Hembras de Aracena	26.91	17.54	54.95
Hembras de ambos embalses	57.26	10.75	73.61

Doñana, Acta Vertebrata, 6 (2), 1979.

Por lo que respecta a las hembras, el análisis de La Minilla absorbió el 68,18 % de la varianza total en los cinco primeros ejes, el 28,85 % correspondió al primero de los ejes, mientras que para las hembras de Aracena fue el 54,95 % en los primeros ejes y el 26,91 % en el primero de sus componentes. El análisis de todas las hembras, La Minilla y Aracena conjuntamente, absorbió el 73,61 % de la varianza total en los cinco primeros ejes, correspondiendo el 57,26 % al primero de los ejes.

Machos de La Minilla y de Aracena

El primer componente del análisis de los machos de La Minilla separa edad, peso, longitud total y espesor de la cabeza, espesor del cuerpo, distancia

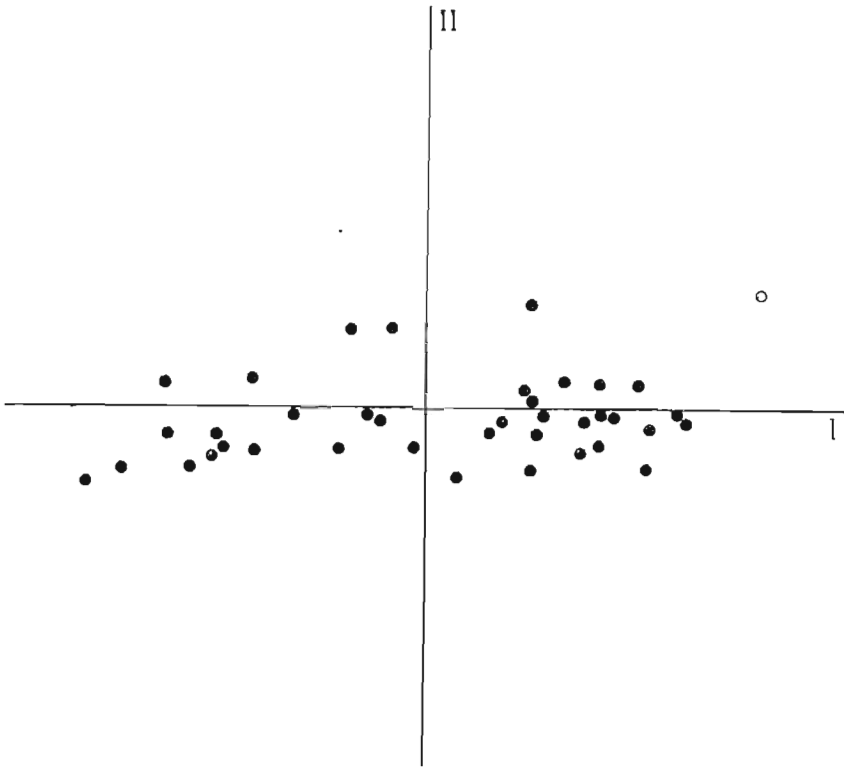


Fig. 2. Representación gráfica de las coordenadas de los machos del embalse de La Minilla, en el plano definido por las componentes I y II.

interorbitaria, anchura de abertura bucal y la longitud de la base de las aletas escapulares, es decir, las medidas de la mitad anterior del cuerpo, el peso, la edad y la longitud total (Cuadro 2).

Para los individuos procedentes del embalse de Aracena el primer componente separa fuertemente las longitudes de las aletas, su altura y todas las medidas que tienen relación con la anchura y la longitud de la cabeza.

Al representar las muestras (machos de La Minilla) en el plano definido por los componentes I y II del análisis (Fig. 2) se observa la formación de dos nubes de puntos claramente diferenciadas y separadas por el eje I. En los machos del embalse de Aracena el componente I separa un conjunto denso, de un resto de ejemplares más disperso que vuelve a diferenciar el eje II y que se agrupan con valores altos de sus coordenadas (Fig. 3).

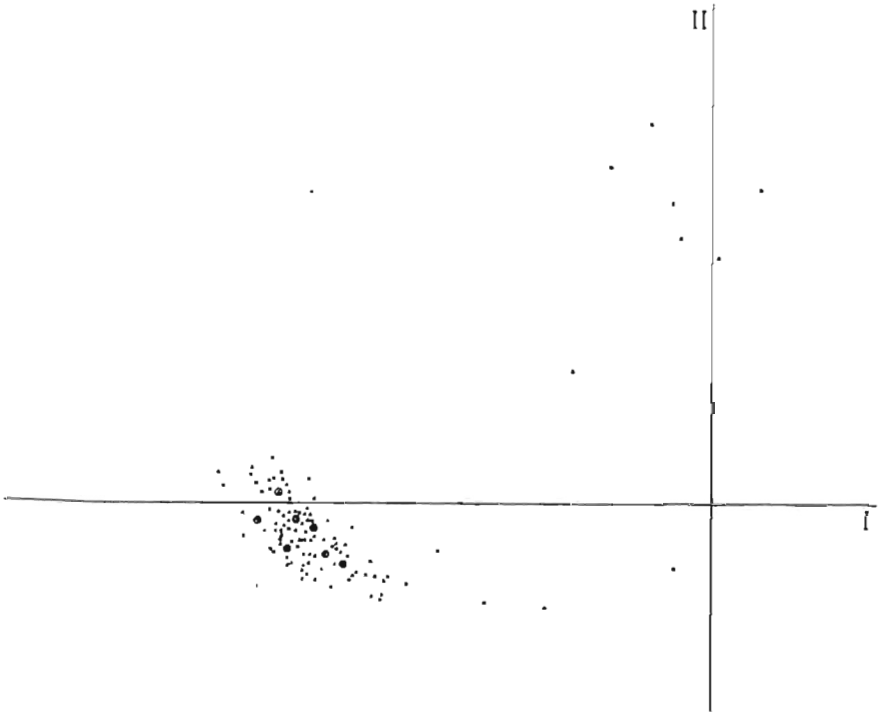


Fig. 3. Representación de los machos del embalse de Aracena. Los puntos más gruesos indican la solapación de dos o más puntos.

Machos de ambos embalses

El primer componente de todos los machos separa las medidas de las aletas, los diámetros de los ojos, distancia interorbitaria, espesor del cuerpo, longitudes total y del tronco, peso y edad.

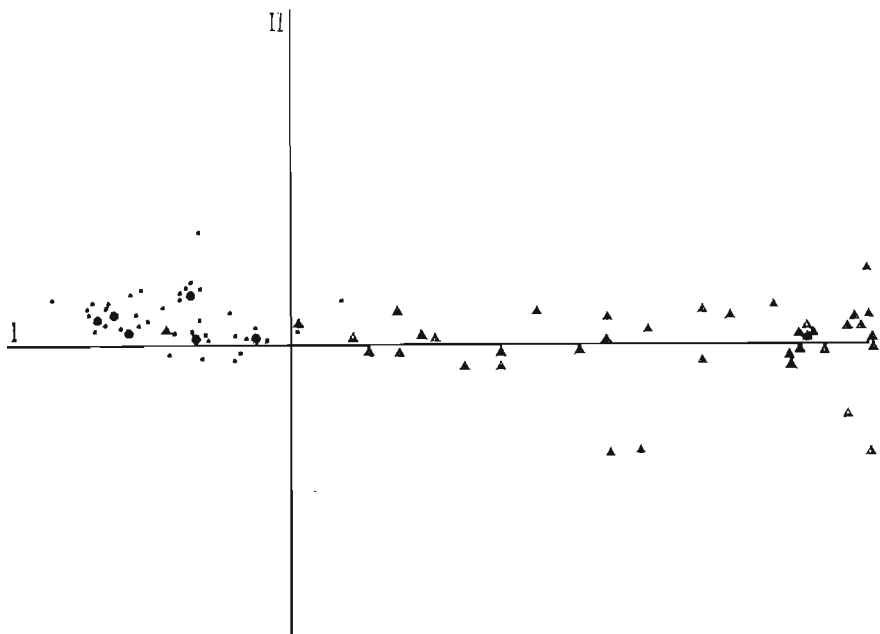


Fig. 4. Ordenación de los machos de ambos embalses de acuerdo con las componentes I y II. Los machos del embalse de La Minilla están representados por triángulos y los del embalse de Aracena por puntos.

La representación de las coordenadas ponen de manifiesto la formación de una subestructura en el plano definido por los componentes I y II (Fig. 4). En esta subestructura se aprecia claramente la formación de dos nubes distintas. La representada por puntos, que pertenece al embalse de Aracena, compacta y de carácter marcadamente negativo respecto al componente I y la representada por triángulos, del embalse de La Minilla, distribuida uniformemente a lo largo del eje I y de carácter positivo.

Llama poderosamente la atención la persistencia de diferencias tan marcadas en la morfología de ambas poblaciones para cada sexo, diferencias que aparecen al considerar las 28 variables.

Cuadro 2

Factores de carga correspondientes a los componentes I y II de los análisis de los machos de La Minilla, Aracena y de ambos embalses.

Variable / Eje	La Minilla		Aracena		Ambos embalses	
	I	II	I	II	I	II
Edad	.77	.03	.02	.10	.73	-.22
Peso	.67	.52	-.55	.30	.92	-.04
Longitud total	.72	-.24	.04	.03	.66	-.13
Longitud del tronco	.64	-.50	.21	-.03	.86	-.04
Longitud prebucal	.23	-.26	.47	-.30	.61	.53
Diámetro long. del ojo	.57	.15	.88	-.38	.80	-.02
Diámetro trans. del ojo	-.20	.81	.93	-.05	.80	.08
Altura máxima del cuerpo	.52	-.57	.78	.04	.58	.40
Alt. máx. de la cabeza	.29	.03	.84	-.44	.42	.35
Longitud de la cabeza	.76	.25	.67	-.10	.50	-.20
Long. de la aleta caudal	.58	.25	.82	-.52	.26	-.21
Alt. pedúnculo caudal	.36	.47	.58	-.58	.63	-.01
Espesor máximo del cuerpo	.89	-.21	.71	-.56	.63	-.02
Esp. máx. de la cabeza	.67	-.29	.92	-.11	.69	.14
Longitud preorbitaria	.67	-.47	.89	-.24	.62	.30
Profundidad de la boca	.27	-.14	.37	-.71	.28	.69
Anchura abertura bucal	.68	.01	.87	.06	.47	.18
Distancia interorbitaria	.86	.21	-.20	-.06	.89	.03
Long. aletas escapulares	.58	.25	.56	.24	.81	-.16
Long. aletas pelvianas	.52	.34	.66	.57	.77	-.20
Altura aleta dorsal	.51	.30	.87	.44	.67	-.19
Altura aleta anal	.56	.31	.65	.57	.81	-.20
Long. base aleta dorsal	.39	-.15	.87	.42	.75	.01
Long. base aleta anal	.24	.30	.76	.52	.64	-.01
Long. base escapulares	.72	.22	.48	.42	.72	-.02
Long. base pelvianas	.53	.41	.76	.43	.71	-.11
Long. pedúnculo caudal	.48	-.07	.30	.34	.59	-.26
Nº escamas línea lateral	.003	.05	.33	.42	.59	-.06

Hembras de La Minilla y de Aracena

El primer componente del análisis de las hembras de La Minilla separa la edad, longitud total, diámetro longitudinal del ojo, longitud, espesor y anchura de la cabeza, longitud preorbitaria, longitud de las aletas escapulares y longitud de la cola. El diámetro transversal del ojo, altura máxima del cuerpo y la longitud de las aletas escapulares definen el componente II (Cuadro 3).

En la figura 5 se aprecia que la distribución de los puntos sobre el plano definido por los ejes I y II del análisis presenta forma triangular. La dispersión a

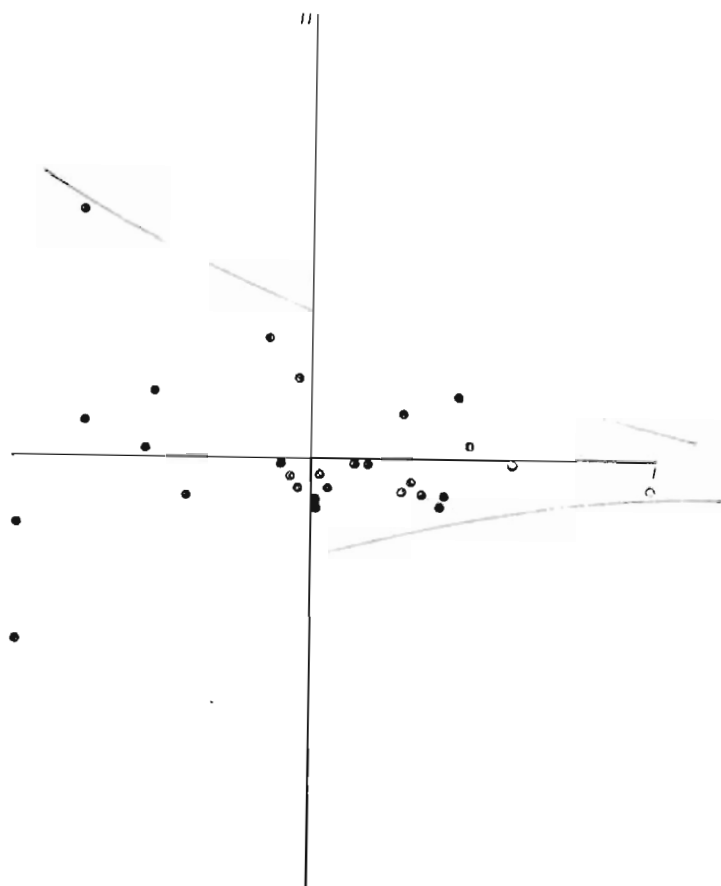


Fig. 5. En esta figura se aprecia claramente la dispersión que sufren las hembras del embalse de La Minilla frente a la ordenación de los machos, de este mismo embalse, a lo largo del eje I.

ponente II está formado por la longitud prebucal, la profundidad de la abertura bucal y la longitud del pedúnculo caudal.

Al realizar la representación de los individuos en el plano definido por los ejes I y II, se aprecia un acúmulo en el centro de coordenadas y una dispersión a lo largo del eje II. Esto sugiere que las variables asociadas al componente II aumentan su variabilidad con la edad y el tamaño.

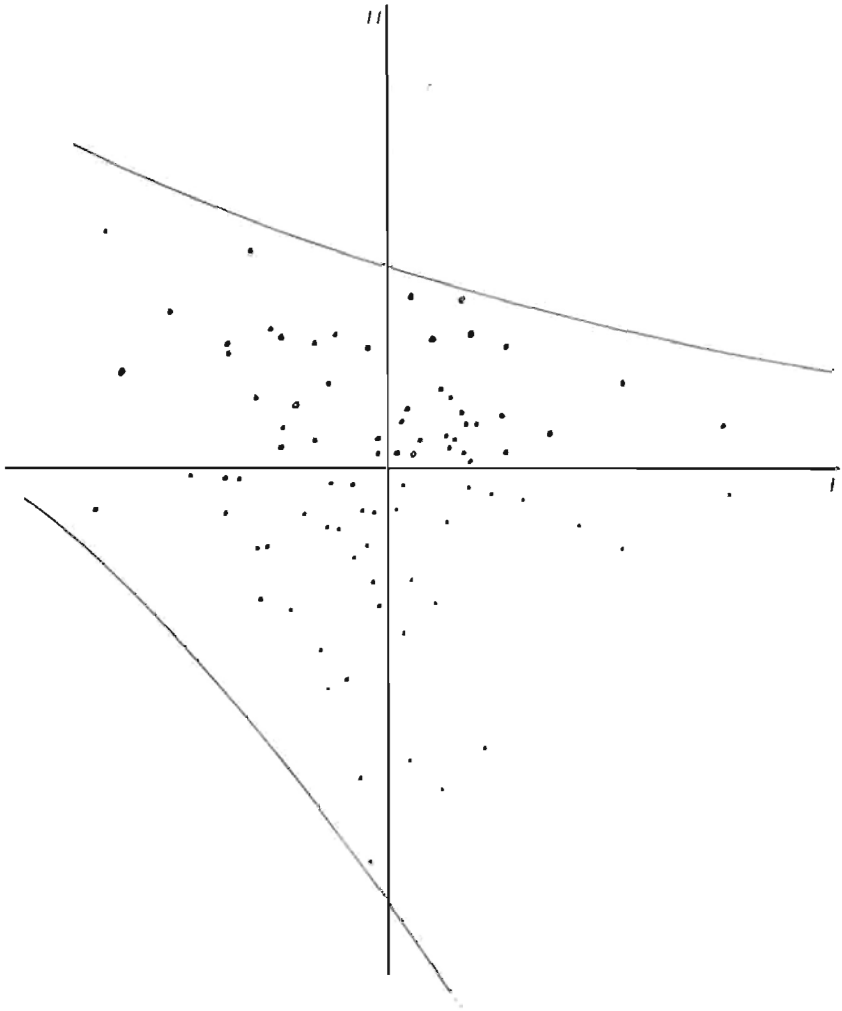


Fig. 6. Las hembras de *Aracena* presentan una dispersión similar a la de las hembras de La Minilla, mientras que los machos se ordenan en dos grupos.

Hembras de ambos embalses

El primer componente separa todas las medidas excepto la longitud preorbitaria, profundidad de la abertura bucal, longitud de la base de la aleta esca-

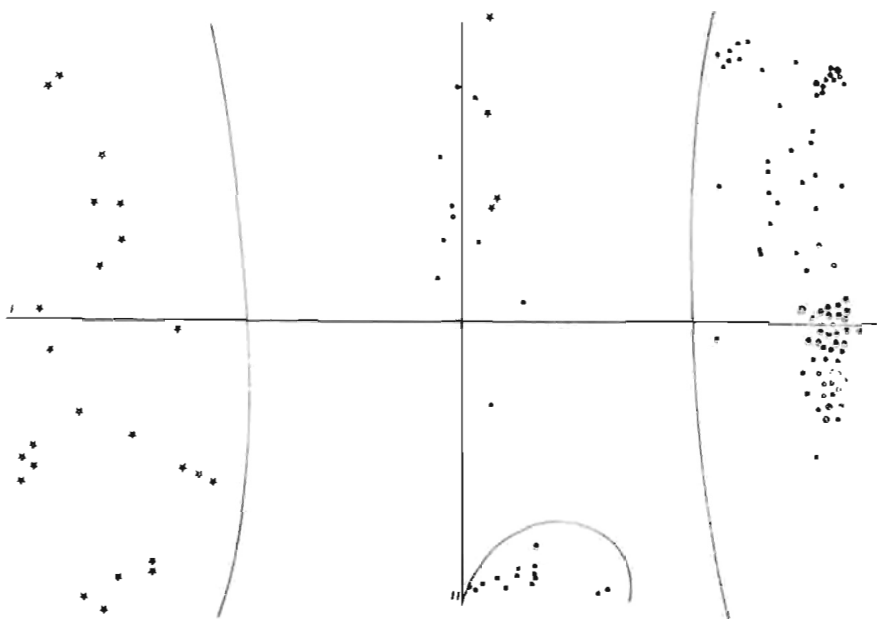


Fig. 7. Las hembras de ambos embalses, representadas por puntos las capturadas en Aracena y por estrellas las de La Minilla, se separan en dos grupos afectados por la componente I aunque existen ejemplares de ambos embalses que se agrupan próximos al origen de coordenadas. Los puntos más gruesos indican el solapamiento de más de dos puntos.

pular y el número de escamas en la línea lateral, mientras que el segundo componente separa tan sólo la profundidad de la abertura bucal.

En la representación de las coordenadas podemos apreciar que un número elevado de hembras de La Minilla, presentan valores positivos altos para el componente I, mientras que las hembras de Aracena presentan, para este mismo componente, valores altos de carácter negativo. También para el componente II aparece un efecto similar, aunque en ambos casos se detecta la presencia de un grupo numeroso de ejemplares cercano al origen de coordenadas.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos nos indican la existencia de diferencias que afectan a numerosos caracteres (caracteres convencionales) de las poblaciones de bo-

gas de ambos embalses. Llama poderosamente la atención que los factores de carga de las variables en los ejes I y II sean tan diferentes para el mismo sexo entre los dos embalses.

La semejanza entre ambas poblaciones, al considerar separadamente los sexos nos da idea de la influencia de las características del medio sobre las poblaciones de peces. El grupo de machos y de hembras que se distribuyen cercanos a los respectivos centros de coordenadas. Probablemente ejemplares intermedios emigrados del embalse de Aracena, situado aguas arriba del embalse de La Minilla.

Las diferencias entre los sexos de la misma población son del mayor interés, ya que revelan la existencia de importantes diferencias morfológicas en la población de una especie que se consideraba sin diferenciación sexual por caracteres morfológicos externos.

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro sincero agradecimiento a D. Luis C. Pareja, por su ayuda en la medición de los ejemplares, a los Dres. D. Fernando Alvarez González y D. Carlos M. Herrera, por sus consejos y la lectura crítica del manuscrito.

RESUMEN

Se han comparado 267 ejemplares de boga, *Chondrostoma polylepis willkommii* Stein., de los embalses de La Minilla (Sevilla) y de Aracena (Huelva), ambos pertenecientes al río Ribera de Huelva, afluente del Guadalquivir. Para ello a cada ejemplar se le midieron 26 variables morfométricas y estimó edad, peso y sexo. Separados en poblaciones se intentó establecer las diferencias entre ambas y detectar las más significativas para determinar las relaciones entre los caracteres cuantitativos y sus tendencias de variación. Para ello empleamos el programa BMDØ3M de análisis de componentes principales del Centro de Procesos de Datos del M.E.C. a través de la terminal del Centro de Cálculo de la Universidad de Sevilla.

Las diferencias entre ambas poblaciones al considerar los sexos separadamente, nos da idea de la influencia de las características del medio sobre las poblaciones de peces, llegando a constituir, los embalses, una barrera geográfica temporal, inductora de diferencias morfológicas detectables por los análisis multivariantes.

Las variaciones entre los sexos de la misma población sugieren la existencia de caracteres sexuales secundarios en la morfología externa, en una especie que hasta ahora se consideraba sin ellos.

SUMMARY

APPLICATION OF MULTIVARIATE METHODS TO THE STUDY OF TWO POPULATIONS OF IBERIAN NOSE (*Chondrostoma polylepis willkommi*, STEIN) (PISCES: CYPRINIDAE) IN SOUTHERN SPAIN.

A biometrical study was applied to 267 specimens of Iberian Nose (*Chondrostoma polylepis willkommi*, Stein) caught from two populations located at La Minilla and Aracena dams, two large water reservoirs of the Fibera de Huelva River, tributary to the Guadalquivir River. Each specimen was sexed, weighted, aged and measured (26 biometrical measurements were taken). The Principal Components Analysis program BMDØ3M was used.

The principal differences between both populations, each sex studied independently, are to environmental influences. On the base of our data we hypothesize that a large dam can act as a temporal geographical barrier isolating populations and therefore influencing morphological differences, which can be detected by multivariate analysis.

Although no external morphological differences were reported until now between the sexes, our data reveal consistent sexual dimorphism in body measurements in the two populations analysed.

BIBLIOGRAFÍA

- DIXON, W. J. (1973): *BMD, Biomedical Computers Programs*. University of California Press. Los Angeles.
- EHELLE, A. A. y G. D. SCHNELL (1976): Factor analysis of species association among fishes of the Kiamichi River, Oklahoma. *Trans. Amer. Fish. Soc.* 105 (1): 17-32.
- GITTINS, R. (1969): The application of ordination techniques, en J. H. Rorison Ed., *Ecological aspects of the mineral nutrition of plants* 37-66. Blackwells, Oxford.
- GROENEWOUDE, H. VAN (1965): Ordination and classification of Swiss and Canadian coniferous forest by various biometric and other methods. *Ber. geobot. Inst. ETH, Stiftung. Rübel*, Zurich 36: 28- 102.
- HARMAN, H. H. (1967): *Modern Factor Analysis*. 2nd. ed. University of Chicago Press. Chicago.
- ISEBRANDS, J. G. y T. R. CROW (1975): Introduction to uses and interpretation of Principal Component Analysis in forest biology. *USDA Forest Service, Gen. Tech. Rep.* N.C.—17.19 pp.
- LAGLER, K. F., J. E. BARDACH y R.R. MILLER (1962): *Ichthyology*, Ann Arbor. Michigan.
- LOZANO REY, L. (1928): *Fauna Ibérica: Peces*. Mus. Nac. Cient. Nat. Tomo I. Madrid.
- NIKOLSKY, G. V. (1963): *The Ecology of Fishes*. Academic Press. London. 352 pp.

- SMITH, R. G. y D. R. FISHER (1970): Factor analysis of distribution of Kansas fishes, en W. Dort & J. Knox (Eds.). *Pleistocene and recent environments of Central Great Plains.*, University of Kansas, Special Publication.
- SMITH, C. L. y C. R. POWELL (1971): The summer fish communities of Brier Creek, Marshall County, Oklahoma. *Amer. Mus. Nov.* 2458: 1-30.
- STEVENSON, M. M., G. D. SCHENELL y R. BLACK (1974): Factor analysis of fish distribution patterns in western and central Oklahoma. *Syst. Zool.* 23: 202-218.

(Recibido 21 may. 79)

J. A. HERNANDO
Cátedra de Zoología
Facultad de Ciencias
Universidad de Córdoba
CÓRDOBA (España).

V. JIMÉNEZ
Bda. Juan XXIII. Bq. 30, 2.º B
SEVILLA - 6 (España).