

AJUSTE DE UNA CURVA DE CRECIMIENTO A FRECUENCIAS DE TALLAS DE ATÚN LISTADO (*KATSUWONUS PELAMIS*) PESCADO EN EL MAR CARIBE SURORIENTAL

SCRS/1994/183

Col.Vol.Sci.Pap. ICCAT, 44 (2) : 303-309 (1995)

Pagavino¹, M., D. Gaertner²

¹Instituto Oceanográfico de Venezuela, Cumaná 6101, Venezuela

²ORSTOM-HOT, B.P. 5045, 34032 Montpellier, France

SUMMARY

The growth of skipjack, caught in the southeastern Caribbean Sea, was estimated from monthly size distributions, obtained between 1988 and 1993. The multifan model was used, which is based on the statistical technique of maximum probability, to fit the data to the von Bertalanffy model, showing as a result $L_{\infty} = 94.9$ cm and $K = 0.340$. The statistical significance of the fit and the comparison of these estimates with those obtained in other oceans seems to show the occurrence of two annual recruitments in this fishery. Besides, the results obtained, as well as the observation of an apparent progression of the modes during a period of various years, suggest the possibility of applying maximum probability techniques to size distributions to study the growth of skipjack in this fishery.

RESUME

La croissance du thon listao provenant de la pêcherie de surface vénézuélienne de la Mer des Caraïbes a été estimée à partir de distributions de tailles mensuelles obtenues entre 1988 et 1993. Le logiciel MULTIFAN, qui emploie la méthode de maximum de vraisemblance, a été utilisé pour ajuster les données observées au modèle de von Bertalanffy, donnant pour résultat $L_{\infty} = 94,9$ cm et $K = 0,340$. La signification statistique de l'ajustement, et la comparaison des estimations obtenues avec celles estimées dans d'autres océans, semblent indiquer l'existence de deux recrutements annuels dans cette pêcherie. D'autre part, les résultats obtenus, et le fait de pouvoir observer une apparente progression des modes pendant plusieurs années, rendent crédible l'utilisation des techniques de maximum de vraisemblance avec des distributions de tailles pour l'étude de la croissance du listao de cette pêcherie.

RESUMEN

El crecimiento del listado, pescado en el Mar Caribe suroriental, fue estimado a partir de un conjunto de distribuciones mensuales de tallas, obtenidas entre 1988 y 1993. Se utilizó el programa Multifan, que se basa en la técnica estadística de máxima verosimilitud, para ajustar los datos al modelo de von Bertalanffy, dando como resultado $L_{\infty} = 94,9$ c, y $K = 0,340$. La significación estadística del ajuste y la comparación de estas estimaciones con las obtenidas en otros océanos parecen mostrar la ocurrencia de dos reclutamientos anuales en esta pesquería. Además, los resultados obtenidos, así como la observación de una progresión aparente de las modas durante un período de varios años, sugieren la posibilidad de aplicar las técnicas de máxima verosimilitud a distribuciones de tallas para el estudio del crecimiento del listado de esta pesquería.

INTRODUCCIÓN

En el Atlántico Este, Bard y Antoine (1986) ajustaron el modelo de crecimiento de von Bertalanffy a 530 atunes Listado marcados, obteniendo dos juegos de valores para stocks que habitan dos zonas ecológicamente distintas. Para la zona Tropical Norte (10°N a 20°N), mas rica en recursos micronectónicos debido a los afloramientos, los valores fueron de $L_{\infty} = 80$ cm y $K = 0,601$, o sea unos 19 cm/año. Para la zona del Golfo de Guinea (5°S a 5°N), menos rica en recursos tróficos y de temperatura constante en el año, los valores fueron de $L_{\infty} = 80$ cm y $K = 0,322$, o sea unos 8 cm/año. El valor de $L_{\infty} = 80$ cm fue elegido principalmente por ser el mas cercano a las tallas máximas capturadas en el Atlántico Este y se adoptó una tasa promedio de crecimiento de 12 cm/año.

En el Atlántico Oeste, Vilela y Castello (1991) estudiaron el crecimiento del atún Listado mediante la lectura de piezas duras. En las pesquerías venezolanas del Caribe sur la técnica de progresión modal de tallas es la única disponible para este propósito. Aunque estas dos técnicas han mostrado ser de poca utilidad con esta especie, no se dispone en estas aguas de estudios de marcaje que sirvan de validación de las otras.

Las tallas del atún Listado capturado en aguas del Caribe suroriental son mayores que en el Este, alcanzando los 96 cm. En ellas se ha observado una aparente progresión modal, con una separación entre modas de 6 cm aproximadamente; dicha tasa corresponde a la mitad de la estimada en el Golfo de Guinea. La superposición gráfica a dichos histogramas del modelo de crecimiento adoptado en el Atlántico Este, pareció mostrar la presencia de dos cohortes anuales, cuyas progresiones se alineaban con las curvas de crecimiento (Pagavino, 1993). Por otra parte, la aparición de ejemplares pequeños en la pesquería parece ocurrir dos veces por año, alrededor de los meses de agosto y mayo.

METODOLOGÍA

Las técnicas estadísticas de ajustamiento no lineal y la aparición de las computadoras personales han permitido el desarrollo de programas de análisis pesqueros que ofrecen rendir un grado aceptable de robustez. En el presente estudio se utilizó el programa comercial Multifan (Fournier *et al.*, 1990)³, que se basa en la técnica estadística de máxima verosimilitud, para estimar los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy. Mediante este programa se analizó simultáneamente un conjunto de histogramas mensuales de frecuencias de tallas, ponderadas por la captura, del atún Listado pescado en el Caribe suroriental entre enero de 1988 y diciembre de 1993.

El análisis se hizo en tres etapas:

- Primeramente, se hizo el ajuste sobre un juego de datos conteniendo los 72 histogramas desde 1988 hasta 1993, considerando la existencia de una sola cohorte anual. Los histogramas fueron numerados consecutivamente e introducidos en el programa con sus fechas reales. Se probaron como fechas de reclutamiento los meses de mayo, agosto y septiembre. Los valores de L_{∞} y K así obtenidos sirvieron para tener una idea de la magnitud de los mismos durante todo el periodo.
- En segundo lugar, se procedió a la aplicación del programa a cada año por separado, conservando la hipótesis de 1 cohorte por año.
- En tercer lugar, el conjunto de 72 histogramas 1988-1993 fue renumerado de tal manera que el intervalo entre dos histogramas fuese de 2 meses. Este artificio, o "kludge", permite probar la hipótesis de 2 cohortes por año; los valores de K y Z arrojados deben ser multiplicados por 2 y la edad estimada de 1ª captura deberá ser dividida por 2, mientras que L_{∞} conserva su valor (D. Fournier, com. pers.).

La comparación y significación estadística del valor de máxima verosimilitud, entre los ajustes obtenidos con Multifan, se determinó mediante una prueba de chi-cuadrado. Varios juegos de valores de los parámetros L_{∞} y K , obtenidos por diferentes autores, se compararon calculando el valor de ϕ' (propuesto por Munro y Pauly, 1983), según:

$$\phi' = \ln K + 2 * \ln L_{\infty};$$

este parámetro ϕ' , que se puede interpretar como un índice del desempeño del crecimiento, parece adoptar valores muy similares al interior de un mismo stock o grupo taxonómico, así como seguir una distribución normal con mínima varianza (Pauly, 1979).

RESULTADOS Y DISCUSION

Los ajustes realizados al conjunto de 6 años de datos (Hipótesis 1), tomando en cuenta al mes de mayo como fecha de reclutamiento, arrojaron valores de K demasiado bajos para la especie (0,100), (Tabla 1).

El test de χ^2 realizado entre agosto y septiembre (bajo la Hipótesis 1) sugiere seleccionar al mes de agosto como fecha de reclutamiento (Tabla 2). Esta selección se adoptó también coincidiendo con las observaciones de Pagavino (*op. cit.*). Un estudio de este autor sobre la reproducción del Listado en esta zona (Pagavino, 1995) parece mostrar una elevación del porcentaje de hembras maduras en agosto y en abril, lo que sugiere una mayor actividad reproductora en estos meses.

³ Ni los autores, ni las instituciones que representan, promueven ni respaldan el empleo de los productos comerciales mencionados en el presente artículo.

Tanto en el ajuste plurianual como en los 6 ajustes anuales (Hipótesis 2), los valores de K son cercanos a 0,200 y los de L_{∞} cercanos a 90 cm o superiores. Por otra parte, bajo la hipótesis de la aparición de 2 cohortes anuales (Hipótesis 3), el valor de K asciende a 0,340 y L_{∞} a 94,9 cm (Tabla 1), que son valores más verosímiles para esta especie y para las tallas máximas observadas en esta pesquería.

Tabla 1. Estimaciones de L_{∞} , K, correlación r entre ambos valores y clases de edad del Listado, según las 3 hipótesis consideradas. (-): el programa no pudo determinar el valor de r.

ID	88-93	88-93	88-93	88	89	90	91	92	93	88-93
	Mayo	Sept	Agos							
L_{∞}	94,0	94,5	89,5	98,4	87,8	79,4	88,9	94,3	99,3	94,9
K	0,100	0,186	0,200	0,110	0,117	0,243	0,187	0,207	0,157	0,340
r	-	-	-	-0,979	-0,985	-0,668	-0,968	-0,961	-0,845	-
Años	8	5	6	9	8	6	6	7	5	6

Los valores iniciales de estos parámetros no son fijados directamente al momento de lanzar el programa. Sin embargo, tratándose de una técnica de ajustes no lineales, el programa debe ser inicializado, lo cual consiste en definir intervalos de variación para un grupo arbitrario de modas y asignarles una clase de edad. Para ello se diseñó una clave talla-edad a partir de un $K=0,30$ y un $L_{\infty}=95$ cm; a las modas iniciales se les asignó una edad arbitraria sin rigidez pero cercana a esta clave. Esta intervención del operador fuerza evidentemente al programa a iniciar la búsqueda de los mejores ajustes dentro de cierta gama de variación cercana a estos valores utilizados como "semilla".

Teniendo en cuenta este hecho, es notable que ninguno de los 9 ajustes de las dos hipótesis de 1 sola cohorte anual se acerque a ambos valores de inicialización simultáneamente, lo cual solo ocurre dentro de la hipótesis de 2 cohortes anuales. El test de χ^2 confirma la elección de la 3ª hipótesis (Tabla 2).

Tabla 2. Test de comparación de los ajustes de este estudio. Se subrayan los mejores ajustes. (gl): grados de libertad.

ID	Agos vs Sept	Agos vs 2coh	Sept vs 2coh
χ^2	359,82	330,89	690,71
gl	71	1	72
Prob.	> 0,999	> 0,999	> 0,999
Signif.	*** Agos	*** 2coh	*** 2coh

El valor de ϕ' es en todos los casos de las hipótesis de 1 cohorte inferior a 7,60 (Tabla 3). Si bien la gama de valores de L_{∞} y K estimados en otros océanos es bastante amplia, el valor de ϕ' se sitúa superior a 7,60 en casi todos. En aguas brasileñas los valores estimados de estos parámetros se corresponden más con los de nuestras hipótesis 1 y 2, lo cual justifica la necesidad de realizar análisis adicionales.

Los valores de $K=0,340$ y de $\phi'=8,03$, estimados en el presente estudio, parecen arrojar nueva evidencia de la ocurrencia de un doble reclutamiento anual de atún Listado en las pesquerías del Mar Caribe suroriental. Estos pulsos de reclutamiento ocurrirían con mayor intensidad en agosto-septiembre y en abril-mayo (Figura 1).

Además, dichos resultados, así como la observación de una progresión aparente de las modas durante un periodo de varios años, sugieren la factibilidad de utilizar las técnicas de máxima verosimilitud para el estudio del crecimiento del Listado de esta pesquería a partir de distribuciones de tallas.

Tabla 3. Comparación de parámetros de crecimiento del atún Listado e índice ϕ' , obtenidos por diferentes autores en el Atlántico Oeste (AO), Atlántico Este (AE), Pacífico Este (PE), Pacífico Oeste (PO), Pacífico Central (PC) e Indico.

ID	L_{∞}	K	ϕ'	Método	Autor
AO Mayo	94,00	0,100	6,78	Progresión modal	Este estudio
AO Sept.	94,50	0,186	7,42	Progresión modal	Este estudio
AO Agos.	89,50	0,200	7,38	Progresión modal	Este estudio
AO 88	98,40	0,110	6,97	Progresión modal	Este estudio
AO 89	87,80	0,117	6,80	Progresión modal	Este estudio
AO 90	79,40	0,243	7,33	Progresión modal	Este estudio
AO 91	88,90	0,187	7,30	Progresión modal	Este estudio
AO 92	98,50	0,200	7,57	Progresión modal	Este estudio
AO 93	99,30	0,157	7,34	Progresión modal	Este estudio
AO 2 cohortes	94,90	0,340	8,03	Progresión modal	Este estudio
AO	87,12	0,219	7,42	Lectura de espinas	Vilela y Castello (1991)
AE Guinea	80,00	0,322	7,63	Marcaje	Bard y Antoine (1986)
AE Trop. N.	80,00	0,601	8,25	Marcaje	Bard y Antoine (1986)
PE 1	75,50	0,770	8,39	Marcaje	Sibert <i>et al.</i> (1983)
PE 2	79,00	0,640	8,29	?	Josse <i>et al.</i> (1979)
PO 1	65,50	0,940	8,30	?	Josse <i>et al.</i> (1979)
PO 2	61,30	1,250	8,45	Marcaje	Sibert <i>et al.</i> (1983)
PO 3	60,00	0,750	7,90	Progresión modal	Brouard <i>et al.</i> (1984)
PO 4	62,00	1,100	8,35	Progresión modal	Brouard <i>et al.</i> (1984)
PC	102,00	0,550	8,65	Lectura de otolitos	Uchiyama y Struhsaker (1981)
Indico	60,60	0,930	8,14	Progresión modal	Marcille y Stequert (1976)

AGRADECIMIENTOS

Se agradece especialmente al Técnico Luis Astudillo (FONAIAP-Sucre) por su asistencia en las operaciones de obtención de muestras de tallas en los puertos de desembarque.

BIBLIOGRAFÍA

- Bard, F. X. y L. Antoine. 1986. Croissance du Listao dans l'Atlantique est. Proc. ICCAT Conf. Inter. SKJ Year Program, 301-308.
- Brouard, F., R. Grandperrin y E. Cillauren. 1984. Croissance des jeunes thons Jaunes (Thunnus albacares) et des Bonites (Katsuwonus pelamis) dans le Pacifique tropical occidental. ORSTOM, Notes et Documents d'Océanographie, 10: 23 p.
- Fournier, D. A., J. R. Sibert, J. Majkowski y J. Hampton. 1990. MULTIFAN a likelihood-based method for estimating growth parameters and age composition from multiple length frequency data sets illustrated using data for southern Bluefin tuna (Thunnus maccoyii). Can. J. Fish. Aquat. Sci., 47: 301-317.
- Josse, E., J. C. Le Guen, R. Kearney, A. Lewis, A. Smith, L. Marec y P. K. Tomlinson. 1979. Croissance des Bonites à ventre rayé. Commission du Pacifique Sud, Nouméa, Doc. occasionnel, 11, 83 p.
- Marcille, J. y B. Stequert. 1976. Étude préliminaire de la croissance du Listao (Katsuwonus pelamis) dans l'ouest de l'océan Indien tropical. Cah. ORSTOM, sér. Océanogr., 14(2): 139-151.
- Munro, J. L. y D. Pauly. 1983. A simple method for comparing growth of fishes and invertebrates. ICLARM, Fishbyte, 1(1): 5-6.
- Pagavino, M. 1993. Análisis de las tallas de Listado (Katsuwonus pelamis), capturado frente a las costas de Venezuela. ICCAT, Col. Vol. Sci. Pap., 40(2): 140-143.
- Pagavino, M. 1995. Nota sobre la reproducción del atún Listado (Katsuwonus pelamis) en el Mar Caribe. ICCAT, Col. Vol. Sci. Pap., SCRS/94/182.
- Pauly, D. 1979. Gill size and temperature as governing factors in fish growth: a generalization of von Bertalanffy's growth formula. Ber. Inst. Meereskunde (Kiel), 63: 156 p.
- Sibert, J. R., R. E. Kearney y T. A. Lawson. 1983. Variations in growth increments of tagged Skipjack (Katsuwonus pelamis). South Pacific Commission, Tuna and Billfish Assessment Program Tech. Rep., 10: 43 p.
- Uchiyama, J. H. y P. Struhsaker. 1981. Age and growth of Skipjack tuna, Katsuwonus pelamis, and Yellowfin tuna, Thunnus albacares, as indicated by daily growth increments of sagittae. Fishery Bulletin, 79(1): 151-162.
- Vilela, M. J. A. y J. P. Castello. 1991. Estudio de la edad y del crecimiento del barrilete Katsuwonus pelamis en la región Sur y Sudeste de Brasil. Frente Marítimo 9: 29-35.

Figura 1. Ajuste del modelo de crecimiento de von Bertalanffy a tallas de atún Listado, pescado en el Caribe entre 1988 y 1993. $L_{\infty} = 94,9$ cm; $K = 0,340$; 2 reclutamientos por año.

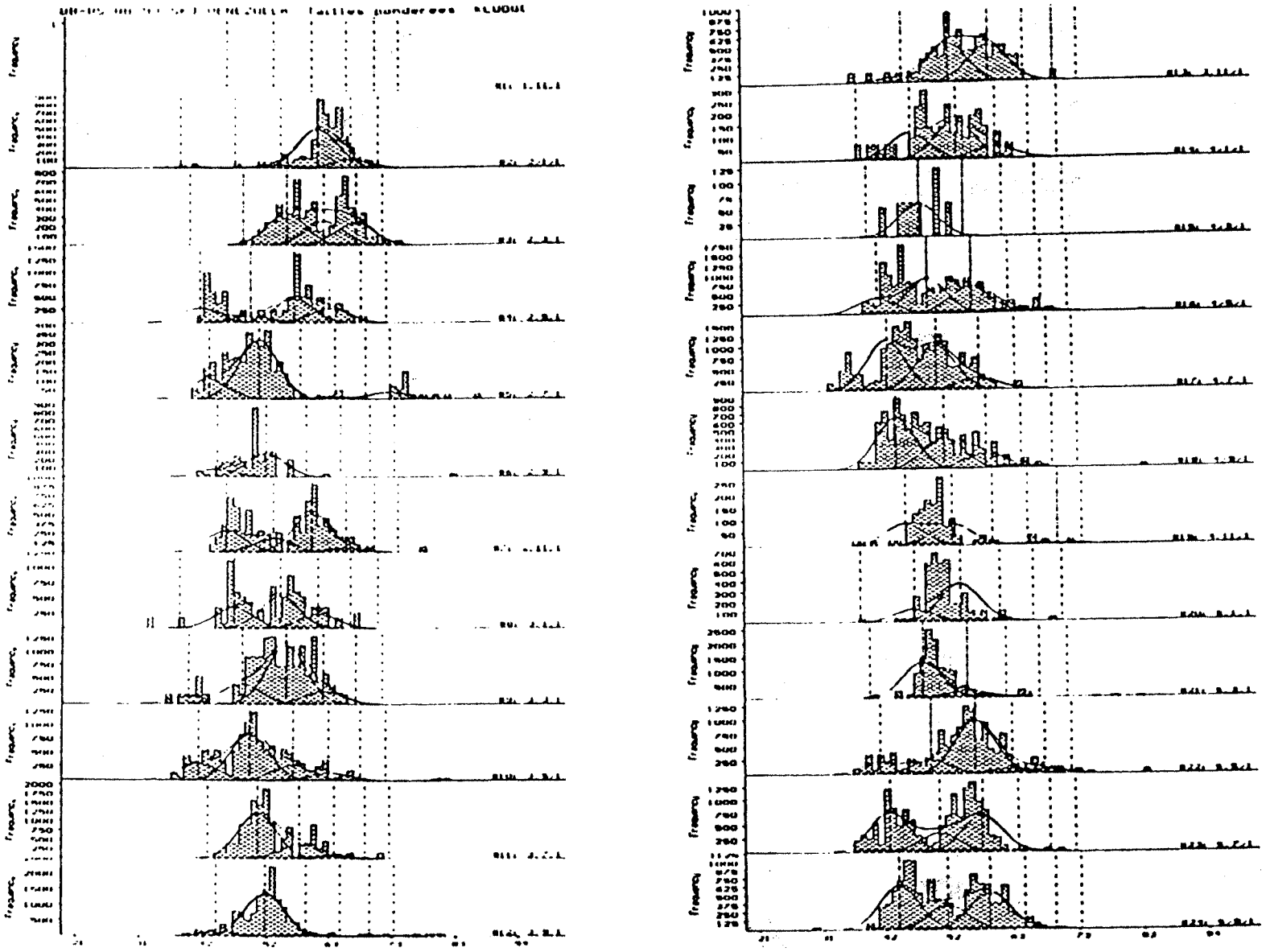


Figura 1 (continuación)

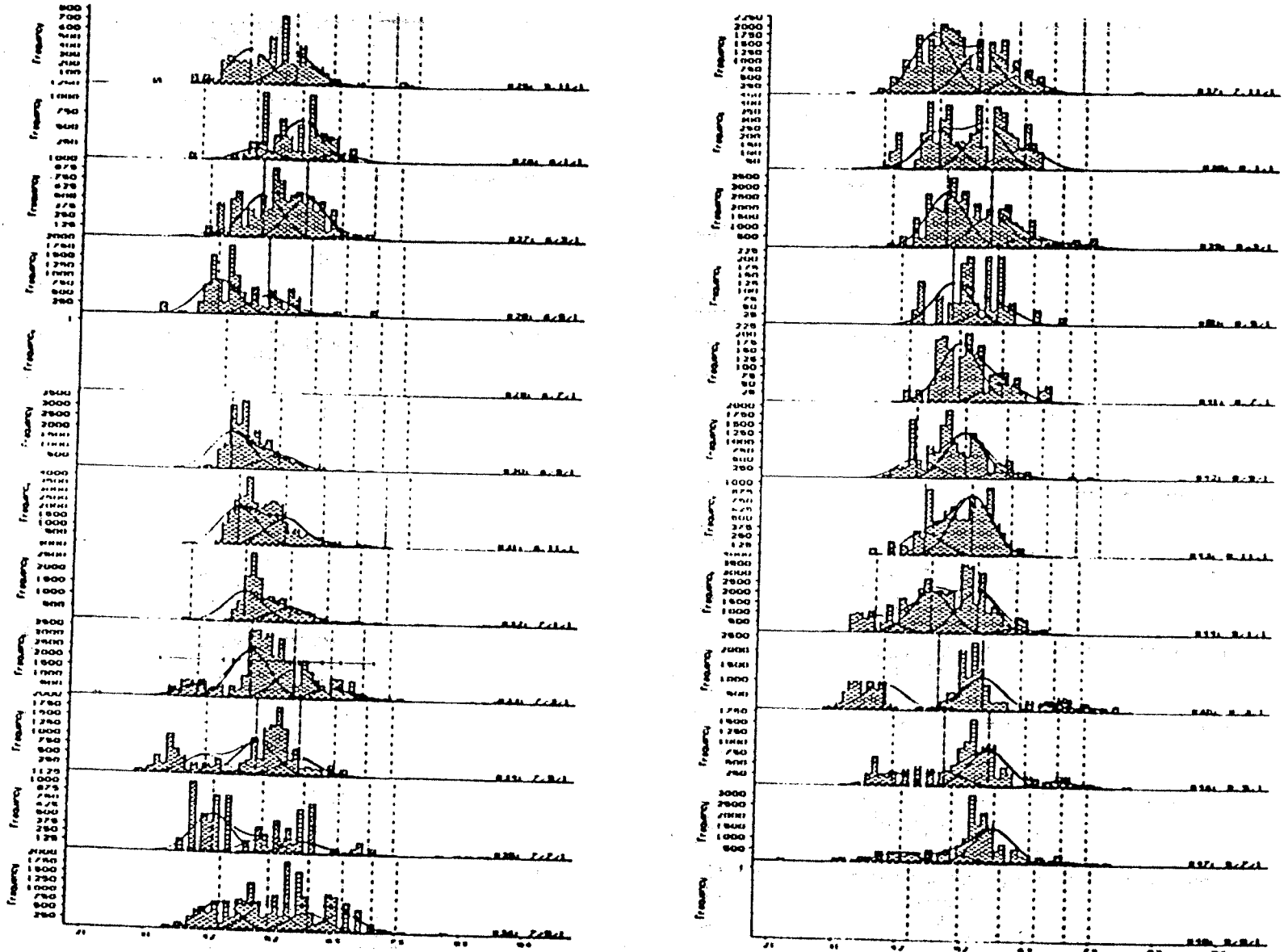


Figura 1. (continuación)

