

INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION
COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL

Internal Report - Informe Interno

No. 5

USE OF GENPROD ON SMALL DATA SETS

EMPLEO DE GENPROD EN PEQUEÑAS SERIES DE DATOS

by/por

Jerome J. Pella and/y Patrick K. Tomlinson

La Jolla, California
1970

P R E F A C E

The Internal Report series is produced primarily for the convenience of staff members of the Inter-American Tropical Tuna Commission. It contains reports of various types. Some will eventually be modified and published in the Commission's Bulletin series or in outside journals. Others are methodological reports of limited interest or reports of research which yielded negative or inconclusive results.

These reports are not to be considered as publications. Because they are in some cases preliminary, and because they are subjected to less intensive editorial scrutiny than contributions to the Commission's Bulletin series, it is requested that they not be cited without permission from the Inter-American Tropical Tuna Commission.

P R E F A C I O

Se ha producido una serie de Informes Internos con el fin de que sean útiles a los miembros del personal de la Comisión Interamericana del Atún Tropical. Esta serie incluye varias clases de informes. Algunos serán modificados eventualmente y publicados en la serie de boletines de la Comisión o en revistas exteriores de prensa. Otros son informes metodológicos de un interés limitado o informes de investigación que han dado resultados negativos o inconclusos.

Estos informes no deben considerarse como publicaciones, debido a que en algunos casos son datos preliminares, y porque están sometidos a un escrutinio editorial menos intenso que las contribuciones hechas en la serie de boletines de la Comisión; por lo tanto, se ruega que no sean citados sin permiso de la Comisión Interamericana del Atún Tropical.

USE OF GENPROD ON SMALL DATA SETS

by

Jerome J. Pella and
Patrick K. Tomlinson

INTRODUCTION

A generalized stock production model, a generalization of the Schaefer logistic model, has been described by Pella and Tomlinson, 1969. They developed a fitting scheme by which the stock production curve can be determined for an exploited population of fish using only the catch and effort history of the fishery. They also devised a computer program (GENPROD) for estimating the parameters of their model. The introduction of an estimation scheme such as least squares naturally arouses interest in the number of data points necessary to estimate parameters in a regression model. GENPROD, as a scheme for estimating the parameters of the general production model has raised such a question.

This report is designed for persons intending to make recommendations, utilizing GENPROD, based on an analysis of a brief fishing history. If it is not evident that catch per effort declines with increasing effort the use of GENPROD should be avoided. Furthermore, if the data series does not extend for more than 10 or 20 years, depending upon the life history of the particular species under study, GENPROD analysis should be interpreted with some caution. These precautions are necessary because virtually nothing is known of the statistical properties of our estimators. We shall show below that parameter estimates from small data sets can be meaningless even under ideal circumstances unless population changes are large.

In support of the approach, we have had some experience in fitting the model to complicated simulation models of exploited stocks (Pella, 1967; and other unpublished research). Comparisons of estimated and actual stock production curves

convinced us of the adequacy of this approach for yield assessment provided the stock is clearly affected by the fishery, and a reasonable amount of data are available. Unfortunately, we are unable to define "reasonable" in this context. We know it must depend not only on the degree of random variation in the production and catch rates, but also on the effort history and concomitant population changes.

To provide the user with some feeling for minimal limitations of our technique with regard to its small sample properties, we present some simulation results motivated by recent questions posed by persons concerned with assessing production from fish stocks for which few observations of annual catch and effort are available.

The simulations are unrealistic in that age structure of the population and stochastic variations in the production and catch rates are absent. Thus the shortcomings of the technique about to be discussed should be considered as minimal.

METHODS

Since it is suspected that population size, fishing intensity, and number of years will influence the reliability of the estimates, it was decided to generate catches on an annual basis for a population with known parameters, for a variety of effort patterns, and with the population at varying sizes essentially following the procedure described on page 432 of our paper (Pella and Tomlinson, 1969). The population selected has parameters

$$\begin{aligned}m &= 2 \\H &= -0.008814 \\K &= 2.600 \\q &= 0.0380 \\P_{\max} &= 295\end{aligned}$$

and corresponds to the population used by Pella (1967) to represent the yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean. Three different effort patterns (Table A, columns c) used are described below.

Type I effort pattern: This pattern roughly corresponds to the effort observed in the yellowfin tuna fishery in the eastern Pacific Ocean from 1935 to 1963 with 10 additional years of hypothetical fishing added after 1964 in such a way as to drive the population to a low level. This pattern represents a fishery for a 40-year period.

Type II effort pattern: This pattern corresponds to a fishery in which effort increased each year to a point where the population growth rate (equation 5 of Pella and Tomlinson) was a constant negative number (-30). This pattern is a representation of a fishery which does well for 17 years, then nearly collapses in the last 3 years.

Type III effort pattern: This pattern corresponds to a fishery which holds effort constant for periods of 4 years, increasing during each succeeding 4-year interval. This results in approximate population stability towards the end of each 4-year interval, but eventual decline to near extinction after 24 years of fishing.

The catches (Table A, Columns b) for Pattern I and II were computed by starting with the population (Table A, Columns a) at $P_{max} = 295$ and successively applying the annual effort for 40 and 20 years, respectively. The catches for Pattern III were calculated by letting the population size at the beginning, $P(0)$, of each 4-year interval of constant effort take on the equilibrium value for the preceding 4-year interval. In this manner, six different $P(0)$ values (295, 290, 244, 148, 45 and 5) were used with Pattern III and resulted in a combined history as shown in Table A with small errors when going from one effort level to the next. For example, starting with $P(0)=148$ and applying 58 units of effort for 4 years, the population would be at 52 rather than 45 as used at the beginning of the 4 years

of effort at 67 units; thus, column a under Effort Pattern III in Table A shows the population going from 57 to 45 rather than the correct value of 57 to 52. As will be shown later, this is not important to the present purpose.

Since the purpose of this work was to look at estimation from small data sets using GENPROD, the data sets of catch and effort in Table A were divided into 24 subsets (Table B). Thirteen of these subsets were from Effort Pattern I, five were from Pattern II, and the remaining six from Pattern III. Each of the subsets from Pattern I contained at least 8 years of data and the estimation was attempted using the annual values as given in Table A. Each of the 11 subsets from Patterns II and III contained only 4 years of data and therefore had to be modified to obtain enough points to try the estimation. Thus, for Patterns II and III, each year's catch and effort as shown in Table A was divided by 4 and the data were treated as catch and effort by quarter years. This gave 16 points for estimation using Patterns II and III. In general we do not advise such partitioning of the year or generation interval. In temperate species one would not expect production to be continuous throughout the year, but rather to show a peak during the summer and cessation in the winter. The stock production model (equation 1 of Pella and Tomlinson) may yet be useful to describe the growth of the population at discrete points of time separated by a year and hence roughly the production during the year.

It was mentioned earlier that Pattern III population sizes are not exactly correct in Table A; however, the 4 years of data comprising each subset were generated independently and the estimation using the subsets would not be affected by these errors. The only other errors in the catch figures used for estimation are the result of dividing the annual catches into quarterly catches for Patterns II and III. Since the population in both Patterns II and III were monotonically decreasing, the quarterly catches as computed from Table A would be underestimated

during the early quarters and overestimated during the late quarters of each year.

To test if GENPROD would accurately estimate the parameters from the complete sets (40 points for Pattern I, 80 points for II and 96 points for III), each was fitted (Table B, lines 1-3). For all of the 27 data sets tried, three values of \underline{m} (1.6, 1.8, and 2.0) were used. The procedure for making the guesses and setting the bounds was that suggested in Pella and Tomlinson (1969), except where necessary the upper or lower bounds were adjusted to make certain the true parameters were inside the bounds.

RESULTS

The estimates (Table B) from the three complete data sets were accurate and the small errors that exist in these are probably attributable to rounding errors, choices of KK=2 and N=1, and estimation of quarterly catches. The estimates from the subsets were generally erroneous, except when the first 12 or more years of data from Pattern I were used. Three of the small data subsets produced reasonably accurate estimates of C_{max} (Pattern I, years 9 to 16, Pattern I, years 33 to 40, and Pattern III, years 9 to 12). Some of the estimates could have been improved, since R was low, but some of the most erroneous values produced good approximations of the catch history as indicated by high R values. Notice that the two subsets from Pattern I included a portion of the history characterized by very large population change.

CONCLUSIONS

The three small data sets which estimated C_{max} came from the population when its production rate was high and at the same time the population was being changed rapidly. In practical applications we would interpret results from such a situation very carefully since lag effects can become influential. The implication

is clear -- one needs data which cover large gradual population changes and hence of necessity, a long series of years.

Any failure of GENPROD to estimate the parameters in the present case exactly cannot be attributed to inadequacy of the model to describe the data, but rather an inability of the fitting procedure to find the minimizing parameter values of the fitting criterion. Obviously, either the complexity of the model allows for more than one minimum on the surface S when using the procedures as given for GENPROD, or the surface can be very "flat" over large regions of the parameter space so that rounding errors interrupt the search. We suspect that problems with local minima or "flatness" of the surface will be encountered primarily when few years of data are available.

A complete analysis of the problems mentioned here seems extremely difficult, but the results given justify a warning to potential users who have small data sets. Further, users must be cautioned against interpreting a high value of R as meaning the estimates can be accepted without reservation.

LITERATURE CITED

- Pella, J.J. 1967. A study of methods to estimate the Schaefer model parameters with special reference to the yellowfin tuna fishery in the eastern tropical Pacific Ocean. Ph.D dissertation, Univ. of Wash IX + 155 p.
- Pella, J. J. and P. K. Tomlinson, 1969. A generalized stock production model. (In English and Spanish). Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. Bulletin 13(3): 421-496.

TABLE A
TABLA A

Changes in population and expected catches for 3 different effort patterns, given that $F_{opt} = 34.21$, $q = 0.038$, $U_{max} = 11.21$, and $P(0) = P_{max} = 295$.

Cambios en la población y posibilidades de captura para 3 modelos diferentes de esfuerzo, dado que $F_{opt} = 34.21$, $q = 0.038$, $U_{max} = 11.21$, y $P(0) = P_{max} = 295$.

TIME TIEMPO	EFFORT PATTERN MODELO DE ESFUERZO			EFFORT PATTERN MODELO DE ESFUERZO			EFFORT PATTERN MODELO DE ESFUERZO				
	I			II			III				
	<u>a</u>	<u>b</u>	<u>c</u>		<u>a</u>	<u>b</u>	<u>c</u>		<u>a</u>	<u>b</u>	<u>c</u>
1	295	66.5	6.3	295	29.2	2.7	295	11.1	1.0		
2	270	69.1	6.8	284	55.1	5.2	291	11.1	1.0		
3	266	81.7	8.2	273	79.6	7.9	291	11.0	1.0		
4	260	68.1	6.8	262	102.6	10.6	291	11.0	1.0		
5	265	102.1	10.5	251	124.0	13.4	290	119.0	12.0		
6	251	102.4	10.8	239	143.5	16.4	248	111.8	12.0		
7	249	91.8	9.6	226	160.9	19.4	244	111.0	12.0		
8	253	59.9	6.0	213	176.1	22.6	243	110.9	12.0		
9	268	60.3	5.9	200	188.6	26.0	244	249.6	34.2		
10	269	65.2	6.4	186	198.4	29.5	165	204.2	34.2		
11	268	92.7	9.4	172	204.7	33.2	152	195.0	34.2		
12	256	129.4	14.0	157	207.4	37.1	149	192.6	34.2		
13	237	170.6	20.4	141	205.7	41.4	148	238.5	58.0		
14	211	183.1	24.0	124	199.0	45.9	84	162.2	58.0		
15	195	170.8	23.0	107	186.6	51.0	66	134.0	58.0		
16	196	213.9	31.9	89	167.7	56.7	57	120.1	58.0		
17	166	135.0	18.7	70	141.4	63.6	45	98.7	67.0		
18	205	217.3	31.5	50	107.2	72.6	34	77.0	67.0		
19	168	213.6	36.4	30	65.8	87.4	27	63.8	67.0		
20	146	156.7	25.0	12	23.3	129.0	23	54.8	67.0		
21	178	134.3	17.8				5	12.6	70.0		
22	211	198.5	26.9				5	11.4	70.0		
23	185	182.1	26.1				4	10.4	70.0		
24	183	209.8	32.7				4	9.4	70.0		
25	161	177.3	27.9								
26	171	208.5	34.3								
27	153	220.3	43.2								
28	122	186.3	40.1								
29	122	168.7	33.0								
30	143	200.1	38.2								
31	134	196.8	40.0								
32	126	189.7	40.0								
33	124	204.3	50.0								
34	97	173.2	50.0								
35	87	161.2	50.0								
36	83	160.9	60.0								
37	61	127.6	60.0								
38	52	111.1	60.0								
39	46	84.6	30.0								
40	104	145.0	30.0								

- a. Population size at the beginning of the year. Tamaño de la población a principios del año.
- b. Expected catch given the effort at c. Posibilidad de captura dado el esfuerzo en c.
- c. Effort pattern used to change the population as shown in a. Modelo de esfuerzo usado para cambiar la población como se muestra en a.

TABLE B

TABLA B

Various estimates from GENPROD using small data sets taken from Table A
 Diversas estimaciones de GENPROD utilizando pequeñas series de datos tomados de la
 Tabla A

Effort Pattern Modelo de Esfuerzo	Catch Years Años de Captura	F_{opt}	C_{max}	U_{max}	q	m	R	Years of Data Años de Datos	Number of Points Cantidad de Puntos
I	1-40	34.5	189.8	11.0	.040	2.0	.998	40	40
II	1-20	32.7	186.4	11.4	.031	2.0	.980	20	80
III	1-24	32.1	182.9	11.4	.030	2.0	.972	24	96
I	1-8	0.9	4.5	10.0	.001	1.6	.984	8	8
I	9-16	31.4	163.5	10.4	.011	2.0	.998	8	8
I	17-24	248.7	994.7	8.0	.0001	1.6	.786	8	8
I	25-32	4.8	14.6	6.1	.001	1.6	.247	8	8
I	33-40	38.2	166.3	8.7	.004	2.0	.966	8	8
II	1-4	8.0	43.7	10.9	.006	1.6	.999	4	16
II	5-8	7.4	34.3	9.4	.003	1.8	.982	4	16
II	9-12	3.1	11.3	7.3	.002	1.6	.518	4	16
II	13-16	18.1	48.3	5.4	.004	1.6	.577	4	16
II	17-20	8.8	12.5	2.8	.009	2.0	.820	4	16
III	1-4	97.5	541.1	11.1	.005	1.6	.761	4	16
III	5-8	5.9	29.4	10.0	.002	1.6	.795	4	16
III	9-12	52.4	199.8	7.6	.006	2.0	.843	4	16
III	13-16	27.8	62.9	4.5	.006	1.6	.894	4	16
III	17-20	15.4	15.4	2.0	.004	1.6	.928	4	16
III	21-24	7.0	64.9	18.5	.002	1.6	.939	4	16
I	1-10	3.2	17.8	11.1	.004	2.0	.927	10	10
I	1-12	38.2	210.3	11.0	.032	2.0	.999	12	12
I	1-14	35.3	196.1	11.1	.027	2.0	.999	14	14
I	1-16	35.0	194.3	11.1	.038	2.0	.999	16	16
I	1-18	34.0	189.0	11.1	.044	2.0	.999	18	18
I	1-20	34.4	191.1	11.1	.048	2.0	.999	20	20
I	1-22	35.0	192.7	11.0	.050	2.0	.999	22	22
I	1-24	34.3	190.8	11.1	.048	2.0	.999	24	24
True Values Valores reales		34.2	191.7	11.2	.038	2.0	1.00		

EMPLEO DE GENPROD EN PEQUEÑAS SERIES DE DATOS

por

Jerome J. Pella y Patrick K. Tomlinson

INTRODUCCION

Un modelo generalizado de la producción del stock, una generalización del modelo logístico de Schaefer, ha sido descrito por Pella y Tomlinson, 1969. Desarrollaron un esquema de ajustamiento por el cual la curva de producción del stock puede determinarse para una población explotada de peces usando únicamente la historia cronológica de la captura y el esfuerzo de la pesquería. Concibieron también un programa computador (GENPROD) para estimar los parámetros de su modelo. La presentación de un esquema de estimación como el de los mínimos cuadrados despierta naturalmente el interés en la cantidad de puntos de los datos necesarios para estimar los parámetros en el modelo de regresión. GENPROD, como un esquema para estimar los parámetros del modelo general de producción ha hecho surgir tal problema.

Este informe ha sido concebido para personas que intentan hacer recomendaciones utilizando GENPROD, basándose en un análisis breve de una historia de pesca. Si no es evidente que la captura por esfuerzo declina con el aumento del esfuerzo el uso de GENPROD debe evitarse. Además si la serie de datos no se prolonga más de 10 o 20 años, dependiendo del ciclo vital de una especie particular que se encuentra bajo estudio, el análisis de GENPROD debe ser interpretado con cierta cautela. Estas precauciones son necesarias porque no se conoce virtualmente nada de las propiedades estadísticas de nuestros estimadores. Indicaremos más adelante que las estimaciones de los parámetros de series pequeñas de datos pueden no tener ningún sentido aún bajo circunstancias ideales a menos que los cambios de la población sean grandes.

Para apoyar este enfoque, hemos tenido alguna experiencia en ajustar el modelo a modelos complejos de simulación de stocks explotados (Pella, 1967; y otras investigaciones inéditas). Las comparaciones de las curvas actuales de producción del stock y de las estimadas nos convenció de la eficacia de este enfoque de la determinación del rendimiento siempre que el stock se encuentre efectivamente afectado por la pesquería, y que se encuentre disponible una cantidad razonable de datos. Desafortunadamente somos incapaces de definir "razonable" en este contexto. Sabemos que debe depender no solamente en el grado de variación aleatoria en los índices (tasas) de producción y captura, pero también en la historia del esfuerzo y en los cambios concomitantes de la población.

Con el fin de proveer a la persona que lo utiliza con alguna percepción de las limitaciones mínimas de nuestra técnica en lo referente a las propiedades de la pequeña muestra, presentamos algunos resultados de simulación motivados por recientes preguntas planteadas por personas interesadas en determinar la producción de los stocks de peces para los cuales se dispone de pocas observaciones anuales de captura y esfuerzo.

Las simulaciones no son realísticas ya que la estructura de la edad de la población y las variaciones estocásticas en los índices de producción y captura se encuentran ausentes. Por lo tanto las omisiones de la técnica que se va a discutir deben considerarse como mínimas.

METODOS

Como se sospecha que el tamaño de la población, la intensidad de pesca y el número de años ha de influir en la precisión de las estimaciones, se decidió producir capturas en una base anual para una población con parámetros conocidos para una variedad de pautas de esfuerzo, y con la población de diferentes tamaños siguiendo esencialmente el procedimiento descrito en la página 432 de

nuestro estudio (Pella y Tomlinson, 1969). La población escogida tiene parámetros

$$m = 2$$

$$H = -0.008814$$

$$K = 2.600$$

$$q = 0.0380$$

$$P_{\max} = 295$$

y corresponde a la población usada por Pella (1967) para representar el atún aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental. A continuación se describen tres diferentes pautas de esfuerzo (Tabla A, columnas c) empleadas.

I Tipo de la pauta de esfuerzo: Esta pauta corresponde aproximadamente al esfuerzo observado en la pesca del atún aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental desde 1935 hasta 1963 con 10 años adicionales de pesca hipotética agregados después de 1964 en tal forma como para forzar la población a un nivel bajo. Esta pauta representa una pesquería durante un período de 40 años.

II Tipo de la pauta de esfuerzo: Esta pauta corresponde a una pesca en la que el esfuerzo aumentó cada año hasta un punto en el que el índice de crecimiento de la población (ecuación 5 de Pella y Tomlinson) fue un número negativo constante (-30). Esta pauta es una representación de una pesquería que durante 17 años tuvo un rendimiento satisfactorio, para luego decaer en los 3 últimos años.

III Tipo de la pauta de esfuerzo: Esta pauta corresponde a una pesca que mantiene esfuerzo constante durante períodos de 4 años, aumentando durante cada intervalo sucesivo de 4 años. Esto resulta en una estabilidad aproximada de la población hacia el

final de cada intervalo de 4 años, pero eventualmente declina casi hasta su extinción después de pescar 24 años.

Las capturas (Tabla A, columnas b) para las pautas I y II fueron computadas al empezar con la población (Tabla A, columnas a) de $P_{max} = 295$ y aplicando sucesivamente el esfuerzo anual durante 40 y 20 años, respectivamente. Las capturas para la pauta III fueron calculadas para que al dejar el tamaño de la población al principio $P(0)$, de cada intervalo de 4 años de esfuerzo constante, asumir el valor de equilibrio para el intervalo anterior de 4 años. De este modo se usaron seis diferentes valores de $P(0)$ (295, 290, 244, 148, 45 y 5) con la pauta III y resultó en una historia combinada como se indica en la Tabla A con pequeños errores cuando se pasa de un nivel de esfuerzo al próximo. Por ejemplo, empezando con $P(0) = 148$ y aplicando 58 unidades de esfuerzo por 4 años, la población sería de 52 en lugar de 45 como se usó al principio de los 4 años de esfuerzo de 67 unidades; por lo tanto, la columna a bajo la Pauta III de Esfuerzo en la Tabla A indica que la población pasa de 57 a 45 en lugar del valor correcto de 57 a 52. Como presentaremos más adelante, esto no es importante para el propósito actual.

Ya que el propósito de este trabajo fue de mirar la estimación de las pequeñas series de datos al usar GENPROD, la serie de datos de captura y esfuerzo en la Tabla A fue dividida en 24 subseries (Tabla B). Trece de estas subseries provinieron de la Pauta I de Esfuerzo, cinco de la Pauta II, y las seis restantes de la Pauta III. Cada una de las subseries de la Pauta I tenían por lo menos 8 años de datos y se intentó realizar la estimación usando los valores anuales como los presenta la Tabla A. Cada una de las 11 subseries de las Pautas II y III tenían solo 4 años de datos y consecuentemente tuvo que modificarse para obtener suficientes puntos para tratar la estimación. Por lo tanto,

para las Pautas II y III la captura y el esfuerzo de cada año como se indica en la Tabla A fueron divididos por 4 y se trataron los datos como captura y esfuerzo trimestrales. Esto produjo 16 puntos para la estimación usando las Pautas II y III. No aconsejamos por lo general tal división del año o intervalo de generación. En especies de aguas templadas no se espera que la producción sea continua durante el año, sino más bien que presente un máximo durante el verano y cesación en el invierno. El modelo de la producción del stock (ecuación 1 de Pella y Tomlinson) puede aún ser útil para describir el crecimiento de la población en puntos discretos de tiempo separados por un año y de ahí aproximarse a la producción durante el año.

Se mencionó anteriormente que los tamaños de la población de la Pauta III no están exactamente correctos en la Tabla A; sin embargo, los 4 años de datos que incluyen cada subserie fueron producidos independientemente y la estimación que utiliza las subseries no se encuentra afectada por estos errores. Los únicos otros errores en las cifras de captura empleados para la estimación son del resultado de la división de las capturas anuales en capturas trimestrales para las pautas II y III. Desde que la población en ambas Pautas II y III estaban disminuyendo monotónicamente, las capturas trimestrales conforme se computan de la Tabla A estarían subestimadas durante los primeros trimestres y sobreestimadas durante los últimos trimestres de cada año.

Para probar si GENPROD estimaría acertadamente los parámetros de las series completas (40 puntos para la Pauta I, 80 puntos para la II y 96 puntos para la III), cada una fue ajustada (Tabla B, líneas 1-3). Respecto a todas las 27 series de datos probados, se emplearon tres valores de m (1.6, 1.8, y 2.0). El procedimiento para hacer las suposiciones y establecer los límites fue el sugerido en el estudio de Pella y Tomlinson (1969), excepto/cuando fue necesario se ajustaron los límites superiores o inferiores para asegurarse que los

parámetros reales se encontraban dentro de los límites.

RESULTADOS

Las estimaciones (Tabla B) de las tres series de datos completos fueron exactas y los pequeños errores que existen en ellas pueden probablemente atribuirse a los errores de redondeo, la selección de $KK = 2$ y $N = 1$, y la estimación de las capturas trimestrales. Las estimaciones de las subseries fueron generalmente erróneas, excepto cuando se usaron los 12 primeros años o más de los datos de la pauta I. Tres de las pequeñas subseries de datos produjeron estimaciones razonablemente exactas de C_{max} (Pauta I, años 9 a 16; Pauta I, años 33 a 40; y Pauta III, años 9 a 12). Se hubieran podido perfeccionar algunas de las estimaciones, ya que el valor de R era bajo, pero algunos de los valores más erróneos produjeron buenas aproximaciones de la historia de captura como lo indican los altos valores de R . Obsérvese que las dos subseries de la Pauta I incluyeron una porción de la historia caracterizada por cambios bien grandes de población.

CONCLUSIONES

Las tres pequeñas series de datos que estimaron C_{max} provienen de la población cuando el índice de producción estuvo alto y al mismo tiempo la población estaba cambiando rápidamente. En aplicaciones prácticas interpretaríamos los resultados según tal situación muy cuidadosamente ya que los efectos de desfaseamiento se pueden volver influentes. La implicación está clara -- se necesitan datos que cubran los grandes cambios graduales de la población y de aquí la necesidad de una larga serie de años.

Cualquier falla de GENPROD en estimar los parámetros en el caso actual no puede atribuirse exactamente a la ineficacia del modelo en describir los datos, pero más bien a la incapacidad del procedimiento de ajuste para encontrar los

valores de los parámetros del criterio de ajustamiento que reducen al mínimo. Así que los errores de redondeo interrumpen la búsqueda ya sea que evidentemente la complejidad del modelo permita más de un mínimo en la superficie S cuando se usan los procedimientos dados por GENPROD, o que la superficie pueda ser muy "plana" sobre grandes regiones del espacio del parámetro. Sospechamos que los problemas de los mínimos locales o "aplanamiento" de la superficie se encontrarán principalmente cuando se disponga de datos de algunos pocos años.

Parece extremadamente difícil lograr un completo análisis de los problemas mencionados aquí, pero los resultados dados justifican aconsejar una prevención a los posibles usuarios que tengan series pequeñas de datos. Además, debe prevenirse a los usuarios que un alto valor de R no significa que las estimaciones puedan aceptarse sin reservaciones.