

## Tasas de crecimiento, mortalidad, reclutamiento, rendimiento y biomasa relativos por recluta de *Lutjanus peru* (Persiformes: Lutjanidae) en el Pacífico Noroeste de Costa Rica

Ricardo Gutiérrez Vargas

Ministerio de Agricultura y Ganadería, Centro Regional de Pesca, Barrio El Capulín de Liberia, Guanacaste, Costa Rica

(Rec. 27 VII-1989. Acep. 3-VIII-1990)

**Abstract:** Length-frequency analysis of *Lutjanus peru* showed that recruitment occurred all over the year; however, two main seasons or components were found. The yield analysis suggests that in 1985 there was overexploitation (exploitation rate (E) = 0.795). The model pointed out that the maximum relative yield could be obtained at an E = 0.56.

**Key words:** tropical fisheries, overexploitation, demography.

El "pargo seda" *Lutjanus peru* habita desde aguas someras hasta el talud continental y principalmente en fondos rocosos desde México hasta Perú; como otros miembros de la familia Lutjanidae, después de la diferenciación sexual, el sexo permanece constante. Los pargos son depredadores activos, alimentándose principalmente durante la noche de una gran variedad de organismos pero fundamentalmente de peces pequeños. Allen (1985) presenta una descripción general de la familia.

*L. peru* se encuentra entre las especies más importantes de la economía pesquera artesanal de Costa Rica (D.G.R.P.A. 1987); sin embargo son muy escasos los conocimientos biológicos-pesqueros que se tienen de esta especie.

En el presente trabajo se han utilizado modelos ampliamente conocidos pero, recientemente adaptados para usarlos con computadoras.

Con las muchas limitaciones inherentes a los mismos, se logró determinar algunos parámetros fundamentales para describir el crecimiento, la mortalidad, el patrón de reclutamiento y el rendimiento relativo por recluta.

El estudio se basó en las mediciones de longitud total hechas a casi 6.000 peces provenientes del Pacífico Noroeste de Costa Rica y capturados por la flota artesanal durante 1985.

### MATERIAL Y METODOS

Las longitudes totales de 5.902 peces pertenecientes a la especie *Lutjanus peru* fueron medidas entre enero y diciembre de 1985. Los individuos provinieron de capturas comerciales realizadas por pescadores artesanales en aguas de la plataforma continental del Pacífico Noroeste de Costa Rica desde los 11°04' hasta los 09°33'.

Los mismos fueron capturados con los artes de pesca permitidos: redes agalleras con luz de malla de 8.90 cm, 11.43 cm y 13.33 cm; así también con anzuelos mustang N° 6 y N° 7.

Las mediciones no pudieron hacerse en forma consecutiva cada mes, por lo que hubo que agruparlas por períodos bimensuales.

**Crecimiento:** Al igual que otros investigadores (Baez *et al.* 1980; Claro 1983) quienes han trabajado con el mismo género, el autor utilizó el modelo generalizado de Von Bertalanffy para describir el crecimiento de *Lutjanus peru*.

Las frecuencias de longitud fueron agrupadas en seis muestras que contenían la información de dos meses consecutivos desde enero hasta diciembre de 1985. Cada muestra fue analizada por el método de Battacharya en su versión

computadorizada, previo ajuste de selección para los artes empleados en la pesca (Sparre 1987) para separar las cohortes o componentes. Seguidamente, éstas fueron unidas para el análisis de progresiones modales contenida en el programa denominado "Length-Based Fish Stock Assessment (LFSA)" desarrollado por Sparre (1987) y que a su vez utiliza el ploteo de Gulland y Holt. De esta forma, fueron calculados los parámetros  $L_{\infty}$  y  $K$ . El factor de condición inicial "to" fue encontrado utilizando la relación empírica desarrollada por Pauly (1980).

**Estimación de la mortalidad total (Z):** Para la estimación de  $Z$  se construyó una curva convertida de captura con los valores de  $L_{\infty}$  y  $K$  determinadas anteriormente; se tuvo cuidado de no incluir peces con longitudes cercanas a la longitud asintótica (Pauly 1983).

**Estimación de la mortalidad natural (M):**  $M$  fue estimada independientemente de la mortalidad total a partir de la relación desarrollada por Pauly (1980), que tiene su fundamento en que la mortalidad natural es una función del tamaño, la tasa de crecimiento y la temperatura ambiental.

Para el presente estudio, la temperatura anual promedio fue calculada partiendo de datos tomados por personal a bordo del barco japonés de investigación "Nisshin Maru", en el período 1987-1988 (JICA 1988); debido a que son los únicos datos disponibles para el área de donde fueron obtenidas las muestras. Este cálculo, que debe considerarse como una aproximación, se basó en la temperatura de los diferentes estratos, ponderado el promedio de cada uno en relación a sus capturas y posteriormente haciendo una suma de todos los promedios para obtener uno sólo.

**Estimación de la mortalidad por pesca (F):** Una vez que los parámetros  $Z$  y  $M$  fueron estimados, la mortalidad por pesca fue calculada como la diferencia de la mortalidad total menos la mortalidad natural.

**Determinación del patrón de reclutamiento:** El patrón de reclutamiento fue obtenido con el programa ELEFAN II (Gayanilo, Soriano y Pauly 1988). Dado que el programa toma en cuenta la oscilación estacional del crecimiento "C" como uno de los parámetros necesarios para el cómputo; en el presente caso se le suministró un valor de 0, lo cual estaría en concordancia con el modelo generalizado de crecimiento.

**Estimación del rendimiento relativo por recluta y la biomasa por recluta:** No se cuenta con información de los pesos individuales ni de la relación peso longitud para el pargo seda, por esta razón no pudo utilizarse la ecuación original de Beverton y Holt; en su lugar, para estimar el nivel óptimo de explotación (E), se utilizó el programa ELEFAN II que contiene una modificación hecha por Pauly y Soriano (1986) al modelo original de Beverton y Holt (1964), el cual asume una curva de selección del tipo "Knife edge" y en el cual el rendimiento relativo por recluta es una función de  $M/K$ ,  $E$ , y  $C$  (longitud media a la primera captura/ $L_{\infty}$ ). De esta forma se pudo estimar el estado de explotación en el cual se encontraba el stock.

## RESULTADOS

El presente estudio se basó en mediciones de longitud total, que varió entre los 24 y los 82 cm, con un promedio ponderado de  $37.8 \pm 6.28$  cm (Cuadro 1).

**Crecimiento:** Los resultados de los análisis de Battacharya para las seis muestras, se presentan en el Cuadro 2. Los valores que se utilizaron en el análisis de progresiones modales resultaron en tres componentes o cohortes, con coeficientes de correlación en los tres casos, superiores a 0.93 (Fig. 1).

Tales cohortes fueron combinadas en el "ploteo" de Gulland y Holt (1959) y resultaron en un  $k = 1.46$  y una  $L_{\infty} = 83.34$  cm.

El factor relativo de condición inicial ( $t_0$ ) dio un valor de 0.035, según la siguiente relación:

$$\begin{aligned} \log(-t_0) &= -0.3922 - 0.2752 \log 83.34 - 1.038 \log 1.46 \\ t_0 &= -1.0854 \\ t_0 &= 0.035 \end{aligned}$$

Los valores así obtenidos pueden ser colocados en la ecuación de crecimiento y con ella construir la curva, en la cual podrá observarse que la especie alcanza los 30 cm de longitud total antes de los seis meses de edad.

**La mortalidad total:** La especie se encuentra totalmente reclutada a la pesquería a partir de los 36 cm (Cuadro 3). La curva de captura que se obtiene con la información de este cuadro, posee una pendiente equivalente a una  $Z = 6.59 \pm 0.6$ .

**La mortalidad natural:** La temperatura promedio anual, a la cual vive la especie fue estimada de la siguiente manera:

Estrato (m)	Temp. prom. (°C)	Capturas (Kg)	%	Prom. pond (°C)
50-75	126.5	184	90.2	14.880
75-1000	15.5	11	5.4	0.837
100-150	14.0	9	4.4	0.616

promedio a usar..... 16.33°C

## CUADRO 1

*Distribución de frecuencias de longitud del pargo seda Lutjanus peru del Pacífico Noroeste de Costa Rica, 1985*

Año	1985	1985	1985	1985	1985	1985	Total
Mes	1	3	5	7	9	11	
Día	30	30	30	30	30	30	
24.00-26.00	0	0	0	0	1	0	1
26.00-28.00	0	0	5	11	6	0	22
28.00-30.00	5	0	15	125	25	4	174
30.00-32.00	9	3	11	376	89	7	495
32.00-34.00	26	26	34	547	99	33	765
34.00-36.00	60	46	57	610	179	130	1082
36.00-38.00	100	27	39	523	253	140	1082
38.00-40.00	53	4	18	317	221	120	733
40.00-42.00	41	1	7	216	220	50	535
42.00-44.00	25	0	3	137	175	23	363
44.00-46.00	6	0	1	84	88	27	206
46.00-48.00	9	0	0	69	59	14	151
48.00-50.00	9	0	0	28	31	8	76
50.00-52.00	13	0	0	20	8	1	42
52.00-54.00	1	0	0	18	12	1	32
54.00-56.00	2	0	0	15	9	1	27
56.00-58.00	2	0	0	16	9	0	27
58.00-60.00	2	0	0	6	6	0	14
60.00-62.00	0	0	0	2	9	0	11
62.00-64.00	0	0	0	1	8	0	9
64.00-66.00	0	0	0	1	2	0	3
66.00-68.00	0	0	0	3	3	0	6
68.00-70.00	0	0	0	3	6	0	9
70.00-72.00	0	0	0	4	3	0	7
72.00-74.00	0	0	0	3	5	0	8
74.00-76.00	0	0	0	1	7	0	8
76.00-78.00	0	0	0	3	5	0	8
78.00-80.00	0	0	0	1	3	0	4
80.00-82.00	0	0	0	1	1	0	2
Total	363	107	190	3141	1542	559	5902

CUADRO 2

Resultado del análisis de Battacharya hecho a 6 muestras de *Lutjanus peru* y colectadas en el Pacífico Noroeste de Costa Rica, 1985

M	a	n	Intervalo	Longitud	S	N.	Cal.N	I.S.	Indice
1	1	4	32.00-40.00	36.637	2.718	282	284		(05-80)
	2	5	44.00-54.00	43.526	3.875	75	83	2.089	(11-15)
2	1	4	32.00-40.00	35.108	1.733	106	106		(05-80)
3	1	2	28.00-32.00	29.559	1.685	33	33		(03-40)
	2	3	34.00-40.00	35.430	2.436	150	163	2.848	(06-80)
4	1	4	26.00-34.00	33.260	2.325	1721	1784		(02-50)
	2	4	36.00-44.00	38.909	3.138	1204	1280	2.067	(07-10)
	3	4	52.00-60.00	52.521	4.075	196	106	3.774	(15-18)
	4	7	68.00-82.00	67.888	8.875	20	37	2.373	(23-29)
5	1	4	26.00-34.00	33.407	2.769	386	402		(02-50)
	2	8	36.00-52.00	40.691	3.995	1070	1121	2.153	(07-14)
	3	6	54.00-66.00	55.766	4.902	54	68	3.388	(16-21)
	4	5	70.00-80.00	69.287	8.555	32	64	2.009	(24-28)
6	1	3	34.00-40.00	37.128	2.290	477	470		(06-80)
	2	4	44.00-52.00	45.120	2.306	80	72	3.476	(11-14)

- M: Muestras
- a: Número de componente (cohorte)
- n: Número de observaciones usadas para estimar el componente.
- S: Desviación standard
- N: Número "observado" en cohorte.
- Cal. N: Número calculado en cohorte.
- I.S.:  $2 * (L_{promedio(a)} - L_{promedio(a-2)}) / (S(a-1) + S(a))$ .
- Indices: Indices usados en regresión.

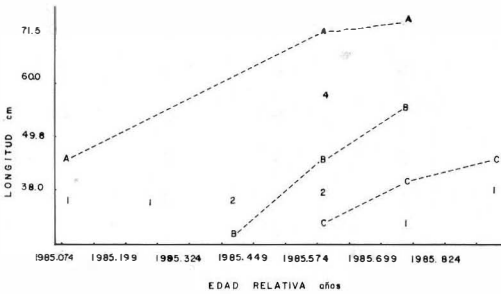


Fig. 1. *Lutjanus peru* del Pacifico Noroeste de Costa Rica. Análisis de progresión modal. Las modas encontradas por el análisis de Battacharya son unidas siguiendo una misma cohorte (línea discontinua).

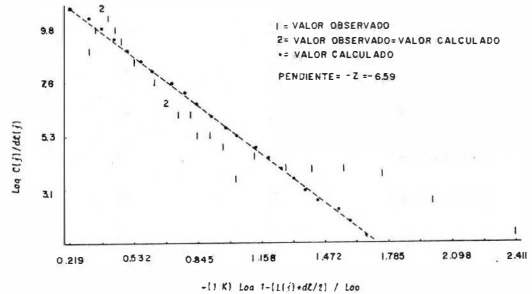


Fig. 2. *Lutjanus peru* curva de captura (longitudes convertidas). Pacifico Noroeste de Costa Rica, 1985.

Este promedio fue colocado a la siguiente fórmula para estimar la mortalidad natural:

$$\begin{aligned} \text{Log } M &= 0.0066 - 0.279 \log 83.34 + 0.65431 \\ &\quad \log 1.26 + 0.46341 \log 16.33 \\ &= 0.127 \\ M &= 1.33 \end{aligned}$$

**La mortalidad por pesca:** Esta fue calculada simplemente como la diferencia de la mortalidad total menos la mortalidad natural:

$$\begin{aligned} F &= 6.59 - 1.33 \\ &= 5.26 \end{aligned}$$

CUADRO 3

*Lutjanus peru*. Longitudes de la curva de captura.

(x) = longitudes usadas, c = frecuencias, dt = tiempo necesario para crecer de la longitud L (j) a la L (j + 1), t = edad relativa de los peces en el grupo j

Intervalo	C	dt	t	log (c/dt)
24.00-25.00	1.00	0.0233	0.2431	3.7562
26.00-28.00	22.00	0.0242	0.2668	6.8124
28.00-30.00	174.00	0.0251	0.2915	8.8442
30.00-32.00	495.00	0.0260	0.3170	9.8522
32.00-34.00	765.00	0.0270	0.3436	10.2486
34.00-36.00	1082.00	0.0282	0.3712	10.5547
36.00-38.00(x)	1082.00	0.0294	0.4000	10.5125
38.00-40.00(x)	733.00	0.0307	0.4301	10.0789
40.00-42.00(x)	535.00	0.0322	0.4616	9.7178
42.00-44.00(x)	363.00	0.0338	0.4946	9.2816
44.00-46.00(x)	206.00	0.0355	0.5292	8.6642
46.00-48.00(x)	151.00	0.0375	0.5657	8.3000
48.00-50.00(x)	76.00	0.0397	0.6043	7.5568
50.00-52.00(x)	42.00	0.0421	0.6452	6.9037
52.00-54.00(x)	32.00	0.0449	0.6888	6.5679
54.00-56.00(x)	27.00	0.0481	0.7352	6.3297
56.00-58.00(x)	27.00	0.0517	0.7851	6.2565
58.00-60.00(x)	14.00	0.0560	0.8390	5.5206
60.00-62.00(x)	11.00	0.0610	0.8974	5.1936
62.00-64.00(x)	9.00	0.0670	0.9613	4.8990
64.00-66.00(x)	3.00	0.0744	1.0319	3.6967
66.00-68.00(x)	6.00	0.0835	1.1106	4.2742
68.00-70.00(x)	9.00	0.0952	1.1996	4.5487
70.00-72.00(x)	7.00	0.1107	1.3020	4.1466
72.00-74.00(x)	8.00	0.1322	1.4225	4.1024
74.00-76.00(x)	8.00	0.1642	1.5691	3.8851
76.00-78.00(x)	8.00	0.2168	1.7560	3.6080
78.00-80.00	4.00	0.3198	2.0143	2.5261
80.00-82.00	2.00	0.6225	2.4354	1.1670

**Patrón de reclutamiento:** El reclutamiento (Fig. 3) ocurre durante todo el año; sin embargo, se presentan dos máximos, el primero de mayor magnitud cubriendo un 68.89 % del reclutamiento anual y el segundo más pequeño, cuyo tamaño es de sólo un 23.76% del total reclutado en el año.

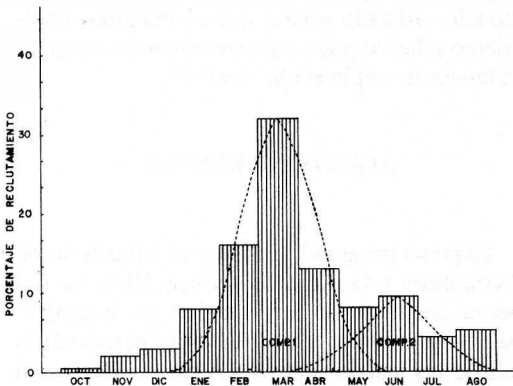


Fig. 3. Patrón de reclutamiento de *Lutjanus peru* del Pacífico Noroeste de Costa Rica  $K = 1.46$ ,  $c = 0.00$ ,  $t_0 = 0.04$ . componente 1:  $x = 5.9$ ,  $ds = 0.86$  %R = 68.69. Componente 2:  $x = 8.9$ ,  $ds = 1.06$  y %R = 23.76.

### Rendimiento y biomasa relativa por recluta

La tasa de explotación ( $E = F/Z$ ) fue estimada en 0.795. El índice del rendimiento y biomasa relativos por recluta (Fig. 4) varían según sea la tasa de explotación a la cual esté sometido el "stock"; de tal manera que una tasa de explotación de 0.55 pudo haber resultado en un rendimiento relativo máximo superior a 0.0817. En cambio, con una  $E=0.795$  se obtuvo un índice de rendimiento de 0.064; es decir con un exceso del 30.8% en la tasa de explotación se obtuvo un 21.6% menos del rendimiento obtenible ese año.

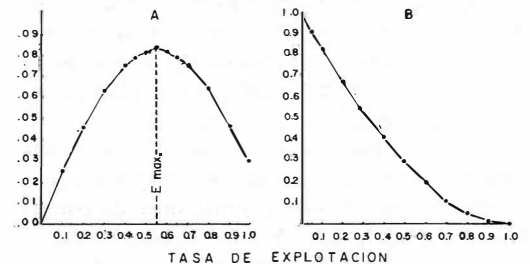


Fig. 4. *Lutjanus peru*. A) Rendimiento relativo por recluta, B) Biomasa relativa por recluta.  $E_{max} = 0.5622$ ,  $E_{-0.1} = 0.5071$ ,  $E_{-0.5} = 0.3124$ ,  $L_c/L = 0.37$ ,  $M/K = 1.03$ . Costa Rica, 1985.

## DISCUSION Y RECOMENDACIONES

Estos peces fueron capturados dentro de la plataforma continental. Esta zona ha sido desde hace varios años definida por el Gobierno de Costa Rica como la "zona 1" para propósitos administrativos y de ordenamiento pesquero. Por esta razón práctica, el autor decidió aplicar el concepto de *stock* definido por Gulland (1969), en el que se enfatiza que los resultados que el investigador obtiene de la evaluación en la dinámica poblacional de un grupo visto como un *stock* no deben definir significativamente de la realidad. Por lo tanto los resultados expuestos podrían mantenerse o no cuando se realicen en un futuro, mejores estudios. Así mismo, los resultados provienen de modelos matemáticos y por lo tanto, deben ser validados con información proveniente de observaciones realizadas en las áreas de pesca. Como es bien sabido, el reclutamiento puede variar considerablemente de un año a otro, esto obliga a un constante monitoreo de la especie, con el propósito de establecer promedios, no sólo de este parámetro, sino del crecimiento y la mortalidad.

Todas las artes de pesca son selectivas y por ello capturan peces dentro de cierto ámbito de longitudes. en este estudio las muestras se capturaron con diferentes artes de pesca, los cuales se utilizan legalmente en el país. Aunque existió una buena representatividad de las longitudes, no hubo ninguna inferior a los 24 cm, con lo cual se introduce una posible fuente de error en la estimación del factor de condición inicial to.

Los resultados del análisis de rendimiento relativo por recluta parecen indicar que en 1985 existía una considerable sobreexplotación; con ello no sólo no se explotó el potencial del stock, sino que a su vez la ejecución de esa sobrepesca resultó más costosa de lo que pudo haber sido si se hubiera aplicado un plan de ordenamiento basado en este concepto.

Debe hacerse énfasis en que el análisis del rendimiento relativo por recluta se aplica, como lo afirma Pauly (1984) a situaciones de equilibrio o a largo plazo. A corto plazo, un incremento en la mortalidad por pesca o un decrecimiento en el tamaño de la primera captura resulta en mayores rendimientos totales, aun cuando el análisis del rendimiento por recluta

prediga menores. Así también, un decrecimiento en la mortalidad por pesca o un incremento en el tamaño a la primera captura resulta en rendimientos menores a corto plazo, aunque a largo plazo éstos sean mayores.

El patrón de reclutamiento encontrado en 1985, parece indicar, que aunque éste ocurre durante todo el año, claramente existen dos épocas principales; la primera mucho más intensa que la segunda abarcando un 68.89% del total reclutado y la segunda, de menor intensidad con sólo un 23.76%. Esta información podría ser de gran importancia para el ordenamiento de este recurso, si se piensa que estos máximos de reclutamiento generalmente corresponden a períodos máximos de desove (Pauly y Murphy 1982).

Finalmente debe mencionarse la necesidad de contar con mucho mejor información sobre la biología del pargo seda y su dinámica poblacional, para que en un futuro puedan construirse modelos multi-especie que provean una mejor y más precisa información para el ordenamiento de esta pesquería.

## RESUMEN

El reclutamiento de *Lutjanus peru* en el Pacífico NW de Costa Rica ocurrió durante todo el año; sin embargo, fueron encontrados dos períodos de diferente magnitud. El análisis de rendimiento relativo, parece indicar que en 1985 se presentó una sobreexplotación demostrada, por una tasa de explotación  $E = 0.79$ ; el modelo utilizado señaló que el máximo rendimiento relativo pudo haberse obtenido a una tasa menor de explotación  $E = 0.55$ .

## AGRADECIMIENTOS

Expreso mi agradecimiento al Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica por haberme facilitado la información en la cual se basó este estudio; y por haberme permitido el uso de las instalaciones de la Oficina Regional de Pesca de Guanacaste. Agradezco también al personal técnico de esa dependencia por haber atendido mis consultas referentes a las condiciones en que fueron efectuados los muestreos.

## REFERENCIAS

- Baez Hidalgo, M., L. Alvarez Ajonchere & B. Pedroso Tabio. 1980. Edad y crecimiento del caballero *Lutjanus griseus* (Linne), en Tunas de Zaza, Cuba. Rev. Inv. Mar. 1. (2-3): 135-150.
- Beverton, R.J.H. & S.J. 1964. Tables of yield functions for fishery assessment. FAO Fish. Tech. Pap 38. 49 p.
- Claro, R. 1983. Ecología y ciclo de vida del caballero, *Lutjanus griseus* (Linnaeus), en la plataforma cubana: II. Edad y crecimiento, estructura de las poblaciones, pesquerías. Rep. Invest. Inst. Oceanol. Acad. Cienc. Cuba 8: 1-26.
- Costa Rica: Dirección General de Recursos Pesqueros y Acuicultura. 1987. Estadísticas pesqueras periodo 1986. Ministerio de Agricultura y Ganadería: Departamento de Pesca y Caza Marítimas (Mimiografiado). 13 p.
- Gayanilo, F.C., Jr., M. Soriano, M. & D. Pauly. 1988. A Draft guide to the complete EL EFAN. International Center for Living Aquatic Resources Management, Makati, Filipinas. 65 p.
- Culland, J.A. 1969. Manual of methods for fish stock assessment. Part I. Fish Population Analysis. FAO Man. Fish. Sci. (4): 1-154.
- ICLARM. 1988. The complete ELEFAN (ver. 1.0, Feb. 1988). International Center for Living Aquatic Resources Management, Makati, Filipinas.
- JICA: Japan International Cooperation Agency. 1988. Interim Report for The Fisheries Resources Survey Off The Pacific Coast In The Republic of Costa Rica. Japan International Cooperation Agency. (Mimiografiado) 231 p.
- Pauly, D. 1980. On the interrelationship between Natural mortality, Growth parameters and Mean environmental temperature in 175 fish stocks. I. Con. Cons. Int. Explor. Mer. 39 (3): 175-192.
- Pauly, D. & G.I. Murphy G. I. (eds.). 1982. Theory and management of tropical fisheries. Proceedings of the ICLARM/CSIRO workshop on the Theory and Management of Tropical Multispecies Stocks, 12-21 January 1981, Cronula, Australia. 360 p.
- Pauly, D. 1983. Some simple methods for the assessment of tropical fish stocks. FAO Fish. Tech. Pap. 234, 51 p.
- Pauly, D. 1984. Fish population dynamics in tropical waters: a manual for use with programmable calculators. ICLARM Studies and Reviews 8, 325 p. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Filipinas.
- Pauly, D. & M.L. Soriano. 1986. On improving operation and use of the FLEFAN programs. Part II. Improving the estimation of Loo. Fishbyte 4 (1): 18-20.
- Sparre, P. 1987. Computer programs for fish stock assessment Length-based stock assessment. (L.F.S.A.) for Aple 2 computers. FAO. Fish. Tech. Pap., (101) suppl. 2: 218 p.