

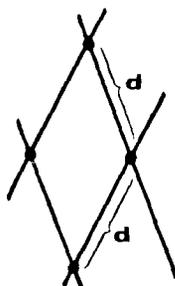
## 6 SELECTIVIDAD DE ARTES DE PESCA

En varios de los métodos discutidos en el Capítulo 4 se menciona que rangos completos de tallas (o rangos de edad), ya sea en peces o moluscos, no siempre están bajo el esquema de plena explotación. La mayor parte de los artes de pesca, como, por ejemplo, los artes de arrastre, son selectivos para las tallas más grandes, mientras que otros artes (redes de enmalle) son selectivos sólo en ciertos rangos de tallas, excluyendo en este caso la captura de los peces muy pequeños y de los más grandes. Esta propiedad de los artes de pesca se denomina “selectividad del arte”, la que se debe tomar en cuenta cuando se quiere estimar la composición real de las tallas (o edades), en un área de pesca. Al mismo tiempo, la selectividad constituye una herramienta de gran importancia para los administradores de pesquerías; quienes, regulando los tamaños mínimos de mallas de la flota pesquera, pueden establecer, en forma aproximada, las tallas mínimas que se van a obtener de las especies objetivo. La selectividad del arte está fuertemente relacionado con la estimación de la mortalidad total,  $Z$ , como así también al analizar o comparar registros de prospecciones pesqueras *versus* la captura obtenida de la pesca comercial y, en la predicción de rendimientos futuros (Thompson y Bell, véase el Capítulo 8). Una edición especial, efectuada en la serie periódica *Fisheries Research*, provee de una revisión general sobre la selectividad de los artes de pesca, la cual es útil para comprender estas materias (MacLennan, 1992).

En atención a que conceptualmente es más fácil, se comenzará, explicando la selectividad de las redes de arrastre y luego se continuará con las redes de enmalle y otros artes de pesca.

### 6.1 ESTIMACION DE LA SELECCION DE REDES DE ARRASTRE

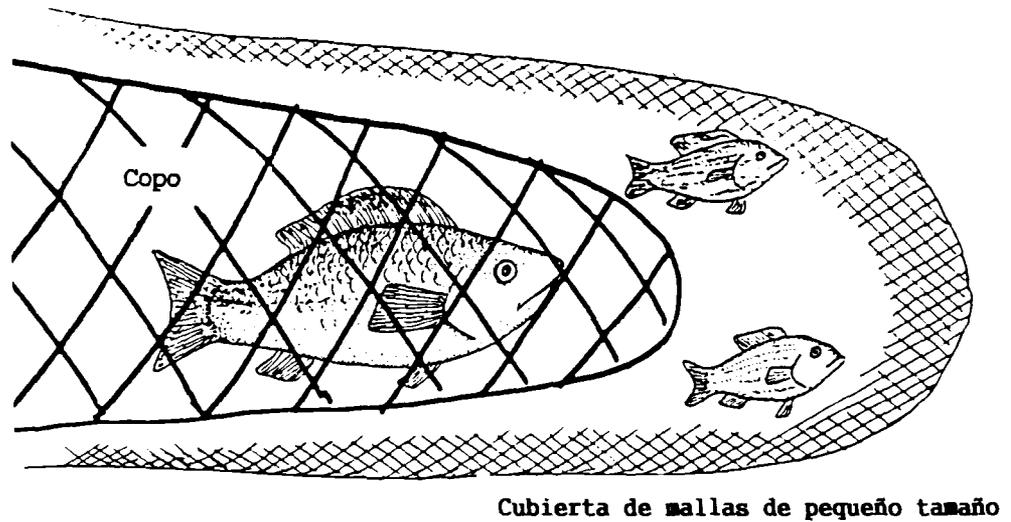
En la Sección 13.1 se entrega una descripción completa de la red de arrastre de fondo. El extremo terminal de estas redes, en donde se acumula la captura, se denomina “copo”. Parece ser que el “tamaño de la malla” del copo determina, en gran medida, la selectividad de los artes de arrastre.



El “tamaño de malla” se define generalmente como la longitud de la malla completamente “estirada”. El tamaño de malla de la red que se muestra aquí es  $2*d$ , donde  $d$  es la longitud entre dos nudos.

Para una detallada discusión de las definiciones de tamaño de malla y de las técnicas de medición de las mallas, véase FAO (1978b).

Es posible determinar la cantidad y el tamaño de los peces que escapan del copo, cubriendo esta parte de la red (copo) con una red de mayores dimensiones, pero de mallas mucho más pequeñas (cubierta). La idea en que se basa este experimento se ilustra en la Fig. 6.1.1. La selectividad del arte de pesca puede entonces ser determinada, comparando a cada rango de talla el número de peces que quedan retenidos en el copo, con aquellos que escapan de él, pero que son capturados con la cubierta. El “método de copo cubierto” ha sido descrito, entre otros, por Pope *et al.*, 1975, y Jones, 1976.



**Fig. 6.1.1** Experimento de copo cubierto.

**Ejemplo 21:** Experimento de copo cubierto, *Nemipterus japonicus*, Mar de China Meridional

El experimento que se describe a continuación se refiere a *Nemipterus japonicus*, que se captura con una red de arrastre con mallas de 4 cm en el copo y una cubierta con mallas mucho más pequeñas. La captura obtenida en un lance de arrastre experimental se lista en la Tabla 6.1.1 bajo estructura de dos columnas de frecuencias de tallas, obtenidas respectivamente con el copo y la cubierta (columnas B y C). A continuación se puede calcular la fracción de la captura total retenida en el copo, que se presenta como la fracción (por ejemplo,  $1/7 = 0.14$ ) retenida a cada grupo de talla. Cuando la fracción retenida se grafica respecto a la marca de clase del grupo de talla correspondiente, los puntos siguen lo que parece la forma de una curva sigmoídea, que llega a 1.00 (100% de retención) en las tallas mayores, mientras que a tallas pequeñas se aproxima a 0.00 (0% de retención). Esta curva sigmoídea se llama "ojiva de selección del arte de pesca", y se asemeja a la curva de distribución normal acumulada.

La expresión matemática más simple utilizada para describir la ojiva de selección es la llamada "curva logística":

$$S_L = \frac{1}{1 + \exp(S1 - S2 * L)} \quad (6.1.1)$$

en donde:

$$S_L = \frac{\text{número de peces de talla } L \text{ en el copo}}{\text{número de peces de talla } L \text{ en el copo y en la cubierta}}$$

y L es la marca de clase del intervalo de talla (punto medio del intervalo). En la ecuación antes indicada, S1 y S2 son constantes (Paloheimo y Cadima, 1964; Kimura, 1977, y Hoydal *et al.*, 1982).

La Ec. 6.1.1 puede ser reescrita como:

$$\ln(1/S_L - 1) = S1 - S2 * L \quad (6.1.2)$$

que representa una línea recta, donde S1 = a y S2 = b. De esta manera, las observaciones de las fracciones retenidas (columna E) se pueden utilizar para determinar la curva logística que se ajusta a los valores observados. La curva logística estimada ( $S_{L(est)}$ ) puede ser empleada ahora para calcular las fracciones que corresponden a la curva (columna H en la Tabla 6.1.1).

Se puede ver que si  $S_L = 0$  ó si  $S_L = 1$  la expresión en la Ec. 6.1.2 no queda definida.

**TABLA 6.1.1**  
**Estimación de la ojiva de selectividad del arte de arrastre para *Nemipterus japonicus*,  
a partir de un experimento de copo cubierto (Jones, 1976; véase la Fig. 6.1.2)**

A	B	C	D	E	F	G	H
intervalo de talla L1-L2	número de peces en el copo	número de peces en la cubierta (malla fina)	número total	fracción retenida  S <sub>L</sub> obs	ln(1/S <sub>L</sub> -1)  (y)	talla media (L1+L2)/2 (x)	fracción retenida  S <sub>L</sub> est
9-10	0	1	1	0	-	-	-
10-11	1	6	7	0.14	1.82	10.5	0.13
11-12	2	7	9	0.22	1.27	11.5	0.23
12-13	2	4	6	0.33	0.71	12.5	0.38
13-14	7	5	12	0.58	-0.32	13.5	0.56
14-15	30	13	43	0.70	-0.85	14.5	0.72
15-16	61	8	69	0.88	-1.99	15.5	0.84
16-17	27	3	30	0.90	-2.20	16.5	0.91
17-18	7	0	7	1.00	-	17.5	0.96
18-19	4	1	5	0.80	-	18.5	0.98

intercepto = a = S1 = 9.4875

pendiente = -b = S2 = 0.7193

L50% = S1/S2 = 13.2 cm

L75% = (S1 + ln(3))/S2 = 14.7 cm

S<sub>L</sub> est = 1/(1 + exp(9.4875 - 0.7193\*L)) utilizada para calcular la curva de la Fig. 6.1.2

Aplicando unas pocas manipulaciones algebraicas se establece que existe una estrecha correspondencia entre S1 y S2 y L25%, L50% y L75%, tallas a las cuales, respectivamente, el 25%, 50% y 75% de los peces son retenidos por el copo. El rango de longitudes entre L25% y L75%, que es simétrico en torno a L50%, se llama "rango de selección" (véase la Fig. 6.4.3.1). Las fórmulas para calcular L25%, L50% y L75% son las indicadas a continuación:

$$L25\% = (S1 - \ln(3))/S2 \quad (6.1.3)$$

$$L50\% = S1/S2 \quad (6.1.4)$$

$$L75\% = (S1 + \ln(3))/S2 \quad (6.1.5)$$

S1 y S2 pueden ser derivados de L75% y L50%, usando las siguientes fórmulas:

$$S1 = L50\% * \ln(3) / (L75\% - L50\%) \quad (6.1.6)$$

$$S2 = \ln(3) / (L75\% - L50\%) = S1/L50\% \quad (6.1.7)$$

El análisis de regresión se realiza en un rango de tallas comprendido entre una retención equivalente a cero (0) y otra de retención total (1), no considerando los intervalos de tallas inferiores, donde no se registran peces retenidos, o superiores a la primera talla a la cual se obtiene la retención total. En otras palabras, en el análisis se utilizan solamente el rango de tallas comprendidas entre valores de retención 0 y 1.

Para *Nemipterus japonicus* el ajuste de la regresión da los siguientes resultados, presentados en la Tabla 6.1.1 y en la Fig. 6.1.2:

$$a = S1 = 9.4875 \quad \text{y} \quad -b = S2 = 0.7193,$$

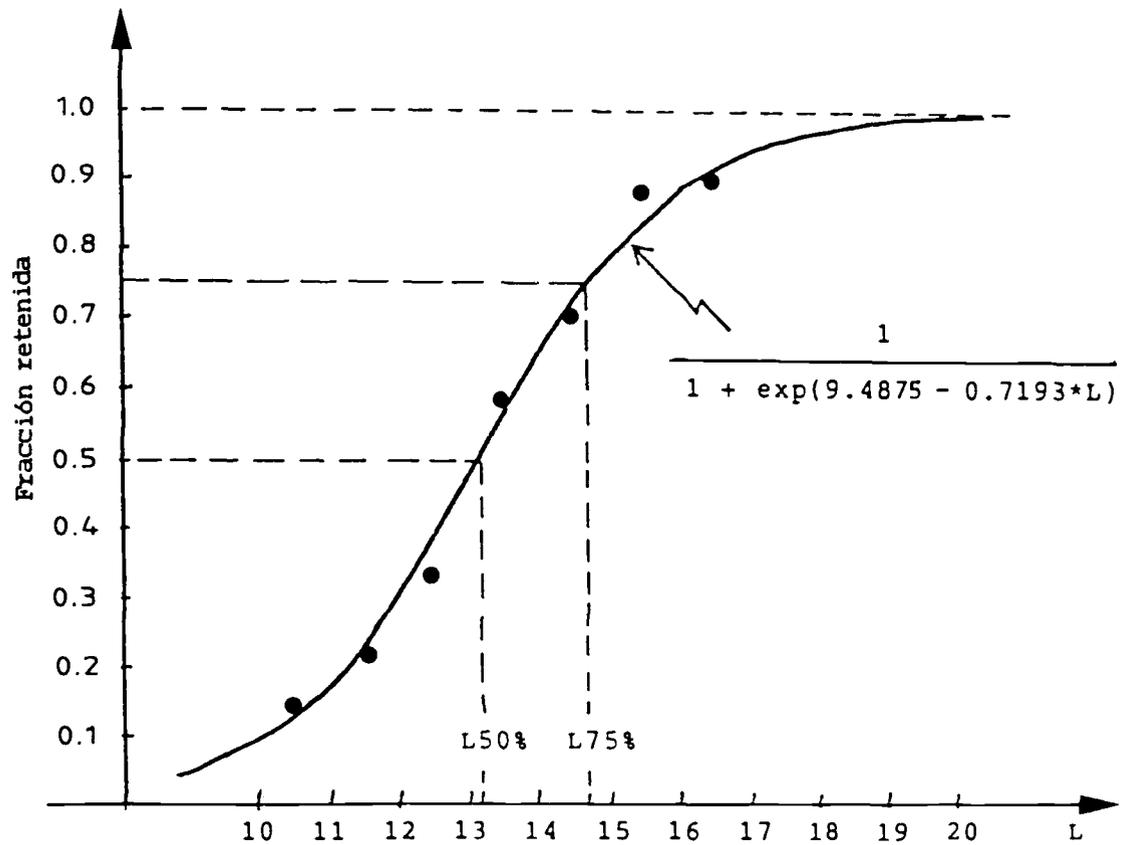


Fig. 6.1.2 Ojiva de selección para *Nemipterus japonicus* capturado con red de arrastre con mallas de 4 cm (Jones, 1976).

que da:

$$S_{Lest} = 1 / (1 + \exp(9.4875 - 0.7193 \cdot L))$$

$$L_{25\%} = (9.4875 - \ln(3)) / 0.7193 = 11.7 \text{ cm}$$

$$L_{50\%} = 9.4875 / 0.7193 = 13.2 \text{ cm}$$

$$L_{75\%} = (\ln(3) + 9.4875) / 0.7193 = 14.7 \text{ cm}$$

Como la probabilidad de que un pez escape a través de una malla depende de su forma y, en particular, de la altura de su cuerpo, comparada con el tamaño de la malla, es natural suponer la proporcionalidad entre  $d_{50\%}$  (la altura del cuerpo a la cual el 50% de los peces son retenidos) y el tamaño de la malla. Así,

$$d_{50\%} = A \cdot (\text{tamaño de la malla}) \quad (6.1.8)$$

donde A es una constante. En la medida que la altura del cuerpo es aproximadamente proporcional a la talla (véase la Sección 2.4) implica que la Ec. 6.1.8 puede también ser expresada en función a la longitud del pez:

$$L_{50\%} = SF \cdot (\text{tamaño de la malla}) \quad (6.1.9)$$

en donde SF se denomina "factor de selección".

En el caso del ejemplo (Tabla 6.1.1), se encontró que  $L50\% = 13.2$  cm al utilizar una malla de 4 cm. Así, el factor de selectividad es:

$$SF = 13.2/4 = 3.3$$

Este factor de selección se puede emplear para determinar  $L50\%$  para diferentes tamaños de malla. Por ejemplo, el  $L50\%$  para *Nemipterus japonicus* al usar mallas de 3 cm sería:

$$L50\% = 3.3 * 3 = 9.9 \text{ cm}$$

Más aplicaciones de  $L50\%$  y SF serán tratadas en el Capítulo 8.

## 6.2 ESTIMACION DE LA SELECCION DE LA RED DE ENMALLE

### 6.2.1 Curvas de selección simétricas

Las redes de enmalle son generalmente redes rectangulares de gran longitud donde el borde superior, la relinga superior, esta provista de flotadores mientras que la relinga inferior tiene pesos. A menudo las redes de enmalle (de deriva y fijas) están compuestas de paños de redes con diferentes tamaños de malla. Para mayores antecedentes y descripciones de las redes de enmalle, véase FAO (1978b), Nédélec (1982) y Karlsen y Bjarnason (1989).

Una amplia revisión de las propiedades selectivas de las redes de enmalle puede verse en el artículo de Hamley (1975). Otras discusiones sobre la selectividad de redes de enmalle se pueden encontrar, por ejemplo, en Baranov (1948); McCombie y Fry (1960), Gulland y Harding (1961), Regier y Robson (1966), Hamley y Regier (1973) y Jensen (1986).

Las redes de enmalle son clasificados como “*artes pasivos*”, es decir, para que un pez sea capturado, éste debe nadar hasta la red. Teóricamente, esto implica que los peces que se desplazan con rapidez tienen mayores probabilidades de encontrarse con el arte, en relación a los peces de movimientos más lentos. Más aún, se sabe que los peces más grandes se mueven más rápido que los peces pequeños de la misma especie. La velocidad de natación puede ser aproximada por una constante multiplicada por una función de poder respecto a la talla de los individuos:

$$A * L^B, \text{ donde A y B son constantes (Yates, 1983).}$$

Respecto a esta relación, Rudstam *et al.* (1984) incluyen la velocidad de natación (con  $B = 0.8$  para el cisco, *Coregonus artedii*, de Wisconsin, EE.UU.) en un modelo para la selección de la red de enmalle. Ellos consideran a la selectividad como el producto de dos probabilidades:

$$(\text{selección}) = (\text{probabilidad de encuentro}) * (\text{probabilidad de ser capturado al producirse el encuentro con la red})$$

Sin embargo, en este manual sólo se considerará este último factor, vale decir, la probabilidad de un pez de ser capturado al efectuarse el encuentro con la red.

Para redes de enmalle simples, la curva de selección tiene (a diferencia de la selección de las redes de arrastre) una pendiente descendente hacia el lado derecho. De esta manera, los peces pequeños pueden pasar a través de las mallas como fue el caso de las redes de arrastre, pero los peces grandes también pueden evitar ser capturados por una red de enmalle, porque sus cabezas son tan grandes que no pueden ser “enmallados”. Esta es la sencilla teoría sobre la que se basa la selección de la red de enmalle. Sin embargo, este principio se hace más complicado cuando se consideran otras maneras de como pueden quedar atorados los peces en una red de enmalle. Sobre este punto, Baranov (1914) reconoció tres formas de captura de los peces en redes de enmalle (véase también la Fig. 6.2.1.1):

- a. Enmallado, cuando la malla rodea al pez justo por detrás de los opérculos que cubren las agallas.

- b. Aprisionado, cuando la malla está rodeando el cuerpo del pez a la altura de la aleta dorsal.
- c. Enredado, cuando el pez es retenido por la red por los dientes, maxilares, aletas u otras proyecciones, sin que necesariamente los especímenes hayan penetrado en las mallas.

Se ha sugerido para las dos primeras formas de ser capturados por una red de enmalle (Holt, 1963), que se obtienen curvas de selección que tienen la forma de campana y que pueden ser descritas por la distribución normal (véase la Sección 2.2 y la Fig. 6.2.1.2).

Así, para el enmalle o aprisionamiento se utiliza el modelo:

$$S_L = \exp \left[ -\frac{(L-L_m)^2}{2*s^2} \right] \quad (6.2.1.1)$$

en donde  $L_m$  es la "talla óptima para ser capturado" y  $s$  es la desviación estándar de la distribución normal. El factor " $n*dL/(s*\sqrt{2\pi})$ " que aparece en la expresión para la distribución normal (Ec. 2.2.1) no se usa aquí. Al dejar fuera este factor,  $S_L$  se convierte en una fracción, es decir,  $0 < S_L \leq 1$ .

Por otra parte, Holt (1963) sugirió un experimento para estimar  $L_m$  y  $s$ , usando dos redes de enmalle, cada una de ellas con diferente tamaño de malla,  $m_a$  y  $m_b$ . Los dos tamaños de malla deben ser tales que sus curvas de selección se superpongan. Así también, las dos redes deben ser de las mismas dimensiones, debiendo ser caladas para pescar en la misma zona y durante el mismo tiempo. En estas experiencias se obtiene el número de peces que son capturados en cada grupo de talla, en forma separada para cada una de las redes utilizadas. Los supuestos de este método son los siguientes:

1. La talla óptima  $L_m$  (la cima de la curva de selección en forma de campana) es proporcional al tamaño de la malla ( $L_m = SF*m$ , donde  $SF$  es el factor de selección, véase la Sección 6.1)
2. Las dos curvas de selección tienen la misma desviación estándar;
3. Los dos artes tienen el mismo poder de pesca. Esto incluye que cuando se calan, deben tener la misma longitud y altura.

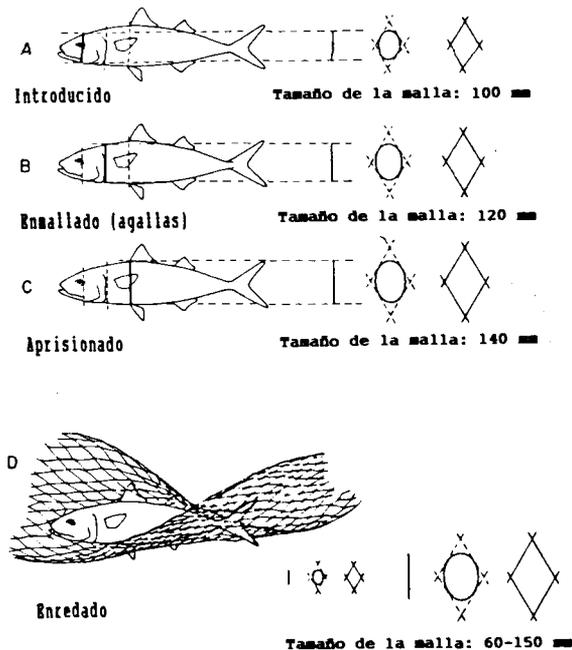


fig. 6.2.1.1 Selección en redes de enmalle (Karlsen y Bjarnason, 1986).

**Ejemplo 22: Estimación de curvas de selección de redes de enmalle, Tilapia, Lago Victoria**

La Tabla 6.2.1.1 muestra un ejemplo de un experimento realizado con *Tilapia esculenta* en el Lago Victoria. La columna B contiene los números capturados, Ca, por grupo de talla para el tamaño de malla más pequeño empleado (ma = 8.1 cm) y la columna C contiene los números correspondientes, Cb, para la red de mallas más grandes (mb = 9.1 cm). Los parámetros que deben ser estimados son:

Lma: Talla óptima para la red de mallas más pequeñas

Lmb: Talla óptima para la red de mallas más grandes

s: La desviación estándar común

Los datos de entrada para el análisis son el número de peces capturados por grupo de talla con cada arte, Ca y Cb, y sus correspondientes tamaños de malla ma y mb. Las derivaciones matemáticas son largas y no serán examinadas aquí.

**Paso 1:**

Calcule los logaritmos de las proporciones

$$y = \ln(Cb/Ca)$$

**TABLA 6.2.1.1**  
Cálculos de las ojivas de selección de redes de enmalle en  
*Tilapia esculenta*, Lago Victoria (Garrod, 1961)

A	B	C	D
valor medio del intervalo de talla (cm)	número de peces capturados con la malla de 8.1 cm	número de peces capturados con la malla de 9.1 cm	$\ln \frac{Cb}{Ca}$
L (x)	Ca	Cb	(y)
18.5	7	0	no utilizado
19.5	90	1	no utilizado
20.5	199	9	-3.096
21.5	182	53	-1.234
22.5	119	290	0.891
23.5	29	357	2.510
24.5	17	225	-
25.5	3	82	no utilizado
26.5	0	19	no utilizado
27.5	0	10	-

intercepto = -41.907, pendiente = 1.894

$$Lma = \frac{-2*(-41.907)*8.1}{1.894*(8.1+9.1)} = 20.8 \text{ cm}$$

$$Lmb = 20.8*9.1/8.1 = 23.4 \text{ cm}$$

$$s = \sqrt{\frac{-2*(-41.907)*(9.1-8.1)}{1.894^2*(8.1+9.1)}} = 1.17$$

para cada grupo de talla (columna D de la Tabla 6.2.1.1). Sólo se pueden utilizar las tallas cuyas frecuencias se superponen.

**Paso 2:**

Haga un análisis de regresión de los logaritmos de las proporciones ( $y = \ln(Cb/Ca)$ , columna D) contra el punto medio del intervalo ( $x = L$ , columna A), y determine a y b:

$$\ln(Cb/Ca) = a + b*L \quad (6.2.1.2)$$

**Paso 3:**

Los resultados se obtienen finalmente insertando los valores de a, b, ma y mb en las fórmulas que se detallan seguidamente.

El factor de selección SF se estima a través de la ecuación:

$$SF = \frac{-2*a}{b*(ma+mb)} \quad (6.2.1.5)$$

Las tallas óptimas para los dos tamaños de malla, se obtienen como  $Lma = SF*ma$  y  $Lmb = SF*mb$ . La desviación estándar común, s, está determinada por la varianza

$$s^2 = \frac{-2*a*(mb-ma)}{b^2*(ma+mb)} = SF* \frac{mb-ma}{b} \quad (6.2.1.6)$$

**Paso 4:**

Los puntos para graficar la curva de selección se encuentran insertando valores de L en la Ec. 6.2.1.1.

$$Sa(L) = \exp \left[ - \frac{(L-Lma)^2}{2*s^2} \right]$$

$$Sb(L) = \exp \left[ - \frac{(L-Lmb)^2}{2*s^2} \right]$$

A partir de estos valores y de las capturas  $Ca(L)$  y  $Cb(L)$  se estima un índice del número de individuos en la población para cada tamaño de malla:

$$Na(L) = Ca(L)/Sa(L) \quad (6.2.1.7)$$

$$Nb(L) = Cb(L)/Sb(L)$$

Los índices  $Na$  y  $Nb$  son, en principio, iguales para un determinado valor de L, excepto cuando hay problemas en el muestreo. Deberían ser calculados sólo para los grupos de tallas en los cuales se ha capturado un número razonable de peces con los tamaños de malla en cuestión. Si no se cumple el supuesto básico de que las curvas de selección tienen la forma de la curva de distribución normal; la estimación del número de peces en la población debe ser restringida a aquella parte de la curva para la cual el supuesto efectivamente se cumple, aunque sea en forma aproximada.

Los resultados de este ejemplo se presentan en la Tabla 6.2.1.2 y en las Figs. 6.2.1.1a y 6.2.1.2. Las curvas de captura son sesgadas, probablemente por efecto del enredo: los peces grandes están sobrerrepresentados en ambas distribuciones. Esto se observa cuando se grafican los datos para el análisis de regresión, Fig. 6.2.1.1a. La estimación es restringida a cuatro puntos, los cuales están prácticamente sobre una línea recta, y que cuentan con un número adecuado de peces.  $Na(L)$  y  $Nb(L)$  están razonablemente en concordancia con los cuatro puntos utilizados en el análisis de regresión. Sin embargo, para los peces grandes no son confiables, porque las curvas de selección están muy sesgadas. Se requiere de un mayor número de tamaños de malla para cubrir un rango más amplio de la estructura de tallas de la población.

**TABLA 6.2.1.2**  
**Estimación de las curvas de selectividad de la red de enmalle en**  
***Tilapia esculenta*, Lago Victoria (Garrod, 1961)**

marca de clase del intervalo (cm) L (x)	número de peces capturados		$\ln \frac{Cb(L)}{Ca(L)}$ (y)	selección		estimados poblacionales	
	ma = 8.1 cm Ca(L)	mb = 9.1 cm Cb(L)		Sa(L)	Sb(L)	Na(L)	Nb(L)
18.5	7	0	-	0.1333	0.0001	52	-
19.5	90	1	-4.500	0.5164	0.0036	174	(282)
20.5	199	9	-3.096	0.9583	0.0443	208	203
21.5	182	53	-1.234	0.8519	0.2611	214	203
22.5	119	290	0.891	0.3627	0.7373	328	393
23.5	29	357	2.510	0.0739	0.9970	392	358
24.5	17	225	2.583	0.0072	0.6458	(2492)	348
25.5	3	82	3.308	0.0003	0.2003	(8881)	409
26.5	0	19	-	0.0000	0.0304		(638)
27.5	0	10	-	0.0000	0.0021		(4721)

$$\ln (Cb(L)/Ca(L)) = a + b*L; a = -41.907; b = 1.894$$

$$SF = \frac{-2*a}{b*(ma+mb)} = \frac{-2*(-41.907)}{1.894*(8.1+9.1)} = 2.573$$

$$Lma = SF*ma = 20.84 \text{ cm}$$

$$Lmb = SF*mb = 23.41 \text{ cm}$$

$$s^2 = SF * \frac{mb-ma}{b} = 2.573 * \frac{9.1-8.1}{1.894} = 1.3584$$

$$s = 1.1655$$

### Modelo para varios tamaños de malla

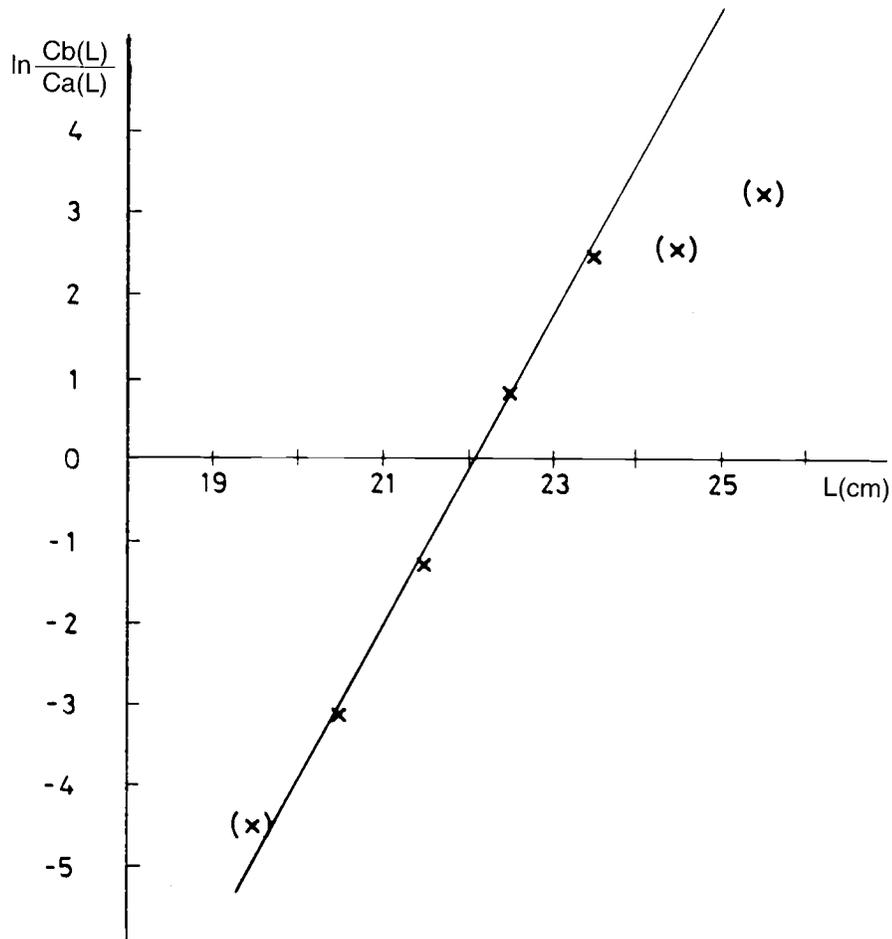
Cuando se utilizan en forma simultánea n tamaños de malla, en redes de la misma dimensión, habrá n-1 estimados del intercepto, a, y de la pendiente, b, de acuerdo a la Ec. 6.2.1.2. Así, se tiene como resultado:

$$[a(1),b(1)], [a(2),b(2)], \dots, [a(n-1),b(n-1)]$$

que corresponden a los tamaños de malla:

$$[m(1),m(2)], [m(2),m(3)], \dots, [m(n-1),m(n)]$$

Cada grupo de datos (correspondiente a cada tamaño de malla) fue utilizado dos veces para generar estos estimados: el primer grupo se empleó con el segundo, para estimar a(1) y b(1), y nuevamente con el grupo 3 para estimar a(2), b(2) y así sucesivamente. Esto origina una cierta correlación entre pares consecutivos de a(i), b(i), que es difícil de evaluar, pero que puede ser importante cuando sólo se dispone de información para unos pocos tamaños de malla. Manteniendo esta problemática en la



**Fig. 6.2.1.1a** *Tilapia esculenta*. Regresión lineal de  $\ln(Cb(L)/Ca(L))$  en relación a la longitud de los peces (Ec. 6.2.1.2).

mente, se continúa con el reordenamiento de la Ec. 6.2.1.5, de forma que se obtiene una línea recta que pasa a través del origen:

$$-2*a(i)/b(i) = SF*[m(i)+m(i+1)], \quad i = 1, 2, \dots, n-1 \quad (6.2.1.8)$$

a partir de la cual se estima el factor de selección acostumbrado, como la pendiente de la recta. Con  $y(i) = -2*a(i)/b(i)$  y  $x(i) = m(i)+m(i+1)$  se tiene, de la Ec. 2.4.15 que:

$$SF = \frac{\sum [x(i)*y(i)]}{\sum x(i)^2}$$

La varianza común se estima como el valor promedio de los estimados individuales para cada par consecutivo de tamaños de malla:

$$s^2 = \frac{1}{n-1} * \sum_{i=1}^{n-1} \left[ SF(i) * \frac{m(i+1)-m(i)}{b(i)} \right] \quad (6.2.1.9)$$

La talla óptima para el tamaño de malla  $i$  se obtiene como:

$$Lm(i) = SF*m(i) \quad (6.2.1.10)$$

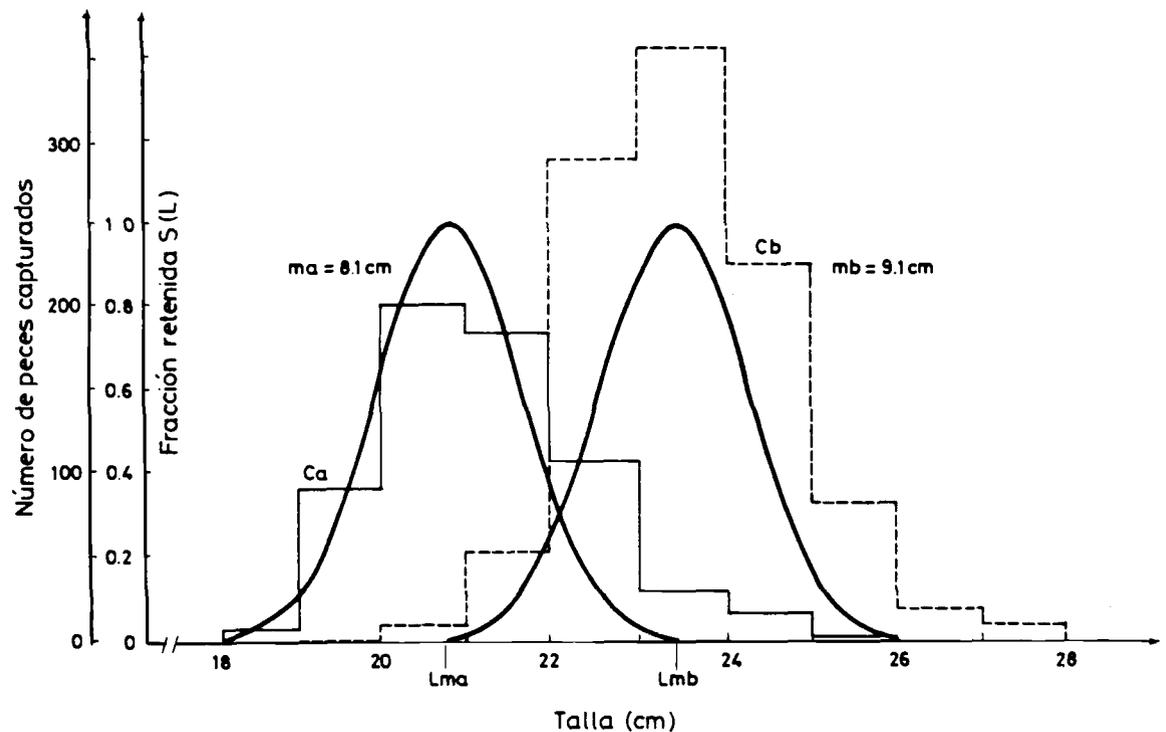


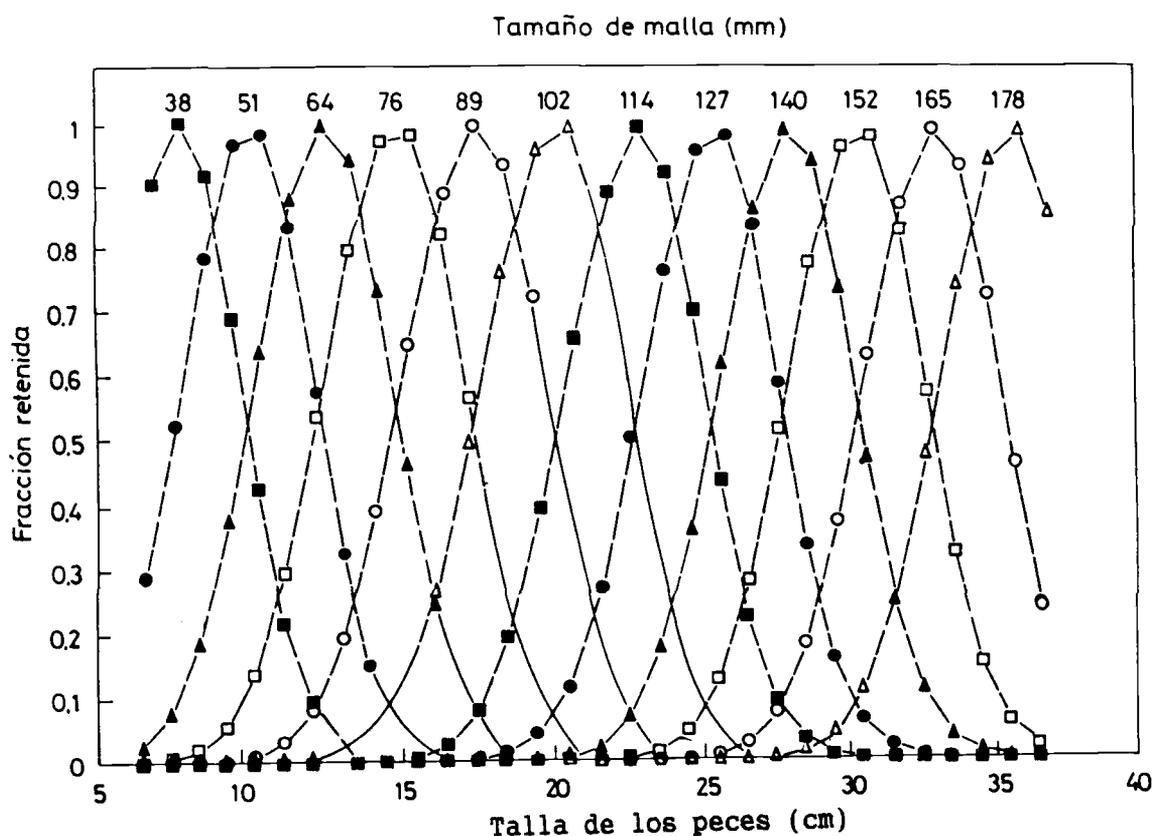
Fig. 6.2.1.2 Curvas de selección de *Tilapia esculenta* en redes de enmalle con tamaños de malla de 8.1 y 9.1 cm, Lago Victoria (Garrod, 1961).

A continuación se calcula para cada malla los valores correspondientes a su respectiva curva de selección,  $S_i(L)$  respecto a cada grupo de tallas. Se suman luego los valores obtenidos a cada clase de tallas para todos los tamaños de mallas. Finalmente, se normalizan los valores resultantes de las sumas, con el fin de obtener la curva de selección compuesta, con un máximo igual a 1. Esto último se efectúa dividiendo los valores de las sumas por el valor más alto determinado en las mismas.

Una curva chata, sobre un amplio rango de tallas indica que todos los grupos de tallas dentro de este rango fueron muestreados en forma pareja, de modo que la suma de las capturas para cada grupo de tallas  $C_i(L)$  puede ser utilizado directamente como un índice del número de peces en la población. Si la curva de selección resultante es irregular, presentando notorios valles y cimas, para conocer el número de peces que realmente existe en la población en cada clase de tallas, se deben dividir las capturas originales por la probabilidad de retención ( $\leq 1$ ), determinada a la talla respectiva de la curva de selección compuesta normalizada. Sin embargo, se debe considerar también que pueden haber grupos de tallas a los cuales no se les pueda calcular el índice del número de peces en la población.

**Ejemplo 22a: Estimación de la curva de selección para varias redes de enmalle, para *Serranochromis codringtoni*, en el lago Kariba**

Las Figs. 6.2.1.2a y 6.2.1.2b muestran las curvas de selección para un cíclido (*Serranochromis codringtoni*) en el lago Kariba, Africa. En una pesca experimental en la que se utilizaron 12 tamaños de malla, comprendidos entre 38-178 mm, se capturó un total de 21000 especímenes. Las curvas se estimaron en la forma descrita anteriormente. Luego de sumar y normalizar las curvas a 1, se observa que la curva de selección compuesta es plana en su cima, en el rango de tallas entre 11 y 31 cm. Así, la captura total, obtenida con los 12 tamaños de malla, da un índice casi verdadero de la composición de tallas de la población. El incremento en la retención observado en el lado izquierdo de la amplia curva de selección se asemeja a la curva de selección



**Fig. 6.2.1.2a** Curvas de selección de *Serranochromis codringtoni* en el Lago Kariba (Africa sureste), obtenidas con 12 redes de enmalle de diferentes tamaños de malla. Redibujado de SADC Zambia/Zimbabwe Fisheries Project, Informe N°26, 1993.

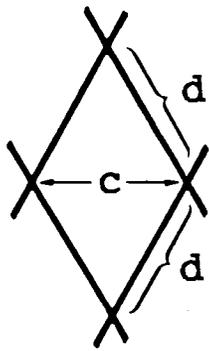
de la red de arrastre, como se muestra en la Fig. 6.1.2. La disminución de la retención de peces hacia la derecha no se observa en los resultados, dado que para la población se estimó  $L_{\infty} = 27$  cm, razón por la cual no se registran ejemplares capturados de gran tamaño. Con relación a este ejemplo, se debe recordar que los datos provienen de una pesca experimental. En este lago, las faenas comerciales se realizan principalmente con redes de enmalle de un sólo tamaño de malla. Por lo tanto, se espera que la mortalidad por pesca no se mantenga con un valor máximo a partir de cierta talla y tamaños superiores, como sucede en una pesquería de arrastre.

#### Coefficiente de armado

Se sabe que la selección de las redes de enmalle, aparte del tamaño de malla, depende de una variedad de factores, ya que influyen entre otros, las características de construcción de la red, la visibilidad, elasticidad, los materiales de la red, y la forma y el comportamiento de los peces (Hamley, 1975). El enredo más que el atrapamiento y enmallado (véase la Fig. 6.2.1.1) es afectado por la construcción de la red.

La probabilidad de que un pez sea enredado se cree que depende del denominado "embandé", (o "coeficiente de armado") que está definido (FAO, 1978b) como:

$$\frac{\text{largo de la relinga}}{(\text{número de mallas}) * (\text{tamaño de la malla})}$$



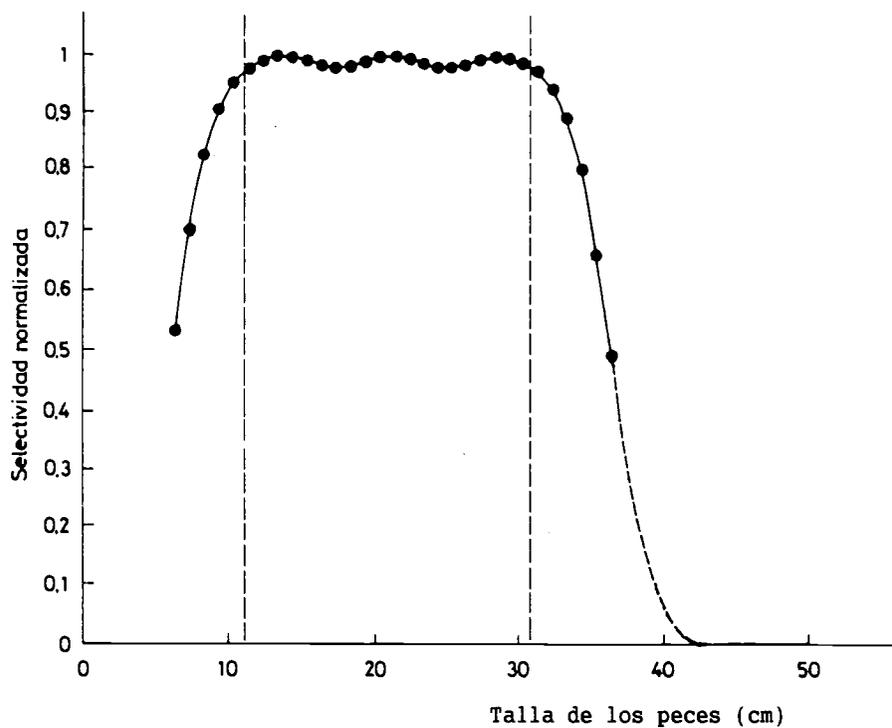
o (véase la figura):

$$\text{coeficiente de armado} = \frac{c}{2*d}$$

(6.2.1.11)

Así, para una malla cuadrada ( $b = a/\sqrt{2}$ ) se tiene el coeficiente de armado  $\sqrt{2}/2 = 0.707$ , que representa la abertura máxima. Por lo general, los coeficientes de armado de las redes se sitúan entre 0.2 y 0.7. Mientras más pequeño sea este coeficiente, mayor será la probabilidad de que los peces se enreden. Riedel (1963) demostró esto e informó sobre las capturas de *Tilapia mossambica* utilizando redes de enmalle de 10 cm con tres coeficientes de armado diferentes:

coeficiente de armado	captura promedio por día (nº de peces)	porcentaje de peces enredados	rango de tallas que compone el 95% de la captura (cm)
0.707	9.3	0	18-23
0.36	29.5	24	13-23
0.24	81.0	80	8-22



**Fig. 6.2.1.2b** Curva de selección resultante de adicionar a un valor máximo de 1, las curvas de la Fig. 6.2.1.2a. Redibujado de SADC Zambia/Zimbabwe Fisheries Project, Informe N°26, 1993.

### 6.2.2 Combinación de dos curvas logísticas

Si el enredo es un factor importante, el método de distribución normal, antes descrito, no es el apropiado. Un modo de estimar la curva de selección sería el comparar las capturas de la red de enmalle con un arte no-selectivo, por ejemplo, con las capturas de una red de arrastre. Las capturas del arte no selectivo jugarían entonces el mismo rol que la captura total, combinada de la cubierta y del copo de una red de arrastre, cuando se opera como se describe en la Sección 6.1. Se puede aplicar el mismo procedimiento que se utilizó en la Tabla 6.1.1, en este caso se necesita una curva de selección no simétrica del tipo que se muestra en la Fig. 6.2.2.1. Se puede obtener una expresión matemática para este tipo de curva, multiplicando dos curvas logísticas (Hoydal *et al.*, 1982). La parte ascendente de la curva está dada por la curva logística usual (véase la Ec. 6.1.1), que refleja la probabilidad de ser enmallado o aprisionado. Se le denomina "SL" donde "L" simboliza el "lado izquierdo de la curva de selectividad":

$$SL_L = 1 / (1 + \exp(S1 - S2 * L)) \quad (6.2.2.1)$$

Este tipo de selección es el que predomina hasta la talla A (véase la Fig. 6.2.2.1). Para tallas superiores a B la selección es el efecto combinado del enmallado, el aprisionamiento y el enredado. Esta parte de la curva se modela por medio de una "curva logística inversa", que se denomina "SR" donde "R" representa "el lado derecho de la curva de selección":

$$SR_L = 1 / (1 + \exp(D1 - D2 * L)) \quad (6.2.2.2)$$

Los parámetros en la función SR, D1 y D2, son valores negativos, mientras que los de la función SL, S1 y S2, son positivos. Las tallas que corresponden a los valores del 50% y 75% de la "deselección", D50% y D75%, se relacionan con D1 y D2 por las mismas expresiones matemáticas utilizadas para S1, S2, L50% y L75% (véanse las Ecs. 6.1.4 a 6.1.7):

$$D50\% = D1/D2 \quad \text{y} \quad D75\% = (\ln(3) + D1)/D2$$

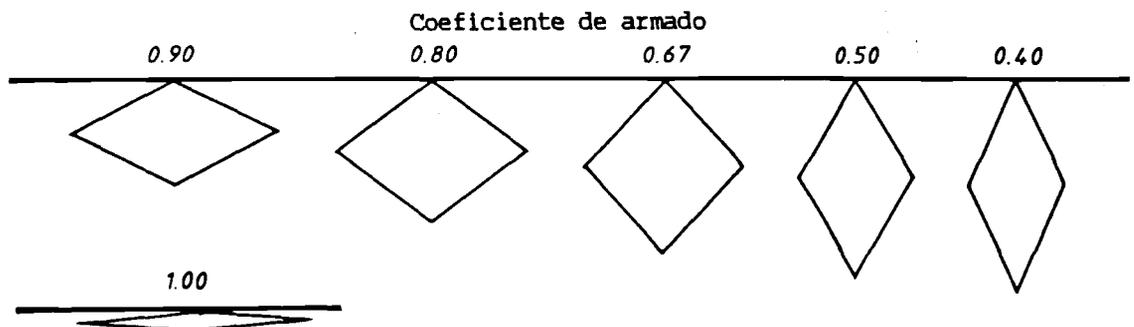
$$D1 = D50\% * \ln(3) / (D75\% - D50\%) \quad \text{y} \quad D2 = D1/D50\%$$

Multiplicando la curva ascendente, SL, y la curva descendente, SR, se obtiene el tipo de curva deseado, S. Cuando SL asciende, SR es "neutro" (es decir, aproximadamente igual a 1.0), y cuando SL descende, SR es "neutro":

$$S_L = SL_L * SR_L = \frac{1}{1 + \exp(S1 - S2 * L)} * \frac{1}{1 + \exp(D1 - D2 * L)} \quad (6.2.2.3)$$

Se supone que la expresión de Si alcanza el valor máximo (1.0) al menos para un valor de L. Por lo tanto, la expresión de la Ec. 6.2.2.3 (así como la distribución normal de la Ec. 6.2.1.1) se debería normalizar de modo que el valor máximo sea igual a 1.

En la práctica, esto se obtiene de la siguiente manera: sea S(i) el punto de la curva de selectividad



**Fig. 6.2.1.3** Formas de mallas con diferentes coeficientes de armado en redes de enmalle (agalladeras) (FAO, 1978b).

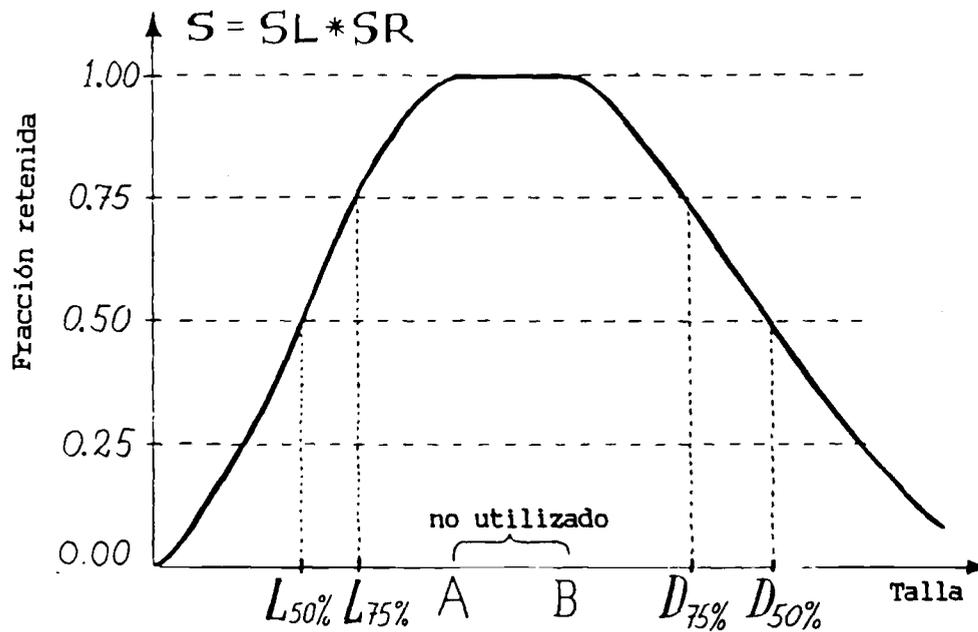


Fig. 6.2.2.1 Curva de selección asimétrica.

que representa la clase de talla  $n^i$  (estimada por la Ec. 6.2.1.1 ó la Ec. 6.2.2.3) y sea  $\text{MAX}\{S(j)\}$  el valor máximo de  $S(j)$  entre todas las clases de tallas. Se normaliza, reemplazando el valor de  $S(i)$  por el valor:

$$\frac{S(i)}{\text{MAX}\{S(j)\}}$$

Los parámetros se pueden estimar como los de la ojiva de selección del arte de arrastre (véase la Sección 6.1). Para calcular  $S_1$  y  $S_2$  se emplean sólo las clases de tallas inferiores a A (véase la Fig. 6.2.2.1) y se realiza el análisis de regresión:

$$\ln(1/S - 1) = S_1 - S_2 * L \quad (6.2.2.4)$$

donde la variable independiente,  $y = \ln(1/S - 1)$ , proviene de la comparación con la red no selectiva:

$$S(i) = \frac{Cg(i) / Cn(i)}{\text{MAX}\{Cg(j)/Cn(j)\}} \quad (6.2.2.5)$$

donde:

$$\frac{Cg(i)}{Cn(i)} = \frac{\text{n}^\circ \text{ de peces de la clase de talla } i \text{ capturados con la red de enmalle}}{\text{n}^\circ \text{ de peces de la clase de talla } i \text{ capturados con la red no selectiva}}$$

El denominador de la Ec. 6.2.2.5, " $\text{MAX}\{Cg(j)/Cn(j)\}$ ", es el valor máximo de la relación  $Cg/Cn$  entre todos los grupos de tallas con valores de  $Cg$  y  $Cn$  diferentes de cero. Así,  $S(i)$ , definido por la Ec. 6.2.2.5, toma valores entre 0 y 1 (incluido el valor 1).

La Ec. 6.2.2.5 se basa en el supuesto que las cantidades  $Cn$  son capturadas por un arte de pesca que no es selectivo para todas aquellas clases de tallas que son capturadas por la red de enmalle. Si este no es el caso la Ec. 6.2.2.5 debiera ser reemplazada por:

$$S(i) = \frac{[Cg(i) / Cn(i)] * Sn(i)}{\text{MAX}\{(Cg(j) / Cn(j)) * Sn(j)\}} \quad (6.2.2.6)$$

donde  $S_n(i)$  es la curva de selección para el “otro arte de pesca”.

El lado derecho descendiente de la curva de selección se estima, usando el mismo procedimiento de cálculo y observaciones que se usó para el lado izquierdo. Así, se utilizan los datos para las clases de tallas por sobre el punto B (véase la Fig. 6.2.2.1) y se realiza el análisis de regresión lineal:

$$\ln(1/S - 1) = D1 - D2*L \quad (6.2.2.7)$$

El método basado en el producto de dos curvas logísticas es una generalización que incluye la ojiva de selección del arte de arrastre (Ec. 6.1.1) y la curva simétrica (Ec. 6.2.1.1) como casos especiales. Asignando los valores  $D1 = -\infty$  y  $D2 = 0$ , hace que el factor  $1/(1 + \exp(D1 - D2*L))$  en la Ec. 6.2.2.3 tome el valor 1 para todos los valores de L y entonces la Ec. 6.2.2.3 se iguala con la Ec. 6.2.1.1. Si la curva es simétrica se estima los parámetros de modo que:

$$L50\% + D50\% = L75\% + D75\%$$

pero no será necesario hacer supuestos de antemano.

La curva simétrica, creada por el producto de dos curvas logísticas, puede no ser exactamente igual a la curva de distribución normal. El producto de dos curvas logísticas puede tomar el valor máximo (1) para un cierto rango de valores (en la Fig. 6.2.2.1 de A a B). Sin embargo, también es posible que se acerque bastante a la distribución normal, como se muestra con el ejemplo de la Fig. 6.2.2.2.

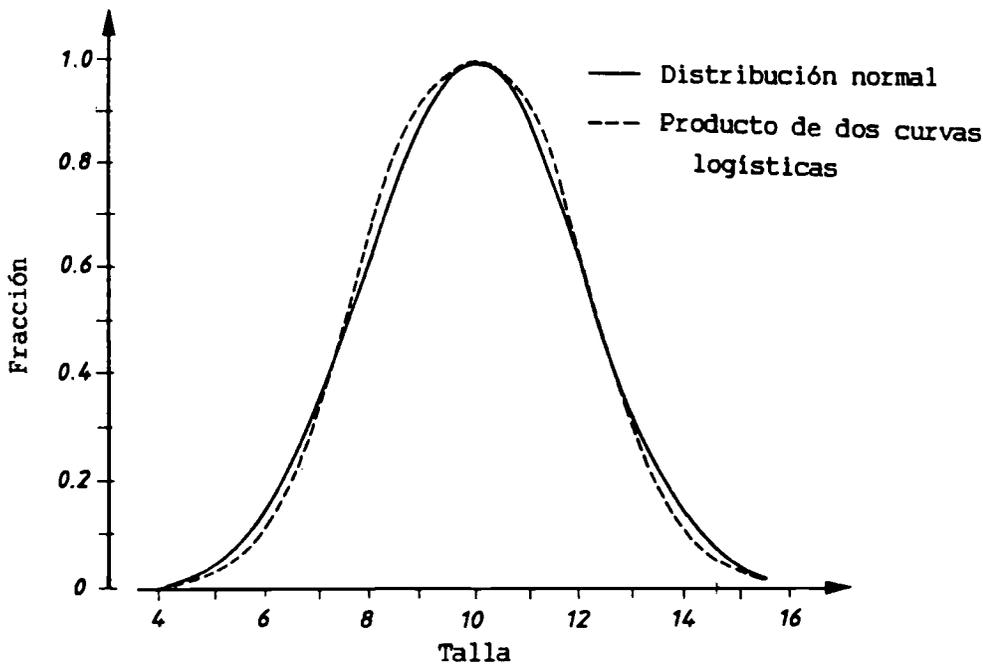
De este modo, si se dispone de datos para un arte de pesca no selectivo (o un arte con una curva de selección conocida), en realidad no es necesario utilizar el modelo tradicional, vale decir la distribución normal, ya que se puede obtener la misma curva como caso especial de la función del producto logístico (Ec. 6.2.2.3). Además, este último procedimiento es flexible y fácil de manejar desde el punto de vista computacional. Al emplear el producto de dos curvas logísticas no se está forzado a hacer el discutible supuesto de que las curvas de selección presentan una distribución normal, con una desviación estándar común.

Por último, cabe mencionar que los datos procedentes de capturas con redes de enmalle son difíciles de emplear en la estimación de parámetros de crecimiento o tasas de mortalidad, como se ilustra en la Fig. 6.2.2.3. En este ejemplo (hipotético) se considera una muestra de frecuencias de tallas que representa la población (línea doble), es decir, una muestra de un arte no-selectivo, y otra que representa la captura de una red de enmalle (línea sombreada). La población contiene cuatro componentes de cohortes (distribuciones normales), mientras que la muestra de la red de enmalle parece contener un sólo componente con media,  $L_m$ , que no coincide con ninguna de las tallas medias de las cuatro cohortes ( $L_0, L_1, L_2$  y  $L_3$ ). Así, la muestra obtenida de una red de enmalle no proporciona ninguna información que pueda ser utilizada para la separación de cohortes y la determinación de la relación talla - edad.

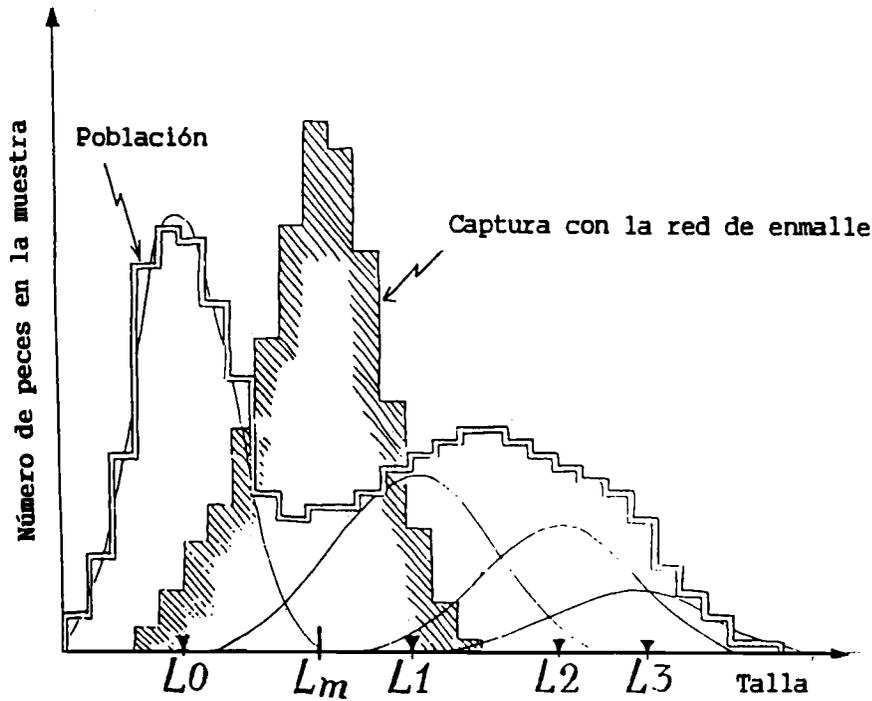
Si se recolectaran muestras a lo largo del año, todas presentarían más o menos el mismo patrón. Por lo tanto, la suma de una serie de tiempo de un año daría una curva no muy diferente de la curva de captura con red de enmalle como se muestra en la Fig. 6.2.2.3. Por otra parte, si se utiliza la parte descendiente de esta curva para estimar la mortalidad total mediante el análisis de la curva de captura basado en las tallas, se sobreestimaría Z. Todos los datos provenientes de redes de enmalle deberán ser examinadas críticamente antes de emplearlos para estimar parámetros de crecimiento o tasas de mortalidad. El resultado de tal examen puede ser que esos datos no sean utilizables, o bien que puedan ser utilizados sólo después de ser ajustados con respecto a la selección del arte, según se describe en la Sección 6.7.

### 6.3 DISCUSION SOBRE LA SELECCION DE OTROS ARTES DE PESCA

En las dos secciones anteriores se examinó la selectividad de las redes de arrastre (artes de pesca activos) y de las redes de enmalle (artes de pesca pasivos). Esto se debe a que la literatura científica



**Fig. 6.2.2.2** Curva de selección como el producto de dos curvas logísticas, la cual es aproximadamente idéntica a una distribución normal. Los parámetros son:  
 Distribución normal:  $L_m = 10$  y  $s = 2$   
 Producto de dos curvas logísticas:  
 $L_{50\%} = 7.645$   $L_{75\%} = 8.483$   
 $D_{50\%} = 2 * L_m - L_{50\%}$   $D_{75\%} = 2 * L_m - L_{75\%}$



**Fig. 6.2.2.3** Ejemplo hipotético para ilustrar los problemas de sesgo al utilizar datos de muestras obtenidas con red de enmalle para estimar parámetros de crecimiento y tasas de mortalidad.

sobre la selectividad se ha concentrado principalmente en estos artes de pesca, y a que es relativamente fácil realizar experimentos para estimar sus curvas de selección. Otros tipos de arte también son más o menos selectivos y el patrón de selección de los mismos, por lo general, se puede cambiar, modificando las características técnicas del arte. El modelo de selección que se basa en la curva logística (Ec. 6.1.1) o el modelo que utiliza el producto de dos curvas logísticas (Ec. 6.2.2.3) son lo suficientemente versátiles como para describir la curva de selección de cualquier arte de pesca.

A continuación se examinan, brevemente, las propiedades de selección de dos tipos de aparejos de pesca pasivos, los anzuelos y las trampas, y de un arte activo, las redes de cerco.

Posiblemente se sabe mucho más sobre la selección de las redes de arrastre y de enmalle que sobre la selección de los anzuelos. En pesquerías en las que se utilizan líneas de mano, algunos autores señalan que la curva de selección tiene forma de campana, como la de la red de enmalle, dependiendo del tamaño del anzuelo, mientras que otros encuentran una selección semejante al tipo encontrado para la red de arrastre. La idea en que se basa el empleo de la curva de selección en forma de campana es que los peces pequeños no pueden morder un anzuelo grande y que los peces grandes no quedan sujetos firmemente en los anzuelos pequeños.

Una interesante discusión sobre la selección de anzuelos fue realizada por Ralston (1982), quien observó una curva de selección del tipo descrito para los artes de arrastre en la pesquería de aguas profundas, efectuada con línea de mano en Hawai. Mediante un experimento en el que se utilizaron cuatro tamaños de anzuelos para capturar pargos y meros, este autor halló que los anzuelos pequeños eran casi tan eficientes como los grandes para capturar los peces de gran tamaño. Para la parte izquierda ascendente de la ojiva de selección (que corresponde a la fracción de peces pequeños), encontró una curva de forma sigmoídea. Por otra parte, Pope *et al.* (1975) sugirieron emplear el tipo de selectividad de la red de enmalle en las pesquerías de anzuelo, aunque citan varios trabajos que describen el tipo de selección de las redes de arrastre.

En cuanto a la selección de nasas y trampas, Pope *et al.* (1975) sugieren el tipo del arte de arrastre, argumentando que las trampas retienen a los peces de la misma forma que los copos. Por otro lado, Munro (1974, 1983) examina la selectividad y otros aspectos del funcionamiento de las trampas portátiles antillanas. Estas trampas de 3 m de largo están confeccionadas con "malla de gallinero", con dos entradas o embudos cuyos fondos son las aberturas de entrada y se utilizan para capturar peces en los arrecifes de coral. Paralelamente, Munro (1974) desarrolló un modelo para establecer la capturabilidad de las trampas en función del tiempo que permanecen caladas (tiempo que la trampa permanece en el fondo).

La selectividad de las trampas es complicada, porque depende del hecho de que los peces penetren activamente en ellas. En trampas pequeñas (como las antillanas antes mencionadas) sólo se puede esperar capturar un ejemplar de una especie territorial, aunque el pez atrapado puede ser reemplazado por otro antes de que la trampa sea izada. En el otro extremo, están los peces cazadores, como los jureles (carángidos) que habitan los arrecifes de coral, capaces de cubrir una gran extensión en un corto período de tiempo y, por lo tanto, pueden estar sobre-representados en las capturas con trampa. Así también, si un depredador grande queda atrapado en la trampa, puede impedir que potenciales presas entren en ella. Por otra parte, si en la trampa ya hay ejemplares de especies presa, pueden servir de carnada viva y atraer a depredadores, que tal vez se coman la presa antes de que sea izada la trampa.

Las capturas con trampas dependen del tiempo que éstas permanecen caladas (Munro, 1974). Siempre existe la posibilidad de que un pez atrapado encuentre la abertura de entrada y huya a través de ella. Hay diferencias notables entre las distintas especies; algunas escapan de la trampa con gran facilidad (Munro, 1983). Por lo tanto, la selectividad de la trampa puede no ser sólo una función del tamaño de malla empleado. Por ejemplo, el tamaño de la entrada y el tiempo que permanecen en el fondo pueden ser igualmente factores importantes de tomar en consideración. La composición de las especies en la zona donde se coloca la trampa también influye en la selectividad. Sin embargo, para la fuga a través de las mallas, parece razonable suponer una ojiva del tipo de la selección descrito

para el arte de arrastre. Sin embargo, si se analiza el promedio de una gran cantidad de capturas realizadas con trampas, pueden desaparecer algunas de las complicaciones mencionadas previamente; es decir, éstas pueden resultar ser sólo "ruido aleatorio" en torno a la curva de selección.

En principio, las redes de cerco deberían funcionar de forma semejante a una red de arrastre en lo que respecta a la selección. Sin embargo, es más difícil analizar la selección en redes de cerco, porque este tipo de arte se utiliza generalmente para capturar especies que nadan en cardúmenes, como la sardina, la caballa y el atún. Estas especies tienen tendencia a formar cardúmenes compuestos por individuos del mismo tamaño. Por lo tanto, un cardumen debería considerarse como una unidad de muestreo (en lugar de un pez individual).

## 6.4 OTROS ASPECTOS DE LA SELECCION DE LOS ARTES DE PESCA

### 6.4.1 Selección tipo filo de cuchillo

La Fig. 6.4.1.1 muestra dos curvas de selección. La curva A tiene un rango de selección de 3 cm y la curva B, la línea vertical gruesa, tiene un rango de selectividad de 0 cm. La curva B se denomina también "*curva de selección filo de cuchillo*" (Beverton y Holt, 1957). La selección filo de cuchillo debe ser considerada como un modelo hipotético, puesto que nunca describirá la situación real. Sin embargo, la selección filo de cuchillo se utiliza a menudo como una aproximación a la ojiva de selección. Para tallas inferiores a L50% el número de peces seleccionados es subestimado, mientras que para tallas superiores a L50% la cantidad de peces es sobreestimada. Estas dos fuentes de sesgo tienen signos opuestos y como las dos áreas "a" y "b" (véase la Fig. 6.4.1.1) son del mismo tamaño, se anulan. Sin embargo, los peces del área "a" pesarán más que aquellos del área "b", puesto que el peso de un pez corresponde al cubo de su longitud.

### 6.4.2 Reclutamiento y selectividad

El reclutamiento de los peces al área de pesca, es cuando estos se desplazan desde las áreas de crianza o de desove hacia las áreas en donde se efectúa la pesca. El reclutamiento se considera igualmente dependiente de la talla de los peces, en una forma semejante a la indicada para la ojiva de selección de las redes de arrastre. Esto significa que el número de peces en los rangos de tallas a los cuales se

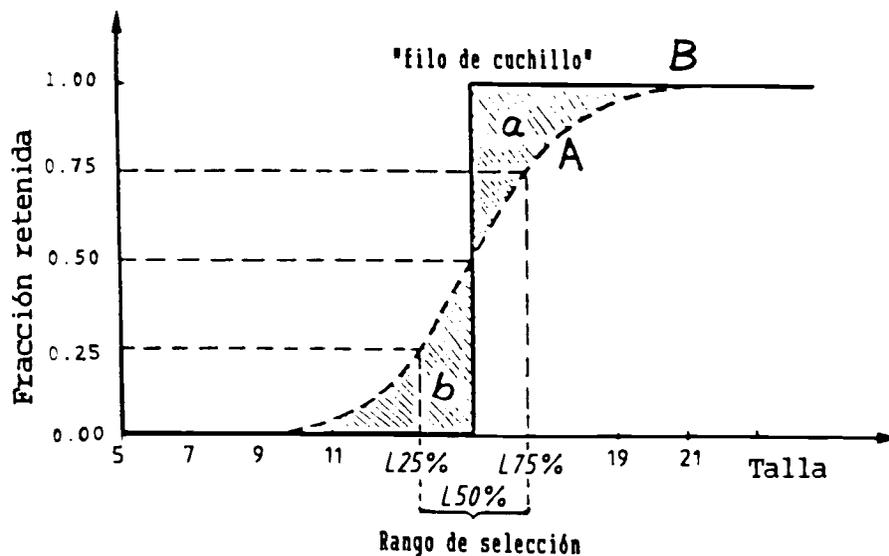


Fig. 6.4.1.1 Curva de selección de la red de arrastre, en función de la talla del cuerpo. Ilustración de los conceptos de selección "filo de cuchillo" y de rango de selección.

produce el reclutamiento no estarán completamente representados en las áreas de pesca. Por lo tanto, cuando se pescan rangos de tallas que aún no han sido completamente reclutados, la probabilidad de que un pez sea retenido por el arte de pesca es en realidad el producto de dos probabilidades:

1. La probabilidad de que el pez esté presente (que haya sido reclutado) en el área de pesca, y
2. La probabilidad de que el pez sea retenido por las mallas una vez que ha entrado en el arte.

La Fig. 6.4.2.1 ilustra estos puntos. La curva R es la "curva de reclutamiento", la curva G es la "curva de selección del arte", y la curva S es la "curva resultante".

La probabilidad de que a cierta talla el pez será efectivamente capturado es el producto de las probabilidades de reclutamiento y de selectividad. Por lo tanto, la probabilidad puede ser descrita por una "curva resultante", S, donde

$$S = R * G \text{ (véase la Fig. 6.4.2.1).}$$

Las L50% para las tres curvas, R, G y S, son diferentes, como se observa en la Fig. 6.4.2.1. La probabilidad de captura de un pez de talla Q es el producto de la probabilidad A, relativo a la curva de reclutamiento, y la probabilidad B, relacionada con la curva de selección del arte, y el resultado es la probabilidad C.

En este ejemplo  $A * B = C$  ó  $R(Q) * G(Q) = S(Q)$  ó  $0.62 * 0.42 = 0.26$ . A la talla X prácticamente todos los peces se han reclutado al área de pesca, mientras que algunos son lo suficientemente pequeños para escapar de las mallas. A la talla Y la retención de la malla es completa y ningún pez escapa.

Cuando las mallas son tan grandes que no hay superposición de la curva de reclutamiento con la curva de selectividad, se puede ignorar el reclutamiento. Entonces, la curva resultante queda determinada sólo por la de selección, véase la Fig. 6.4.2.2.

#### 6.4.3 Selectividad en función de la edad

Hasta ahora, la selectividad ha sido considerada como una función de las tallas. Otro ejemplo, de una

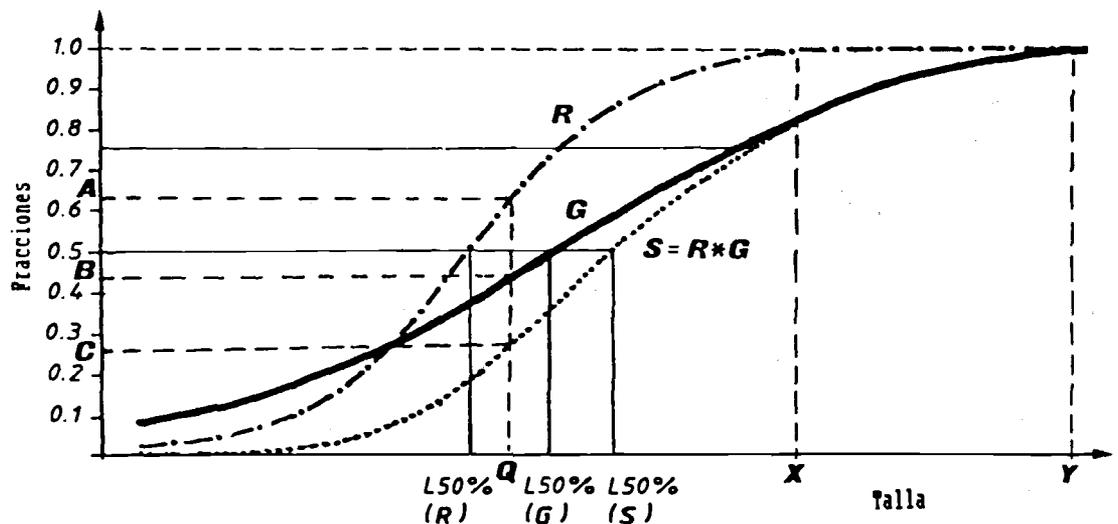


Fig. 6.4.2.1 Las curvas representan: reclutamiento a las área de pesca (R), selección del arte de pesca (G) y curva resultante ( $S = R * G$ ) (véase también el texto).

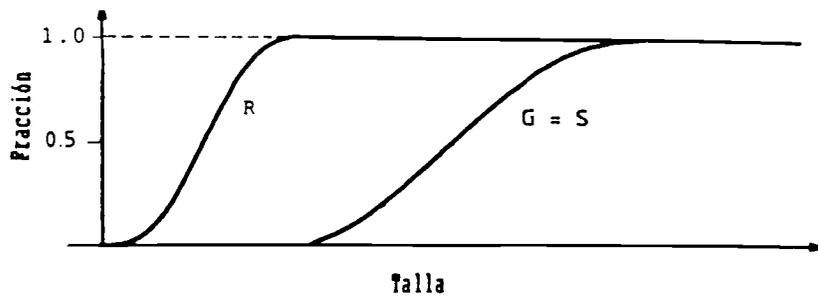


Fig. 6.4.2.2 Ejemplo de igualdad (sobreposición) entre la curva de selección de los artes de pesca (G) y la curva resultante (S).

curva de selección  $S(L)$  se entrega en la Fig. 6.4.3.1. Los valores de  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $L_{50\%}$  y  $L_{75\%}$ , que corresponden a esta curva, son los siguientes:

$$S_1 = 15 \cdot \ln(3) / (18 - 15) = 5.4930 \quad \text{y} \quad S_2 = \ln(3) / (18 - 15) = 0.3662$$

$$L_{50\%} = 5.4930 / 0.3662 = 15 \text{ cm, y}$$

$$L_{75\%} = (5.4930 + \ln(3)) / 0.3662 = 18 \text{ cm}$$

El rango de selección es  $2 \cdot (18 - 15) = 6 \text{ cm}$

Utilizando la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy se puede convertir la talla en edad y así expresar  $S$  en función de la edad,  $t$ :

$$S_t = \frac{1}{1 + \exp[S_1 - S_2 \cdot L_{\infty} \cdot (1 - \exp(-K \cdot (t - t_0)))]} \quad (6.4.3.1)$$

La expresión siguiente, en base a la edad, es equivalente a la Ec. 6.1.1 basada en las tallas:

$$S_t = \frac{1}{1 + \exp(T_1 - T_2 \cdot t)} \quad (6.4.3.2)$$

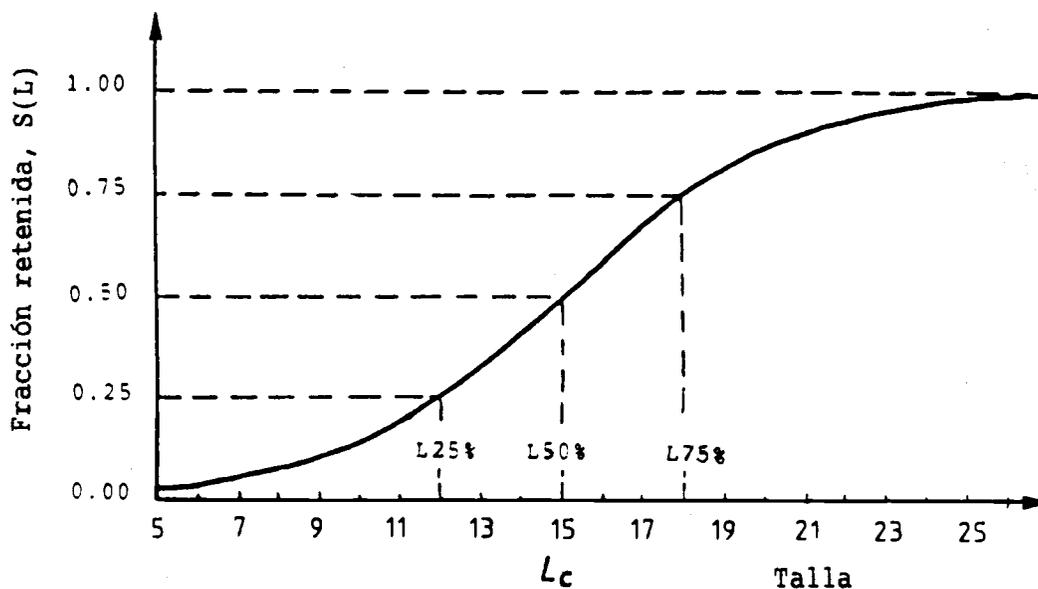


Fig. 6.4.3.1 Curva de selección explicada en el texto.

la que puede ser reescrita en forma lineal, como:

$$\ln(1/S_t - 1) = T1 - T2*t \quad (6.4.3.3)$$

donde:

$$T1 = t50%*\ln(3)/(t75% - t50%) \quad (6.4.3.4)$$

$$T2 = \ln(3)/(t75% - t50%) = T1/t50% \quad (6.4.3.5)$$

(véanse las Ecs. 6.1.6 y 6.1.7)

Las fórmulas para t50% y t75% son:

$$t50% = T1/T2 \quad (6.4.3.6)$$

$$t75% = (T1 + \ln(3))/T2 \quad (6.4.3.7)$$

(véanse las Ecs. 6.1.4 y 6.1.5)

La Fig. 6.4.3.2 muestra las dos ojivas de selección basadas en la edad. La curva A está basada en la transformación exacta de acuerdo a la Ec. 6.4.3.1, mientras que la curva B es la ojiva de selección aproximada según la Ec. 6.4.3.2 y las ecuaciones asociadas 6.4.3.4 a 6.4.3.7. Se puede observar en dicha figura que ambas curvas son casi iguales.

También es posible expresar t50% y t75% en tallas y vice versa a fin de expresar L50% y L75% en edades, usando las siguientes fórmulas:

$$t50% = t_0 - (1/K)*\ln(1 - L50%/L_\infty) \quad (6.4.3.8)$$

$$t75% = t_0 - (1/K)*\ln(1 - L75%/L_\infty) \quad (6.4.3.9)$$

y

$$L50% = L_\infty*[1 - \exp(K*(t_0 - t50%))] \quad (6.4.3.10)$$

$$L75% = L_\infty*[1 - \exp(K*(t_0 - t75%))] \quad (6.4.3.11)$$

Suponga que  $L_\infty = 50$  cm,  $t_0 = 0$  años y  $K = 0.3$  por año para el stock asociado con la ojiva de selección, basado en las tallas de la Fig. 6.4.3.1, entonces:

$$t50% = 0 - (1/0.3)*\ln(1 - 15/50) = 1.1889$$

$$t75% = 0 - (1/0.3)*\ln(1 - 18/50) = 1.4876$$

$$T1 = 4.3727 \text{ y } T2 = 3.6779$$

Las correspondientes L50% y L75% son:

$$L50% = 50*[1 - \exp(0.3*(0 - 1.1889))] = 15.0 \text{ cm}$$

$$L75% = 50*[1 - \exp(0.3*(0 - 1.4876))] = 18.0 \text{ cm}$$

que son las mismas que los resultados obtenidos por la ojiva de selección, basada en las tallas.

## 6.5 ESTIMACION DE LA OJIVA RESULTANTE, A PARTIR DE LA CURVA DE CAPTURA

Cuando se utiliza una curva de captura linealizada para estimar la mortalidad (por ejemplo, la Fig. 4.4.5.1), por lo general, es necesario descartar el lado izquierdo de la curva, porque los peces juveniles no son completamente explotados o reclutados. Un modo conceptualmente simple para estimar cuántos peces faltan en cada grupo de edad, es extrapolar desde la línea recta de donde se estima el coeficiente de mortalidad total Z, para encontrar el número de peces juveniles que “debiera haber”,

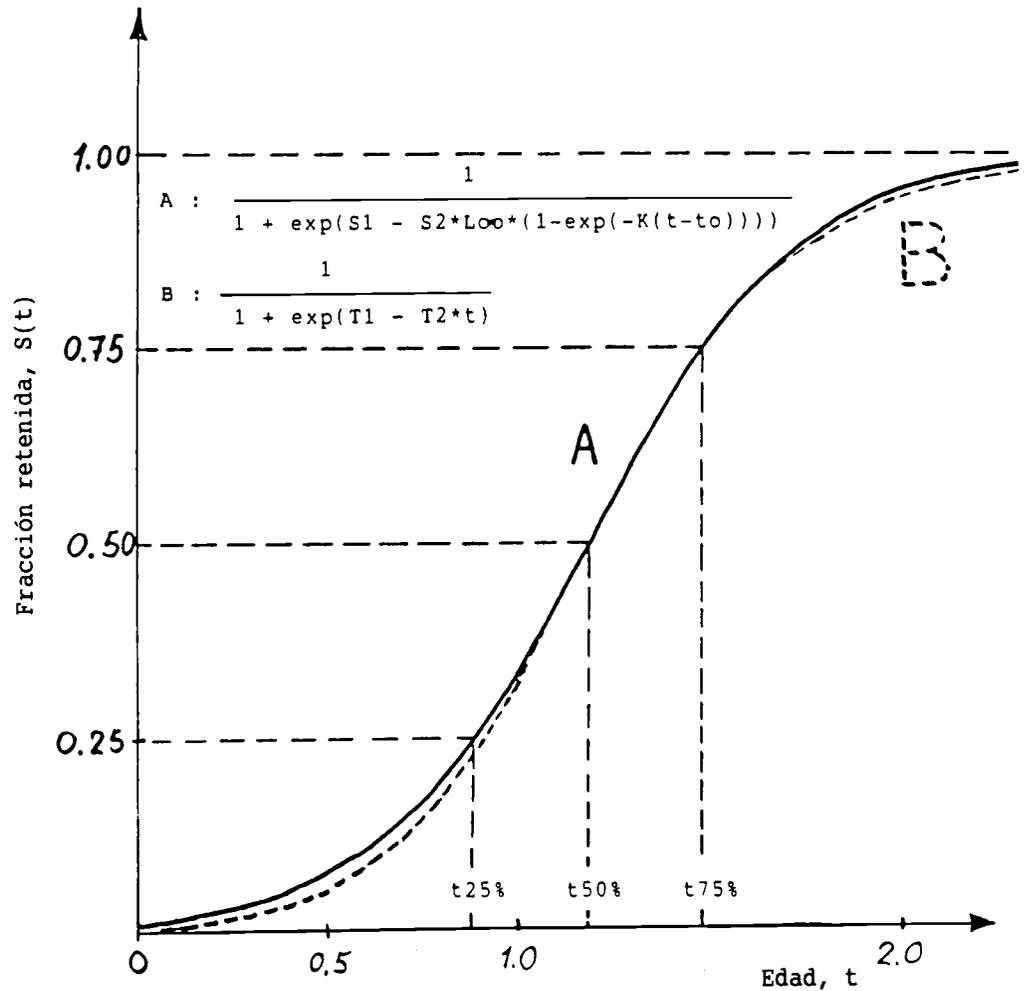


Fig. 6.4.3.2 A: Ojiva de selección transformada a edad exacta (Ec. 6.4.3.1)  
B: Ojiva de selección trazada en forma aproximada (Ec. 6.4.3.2).

(véase la Fig. 6.5.1). Las diferencias entre los números “esperados” y los números reales debieran producir la ojiva que resulta del efecto combinado del reclutamiento y la selección de la malla. Como se muestra más adelante, los cálculos son fáciles de realizar. El problema es que se hace un supuesto importante y probablemente irreal, principalmente que la tasa de mortalidad total,  $Z = F + M$ , es la misma para todas las edades. Así, el valor de  $F$  no permanece constante ya que debe ser menor en la fase de selectividad de la malla.  $M$ , por otro lado, es probablemente más alta para los peces pequeños que para los adultos. Por lo tanto, es posible que  $Z$  permanezca aproximadamente constante aunque hasta ahora, nadie ha demostrado que sea así. No obstante, el método ha adquirido considerable popularidad y, por lo tanto, se le menciona aquí.

**Ejemplo 23:** Estimación de la ojiva resultante de una curva de captura, utilizando datos hipotéticos

Para explicar este método (Pauly, 1984a) se usará el ejemplo de la Tabla 6.5.1. Las columnas A - E contienen los datos de entrada y los cálculos para el análisis de la curva de captura convertida a tallas (véase la Sección 4.4.5). En este caso, se calcula la mortalidad total  $Z = 1.0$  por año a partir de los

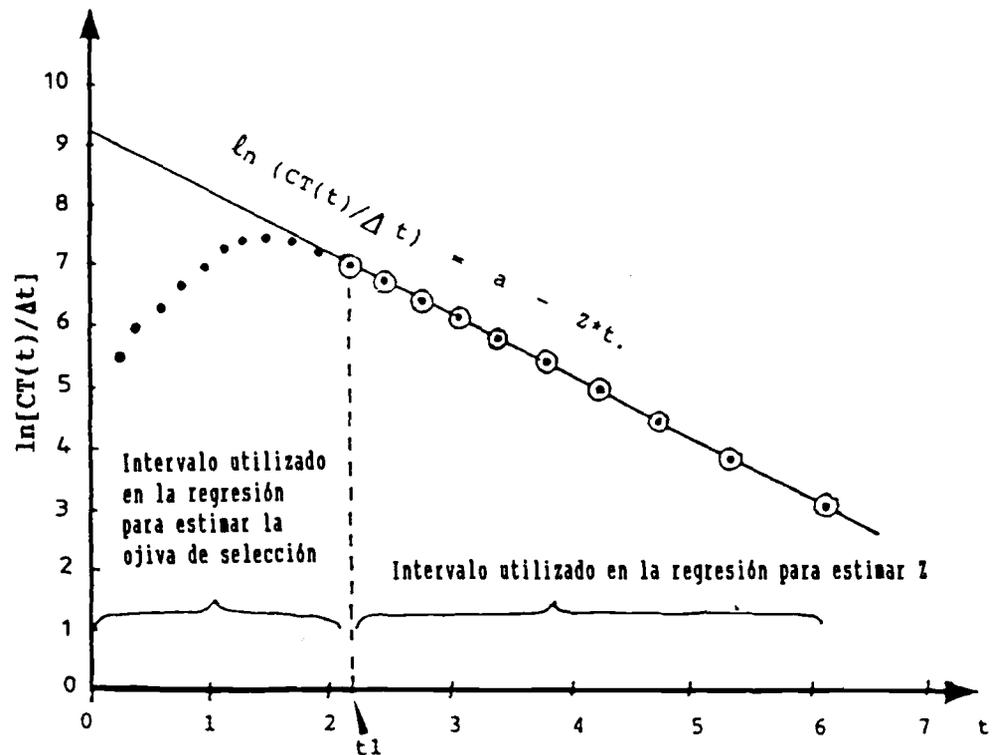


Fig. 6.5.1 Estimación de la ojiva resultante en base al análisis de la curva de captura convertida en talla. Se utiliza la información de la Tabla 6.5.1.

parámetros de crecimiento,  $L_{\infty} = 50$  cm y  $K = 0.3$  por año (véase la Fig. 6.5.1). El resultado del análisis de regresión es:

$$\ln \frac{C}{\Delta t} = 9.208 - 1.0*t$$

En contraste con el ejemplo discutido en la Sección 4.4.5, se tiene ahora un uso para el intercepto ( $a = 9.208$ ).

Bajo el supuesto de mortalidad constante se espera que los valores de  $\ln(C/\Delta t)$  estén sobre la línea de regresión,  $\ln(C/\Delta t) = a - Z*t$ . Así, la frecuencia hipotética verdadera de los números poblacionales totales en el mar,  $CT$ , se espera que ajusten la ecuación:

$$\ln(CT/\Delta t) = a - Z*t. \quad (6.5.1)$$

La idea detrás de este método es que el número de peces en el mar es proporcional al número capturado, es decir,

$$\frac{C}{CT} = \frac{\text{el número de peces en la captura}}{\text{número poblacional total en el mar}}$$

Sea  $t_1$  la edad correspondiente al primer grupo de tallas, que se supone está totalmente representada en la captura, y que, por lo tanto, será utilizada en la regresión de la curva de captura (en el caso de la Tabla 6.5.1, se tiene  $t_1 = 2.180$ , véase la Fig. 6.5.1). Para tallas por sobre  $t_1$ ,  $CT(t)$  debiera ser aproximadamente igual a las frecuencias observadas, puesto que la probabilidad de captura es 1, si es que la selección y el reclutamiento se ha completado antes de esa talla. Para las

**TABLA 6.5.1**  
**Ejemplo para ilustrar la estimación de la ojiva de selección a partir de una curva de captura**  
**(véase la Fig. 6.5.1)  $L_{\infty} = 50$  cm,  $K = 0.3$  por año,  $t_0 = 0$**   
**(Los mismos datos se utilizaron en la Tabla 4.5.4.1)**

A	B	C	D	E	F	G	H
L1-L2 cm	t (x)	$\Delta t$ (L1,L2)	C(L1,L2)	$\ln$ (C/ $\Delta t$ ) (y')	$S_t$ obs.	$\ln$ (1/S-1) (y)	$S_t$ est.
3- 5	0.278	0.145	37	5.54	0.034	3.35	0.03
5- 7	0.426	0.151	56	5.92	0.057	2.81	0.06
7- 9	0.581	0.159	86	6.29	0.097	2.23	0.10
9-11	0.744	0.167	129	6.65	0.163	1.64	0.16
11-13	0.915	0.176	188	6.97	0.267	1.01	0.27
13-15	1.095	0.186	258	7.23	0.416	0.42	0.42
15-17	1.286	0.196	319	7.39	0.590	-0.37	0.59
17-19	1.487	0.208	352	7.43	0.750	-1.10	0.75
19-21	1.703	0.222	351	7.37	0.870	-1.90	0.87
21-23	1.933	0.238	324	7.22	0.943	-2.80	0.94
23-25	2.180	0.257	283	7.00	(0.976)	-	0.98
25-27	2.447	0.278	239	6.76	-	-	0.99
27-29	2.734	0.303	196	6.47	-	-	1.00
29-31	3.054	0.334	158	6.16	-	-	1.00
31-33	3.406	0.371	123	5.80	-	-	1.00
33-35	3.798	0.417	93	5.41	-	-	1.00
35-37	4.243	0.477	69	4.97	-	-	1.00
37-39	4.757	0.557	48	4.46	-	-	1.00
39-41	5.365	0.669	31	3.84	-	-	1.00
41-43	6.109	0.838	18	3.04	-	-	1.00
43-45	7.068	1.122	10	2.19	-	-	1.00
45-47	8.419	1.702	3	0.57	-	-	1.00

*columna contenido*

A grupo de talla en cm

B  $t(L1+L2)/2$ , edad correspondiente a la marca de clase del intervalo de longitud (vea la Ec. 3.3.3.2), (x) en ambas regresiones

C  $\Delta t(L1,L2) = t(L2) - t(L1) = \frac{1}{K} \ln \frac{L_{\infty} - L1}{L_{\infty} - L2}$  (Ec. 4.4.5.1)

D  $C(L1,L2)$  = captura en número, por grupo de talla

E  $\ln(C/\Delta t)$ , variable dependiente en la regresión de la curva de captura (y')

F  $S_{t,obs} = C / [\Delta t \cdot \exp(a - Z \cdot t)]$ , ojiva de selección *observada* ( $a = 9.208$ ,  $Z = 1.0$ , obtenida de la curva de captura linealizada convertida a tallas (Ec. 4.4.5.3), de la regresión de las columnas B(x) y E(y'), en el rango de 23 a 43 cm

G  $\ln(1/S-1)$ , variable dependiente en el análisis de regresión de la ojiva de selección (estimada) (y). La regresión de  $x = t$  y  $y = \ln(1/S-1)$  da  $T1 = a$  y  $T2 = b$  (Ec. 6.4.3.3.)

H  $S_{t,est} = 1 / [1 + \exp(T1 - T2 \cdot t)]$ , ojiva de selección estimada (teórica)

tallas inferiores a t1 se espera que la población en el mar sea mayor que la que está representada en la captura, es decir:

$$\ln(CT_t/\Delta t) > \ln(C_t/\Delta t)$$

Como se supone que  $CT_t$  es proporcional al número de peces en la población, la razón:

$$C_t/CT_t$$

es un estimador de la probabilidad que un pez de edad  $t$  estará en el área de pesca y será retenido si se encuentra con el arte, es decir,  $C_t/CT_t$  puede ser empleado como un estimado de la ojiva resultante  $S_t$ .

Así también,  $CT_t$  puede predecirse por medio de la Ec. 6.5.1, modificada en:

$$CT_t = \Delta t \cdot \exp(a - Z \cdot t) \quad (6.5.2)$$

De este modo, la ojiva puede ser estimada por:

$$S_t = \frac{C_t}{CT_t} = \frac{C_t}{\Delta t \cdot \exp(a - Z \cdot t)} \quad (6.5.3)$$

Las fracciones retenidas de la ojiva resultante *observada* se presentan en la columna F de la Tabla 6.5.1. Para obtener la ojiva resultante teórica (estimada) se usa la expresión para  $S_t$  en su forma lineal (Ec. 6.4.3.3):

$$\ln(1/S_t - 1) = T_1 - T_2 \cdot t$$

La Ec. 6.4.3.3 permite estimar los parámetros  $T_1$  y  $T_2$  a través de la regresión lineal. Las columnas B (x) y G (y) de la Tabla 6.5.1 contienen los datos de entrada para realizar la regresión. (Las columnas C, D y E contienen los resultados del análisis de la curva de captura, utilizada para calcular la variable dependiente, y, columna G). La columna H contiene la ojiva resultante *estimada*. Sólo los valores de  $S_t$  menores que 1 (columna F) se pueden usar en la expresión  $\ln(1/S - 1)$  (columna G). Efectuado el análisis de regresión se tiene que:

$$a = T_1 = 4.396 \quad \text{y} \quad -b = T_2 = 3.701$$

que dan, al utilizar las Ecs. 6.4.3.6, 6.4.3.7, 6.4.3.10 y 6.4.3.11:

$$\begin{aligned} t_{50\%} &= T_1/T_2 = 1.1877 \text{ años} \\ t_{75\%} &= (T_1 + \ln(3))/T_2 = 1.4846 \text{ años} \\ L_{50\%} &= 50 \cdot (1 - \exp(-0.3 \cdot (1.1877 - 0))) = 15.0 \text{ cm} \\ L_{75\%} &= 50 \cdot (1 - \exp(-0.3 \cdot (1.4846 - 0))) = 18.0 \text{ cm} \end{aligned}$$

El ejemplo de la Tabla 6.5.1 es hipotético, construido para que dé los resultados de las Figs. 6.4.3.1 y 6.4.3.2. Debido a que los datos son ideales y teóricos hay una concordancia perfecta entre las fracciones retenidas observadas (columna F de la Tabla 6.5.1) y las fracciones retenidas teóricas (columna H).

El ejercicio proporciona una comprobación respecto de la adecuación de la selección de los puntos usados en el análisis de regresión para la estimación de  $Z$ . La conclusión que se saca de la Tabla 6.5.1 es que el primer grupo de tallas a usar en la estimación de  $Z$  debió ser 27 - 29 cm, ya que este grupo es el primero bajo plena explotación. Sin embargo, debido a que la curva logística nunca alcanza el valor 1, el concepto de "plena explotación" se determina por el número de decimales en la tabla. Tomando en cuenta que la curva logística es una aproximación a la curva de selección real, no es de esperar que se obtenga un estimado exacto de la primera talla bajo plena explotación. Si se está en alguna parte en "la vecindad cercana" a 1, es probable que la selección del primer grupo de talla en la curva de regresión de la captura sea suficientemente buena.

Como se enfatizó en la introducción de esta sección, los resultados del método descrito debieran ser tratados con cierta reserva.

(Véanse los **Ejercicios** en la Parte 2).

## 6.6 SELECTIVIDAD DE ARTES DE PESCA Y LOS METODOS DE APV

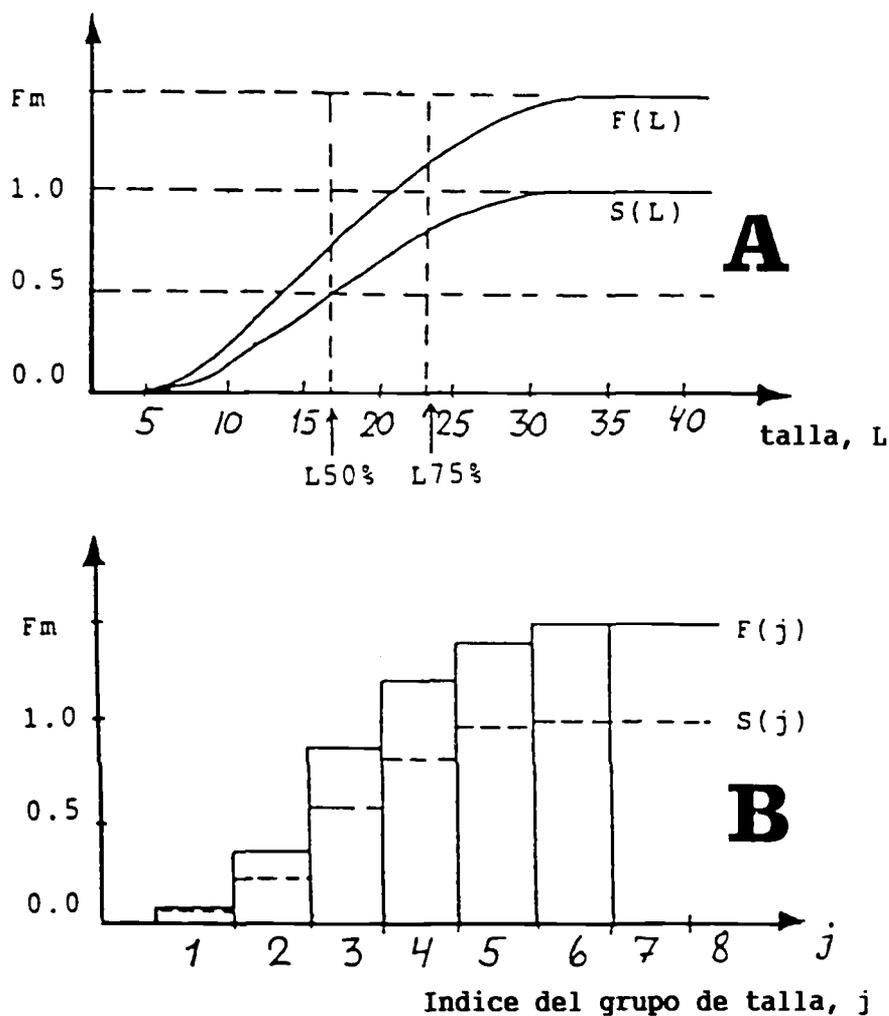
### 6.6.1 Selectividad del arte y mortalidad por pesca

La mortalidad por pesca,  $F$ , está claramente relacionada con la ojiva de selectividad. Cuando  $S_L = 0$ , la mortalidad por pesca debe ser cero y cuando  $S_L = 1$  la mortalidad por pesca está en su más alto nivel. La relación obvia entre mortalidad por pesca y la selectividad es:

$$F_L = F_m * S_L \quad (6.6.1.1)$$

donde  $F_m$  es la "mortalidad por pesca máxima". Así,  $F$ , como una función de la talla,  $L$ , tiene la misma forma que  $S$ , pero a un nivel diferente (véase la Fig. 6.6.1A).

En la Ec. 6.6.1.1 se considera  $F$  como una función continua de la talla,  $L$ . En la práctica, sin embargo, es conveniente reemplazar la función continua por una función escalonada como se muestra en la Fig. 6.6.1B, donde  $F$  se supone permanece constante dentro de cada grupo de tallas.



**Fig. 6.6.1.1** Relación entre la ojiva de selección y la mortalidad por pesca.  
A: Funciones continuas  
B: Funciones escalonadas correspondientes a A.

La curva de selección continua  $S_L$  también se puede aproximar por medio de una función escalonada,  $S(j)$ , en la cual el valor para el grupo de tallas  $n^o j$  es  $S((L1+L2)/2)$ , en donde  $L1$  y  $L2$  son los límites superior e inferior del grupo de talla  $n^o j$ . Cuando se usa el índice del grupo de tallas,  $j$ , como argumento en lugar de la talla  $L$ , se puede escribir un modelo de función escalonada para la mortalidad total,  $Z$ ;

$$Z(j) = M + F_m * S(j) \quad (6.6.1.2)$$

en donde  $M$  es el coeficiente de mortalidad natural (aquí se supone que permanece constante para todos los grupos de tallas),  $S(j)$  es la función escalonada de la ojiva de selección y  $F_m$  la mortalidad por pesca máxima. Si  $Z$ ,  $M$  y  $F_m$  son conocidas, la selección se puede estimar utilizando la siguiente expresión (Pope *et al.*, 1975 y Hoydal *et al.*, 1982):

$$S(j) = F(j) / F_m \quad (6.6.1.3)$$

en donde:

$$F(j) = Z(j) - M$$

La Fig. 6.6.1.2 muestra  $F(j)$ ,  $Z(j)$  y  $S(j)$  como funciones respecto de las tallas. Cuando se trabaja con una función escalonada, en lugar de una curva logística continua, la selección es como un arreglo de valores de  $S$  y esta serie puede reemplazar a la expresión matemática (Ec. 6.6.1.1) o puede ser aplicada directamente para estimar los parámetros de la curva logística. En realidad, una serie de valores de  $S$  es un modo más versátil de presentar ojivas de selección ya que no se tienen que hacer supuestos respecto de la expresión matemática que la sustenta (véase la discusión de las claves talla/edad *versus* las ecuaciones de crecimiento en la Sección 3.2.1).

### 6.6.2 Estimación de curvas de selección a partir del análisis de cohorte

Los variados tipos de análisis de cohorte (véase el Capítulo 5) producen un vector de estimados de  $F$

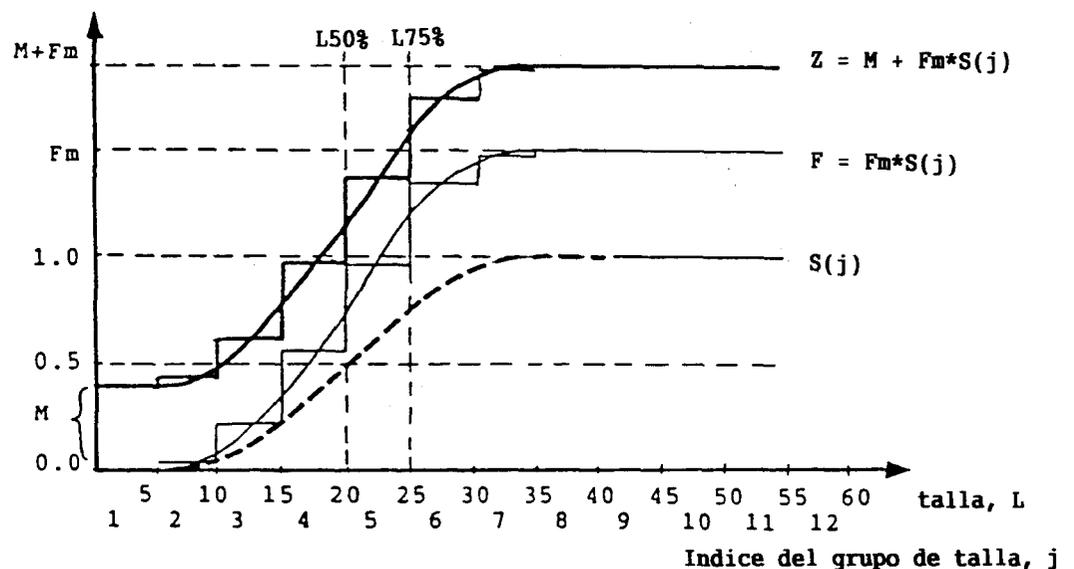


Fig. 6.6.1.2 Relación entre la mortalidad y la ojiva de selección (para una mayor explicación véase el texto).

(el llamado “*patrón de pesca*”), por grupo de edad o grupo de tallas. Estos valores proporcionan datos para la curva de selectividad/reclutamiento que se obtiene por:

$$S(i) = \frac{F(i)}{\text{MAX}\{F(j)\}} \quad (6.6.2.1)$$

donde  $F(i)$  es la mortalidad por pesca, por grupo de edad o talla  $i$  y  $\text{MAX}\{F(j)\}$  es el valor máximo de la mortalidad por pesca entre todas las edades o grupos de tallas (véase la Ec. 6.6.1.3). La Ec. 6.6.2.1 se aplica a cualquier arte de pesca o cualquier combinación de artes, relacionados con cualquier curva de reclutamiento (Hoydal *et al.*, 1980 y 1982). El método no hace ningún supuesto respecto del tipo de arte utilizado o de cómo se capturan los peces. Así, la curva de selección de un arte de pesca puede ser estimada únicamente a partir de datos de captura. La Ec. 6.6.2.1 da los resultados reales de operaciones de pesca y, por lo tanto, se denomina “*tamaño de malla efectivo*”, es decir, los parámetros de selectividad/reclutamiento observados. El concepto de “*tamaño de malla efectivo*” también se aplica a artes de pesca sin mallas, como los anzuelos.

Esta aproximación tiene varias ventajas por sobre los métodos donde las curvas de selección son derivadas de mediciones de las características del arte, por ejemplo, el tamaño de malla. Considérese, por ejemplo, una red de arrastre y suponga que (como se hace a menudo) la curva de selección del arte está determinado sólo por el tamaño de malla del copo de la red, entonces, dos embarcaciones pesqueras que utilizan artes con el mismo tamaño de malla debieran tener la misma ojiva de selección para sus artes. Sin embargo, es probable que esto sea así sólo si las dos embarcaciones operan el arte exactamente del mismo modo. Por ejemplo, si una embarcación hace lances de 5 horas de duración y la otra embarcación sólo utiliza una hora por lance, las propiedades de selección pueden ser diferentes a causa de la saturación de la red por la misma captura. También la velocidad de arrastre puede influenciar la selección: altas velocidades hacen que las mallas se estiren más, produciendo con ello una reducción del factor de selección.

## 6.7 UTILIZACION DE LA CURVA DE SELECCION PARA AJUSTAR MUESTRAS DE FRECUENCIAS DE TALLAS

Cuando se analizan muestras de frecuencias de tallas, (por ejemplo, cuando se hace el análisis de Bhattacharya, Sección 3.4.1) la selección puede crear resultados sesgados. A modo de ejemplo, obsérvese la primera parte de la Tabla 3.2.1.1. La muestra se presenta en la columna B de la Tabla 6.7.1. En realidad la columna B es el primer componente, estimado por el análisis de Bhattacharya, como puede verse en la columna H de la Tabla 3.4.1.1, que está basada en los mismos datos. Estos valores hipotéticos se supone que representan una muestra aleatoria de la población. Así, en el caso de la Tabla 3.2.2.1 se supone un arte de pesca no-selectivo. Si la muestra se hubiera tomado con un arte de pesca selectivo posiblemente habría sido diferente.

Ahora, suponga que se utilizó un arte de pesca con una curva de selección del tipo encontrado en las redes de arrastre con  $L50\% = 15$  cm y  $L75\% = 18$  cm. En tal caso, se habría observado las frecuencias que se muestran en la columna C de la Tabla 6.7.1 y no aquellas de la columna B. (Las cifras en la columna C son hipotéticas y son calculadas como el producto de las columnas B y D). Las frecuencias de la columna C producen un estimado sesgado de la longitud media y de la desviación estándar, como se puede ver en las dos últimas filas de la Tabla 6.7.1. Sin embargo, si la ojiva de selección es conocida es posible estimar la muestra insesgada, es decir, estimar la columna B. Esto se hace dividiendo las frecuencias observadas (columna C) por las fracciones retenidas. Al seguir este procedimiento se genera la columna E. Como se podría esperar, hay problemas con las frecuencias pequeñas (tallas de 12-14 cm). Se debe tener presente que el método no puede ser usado para ponderar una frecuencia cero y no es confiable para frecuencias pequeñas.

**TABLA 6.7.1**  
**Ejemplo para ilustrar la estimación de una muestra aleatoria a partir de una**  
**muestra sesgada por la selectividad del arte**  
**(véase la Fig. 6.7.1)**

A	B	C	D	E
intervalo de talla cm	muestra insesgada observada (Tabla 3.2.1.1)	muestra sesgada por la selección	ojiva estimada $S_L$	muestra insesgada estimada C/D
12-13	1	0	0.30	0
13-14	4	1	0.37	3
14-15	11	5	0.45	11
15-16	24	13	0.55	24
16-17	38	24	0.63	38
17-18	42	30	0.71	42
18-19	33	26	0.78	33
19-20	20	17	0.84	20
20-21	7	6	0.88	7
21-22	2	2	0.92	2
Total	182	124		180
L medio	17.3	17.6		17.3
s	1.69	1.60		1.64

Columna	contenidos
A	intervalo de longitud en cm
B	muestra aleatoria insesgada de la población (de la Tabla 3.2.1.1)
C	muestra como hubiera sido obtenida con una red de arrastre con una curva de selectividad con $L_{50\%} = 15$ cm y $L_{75\%} = 18$ cm.
D	ojiva de selección estimada (fracción retenida) $S_L = 1 / (1 + \exp(S_1 - S_2 * L))$ , que es la Ec. 6.1.1, donde $S_1 = L_{50\%} * \ln(3) / (L_{75\%} - L_{50\%})$ (Ec. 6.1.6) y $S_2 = S_1 / L_{50\%}$ (Ec. 6.1.7)
E	Muestras insesgadas estimadas y corregidas con respecto a la selección, frecuencia de la muestra sesgada dividida por la fracción retenida (C/D) (compare con la columna B)

En general, el efecto de la selección del arte de arrastre se traduce en:

1. Sobreestimación de la talla media;
2. Subestimación de la desviación estándar; y,
3. Subestimación del tamaño de la cohorte.

En la Fig. 6.7.1. se ilustra en forma gráfica el sesgo producido por la selección.

La corrección para el efecto de selección de la malla se debería hacer preferentemente por medio de curvas de selección, determinadas mediante pruebas experimentales como los arrastres con copo cubierto (Sección 6.1), o a través del análisis de las series de valores de mortalidad por pesca derivadas del análisis de cohorte (Sección 6.6). A veces, se pueden utilizar las curvas de selección de especies de forma parecida y estrechamente relacionadas con la especie en estudio.

Cuando no se dispone de esta información, tal vez se pueda estimar una curva de selección a

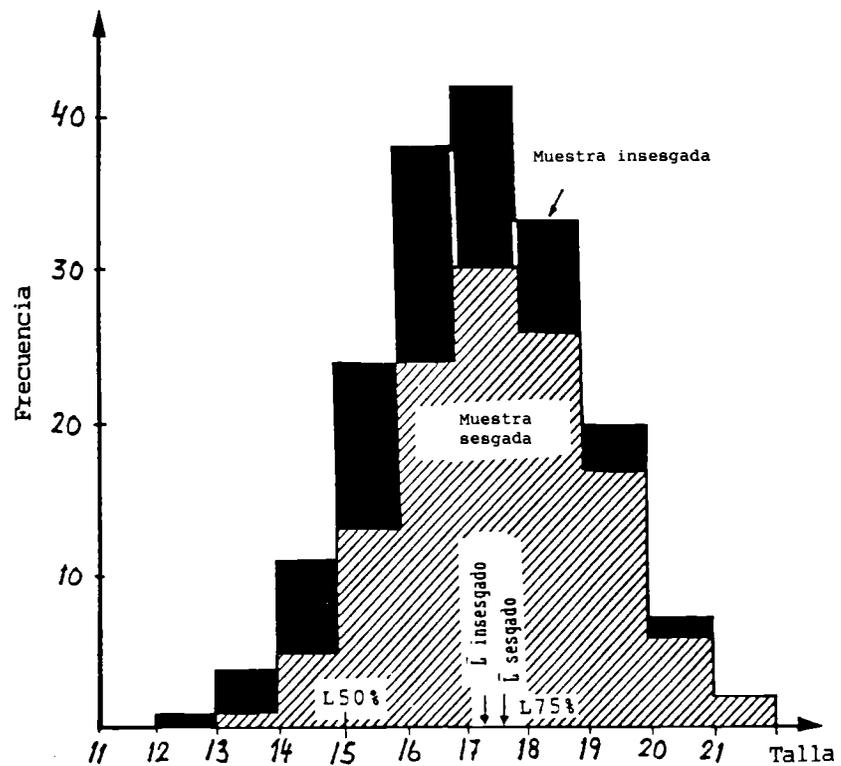


Fig. 6.7.1 Sesgo originado por la selección del arte de pesca.

partir de una curva de captura linealizada (Sección 6.5). Sin embargo, al hacer esto se tropieza con un problema de lógica, porque la estimación de la selección es la última parte del análisis de la curva de captura y, por lo tanto, se basa en estimaciones de los parámetros que están sesgados por efecto de la selección. Afortunadamente, es posible comenzar por la corrección, para lo cual la secuencia de los análisis puede ser la siguiente:

1. Estime  $L_{\infty}$  por medio del método de Powell-Wetherall.
2. Corrija el efecto de selección en las frecuencias de tallas, utilizando el valor 1.0 para el parámetro de curvatura,  $K$ , y el estimado de  $L_{\infty}$  obtenido en el paso 1.
3. Separe los componentes con distribución normal mediante el método de Bhattacharya (Sección 3.4.1), empleando la distribución de frecuencias de tallas corregida.
4. Utilice los valores de las tallas medias estimadas en cada componente, utilizada en el análisis de progresión modal, para estimar los parámetros de crecimiento  $K$  y  $L_{\infty}$  (Sección 3.4.2).
5. Estime  $Z$  mediante el análisis de la curva de captura, convertida a tallas, con los nuevos parámetros de crecimiento estimados (Sección 4.4.5).

Este procedimiento es aplicable, porque la estimación de la ojiva de selección no es del todo sensible a la elección del parámetro de curvatura,  $K$ .

**Ejemplo 24:** *Utilización de la curva de selección para ajustar la muestra de frecuencias de tallas de la Tabla 6.5.1*

Se aplica el método de Powell-Wetherall a los datos de la Tabla 6.5.1, columna D (los números capturados) y se encuentra  $L_{\infty} = 49.7$  cm (véase Tabla 4.5.4.1 que usa los mismos datos de entrada

para estimar  $L_{\infty}$  por el método de Powell-Wetherall). Rehaciendo los cálculos de la Tabla 6.5.1 con  $K = 1.0$  se obtiene los resultados que se presentan en la Tabla 6.7.2.

La ojiva de selección estimada  $S_{est}$  en la Tabla 6.7.2, calculada con  $K = 1.0$  por año y  $L_{\infty} = 49.7$  cm es casi idéntica a la presentada en la Tabla 6.5.1, la cual fue calculada con  $K = 0.3$  por año y  $L_{\infty} = 50$  cm. Los valores de  $L_{50\%}$  y  $L_{75\%}$  son 14.8 cm y 17.8 cm, respectivamente con  $K = 1.0$ , mientras que con  $K = 0.3$  eran de 15.0 y 18.0 cm, respectivamente.

La última columna de la Tabla 6.7.2 contiene los resultados del Paso 2 del proceso, vale decir, las frecuencias de tallas corregidas respecto de la selección. Una comparación con los datos observados (columna D) muestra inmediatamente la gran cantidad de peces que no estaba en la muestra. En el paso siguiente (3), el método de Bhattacharya será, por lo tanto, muy diferente de aquel que se realiza con los datos originales.

En principio, el método mencionado arriba, puede ser aplicado a cualquier tipo de curva de selección de artes de pesca. No obstante ello, cuanto más estrecho sea el rango de selección, tanto

**TABLA 6.7.2**  
**Ejemplo para ilustrar el uso de la curva de selectividad para ajustar una muestra de frecuencias de tallas, usando los mismos datos de frecuencias de tallas presentadas en la Tabla 6.5.1, con  $L_{\infty} = 49.7$  cm (estimado por el método de Powell-Wetherall),  $K = 1.0$  por año y  $t_0 = 0$**

A	B	C	D	E	F	G	H	I
L1-L2	$\frac{t(L1+L2)}{2}$	$\Delta t(L1,L2)$	C(L1,L2) obs	$\ln(C/\Delta t)$	$S_{obs}$	$\ln(1/S-1)$	$S_t$ est	C(L1,L2) est
	(x)			(y')		(t)		
3-5	0.084	0.044	37	6.74	0.03	3.35	0.03	1121
5-7	0.129	0.046	56	7.11	0.06	2.81	0.06	1000
7-9	0.176	0.048	86	7.49	0.10	2.22	0.10	887
9-11	0.225	0.050	129	7.85	0.17	1.61	0.17	777
11-13	0.276	0.053	188	8.17	0.27	0.99	0.27	689
13-15	0.331	0.056	258	8.44	0.42	0.32	0.43	604
15-17	0.389	0.059	319	8.59	0.60	-0.40	0.61	526
17-19	0.450	0.063	352	8.63	0.76	-1.14	0.77	459
19-21	0.515	0.067	351	8.56	0.88	-1.98	0.88	398
21-23	0.585	0.072	324	8.41	0.95	-2.97	0.95	342
23-25	0.660	0.078	283	8.20	0.98	-3.94	0.98	289
25-27	0.741	0.084	239	7.95	1.00		0.99	241
27-29	0.829	0.092	196	7.66			1.00	197
29-31	0.925	0.102	158	7.35			1.00	158
31-33	1.032	0.113	123	6.99			1.00	123
33-35	1.152	0.128	93	6.59			1.00	93
35-37	1.289	0.146	69	6.16			1.00	69
37-39	1.446	0.171	48	5.64			1.00	48
39-41	1.634	0.207	31	5.01			1.00	31
41-43	1.865	0.261	18	4.23			1.00	18
43-45	2.166	0.355	10	3.34			1.00	10
45-47	2.598	0.554	3	1.69			1.00	3

$$T1 = 4.428 \quad T2 = 12.492$$

$$t_{50\%} = T1/T2 = 0.3545 \text{ años} \quad t_{75\%} = (T1 + \ln 3)/T2 = 0.4424 \text{ años}$$

$$L_{50\%} = 49.7 * (1 - \exp(-1 * (0.3545 - 0))) = 14.8 \text{ cm}$$

$$L_{75\%} = 49.7 * (1 - \exp(-1 * (0.4424 - 0))) = 17.8 \text{ cm}$$

más difícil será estimar las frecuencias de tallas que se habría obtenido con un arte de pesca no-selectivo.

Para las redes de enmalle o cualquier otro arte de pesca con curva de selección en forma de campana, hay que ser cauteloso en la interpretación de muestras de frecuencias de tallas. La moda observada (generalmente hay sólo una moda para este tipo de arte de pesca) puede tener muy poco que ver con una cohorte, pero puede reflejar primariamente la curva de selección del arte de pesca (véase la Sección 6.2).

(Véanse los **Ejercicios** en la Parte 2).

