

12 LA RELACION STOCK/RECLUTAMIENTO

El problema del stock y el reclutamiento se puede considerar como la búsqueda de la relación entre el tamaño del stock progenitor y el reclutamiento posterior en número de individuos o la fuerza numérica de la clase anual (véase la Sección 8.3). Este es un problema central de la dinámica de los stocks de peces, ya que representa la regulación natural del tamaño de los stocks, tanto de los que se explotan como de los que no.

En este capítulo se exponen algunas consideraciones sobre el problema de la relación stock/reclutamiento (S/R), pero no se presentan métodos para resolver los problemas reales. La razón de por qué a la relación S/R se le da este tratamiento no es porque éste sea un tema menos importante, sino que aún no se han desarrollado modelos realmente convincentes para tratar el problema.

El siguiente ensayo de la relación S/R se basa en Beyer y Sparre (1983) y Pauly (1984). Para un examen de las relaciones S/R con especial referencia a los stocks de peces tropicales, véanse, entre otros, Murphy (1982) y Pauly (1984).

Para presentar la relación S/R se ha elegido un ejemplo excepcionalmente claro (Fig. 12.0.1) que se refiere a la especie *Lactarius lactarius*, del Golfo de Tailandia (Pauly, 1980a). En este caso, parece existir una relación bien definida entre el reclutamiento y el tamaño del stock desovante. Sin embargo, como ya se mencionó en la Sección 8.3 (Fig. 8.3.2.), éste no es un ejemplo típico de un gráfico de S/R. La Fig. 12.0.2 muestra el gráfico de S/R para el arenque (*Clupea harengus*) del Mar del Norte, para los años 1949-1978. Las estimaciones de los tamaños del stock y del reclutamiento (número de peces de un año de edad) derivan de los APV (véase la Sección 5.1). Este ejemplo es más representativo que los gráficos S/R que se establecen comúnmente.

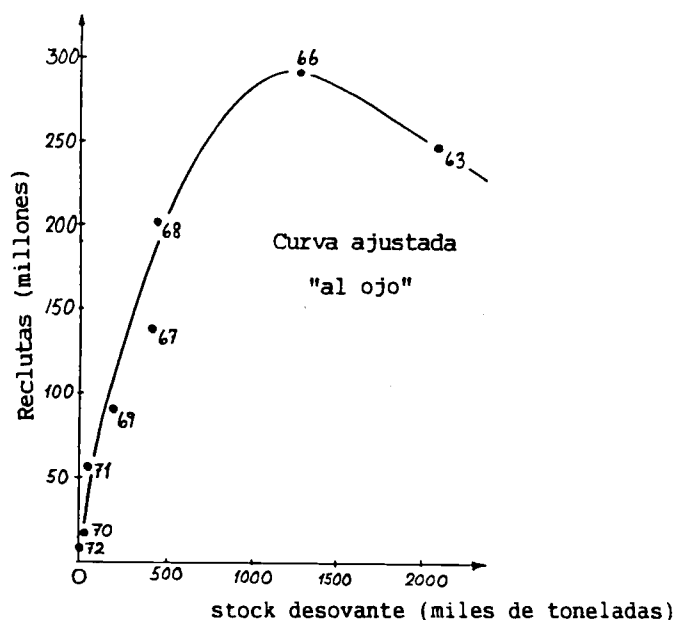


Fig. 12.0.1 Gráfico que relaciona el stock y el reclutamiento en *Lactarius lactarius* en el Golfo de Tailandia (Pauly, 1980a).

Obviamente, no puede haber reclutamiento si no quedan peces adultos que maduren, desoven y produzcan crías que puedan crecer y convertirse en reclutas. Las hembras de la mayoría de las especies ícticas son extremadamente fértiles, produciendo miles, incluso millones de huevos durante su vida adulta. Esta enorme fertilidad llevó a muchos biólogos pesqueros a creer que incluso un stock progenitor muy pequeño debía ser capaz de reconstituir un stock después de cada temporada de desove. Se suponía que las características del ambiente abiótico (por ejemplo, las condiciones oceanográficas) eran los principales factores que determinaban cuántos de los huevos desovados sobrevivían para llegar a ser reclutas. Se creía que la biomasa del stock desovante (biomasa de los peces maduros) prácticamente no influía para nada en la determinación de los individuos reclutados, excepto en los casos de los stocks de tamaño cercano a cero. Esta falta de relación S/R fue sugerida, por ejemplo, por Beverton y Holt (1957) (véase también Beverton, 1963). Trabajos posteriores (por ejemplo, Parrish, 1973 y Saville, 1980) han indicado que en muchos stocks de peces existe una relación S/R y han sugerido que la mayor parte de los stocks que se han agotado en los últimos decenios han sufrido una sobrepesca respecto del reclutamiento (véase la Sección 8.3) (Murphy, 1966, 1977; Saville, 1980).

No obstante, por lo general, la relación S/R no se puede establecer en forma directa representando gráficamente el número de reclutas (o algún índice de reclutamiento) respecto de la biomasa de la población desovante. En lugar de eso, es necesario considerar simultáneamente la relación S/R y los factores bióticos y/o abióticos que puedan afectarla. Csirke (1980) demostró que las condiciones oceanográficas influyen considerablemente en el reclutamiento de la anchoveta peruana.

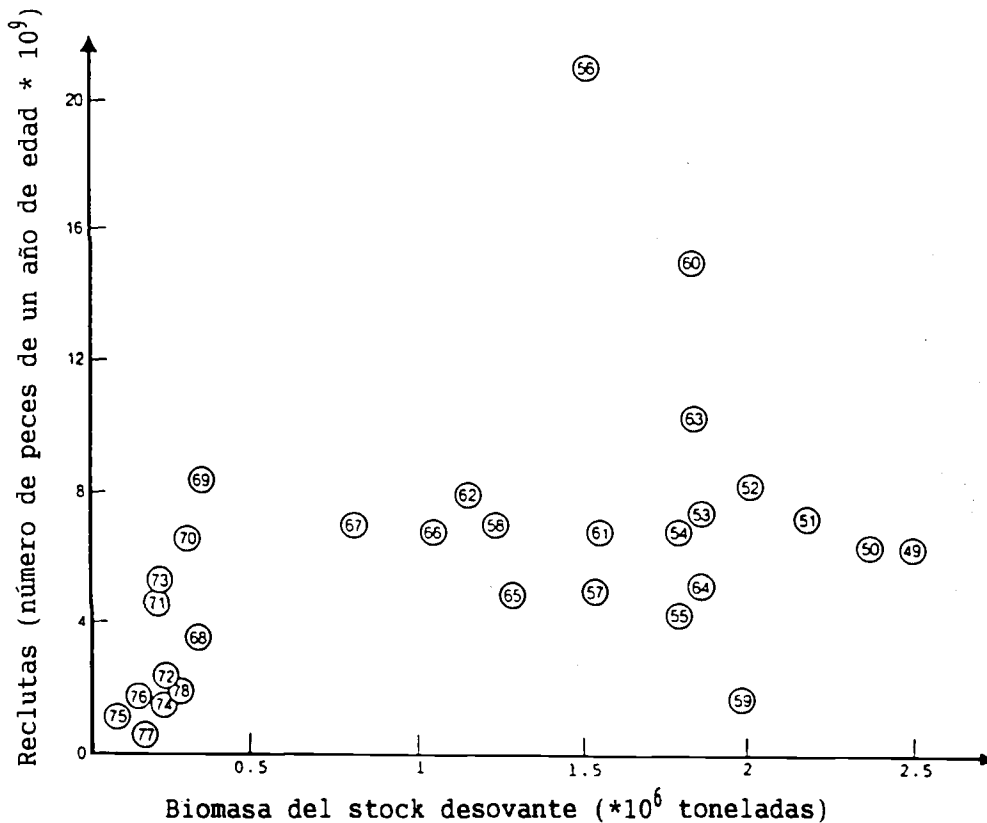


Fig. 12.0.2 Gráfico que relaciona el stock y reclutamiento de *Clupea harengus*. Número de arenques de un año de edad versus la biomasa del stock desovante. Datos obtenidos del APV (tomado de Beyer y Sparre, 1983).

12.1 CONSIDERACIONES SOBRE LA RELACION S/R CLASICA

Se ha observado que para muchos stocks de peces el nivel medio de reclutamiento es casi constante en un amplio rango intermedio de variación del stock progenitor (véanse las Figs. 12.0.2. y 12.1.1). En el caso del arenque del Mar del Norte (Fig. 12.0.2) se ha estimado que este rango intermedio comprende al menos un intervalo correspondiente a 10^{12} – 10^{13} huevos. El nivel medio de reclutamiento es de alrededor de $8 \cdot 10^9$ peces de un año de edad. Así pues, la probabilidad de que un huevo se convierta en un recluta de un año de edad es del orden de 0.0001.

Cabe señalar que esta baja tasa de supervivencia no tiene nada que ver con la pesca, ya que estamos considerando la mortalidad en la fase previa a la explotación (los peces más jóvenes que T_r ; véase la Sección 4.1). El efecto de la pesca es una reducción del potencial de desove (es decir, una sobrepesca respecto del crecimiento, véase la Sección 8.2) y no del reclutamiento. Sólo cuando la tasa de captura supera un determinado nivel afecta al reclutamiento (sobrepasa respecto del reclutamiento; véase la Sección 8.3). En el caso del arenque del Mar del Norte, esto parece haber ocurrido en algún momento de los años setenta. Pero, en principio, no se sabe mucho sobre la ubicación correcta de esta zona de transición en el gráfico de reclutamiento. Lo único que se conoce con certeza es el punto de extinción. Poco se sabe sobre el otro extremo de la curva de reclutamiento. Beverton y Holt (1957) proponen el siguiente tipo de relación S/R:

$$R = \frac{E}{E + g \cdot R_{\text{máx}}} \cdot R_{\text{máx}} \quad (12.1.1)$$

donde g es un parámetro y donde el número de reclutas, R , aumenta hacia el nivel asintótico, $R_{\text{máx}}$, cuando crece la producción de huevos, $E = (\text{número de hembras}) \cdot (\text{producción promedio de huevos})$. Este modelo deriva de un modelo simple de mortalidad dependiente de la densidad:

$$dN(t)/dt = -M(t) \cdot N(t) \quad \text{y} \quad M(t) = m_1 + m_2 \cdot N(t) \quad (12.1.2)$$

en que $N(t)$ es el número de sobrevivientes a la edad t , $M(t)$ es la tasa de mortalidad natural de los juveniles y m_1 y m_2 son parámetros. De este modo, mientras mayor sea el número de sobrevivientes a la edad t , mayor será su mortalidad. Este mecanismo allana las diferencias de la supervivencia, causadas por otros factores, bióticos y abióticos.

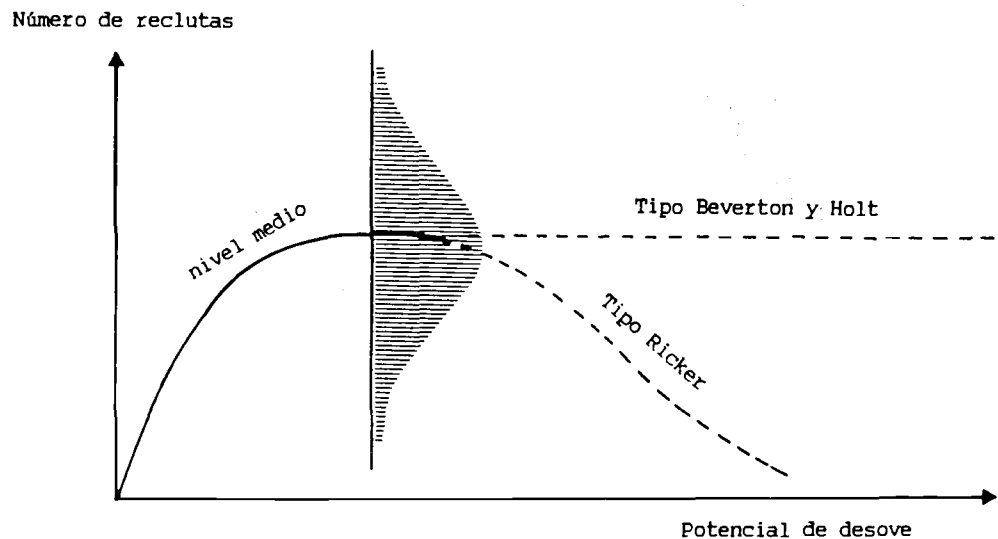


Fig. 12.1.1 Forma característica de una curva de reclutamiento. La distribución sombreada indica la variación en el reclutamiento respecto al nivel promedio.

Se puede demostrar (Beverton y Holt, 1957) que la Ec. 12.1.1 es la solución de la Ecuación diferencial 12.1.2.

Este es un ejemplo de un modelo que describe la “mortalidad dependiente de la densidad”. Esta mortalidad se explica en la competencia por el alimento. Si el alimento es limitado, el número de muertes por inanición se convierte en una función del número de ejemplares que tienen que compartir ese alimento.

La Fig. 12.1.1 muestra la forma característica de la curva de S/R de Beverton y Holt. El gráfico de S/R de la Fig. 12.0.2 es difícil de describir por medio de una curva, pero si se ajustara una curva, sería del tipo de Beverton y Holt.

Ricker (1954) propuso un modelo matemático diferente para la relación S/R (véase la Fig. 12.1.1):

$$R = R1 * E * \exp(-R2 * E) \quad (12.1.3)$$

donde R1 y R2 son parámetros.

En este modelo, el número de reclutas disminuye desde un nivel máximo hacia cero a medida que aumenta la producción de huevos, E. El descenso del reclutamiento se explica por el canibalismo de los adultos sobre los jóvenes. Ricker (1954, 1975) describe este tema de forma más completa.

La curva ajustada a ojo de la Fig. 12.0.1 es una relación S/R de tipo Ricker. Sin embargo, la parte descendente de la curva se basa sólo en un punto. Algunas observaciones más para los stocks desovantes de gran tamaño podrían modificar el cuadro. La Fig. 12.1.2 muestra una curva de Ricker ajustada a los datos sobre el atún del sur (*Thunnus maccoyii*) (Murphy, 1982). Este ejemplo también ilustra las dificultades que surgen a menudo al tratar de ajustar una curva de S/R. Como dice Murphy (1982) con respecto a este gráfico, “parece haber una relación de base que depende de la densidad, encubierta por una variabilidad ambiental considerable”.

Esencialmente, el modelo de Beverton y Holt dice que por encima de un cierto tamaño de stock desovante no hay relación entre el stock progenitor y el reclutamiento, en tanto que el modelo de Ricker sostiene que esta relación existe para todos los tamaños de stock desovante y que hay un tamaño óptimo (véase la Fig. 12.1.1).

Deriso (1980) y Schnute (1985) propusieron un modelo general de stock/reclutamiento:

$$R = R1 * E * [1 - R2 * R3 * E]^{1/R3}$$

donde R1, R2 y R3 son parámetros. Para valores grandes del parámetro de “forma” R3, el modelo anterior se reduce al modelo de Ricker, pues entonces se obtiene:

$$R = R1 * E * \exp(-R2 * E)$$

Si R3 = -1, se obtiene el modelo de Beverton y Holt redefiniendo los parámetros a R1 = 1/g y R2 = 1/(g*Rmáx) como:

$$R = R1 * E / [1 + R2 * E] = (R1/R2) / (E + 1/R2)$$

La mayoría de los datos disponibles sobre stock y reclutamiento se refieren al rango intermedio de variación de los desovantes. En ese rango la mayor parte de las especies parecen mantener un nivel constante de reclutamiento medio y esto es lo que ha motivado la suposición de un reclutamiento constante en la dinámica clásica de los stocks de peces. El hecho más notable es tal vez que el reclutamiento presenta sólo variaciones relativamente pequeñas en torno a ese nivel medio, si se tiene

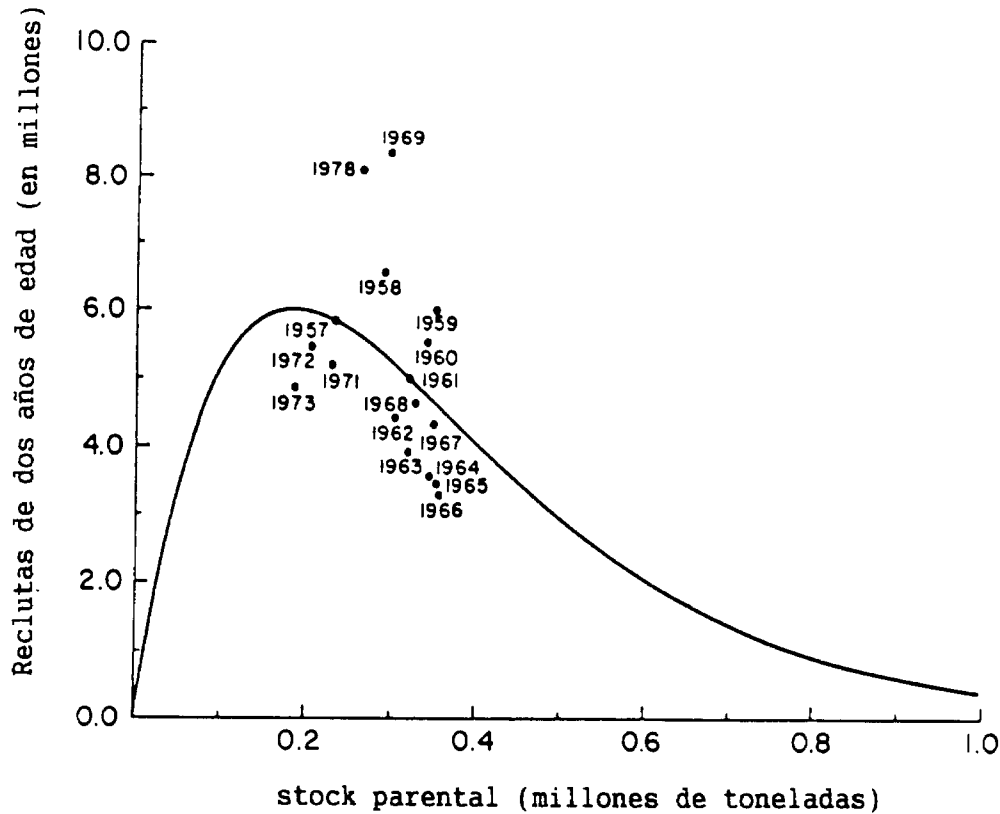


Fig. 12.1.2 Curva de Ricker, ajustada para relacionar la biomasa del stock desovante y el reclutamiento en el atún aleta azul (*Thunnus thynnus*) del sur. Los datos se obtuvieron mediante análisis de la cohorte (reproducido de Murphy, 1982, con la debida autorización).

en cuenta la gran reducción del número de individuos desde la etapa de huevo hasta la madurez (Ursin, 1982).

12.2 LA ESTABILIDAD DEL RECLUTAMIENTO

La Tabla 12.2.1 muestra las variaciones relativas del reclutamiento de once especies de importancia comercial en el Mar del Norte para el período 1963-75 (Ursin, 1982). La Tabla se obtuvo de los APV de diversos informes de grupos de trabajo del ICES. Se ve, por ejemplo, que las clases anuales de bacalao presentan un factor de seis en su variación desde la más reducida hasta la más numerosa.

Para considerar este margen de variación a la luz de la reducción del stock de bacalao durante el primer año de vida, podemos aplicar la siguiente consideración como una aproximación de la situación de los años setenta. El stock maduro comprende alrededor de 200000 toneladas de bacalao, de las cuales la mitad son hembras. Una vez al año cada hembra desova el 10% de su peso corporal, lo que da una producción anual total de 10000 toneladas de huevos o $2 \cdot 10^{13}$ huevos, ya que el peso húmedo de cada huevo es de alrededor de 0.5 mg. El nivel promedio de reclutamiento, sin embargo, es sólo de $2 \cdot 10^8$ peces de un año de edad. Así pues, por término medio, sólo un huevo de cada 100000 sobrevive, crece y se convierte en un bacalao de un año de edad. El factor de seis en la variación del reclutamiento implica que la probabilidad de que un pez muera en el primer año de vida varía a lo más de 0.999997 para una clase anual escasa a 0.999983 para una clase anual abundante, o en otras palabras, la probabilidad que un pez sobreviva está comprendida entre 0.000003 y 0.000017.

TABLA 12.2.1

Variación del reclutamiento en algunos stocks de peces del Mar del Norte, entre 1963 y 1975. En cada especie los valores han sido ajustados respecto a un máximo de 100 asignada a la clase anual más destacada dentro del período analizado. "Razón" es el cociente entre el número de individuos de la clase de año más fuerte y la más débil (modificado de Ursin, 1982)

clase anual	gádidos				lenguados			clupeidos		otros	
	bacalao	eglefino	plegonero	carbonero	faneca Noruega	solla europea	lenguado	arenque	espadín	lanzón	caballa
1963	52	11	14	17	4	100	100	100	-	-	10
1964	49	1	26	23	6	29	21	53	-	-	26
1965	70	2	30	18	0.5	28	11	47	-	-	43
1966	63	12	37	50	7	25	11	66	59	-	62
1967	20	100	100	51	-	21	18	65	62	-	10
1968	19	6	33	55	2	27	9	36	37	-	16
1969	82	2	30	29	-	32	26	78	41	-	100
1970	100	14	33	29	45	25	6	62	20	100	11
1971	18	21	68	30	7	20	14	41	19	21	17
1972	35	4	90	40	16	62	19	19	46	47	4
1973	31	21	63	100	100	40	18	47	91	28	15
1974	51	40	92	27	38	25	7	-	100	86	11
1975	27	9	37	50	18	37	22	-	79	41	4
Razón	6	100	7	6	200	5	17	5	5	5	25

También se podría considerar la estabilidad en términos de reclutamiento en el stock maduro. Durante su lapso vital un bacalao hembra debe producir, como promedio, una hembra madura y un macho maduro. Sólo puede haber desviaciones extremadamente pequeñas de este mágico número 2 para que el stock de bacalao mantenga aproximadamente su nivel actual, como ha ocurrido aparentemente en los últimos 150 años o más. Esta reposición de aproximadamente uno por uno en las generaciones sucesivas se mantiene al menos mientras el stock maduro esté dentro del rango intermedio de variación mencionado anteriormente. Así pues, tanto si se considera una situación de pesca intensa en que la hembra madura del bacalao desova por término medio alrededor de dos millones de huevos en su breve lapso de vida, como si se considera una producción media de 40 millones de huevos por hembra con un nivel bajo de pesca, el número 2 mantiene su validez.

No se sabe qué es lo que causa esta enorme reducción numérica en la etapa del huevo y conduce a un ajuste tan preciso del número de reclutas con el número de peces maduros. Obsérvese, de paso, que el eglefino del Mar del Norte y la faneca de Noruega presentan una notable inestabilidad en el reclutamiento (véase la Tabla 12.2.1). Podría ser que en el Mar del Norte no existan los mecanismos estabilizadores para estas dos especies.

12.3 HACIA LA PREPARACION DE MODELOS DE RECLUTAMIENTO

Es difícil abordar adecuadamente el problema del reclutamiento sólo por medio de instrumentos estadísticos, debido a la escasa cantidad de datos útiles de que se dispone generalmente. Sólo podemos reunir datos para un nuevo punto por especie cada año. Por lo tanto, para explicar la variabilidad del reclutamiento como la aparición de clases anuales extremadamente numerosas se puede formular una gran variedad de hipótesis contrapuestas, que conducen a conclusiones diferentes pero que no se pueden rechazar sobre la base de los datos disponibles.

En lo que respecta a las explicaciones de la estabilidad del reclutamiento, la situación es igualmente deficiente. No es posible saber cuál es mejor entre modelos de reclutamiento empíricos como los de las Ecs. 12.1.1 y 12.1.3. Tampoco es posible distinguir de antemano, sobre la base de los datos, los mecanismos de regulación de la mortalidad que no tienen importancia. Evidentemente, hace falta incorporar en los modelos de reclutamiento más conocimientos biológicos sobre las causas de la mortalidad natural en el primer año de vida. Véase también el trabajo de Sinclair (1988).