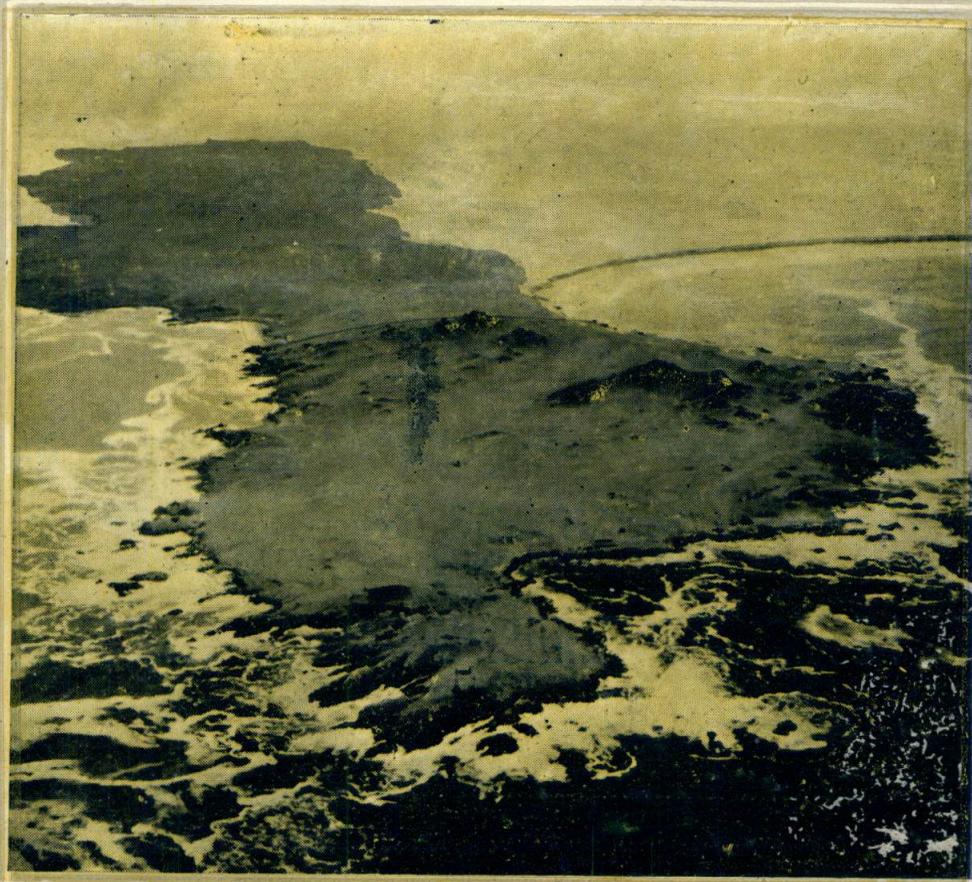


131 14/15

ejemplar unico

BOLETIN



DE LA
 COMPAÑIA ADMINISTRADORA
 DEL GUANO

BOLETIN

DE LA

COMPAÑIA ADMINISTRADORA DEL GUANO

VOLUMEN XXVIII

ENERO, FEBRERO Y MARZO

Nos. 1, 2 y 3

PESQUERIA

Conceptos Básicos de Interpretación de Curvas de Pesca*

POR ANTONIO LANDA

GENERALIDADES

CUANDO se estudia biológicamente una población, el objeto de estudio puede sintetizarse en una sola pregunta, amplia e importante. ¿La población está creciendo normalmente? Esta pregunta aparentemente simple se subdivide luego en otras, algunas de las cuales implican el conocimiento de datos muy difíciles de obtener o que envuelven conceptos muy complicados; tales preguntas son por ejemplo las que se refieren a lo que se entiende por un crecimiento normal ya

- * El presente trabajo fué presentado por el autor en forma de seminario el 26 de Enero de 1952 ante los profesores y estudiantes del Centro de Capacitación Pesquera organizado por el Departamento de Pesca y Caza de Chile y la Oficina regional de la FAO en la Universidad Federico Santa María de Valparaíso, Chile.

que su respuesta implica el conocimiento cuantitativo de la capacidad que tiene el medio donde vive la especie para soportar una población de una magnitud dada, lo cual a su vez implica el conocimiento cuantitativo de los cambios en la abundancia de sales nutritivas en el medio, de las poblaciones de fitoplancton que puede sostener, de la relación de tal población fitoplantónica con el resto de la cadena ecológica de la zona o región en cuestión, etc.

Por otro lado, hay preguntas que ofrecen un campo de acción mucho más directo y práctico, tales como las siguientes: (limitándonos a una población de peces).

¿A qué edad comienza el pez a entrar en la pesquería?

¿Qué cantidad de peces llega anualmente a la edad en que comienzan a entrar en la pesquería?

EL ALMACENAMIENTO del guano de un año para otro produce pérdidas de importancia en su contenido de nitrógeno, disminuyendo en forma apreciable su poder fertilizante.

¿Cuál es la composición de la población por edades en un tiempo determinado?

La composición por edades, una vez establecida, ¿tiende a permanecer la misma o tiende a variar?

Si la composición por edades tiende a variar, ¿en qué sentido lo hace?

El tratar de dar respuesta a estas preguntas y el tratar de relacionar las respuestas con las condiciones en que una pesquería se desarrolla, es el campo de acción de la parte investigativa de lo que generalmente se entiende por biología pesquera. El material de la biología pesquera está constituido por las estadísticas vitales de los peces. El método de la biología pesquera es el método matemático de evaluar e interpretar ciertos conceptos que luego serán enumerados. Uno de los fines que se pretende alcanzar mediante la biología pesquera es el determinar la mayor cantidad de peces que se puede pescar anualmente de una especie determinada sin que la especie se vea en peligro de desaparecer.

Antes de pasar adelante con la definición de los conceptos usados en estadística vital, será necesario dar alguna idea sobre la dinámica de una población y sus relaciones con la pesca, idea que la limitaremos a una población de peces marinos. Comenzando con una cantidad de huevos fecundados, el siguiente paso en la vida de una población, es la eclosión de una parte del número de huevos y el consiguiente nacimiento de larvas; un porcentaje de estas larvas llegan luego a ser pececillos, de los cuales aún sólo una porción llegan a tener un año de edad; de los que llegan a la edad de un año, sólo parte alcanza a tener 2 años de edad, el resto muere, y así sucesivamente con los que llegan al 3º, 4º, etc. años de vida.

Ahora bien, en este proceso hay 3 aspectos de interés:

1º que, en condiciones naturales, hay una determinada proporción de peces de 1 año de edad que mueren y no llegan

a tener 2 años; una determinada proporción de peces de 2 años que mueren y no llegan al 3º, etc., que, cuando la población es afectada por la actividad pesquera, hay una edad X (edad de reclutamiento) en la cual la proporción de peces de edad X que no llega a la edad $X + 1$ es mayor que la que hubiese sido si no hubiese existido actividad pesquera, y esto sucede de la edad X en adelante.

2º que mientras el pez es joven, o la población de peces es joven, el alimento que consume es transformado en una apreciable proporción en aumento de peso por individuo, mientras que cuando el pez, o la población, se va haciendo más vieja, la proporción de alimento ingerido que se convierte en peso va disminuyendo hasta que finalmente cuando el pez es muy viejo, el alimento ingerido es prácticamente usado en su totalidad para mantener la vida del pez sin que éste crezca o aumente de peso.

3º que el medio en que vive una población no es un medio inagotable y que por consiguiente sólo puede sostener cierta población. En consecuencia, si el medio está saturado, porque los peces mueren muy poco por ejemplo, aunque el número de huevos fecundados sea muy grande, de ellos no se desarrollarán nuevos peces, puesto que el medio ya no puede soportar una mayor población.

En vista de estos 3 aspectos de la dinámica de una población, es pues fácil comprender que, en primer lugar, es necesario tener a la vista una idea lo más precisa posible de la composición de la población por edades.

Y segundo, que la actividad pesquera, removiendo los peces que ya no se van a reproducir o que ya no van a ganar peso, contribuye a dar campo para que mayor número de peces jóvenes sobrevivan y a su vez se reproduzcan.

En estrecha relación con éste segundo punto está el objetivo final de la biología pesquera como anteriormente ha sido definido, y por ser un objetivo final

queda naturalmente un poco distante de los primeros pasos en una investigación. El primer punto en cambio, el de la necesidad de tener un censo de la composición por edades de una población, y las consecuencias que se pueden deducir de tal censo, es el material inmediato de la investigación.

Ahora podemos entrar en la definición de algunos conceptos, pues, ya que hemos insistido sobre la proporción de peces de una edad que mueren y no llegan a la edad siguiente, es justo que definamos ciertos términos que se refieren a mortalidad.

DEFINICIONES

1º *Expectativa anual de muerte debido a una causa determinada.* Es la fracción

o porcentaje del pez que estando presente al comienzo del año *morirá* durante el año.

2º *Tasa anual de mortalidad debida a una causa determinada.* Es la fracción de pez presente al comienzo del año que *moriría* durante el año debido a la causa determinada si es que no hubiera ninguna otra causa de muerte.

3º *Tasa instantánea de mortalidad.* — Es el complemento del logaritmo natural y negativo de la tasa anual de mortalidad.

La causa de muerte de un pez generalmente se clasifica en una de las dos siguientes categorías: Natural y por pesca, entendiéndose por natural la muerte debida a la vejez, enfermedad y predación por otros peces.

Símbolos y Relaciones

I. Tasas instantáneas de mortalidad.

- 1) Total (coeficiente de disminución)
- 2) Por pesca (razón de pesca)
- 3) Por causas naturales

Símbolo Relaciones

- 1 p + q = (1)
- 2 p
- 3 q

II. Tasas anuales de mortalidad.

- 1) Total
- 2) Por pesca
- 3) Por causas naturales

- α α = 1 - e⁻¹ (2)
- m m = 1 - e^{-p} (3)
- n n = 1 - e^{-q} (4)
- α = m + n - mn (5)

III. Expectativas anuales de muerte.

- 1) Total
- 2) Por pesca (razón de explotación)
- 3) Por causas naturales

- α $\frac{i}{\alpha} = \frac{p}{\rho} = \frac{q}{\nu}$ (6)
- ρ ρ + ν = α (7)

Es de notarse que en los subtítulos I y II es indiferente que p y q, m y n, respectivamente, operen al mismo tiempo o primero uno y luego otro cualquiera que sea el orden; en cambio, en el subtítulo III es necesario asumir que α y ν (mortalidad por pesca y por causas naturales respectivamente) actúen simultáneamente o estén uniformemente distribuidos en

el tiempo, lo cual se consigue fijando apropiadamente el comienzo y el fin del "año" de pesca.

Es indudablemente necesario explicar qué es lo que se entiende por tasa instantánea de mortalidad. Esta manera de considerar la mortalidad tiene la ventaja que representa el número de peces (incluyendo los nuevos reclutas) que mori-

rían durante el año si el reclutamiento fuera a balancear exactamente la mortalidad cada día. La forma cómo se puede entender prácticamente este concepto es la siguiente:

Si un año de la vida de un pez se divide en un número "n" de fracciones iguales, "i/n" será la expectativa de muerte del pez en cada fracción "n" de su vida. También se puede decir que "i/n" es la fracción de una población que moriría en un intervalo "n" de un año. En cualquiera de estas relaciones "i" es la tasa instantánea de mortalidad (expresada sobre una base anual). Si "n" es una cantidad grande y por consiguiente "i/n" es una fracción pequeña, entonces la diferencia en la población de una fracción "1/n" a la siguiente es insignificante. Sin embargo la acumulación de fracciones de pez "i/n" que mueren en un gran número de "n" partes de un año, es considerable como se puede ver a continuación.

Sea "n" = 1,000 e "i" = 2.8, entonces durante un milésimo de año ($1/1,000$), morirá $2.8/1000 = 0.28$ por ciento del número de peces. Ya que este es un número de muertes bien pequeño, la diferencia entre el número inicial de peces y el número promedio puede ser ignorada y, así, por ejemplo, tendríamos que de una población inicial de 1'000,000 de peces, 2,800 morirán y 997,200 permanecerán vivos. Durante la siguiente enésima parte del año 0.28 por ciento de 997,200 = 2,793 mueren y 994,407 sobreviven. Repetido 1,000 veces este proceso deja 1'000,000 $(1 - 0.0028)^{1000} = 60,000$ sobrevivientes. Por consiguiente, la mortalidad durante el año ha sido de 940,000 peces y la tasa anual de mortalidad $\alpha = 0.940$ mientras que la tasa instantánea es $i = 2.8$. "α" e "i" no son estrictamente comparables ahora porque 1,000 divisiones del año no es número suficientemente grande para obtener "α" con 3 cifras exactas. El valor de "α" apropiado a un número indefinidamente grande de

divisiones del año se deduce de la fórmula

$$(1-\alpha) = e^{-i}$$

donde $e = 2.71828$; así para el caso nuestro de "i" = 2.8, "α" = 0.9392, valor que de todos modos es muy cercano al calculado empíricamente.

Los valores de "i", "α", "s", etc. se encuentran en tablas de funciones exponenciales.

Error de la muestra. — Debe advertirse que en todos los métodos que se describen en adelante, y, en general, en todo el trabajo de biología pesquera se trabaja únicamente con muestras y que por consiguiente cualquier resultado que se obtenga será sólo una estimación de algún parámetro del universo o población y como tal tendrá cierto error o será válido dentro de ciertos límites solamente. Para conocer estos límites se supone generalmente que el muestreo ha sido hecho al azar y en tal circunstancia el número de peces de una categoría dada en una muestra es un miembro de la distribución normal que se obtendrá tomando un gran número de muestras de la misma magnitud y en las mismas condiciones. Siendo así, el error de muestreo puede calcularse por medio de tablas apropiadas (tablas de Clopper and Pearson); en otros casos, cuando la muestra es muy pequeña, se usará, en vez de la distribución normal, la de Poisson y las consiguientes tablas.

INTERPRETACION DE CURVAS DE PESCA

Ya se dijo anteriormente que era conveniente tener una representación de la composición por edades de la población de peces que se desea estudiar. La forma más útil de tener tal representación es un tipo de curva que comenzó a usarse por varios autores más o menos en 1908, pero que recién en 1918 fué llamada, y correctamente definida, por Baranov con el nombre de "curva de pesca".

La curva de pesca se origina cuando en un sistema de coordenadas se anotan

los logaritmos de la frecuencia con que cada una de las edades del pez aparecen en la pesca. Desde luego en el eje de las X se pone las edades y en el de las Y los logaritmos. La curva de pesca tiene una rama izquierda que asciende rápidamente, una porción superior en forma de cúpula y una rama derecha descendiente, que, al contrario de la izquierda, es larga.

La propiedad principal de la curva de pesca es que: si se supone que el pez tiene un crecimiento uniforme, la rectilineidad de la rama derecha indica una tasa de sobrevivencia uniforme de año en año (de edad en edad) y al mismo tiempo proporciona un medio de estimar el valor numérico de tal sobrevivencia. Así, mientras más suave es el descenso de la rama derecha, mayor es el valor numérico de la sobrevivencia.

Hay dos modos de calcular el valor de sobrevivencia (S)

1) Se puede obtener el valor de "S" directamente si la diferencia de logaritmos entre la edad "n" y la edad "n-1", que desde luego es negativa, se le escribe con una mantisa positiva y se halla su antilogaritmo.

2) Si a la defirencia de logaritmos se le mantiene su valor numérico negativo, pero se le cambia el signo y luego se multiplica por 2.303 (factor para convertir logaritmos comunes en naturales) se obtiene "i" que ya sabemos es la tasa instantánea de mortalidad. Por medio de una tabla de funciones exponenciales y de la ecuación $S = e^{-i}$ se obtiene "S".

La parte ascendente y la parte superior de una curva representan clases de edad que no son completamente capturadas por las redes o aparejos usados. Esto quiere decir que en estas dos partes de la curva el muestreo no ha sido al azar y en consecuencia es muy poco lo que se puede saber acerca de la tasa de sobrevivencia durante los años de edad comprendidos por estas dos partes de la curva. En cambio, ya hemos visto

como, siguiendo a Baranov, se interpreta la rectilineidad de la rama descendente de la curva. Tal interpretación, es decir, que la rectilineidad indica una tasa uniforme de sobrevivencia de edad a edad, implica las siguientes condiciones:

1) La tasa de sobrevivencia es uniforme con la edad para los grupos de edad consideradas.

2) Como quiera que la tasa de sobrevivencia es complementaria con la tasa de mortalidad y ésta está compuesta de mortalidad natural y mortalidad por pesca, es claro que cada una de éstas por separado es uniforme.

3) No ha habido cambio de mortalidad en ninguna de las edades.

4) Cada uno de los grupos de edad considerados ha sido muestreado al azar. Hay que notar que si la muestra ha sido tomada de la pesca comercial esta condición está implícita en la condición N° 2.

5) Los grupos de edad considerados fueron reclutados a la pesquería en números iguales.

En la figura 1 se presentan dos ejemplos típicos de curvas de pesca.

Es fácil comprender que, al no cumplirse algunas de estas condiciones, la rama derecha no va a ser recta. Precisamente, curvas de pesca con ramas derechas más o menos curvas son muy frecuentes y la labor del biólogo pesquero consiste naturalmente en averiguar, en cada caso, la causa particular que ha ocasionado la curvatura de la rama derecha. A continuación presentaremos algunas causas y los efectos que producen.

Efecto de un reclutamiento prolongado.

Es obvio ver que los resultados de un reclutamiento prolongado, es decir que los peces no entran a la pesquería en su totalidad al cumplir cierta edad, sino que comienzan a hacerlo paulatinamente y pasan algunos años (2 o 3) antes que un grupo de edad sea completamente afectado son:

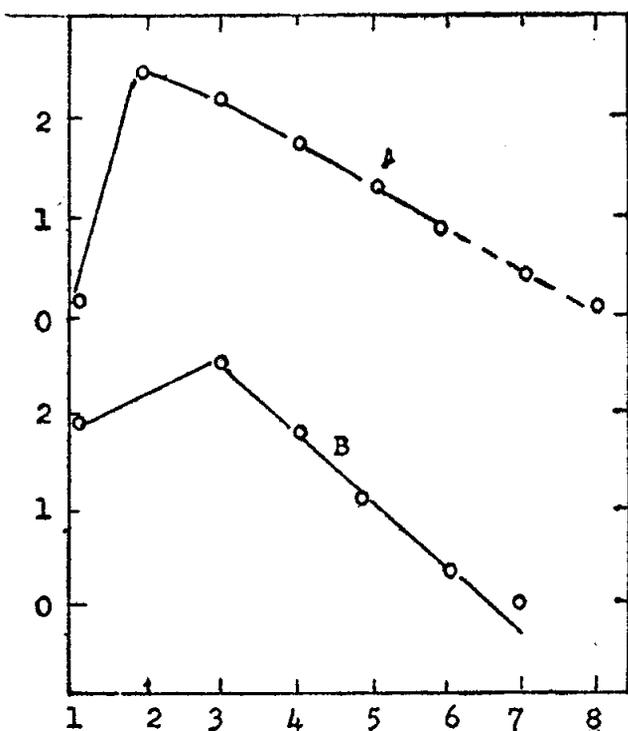
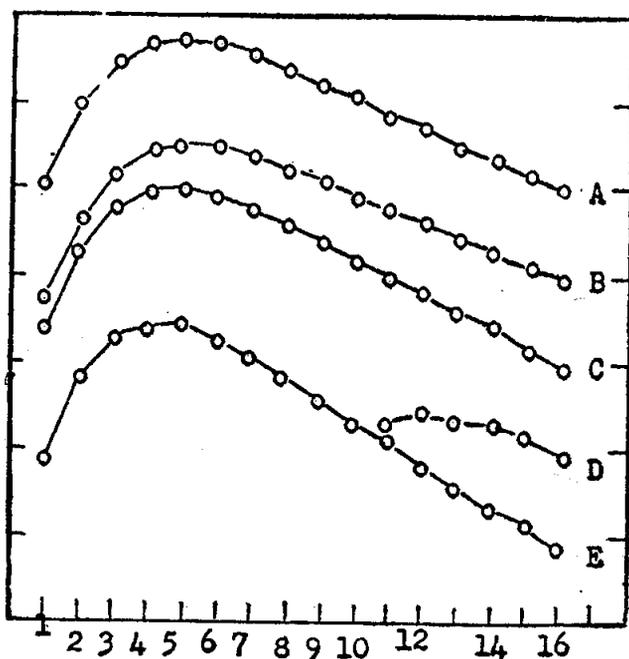


Fig. 1.—Curvas de pesca.

- A) Bluegills en el lago Muskellunge, Indiana (Ricker 1945a).
 B) Pilchards en California (Silliman, 1943).

Fig. 2.—Efecto de variación en el reclutamiento cuando hay una tasa de sobrevivencia constante de 0.67 a partir de la edad 7.

- A) Reclutamiento uniforme.
 B) El reclutamiento ha disminuido a razón de 5% por año.
 C) El reclutamiento ha aumentado a razón de 5% por año.
 D) El reclutamiento ha disminuido aceleradamente con una razón de 0.05 cada año.
 E) El reclutamiento ha aumentado con una razón que primero fué acelerando y después disminuyó hasta nivelarse.



1) Que la parte superior de la curva, en vez de tener la forma de una cúpula aguda semejará más bien un arco tendido.

2) Que durante los años de reclutamiento la pesca comercial no constituirá una muestra al azar (no será representativa en este sentido).

3) Como consecuencia secundaria a la anterior, la pesca comercial a partir del último año tampoco será representativa.

Reclutamiento no uniforme.

Hay 4 tipos de fluctuación del reclutamiento que afectan diferentemente la curva de pesca.

1) Fluctuaciones moderadas en el reclutamiento de una clase anual a otra. El efecto que causan es producir pequeños valles y colinas en la curva sin cambiar su forma general. Este efecto es el mismo que causa los errores de muestreo con la diferencia que no se atenúan aunque se aumente el número de individuos de la muestra. Combinando el reclutamiento de un año con otro se puede conseguir una curva más o menos sin colinas ni valles.

2) Si el reclutamiento cambia bruscamente de un nivel a otro, y permanece en él, el efecto en la curva es cambiar su posición pero sin que la inclinación de la misma sea afectada.

3) Variaciones extremas de reclutamiento hacen imposible usar una curva de pesca y entonces hay que recurrir al procedimiento de hacer una curva comparando las pescas de una clase anual determinada a través de los diferentes años de su existencia teniendo en cuenta que las pescas deben ser reducidas a una unidad standard.

4) Cambios moderados en el reclutamiento pero que presentan una definida tendencia a través de los años. La figura 2 ofrece algunos ejemplos.

Desde luego la curva A es una curva típica de acuerdo a la descripción de

Baranov, y corresponde a una tasa de sobrevivencia de 0.670. La curva B en cambio representa una sobrevivencia (aparente) de 0.705 que difiere de 0.670 en 5% de 0.705; el aumento de sobrevivencia aparente en este caso ha sido causado por la disminución del reclutamiento en 5% anual, esto es, fué 1.00, 0.95, 0.902, 0.857 etc., del valor original en sucesivos años. (Habría que notar aquí que los años se cuentan en la figura de derecha a izquierda). La curva C es también recta como las A y B pero su inclinación corresponde a una sobrevivencia (aparente) de 0.683 que es menor que 0.670 en 5% de 0.683 y es debido a un aumento del reclutamiento a razón del 5% anual. La curva D muestra el resultado de aumentar la disminución de reclutamiento 0.05 cada año, esto es que el reclutamiento fué 1.00, 0.95, 0.85, 0.70, etc., en años sucesivos. Como se ve el resultado es una curva en vez de una línea recta, pero la línea dura solo 6 años pues al cabo de ellos el reclutamiento se ha reducido a menos de cero. La curva E representa la combinación de un período durante el cual el reclutamiento ha crecido como decreció en el caso de la curva D pero luego se nivela con la razón de crecimiento y produce una línea recta de la edad 7 a la edad 13. En resumen se puede decir que, para que cambios en el reclutamiento lleguen a producir una rama derecha curvada, tales cambios tienen que ser tan pronunciados que pronto ocasionarían síntomas agudos en otras estadísticas de la pesquería como ser pesca total, promedio de longitud del pez cogido, abundancia relativa de grupos jóvenes, etc. En cambio se puede tener confianza en que cambios moderados de reclutamiento solo cambiarán la posición de la línea. Como consecuencia, la causa de una curvatura de la rama derecha de la curva debe ser buscada en otros factores diferentes del reclutamiento. Por otra parte, para analizar una curva de

pesca será siempre conveniente disponer de alguna otra fuente que nos dé una idea del valor del reclutamiento, como por ejemplo, la pesca de los grupos de edad más juveniles; aquí habría que anotar que si bien el número de huevos puestos puede ser una buena indicación, también es cierto que la correlación entre número de huevos y número de peces

reclutados tiene la misma posibilidad de ser positiva como de ser negativa.

Cambios de la tasa de mortalidad con la edad.

Para ilustrar el efecto de estos cambios nos valdremos de las Figs. 3 y 4 y de la Tabla 1.

T A B L A 1

EFFECTOS DEL CAMBIO DE TASA DE SOBREVIVENCIA SOBRE LA PESCA Y SOBRE LA "RAZÓN DE PESCA" CUANDO TODA LA MORTALIDAD RESULTA SOLO DE LA PESCA.

Edad	Tasa de sobrevivencia	Sobrevivientes	Pesca	Razón de pesca	Tasa de sobrevivencia	Sobrevivientes	Pesca	Razón de pesca
		100,000				100,000		
I	0.9	90,000	10,000	1.80	0.1	10,000	90,000	0.09
II	0.8	72,000	18,000	1.20	0.2	2,000	8,000	0.18
III	0.7	50,400	21,600	0.93	0.3	600	1,400	0.26
IV	0.6	30,240	20,160	0.75	0.4	240	360	0.30
V	0.5	15,120	15,120	0.60	0.5	120	120	0.40
VI	0.4	6,048	9,072	0.47	0.6	72	48	0.45
VII	0.3	1,814	4,234	0.36	0.7	50	22	0.47
VIII	0.2	363	1,451	0.22	0.8	40	10	0.40
IX	0.1	36	327	0.22	0.9	36	4	0.40

En la tabla 1 se presentan dos poblaciones balanceadas; la población de la izquierda ha sido "construida" en tal forma que la tasa de sobrevivencia S disminuye en un valor absoluto de 0.1 en cada año de vida del pez, en la población de la derecha la tasa de sobrevivencia S aumenta 0.1 por cada año de vida. Las columnas "razón de pesca" corresponden a estimaciones de la tasa

de sobrevivencia. Si comparamos las razones de pesca, que en una curva de pesca serían las diferencias de logaritmos y por consiguiente una indicación de la inclinación o pendiente de la curva, con las tasas de sobrevivencia, notamos que:

a) En la tabla de la izquierda donde la tasa de sobrevivencia disminuye, las

EL GUANO no es sólo un abono de aplicación industrial. También lo es de uso doméstico para los jardines, huertas y plantas en macetas. Solicite los saquitos de abono preparados para ese objeto.

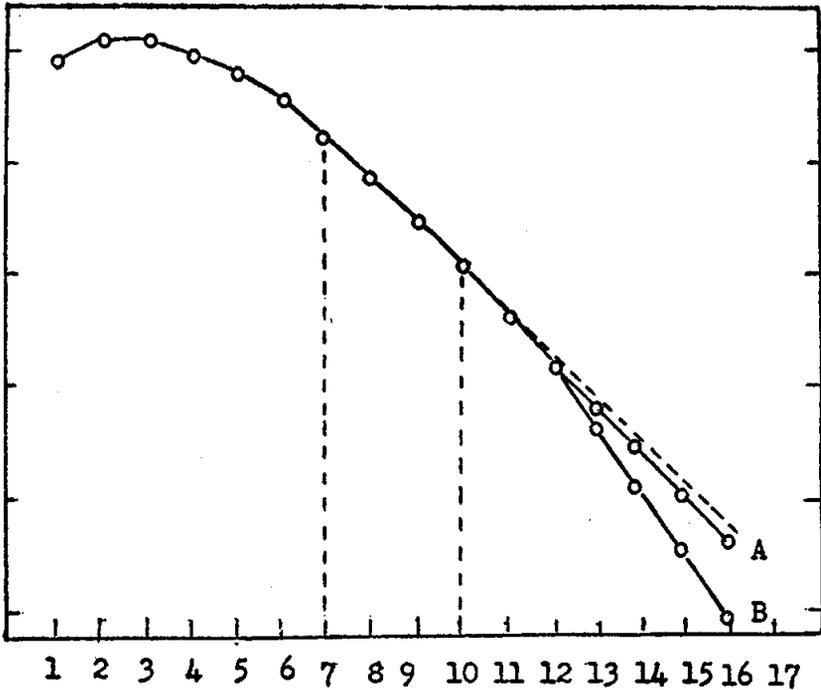


Fig. 3.—Curva de pesca de una población que tiene tasas constantes de mortalidad por pesca y mortalidad natural desde la edad VII a la edad X, seguida luego por una disminución de la mortalidad natural (Curva B).

razones de pesca son siempre más grandes.

b) En la tabla de la derecha donde la tasa de sobrevivencia aumenta; las razones de pesca son siempre un poco menores que las tasas de sobrevivencia.

Desde luego el caso (a) es típico de la parte ascendente de una curva.

La figura 3 está construida a base de situaciones que se encuentran frecuentemente en la práctica. Las poblaciones descritas tienen una tasa de mortalidad natural de 0.2 desde la edad I hasta la X. Tal tasa se combina con una tasa de mortalidad por pesca que crece de 0.1 a la edad I hasta 3.7 a la edad VII y que luego

permanece a este nivel por 3 años más ocasionando la parte recta de la curva de la edad VII a la X; si esta situación se prolonga, el resultado sería la línea recta de puntos.

Pero a partir de la edad X vamos a examinar el efecto de 3 variaciones en la curva de pesca.

1. La tasa de mortalidad por pesca disminuye 0.1 por cada año de edad durante 6 años, el resultado es la curva A. En general esta curva se diferencia poco de la curva de puntos, lo cual significa que esta parte de la curva es una buena estimación de la tasa de sobrevivencia que predominaba de la edad VII

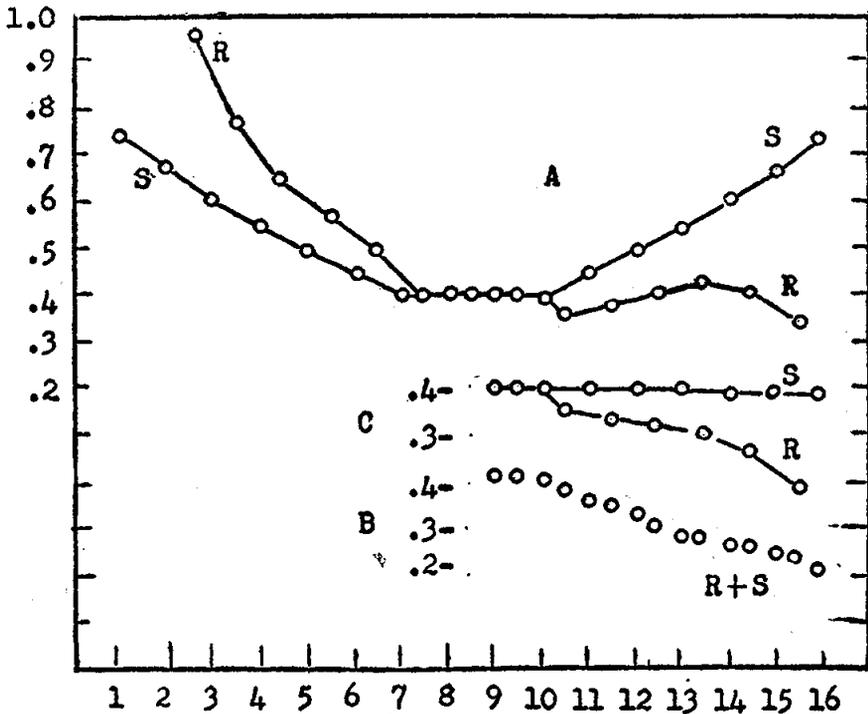


Fig. 4.—Comparación de la tasa de sobrevivencia (S) y de la razón de pesca (R) para las poblaciones de la Fig. 3.

- A) Disminución en la razón de pesca.
 B) Disminución en la mortalidad natural
 C) Disminución en la razón de pesca, compensada por aumento equivalente en la mortalidad natural.

Ordenada: tasa de sobrevivencia y razón de pesca.

a la X, pero no refleja la sobrevivencia de la edad X en adelante, que, como hemos visto, ha estado aumentado. Esta peculiaridad de la curva de pesca se nota más claramente en la figura 4 A donde se compara la razón de pesca (R) con la verdadera tasa de sobrevivencia (S).

2. La tasa de mortalidad natural aumenta de 0.2 a 0.9 (0.1 por año de edad). El resultado es la curva B en la figura 3. Si examinamos luego la curva B de la

figura 4, vemos que la curva de pesca refleja fielmente la tasa de sobrevivencia.

3. La tasa de mortalidad por pesca disminuye mientras que la tasa de mortalidad natural aumenta de modo que la tasa de mortalidad total permanece la misma. El resultado no se ha trazado en la figura 3 porque prácticamente coincide con la curva B. Esto significa desde luego que la curva de pesca no representa la verdadera sobrevivencia puesto

que, ya que ésta es constante, es en realidad la representada por la línea de puntos. Esta discrepancia entre la curva de pesca y la tasa real de sobrevivencia queda demostrada en la curva C de la figura 4.

De estos ejemplos se puede concluir que:

a) Siempre que el reclutamiento no sea prolongado, un aumento (o disminución) en la tasa de mortalidad natural de los peces más viejos de una población es correctamente representado por la curva de pesca.

b) Una disminución en la tasa de pesca de los peces más viejos de una población no se refleja correctamente en la curva de pesca y en muchos casos la curva resultante se aproxima mucho a la tasa de sobrevivencia que existía antes de la disminución de la tasa de pesca.

c) Cuando la mortalidad natural va creciendo con la edad, y la tasa de pesca disminuye, la curva de pesca tiende a representar una tasa de sobrevivencia que es la suma de la mortalidad observada más la tasa de pesca original.

d) En consecuencia, la conclusión de (a) puede extenderse diciendo que un aumento en la tasa de mortalidad natural de los peces más viejos de una población es bastante bien representado por la curva de pesca y que esto sucede cuando la tasa de pesca permanece estable y también cuando disminuye.

Hay que notar que las conclusiones que se refieren a la tasa de pesca (b y c), son válidas solo cuando la tasa de pesca ha sido establecida por un número de años suficiente como para que todos los peces hayan estado sujetos a la tasa apropiada a cada edad durante toda su vida. Si esto no sucede así, no hay límite para la variedad de curvas que se pueden obtener. Por ejemplo, si una pesquería naciente comienza a extraer peces de una población previamente inexplorada, el número de peces extraídos de cada edad será el producto de

la abundancia de tal edad por la tasa de pesca en la misma edad. En consecuencia, la razón del número de pocos extraídos a la edad n a la del número extraído a la edad $n-1$ será el producto de la tasa de sobrevivencia natural por la razón de las tasas de pesca en las dos edad (P_n / P_{n-1}).

La importancia práctica de todo el análisis expuesto es obvia. Frecuentemente se encuentran curvas de pesca con la rama descendente convexa hacia arriba. Ahora bien, en teoría, tales curvas podrían resultar de un constante aumento de la tasa de pesca con la edad. Pero, en general, tal caso es de una ocurrencia muy improbable ya que las artes y métodos de pesca tienden naturalmente a seleccionar los grupos de edad media, que son los más abundantes, y no los grupos más viejos que son menos abundantes. Se desprende entonces que, por regla general la tasa de pesca será constante a través de sucesivas edades (encima de cierto límite), o sinó disminuirá con la edad. Así por ejemplo ordinariamente es conveniente desde el punto de vista comercial extraer peces de tamaño mediano y ligeramente grande con redes agalleras pero no es buen dividuos demasiado grandes. Y hay que recordar que una disminución en la tasa

de pesca con la edad no produce desviación de la curva de pesca en ninguna dirección, siempre que, desde luego, tal tasa haya sido constante por un número de años. Resumiendo lo que se ha visto hasta ahora, lo único que podría significar una curva cóncava es que la mortalidad natural disminuye con la edad, lo cual no es muy probable, por lo menos entre los peces más viejos. Similarmente una curva convexa hasta en su última porción sugerirá un aumento en la mortalidad natural con la edad, siempre desde luego que el reclutamiento haya sido completo a una edad por lo menos dos años menor que la más vie-

ja. Sin embargo, como se verá luego, cuando hay un cambio de tasa de mortalidad con el tiempo, hay posibilidad de explicar las curvaturas de otro modo.

Cambios de la tasa de mortalidad con el tiempo.

Todas las conclusiones a que se ha llegado hasta ahora se basan en la suposición de que, si las tasas de mortalidad natural y de pesca cambian de una edad a otra; en cambio se mantienen iguales año tras año para una edad dada. En realidad la tasa de pesca está sujeta a variaciones temporales ya que

en el esfuerzo de pesca intervienen condiciones económicas. Así por ejemplo, hay pesquerías que son de origen reciente y las artes usadas en ellas han evolucionado desde que la pesquería se inició; otras pesquerías son más antiguas, han pasado ya por una fase de gran rendimiento y están ahora experimentando una disminución en el producto por unidad de esfuerzo lo que ocasiona que muchos botes se retiren de ella haciendo así disminuir la tasa de pesca. Cambios similares a éstos también pueden ocurrir en la mortalidad natural de cuando en cuando pero no serán considerados aquí.

T A B L A 2

DISMINUCION DEL NUMERO DE PECES DE CLASES ANUALES SUCESIVAS EN UNA POBLACION EN LA QUE LA TASA DE SOBREVIVENCIAS DISMINUYE POR TRES AÑOS Y LUEGO PERMANECE EN EL MISMO NIVEL, PERO ES LA MISMA, PARA TODAS LAS EDADES RECLUTADAS, DURANTE CUALQUIER AÑO. EL RECLUTAMIENTO ES TOTAL Y REPENTINO A LA EDAD DE 3 AÑOS. LOS NUMEROS INDICAN LOS SOBREVIVIENTES DE 10.000 RECLUTAS AL COMIENZO Y AL FIN DE CADA AÑO.

Clases Anuales Año S	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905
	10,000							
1901 0.7	7,000	10,000						
1902 0.6	4,200	6,000	10,000					
1903 0.5	2,100	3,000	5,000	10,000				
1904 0.4	840	1,200	2,000	4,000	10,000			
1905 0.4	336	480	800	1,600	4,000	10,000		
1906 0.4	134	192	320	640	1,600	4,000	10,000	
1907 0.4	54	77	128	256	640	1,600	4,000	10,000
Razón de pesca		0.7	0.6	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4

SI DESEA que su aviso llegue a todos los agricultores del Perú, anuncie en esta revista que circula gratuitamente en todo el país y es leída por casi la totalidad de aquellos.

La tabla 2 muestra una población en la cual la tasa de sobrevivencia para todas las edades pescables es 0.7, 0.6 y 0.5 en tres años sucesivos y después permanece estable por cuatro años en la tasa 0.4. Hay que notar que, como quiere que el reclutamiento es brusco y no paulatino, la pesca comercial muestreará la población representativamente. Tal clase de muestra, tomada al comienzo de un año cualquiera, representará los grupos de edad sucesivos en proporción a los números de las filas horizontales de la tabla, comenzando por la derecha con los grupos más jóvenes. Cada uno de los números que aparecen en la última fila (Razón de pesca) representa todas y cada una de las razones entre las parejas de números de las dos columnas en medio de las cuales aparece el número. Es claro entonces que, cualquiera que sea el año en que se tome una muestra de las clases anuales n y $n-1$, la razón de su abundancia es una medida de la tasa de sobrevivencia que existió durante el primer año en que la clase anual $n-1$ entró en la pesquería; si tomamos la pesca de 1907 veremos que la razón entre la abundancia de la clase anual de 1902 y la de 1901, que es 0.4, viene a ser también la tasa de sobrevivencia de la clase anual de 1901 cuan-

do entró por primera vez a la pesquería o sea en 1904. Así, las tablas de sobrevivencia que se estiman a base de las fracciones de las edades en una pesca son historia antigua. Desde el punto de vista de la curva de pesca esto quiere decir que la pendiente de cualquier parte de la curva representará la tasa de sobrevivencia que predominaba cuando el pez en cuestión fué reclutado.

El ejemplo que se acaba de dar es un tanto simplificado puesto que el reclutamiento es brusco, mientras una edad es completamente invulnerable a la pesquería, la siguiente es completamente vulnerable. En la figura 5 se muestran casos más de acuerdo con la realidad: una población de peces que provee a la pesquería con un número uniforme de peces cada año tiene una tasa instantánea de mortalidad natural fija del 0.2. A esta tasa se le aumenta una tasa de pesca que crece paulatinamente los seis primeros años, después de que el pez entra a la pesquería. Para construir las curvas de la figura 5 ha habido que hacer una tabla general similar a la número 2, pero en la que se toma debida cuenta de las tasas definitivas de pesca en cada uno de los siete diferentes niveles de reclutamiento, las cuales tasas son:

Año después de la entrada hasta el	Tasa definitiva de pesca (p)	Mortalidad natural (q)	Tasa total de mortalidad (T)	Tasa anual de mortalidad (a)	Tasa de sobrevivencia (S)
1	0.2	0.2	0.4	0.330	0.670
2	0.3	0.2	0.5	0.394	0.606
3	0.4	0.2	0.6	0.451	0.549
4	0.5	0.2	0.7	0.503	0.497
5	0.6	0.2	0.8	0.551	0.449
6	0.7	0.2	0.9	0.593	0.407
7	0.8	0.2	1.0	0.632	0.368

EL GUANO no es sólo un abono de aplicación industrial. También lo es de uso doméstico para los jardines, huertas y plantas en macetas. Solicite los saquitos de abono preparados para ese objeto.

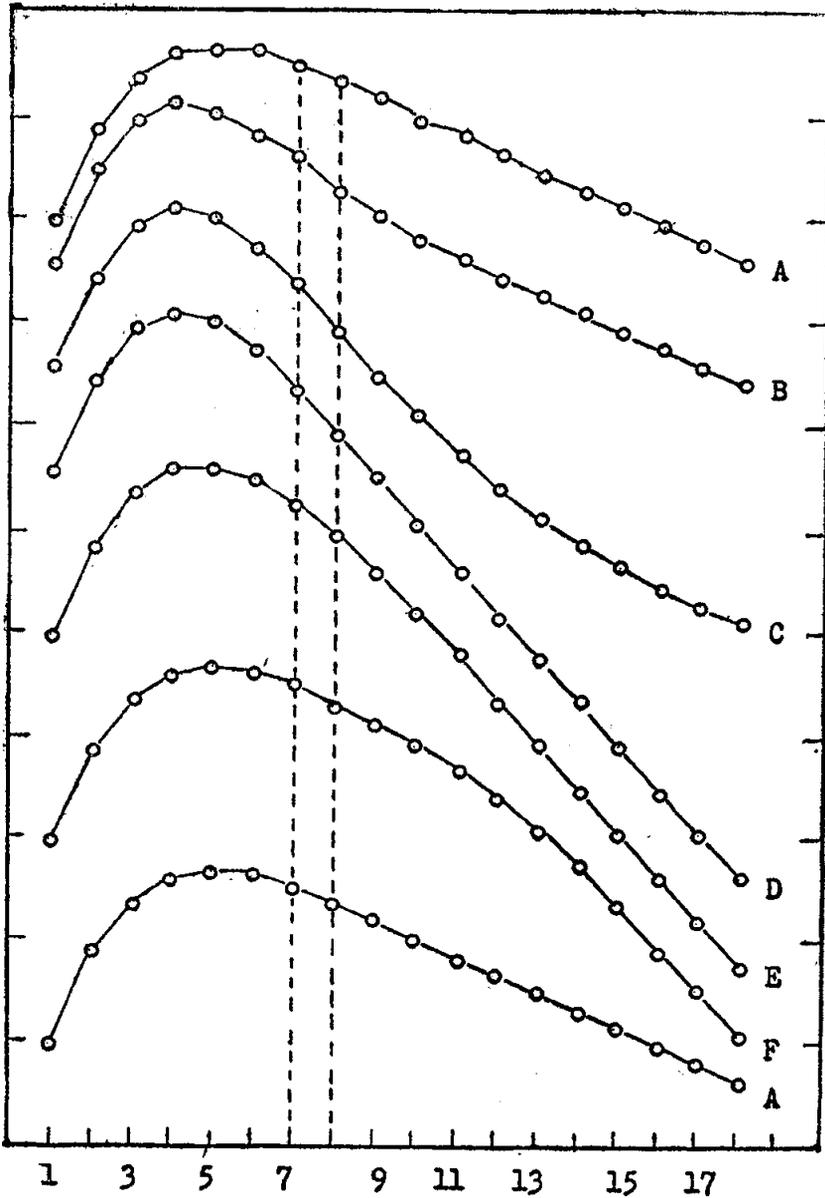


Fig. 5.—Curvas de pesca que ilustran cambios en la tasa de pesca con el tiempo. En todas ellas el reclutamiento es completo después del 6º año de edad y la tasa instantánea de mortalidad es la misma, 0.2, para todas las edades y todos los años.

- A) Tasa de pesca constante del 0.2.
- B) La tasa de pesca ha aumentado desde 0.2 a 0.8 durante los 6 años anteriores.
- C) Cinco años después de B, con una tasa de pesca estabilizada al 0.8.
- D) Curva balanceada para una tasa de pesca de 0.8.
- E) La tasa de pesca ha disminuido de 0.8 a 0.2 durante los 6 años precedentes.
- F) Cinco años después de E, con una tasa de pesca estabilizada al 0.2.

La curva A (de la fig. 5) muestra la pesca después de un número indefinido de años en la tasa de sobrevivencia se ha mantenido en 0.670 y es una curva de Baranov típica en la cual la parte izquierda más la cumbre representa seis años (los correspondientes a los 6 años de reclutamiento) y además tiene una larga y recta parte derecha.

La curva B se basa en la pesca del año 7 cuando por primera vez se obtuvo la tasa de sobrevivencia del 36.8%. Esta curva muestra, por la concavidad parcial de la rama derecha, que la tasa de resobrevivencia ha estado disminuyendo. Sin embargo, esta curva no representa en ninguna de sus partes la tasa de sobrevivencia que existía al tiempo de tomar la muestra. Porque, la parte más pendiente, entre las edades VII y VIII, corresponde a una tasa de sobrevivencia del 51% que es aproximadamente la tasa de sobrevivencia que predominaba tres años antes de tomar la muestra, esto es el año cuatro en la pequeña tabla presentada anteriormente; en cambio, hacia el final, la curva es todavía recta y en consecuencia representa la tasa de sobrevivencia original, o sea, la de 0.67.

La curva C se basa en la pesca en el año 12, después que la tasa de sobrevivencia ha permanecido estable por seis años. En esta curva por primera vez aparece una parte de ella suficientemente empinada, entre las edades VII y VIII, como para representar la tasa de sobrevivencia predominante en el año de la pesca (36.8%). Pero todavía entre las edades XVII y XVIII la curva representa la tasa de sobrevivencia original. Es útil notar que entre las edades VII y XI, así como también entre las edades XV y XVIII no hay mucho cambio en la inclinación de la curva; lo cual quiere decir que, aún en el caso de que hubiera fluctuaciones considerables en el reclutamiento, siempre se puede estimar bastante bien las tasas de sobrevivencia vieja y nueva mediante una curva de este tipo

simplemente midiendo la inclinación mayor y la inclinación menor de la parte derecha de la curva. Hay que notar también que si la tasa de mortalidad cambiara uniformemente a través de los años considerados, en vez de hacerlo con una razón de cambio variable como en el presente caso, la curva resultante no presentaría las diferencias que hemos visto existen entre las edades VII y XI y XV y XVIII, por una parte, y entre XI y XV por otra.

La curva D muestra una población balanceada que solo aparece después de 18 años con una mortalidad de 0.632. Esta curva es similar a la curva A, pero por supuesto tiene una rama derecha mucho más empinada.

Las curvas E y F representan situaciones en las cuales los cambios en la tasa de mortalidad son cuantitativamente iguales a los operados en B y C pero en sentido contrario es decir de una tasa de pesca mayor a una menor. Los cambios, además, comienzan a partir de la situación estable representada por la curva D.

La curva E se obtiene de la pesca a los seis años de haberse estabilizado la población representada por D. Si una curva de ese tipo se encontrara en la práctica difícilmente daría indicación de una reciente disminución en la tasa de mortalidad ya que, mientras toda la parte comprendida entre las edades I y XI podría muy bien ser interpretada como perteneciente a la época de reclutamiento, la parte recta indica la tasa de sobrevivencia predominante cuando la población estaba estabilizada y no la tasa actual que está disminuyendo.

La curva F es hecha a base de la pesca once años después de que la tasa de mortalidad comenzó a decrecer, y cinco años después de que ésta se estabilizó en 0.670. Es una curva análoga a la C solo que, en vez de ser cóncava es convexa. En ella la región de curvatura máxima se encuentra entre las edades XI y XV y, a ambos lados de esta

región, también hay partes más o menos planas. Como en la curva C, la región de la edad VII a la XI presenta también la dificultad de que es posible que presente un reclutamiento incompleto, pero, al contrario de lo que sucede en la curva C, la estimación de la tasa de sobrevivencia actual en esta parte de la curva será mucho más difícil porque no existe punto de inflexión.

Entonces, en general, cambios seculares en la tasa de pesca dan por resultado ramas derechas de la curva de pesca cóncavas o convexas. Cóncavas si la pesca ha aumentado y convexas si es que ha disminuido. Estas últimas son mucho más difíciles de interpretar, desde el punto de vista de la tasa de sobrevivencia en años anteriores, por dos razones principales:

1) Hay peligro de confundirlas con las curvas convexas que resultan cuando la tasa de mortalidad natural aumenta con la edad; y 2) Es muy difícil o imposible delimitar la parte de la curva afectada por un reclutamiento incompleto. El tipo de curva cóncavo, por otro lado, prácticamente ocurre solo como resultado de un aumento de pesca y la parte más empinada de la rama derecha será siempre la estimación más aproximada de la tasa de sobrevivencia predominante en el año de la pesca; sin embargo, esta estimación será muy pequeña en relación con la tasa verdadera si es que la pesca ha aumentado sin interrupción.

Aunque es difícil expresar las relaciones encontradas en esta sección en términos cuantitativos, parece ser que las siguientes afirmaciones son ciertas:

1. Si la cumbre del reclutamiento ocurre a la edad m la tasa de sobrevivencia estimada a la edad n mediante la curva

de pesca pertenece a un período anterior al año en que la muestra fué tomada en una cantidad de años igual a $n-m$, a excepción de lo indicado más abajo.

2. Cuando la mayor parte del reclutamiento ocurre en un período de $2X$ años (habrá X años desde la primera edad importante hasta la edad modal de la pesca), la tasa de sobrevivencia más representativa y reciente que se puede observar en la curva de pesca pertenece a un período anterior en X años al año en que la muestra fué tomada.

3. Si la mortalidad se estabiliza después de un período de cambio, se necesitará, estrictamente hablando, $2X$ años para que la nueva tasa estable de sobrevivencia comience a aparecer en la curva de pesca, aunque, en casos de conveniencias prácticas, un período un tanto más corto es generalmente suficiente.

Es obvia la conveniencia de disponer de la mayor información posible acerca del esfuerzo de pesca en años pasados cuando se quiere interpretar una curva de pesca. Así, el simple conocimiento de que el esfuerzo de pesca ha disminuido, crecido o mantenido estable, será de valor considerable. Naturalmente que, si se tiene buenas estimaciones cuantitativas del esfuerzo de pesca, puede ser posible la interpretación de segmentos diferentes de la curva relacionándolas con fluctuaciones de la tasa de pesca, y tal vez puede ser posible también computar la tasa real de pesca y la de la mortalidad natural.

Nota.—Estos conceptos básicos han sido tomados, en general, de: William E. Ricker. *Methods of Estimating vital Statistics of Fish Populations*. Indiana University Publications, Science Series N° 15, 1948: 101 pp.