

7 MUESTREO

La base ideal en la que se debe fundamentar la evaluación de poblaciones de peces está constituida por datos que representen completamente a la población, al menos desde el momento en que estos se reclutan a la pesquería, sin que existan errores sistemáticos o sesgos. Aunque en la práctica es posible que sea muy difícil obtener datos de tal calidad, el propósito de cualquier programa de recolección de datos sobre una pesquería, debería tener como objetivo el obtener muestras que representen a la población que se investiga en forma completa, y que permitan conocer las posibles fuentes de sesgo, a fin de determinar la manera en que la toma de muestras pueda ser corregida.

En muchos textos, tales como Raj (1968), Som (1973) o Cochran (1977), ampliamente conocidos y de fácil acceso, se encuentra toda la teoría del muestreo.

En la primera parte de este capítulo, se examinarán algunos aspectos básicos del muestreo, dando especial énfasis al muestreo aleatorio. En la segunda parte, se desarrolla un ejemplo sobre una pesquería demersal tropical típica, donde parte de la captura es desembarcada parcialmente, separada por especie (para consumo humano), y otra parte mezcladas bajo la forma de captura incidental (para la producción de harina u otros fines). El propósito de este ejemplo, es mostrar cuan complejo tendría que ser el diseño muestral para lograr una muestra que sea efectivamente representativa de esa situación particular, y cómo se deberían aplicar los factores de amplificación para que los resultados reflejen a la pesquería en su totalidad.

Este ejemplo fue creado sobre la base de la experiencia obtenida en los cursos de seguimiento FAO/DANIDA sobre evaluación de poblaciones de peces, donde muchos conjuntos de datos de pesquerías tropicales resultaron estar incompletos o sesgados, debido a errores en el diseño y/o en la ejecución de los muestreos (véase Venema *et al.*, 1988).

Un buen muestreo requiere de inversiones significativas y a largo plazo, en términos de mano de obra y gastos generales. Por lo tanto, es importante que dichos programas sean diseñados de tal modo que provean los datos necesarios para la evaluación y manejo de especies, y de las pesquerías de importancia, y que estos datos alcancen los niveles estándares establecidos por grupos de trabajo internacionales y nacionales.

Los fundamentos del muestreo, tratados en este capítulo, también se aplican a los procedimientos de muestreo de las capturas abordo de barcos de investigación, para los cuales se entregan detalles adicionales en la Sección 13.4.

7.1 MUESTREO ALEATORIO SIMPLE

Volviendo al problema de estimar la longitud promedio de una cohorte, que ya fue tratado en las Secciones 2.2 y 2.3. Se dice que un estimador es "*insesgado*" si las réplicas de estos estimados *sólo se desvían del valor verdadero en forma aleatoria*. El "*valor verdadero*" es el valor paramétrico que se obtendría al medir todos los especímenes de la población (véase la Sección 2.3). Un estimador es "*sesgado*" si se desvía del valor verdadero en *forma sistemática*. Con un estimador insesgado se puede aproximar el valor verdadero tan cercanamente como se quiera, aumentando el tamaño de la muestra. Con un estimador sesgado, siempre habrá una desviación entre el valor verdadero y el estimado, y la desviación es independiente del tamaño de la muestra.

Para obtener un estimador insesgado de la longitud promedio, la muestra debe corresponder a una "*muestra aleatoria*", i.e. cualquier pez de la población que se examina debe tener exactamente la misma probabilidad de ser muestreado. Suponiendo que sea posible obtener una muestra aleatoria

(aunque en la práctica, por lo general, esto es muy difícil), ¿cuántos peces, n , se necesitarán en la muestra para obtener una exactitud preespecificada?

Suponga que se requiere un estimador de la longitud promedio que no se desvíe en más del 7% de la longitud promedio verdadera y, que además se necesita una certeza del 95%. Se precisa entonces que los límites de confianza al 95%, superior e inferior, no se desvíen más del 7% del promedio estimado, \bar{x} . Así, la desviación $t_{n-1} * s / \sqrt{n}$ debiera tener un valor máximo de $0.07 * \bar{x}$, o bien,

$$t_{n-1} * s / \sqrt{n} = 0.07 * \bar{x}$$

ó, en general:

$$t_{n-1} * s / \sqrt{n} = \varepsilon * \bar{x}$$

donde, ε es el "error máximo relativo" (en este caso $\varepsilon = 0.07$).

Resolviendo esta ecuación con respecto a n , se determina que:

$$n = \left[\frac{t_{n-1} * s}{\varepsilon * \bar{x}} \right]^2 \quad (7.1.1)$$

Para aplicar la Ec. 7.1.1, con el fin de estimar el tamaño de la muestra requerido, se debe conocer la desviación estándar, s , la que se puede estimar de muestras obtenidas previamente.

Como ejemplo ilustrativo, se puede resolver la Ec. 7.1.1 con respecto a ε , usando los estimados de $s = 2.20$ y $\bar{x} = 15.07$ de la Tabla 2.1.2.

$$\varepsilon = \frac{t_{n-1} * 2.20}{15.07 * \sqrt{n}} = 0.146 * \frac{t_{n-1}}{\sqrt{n}}$$

En la Fig. 7.1.1 el error máximo relativo, ε , se presenta como una función del tamaño de la muestra,

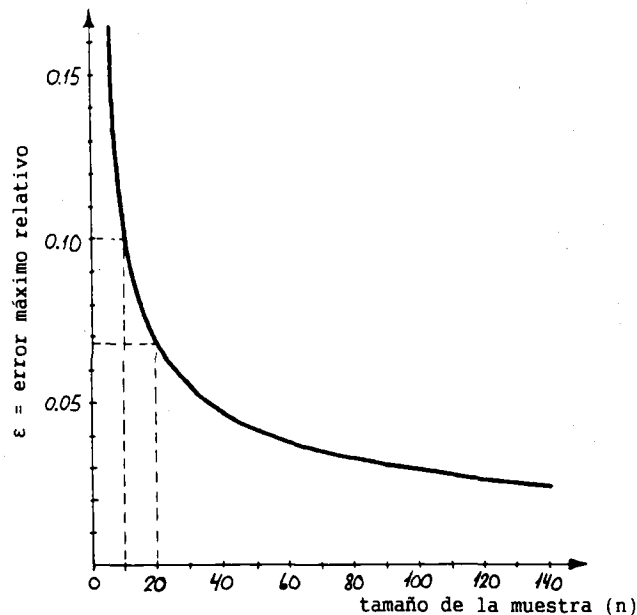


Fig. 7.1.1 Error máximo relativo (ε) del estimado de la talla media, como una función del tamaño muestral (n) (se utilizan datos de la Tabla 2.1.2).

n. Nótese que se ha ganado relativamente poco al incrementar n cuando $n > 50$. Así, al incrementar de $n = 10$ a $n = 20$, se produce una reducción en el error relativo del 10.0% al 6.8%.

Si se pueden obtener muestras aleatorias inesgadas, no hay problema en estimar el tamaño muestral requerido para cualquier exactitud preespecificada. Sin embargo, las muestras generalmente son sesgadas de un modo u otro. Si los peces pequeños pueden escapar a través de las mallas de la red, se puede obtener una sobreestimación de la talla promedio de la población de peces (véase la Fig. 7.1.2). Este es un ejemplo de sesgo. Igualmente si los peces más grandes pueden nadar más rápido que la red que es arrastrada y por lo tanto de esta manera evitan ser capturados, se tiene otro tipo de sesgo.

Sin embargo, una vez que se está consciente del sesgo, a menudo es posible hacer los ajustes apropiados y, en el ejemplo sobre la selectividad de las mallas, se puede intentar estimar cuantos peces habrían sido realmente capturados si todos hubiesen sido retenidos por el arte (véase el Capítulo 6).

Otro tipo de sesgo ocurre si la distribución espacial de la población de peces es dependiente del tamaño. Por ejemplo, cuando los peces juveniles se concentran en ciertas áreas de crecimiento y gradualmente migran hacia las áreas de pesca; si no se entiende bien este patrón de migración, esto puede introducir un determinado sesgo. El sesgo causado por la migración será tratado en el Capítulo 11.

Otro caso de sesgo se refiere a la situación en la cual sería ineficiente medir la captura completa, por ejemplo, de todo un lance de arrastre en el que se ha obtenido una captura voluminosa. Después de separar la captura por especies se podría tomar una submuestra de, por decir, 100 peces de cierta especie. No obstante, si se seleccionan los 100 peces uno por uno simplemente "a mano", esto crearía una muestra sesgada, ya que siempre se tiende a seleccionar los especímenes más grandes. El procedimiento adecuado sería colocar la captura de esa especie en cajas de aproximadamente igual peso y luego, seleccionar aleatoriamente algunas de estas cajas como submuestra.

Hasta ahora se ha considerado una población que consiste en un número muy grande de peces, de modo que la muestra representa una parte insignificante de la población. Sin embargo, en la

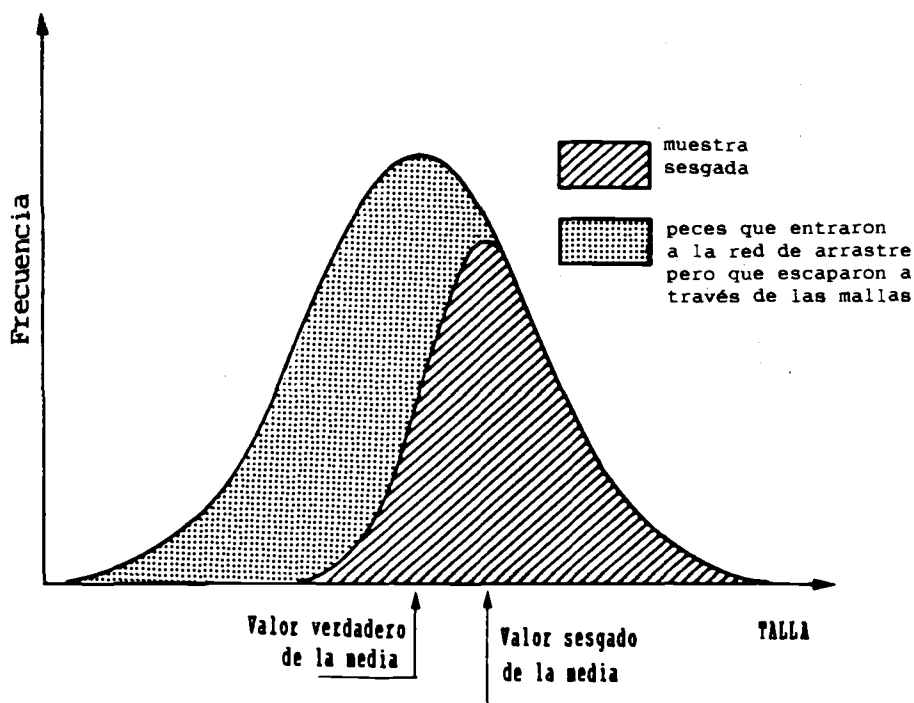


Fig. 7.1.2 Ejemplo de sesgo: sesgo causado por la selectividad del arte.

recolección de datos en una pesquería, algunas “poblaciones” están constituidas por un pequeño número de unidades, de modo que la muestra constituye una parte significativa de ella. Este es el caso particular, en que la “población” muestreada no sean peces, sino, por ejemplo, los desembarques efectuados en una cierta área.

Suponga que el propósito de un esquema de muestreo es estimar la descarga promedio por lugar de desembarque durante un cierto período, por decir, un mes, y suponga además que el número total de puntos de descarga es equivalente a 100. Si se muestrean los 100 lugares de desembarque, entonces la varianza del estimado correspondiente al desembarque promedio sería igual a cero. En tal caso, simplemente se tiene la verdadera media poblacional. Si se dispone de personal para muestrear sólo 50 puntos de desembarque, entonces habrá cierta varianza en la estimación. Sin embargo, esta varianza no sería s^2 (como se define en la Ec. 2.1.2), puesto que sólo se ha dejado el 50% de la población para producir la varianza, lo que es totalmente distinto del caso de una muestra de frecuencia de longitudes, donde prácticamente aún quedaría el 100% de la población sin ser muestreada.

Esto se controla al aplicar el llamado “factor de corrección de población finita”:

$$(1 - n/N)$$

donde N es el tamaño de la población ($N = 100$ en el ejemplo) y n el tamaño de la muestra. Sea $Y(i)$ la cantidad descargada en el punto de desembarque $n^o i$ de la muestra, $i = 1, 2, \dots, n$, y sea \bar{Y} el promedio de la captura descargada en todos los lugares, entonces el estimador del desembarque promedio es:

$$\bar{Y} = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n Y(i)$$

La varianza del estimador es entonces (véanse las Ecs. 2.3.2 y 2.1.2):

$$\text{VAR}(\bar{Y}) = \frac{1-n/N}{n} * s^2 \quad (7.1.2)$$

donde

$$s^2 = \frac{1}{n-1} * \sum_{i=1}^n (Y(i) - \bar{Y})^2 \quad (7.1.3)$$

El intervalo de confianza para \bar{Y} es (véase la Ec. 2.3.1):

$$\left[\bar{Y} - t_{n-1} * s * \sqrt{(1/n-1/N)}, \bar{Y} + t_{n-1} * s * \sqrt{(1/n-1/N)} \right]$$

El estimador del desembarque total es:

$$Y = N * \bar{Y} \quad (7.1.4)$$

y su varianza es

$$\text{VAR}(Y) = N^2 * \text{VAR}(\bar{Y}) \quad (7.1.5)$$

Usualmente Y es la cantidad que interesa determinar. La Ec. 7.1.5 sigue la regla general de una variable aleatoria, Ec. 2.3.3, donde N es una constante. Nótese que la Ec. 7.1.2 es de tipo general, en el sentido que también se aplica a poblaciones grandes (en la práctica infinita) en la medida en que el factor de corrección finito, $(1-n/N)$, se convierte en 1.0 cuando N es muy grande.

A menudo la Ec. 7.1.4 se expresa como:

$$Y = \frac{N}{n} * \sum_{i=1}^n Y(i) \quad (7.1.6)$$

y se dice que la muestra ha sido expandida al total, Y , esto último mediante la aplicación del “factor de amplificación” N/n .

7.2 MUESTREO ALEATORIO ESTRATIFICADO

Considere nuevamente el problema de estimar la descarga total, Y , de 100 lugares de desembarque durante cierto mes, como se trató en la Sección 7.1. Suponga que el programa de muestreo ha sido conducido en los años anteriores, en base al cual los 100 lugares de desembarque han sido divididos en tres categorías como se muestra en la Tabla 7.2.1. Tal división de la población total se llama “*estratificación*” y las categorías (grande, mediana, pequeña) se llaman “*estratos*”. La Tabla 7.2.2 muestra un ejemplo numérico (de Gulland, 1966) correspondiente a la Tabla 7.2.1. Para obtener un estimador de la desviación estándar dentro de cada estrato, $s(j)$, $j = 1, 2, 3, \dots, n$, se realizó una prospección cubriendo todos los puntos de desembarque, utilizados durante un mes.

La desviación estándar, $s(j)$, en las Tablas 7.2.1 y 7.2.2 es la raíz cuadrada de la varianza correspondiente:

$$N(j)^2 \frac{1}{N(j)-1} * \sum_{i=1}^{N(j)} [Y(j, i) - \bar{Y}(j)]^2 \quad (7.2.1)$$

donde el promedio del estrato es:

$$\bar{Y}(j) = \frac{1}{N(j)} * \sum_{i=1}^{N(j)} Y(j, i) \quad (7.2.2)$$

Adviértase que las Ecs. 7.2.1 y 7.2.2 producen los verdaderos parámetros para el mes en el cual se recolectó la información.

Frecuentemente no es posible obtener muestras en todos los lugares en donde se efectúan desembarques pesqueros. Supóngase que sólo se dispone de personal, recursos, etc., para una muestra de n ($n < 100$) lugares. El tamaño de la muestra se puede escribir como la suma:

$$n = n(1) + n(2) + n(3)$$

donde $n(i)$ es el número de lugares de descarga muestreados en el estrato no. i . “*Diseñar un esquema de muestreo*” significa decidir qué tamaños muestrales, $n(1)$, $n(2)$ y $n(3)$, se debieran aplicar en cada uno de los tres estratos en que se ha dividido el área de trabajo.

Podría preguntarse ¿por qué complicar el muestreo introduciendo estratos? La respuesta es que, casi siempre, se obtiene un estimado más preciso de la media poblacional al efectuar un muestreo estratificado, que el que se obtiene a través de un muestreo aleatorio simple. Cuánto se gana con la estratificación, dependerá de la elección de los estratos. Si las observaciones dentro de los estratos

TABLA 7.2.1
Ejemplo de estratificación con muestras de un mes
(Gulland, 1966)

lugar de desembarque categoría o estrato	número de lugares de desem- barque por estrato	desembarques promedio por estrato	desviación estándar dentro de cada estrato $s(j)$
1 grande	$N(1)$	$\bar{Y}(1)$	$s(1)$
2 mediano	$N(2)$	$\bar{Y}(2)$	$s(2)$
3 pequeño	$N(3)$	$\bar{Y}(3)$	$s(3)$

TABLA 7.2.2
Ejemplo numérico de estratificación basado en muestras de un mes
(tomado de Gulland, 1966)

Y(j, i) = desembarques en el lugar de desembarque n° i en el estrato j										
LUGARES DE DESEMBARQUE GRANDES:					Y(1,i)					
N(1) = 10	45	59	87	41	71	25	9	69	10	7
$\bar{Y}(1) = 42.3$										
$s(1) = 28.91$										
LUGARES DE DESEMBARQUE MEDIANOS:					Y(2,i)					
N(2) = 30	17	13	19	26	1	8	27	11	12	26
$\bar{Y}(2) = 15.2$	5	8	10	16	16	4	16	16	13	29
$s(2) = 8.57$	14	25	29	27	20	25	2	7	3	12
LUGARES DE DESEMBARQUE PEQUEÑOS:					Y(3,i)					
N(3) = 60	2	6	7	0	1	2	1	5	4	7
$\bar{Y}(3) = 4.2$	8	9	3	2	5	4	2	0	2	8
$s(3) = 2.81$	5	3	8	9	8	9	1	6	5	3
	3	4	7	5	5	3	2	4	6	1
	6	2	5	1	0	3	8	0	4	3
	3	5	5	0	7	0	9	7	9	0

son aproximadamente del mismo tamaño (como es el caso en la Tabla 7.2.2) es probable que se obtengan ganancias en la precisión debido a la estratificación. Cuanto menor sea la variación dentro de un estrato, tanto más se gana al estratificar. Por otro lado, por razones prácticas, hay un límite para el número de estratos que se puede seleccionar.

Las reglas básicas del muestreo estratificado son que el tamaño de la muestra por estrato, $n(j)$, debe ser grande cuando:

- 1) El estrato es grande (si $N(j)$ es grande)
- 2) La desviación estándar $s(j)$ es grande

A estas reglas se puede agregar, por razones económicas, que las muestras deben ser grandes cuando:

- 3) El muestreo no es de alto costo

Matemáticamente, las primeras dos condiciones pueden expresarse como

$$n(j) \text{ proporcional a } N(j) \cdot s(j) \quad (7.2.3)$$

ó

$$n(j) = n \cdot \frac{N(j) \cdot s(j)}{\sum N(j) \cdot s(j)} \quad (7.2.4)$$

donde n es el tamaño de la muestra total. Esta fórmula se denomina "ecuación de muestreo estratificado óptimo" (ó "asignación de Neyman").

Las primeras dos condiciones serán tratadas posteriormente, en el Ejemplo 25, y la tercera condición, en el Ejemplo 26.

Ejemplo 25: Muestreo aleatorio estratificado

Suponga que se tienen fondos disponibles para efectuar 100 observaciones, que hay dos estratos y que sus tamaños, $N(j)$, y desviaciones estándar, $s(j)$, son como se indica a continuación:

	Estrato 1	Estrato 2
$N(j)$	1000	2000
$s(j)$	50	10

Entonces, las 100 observaciones debieran asignarse a los dos estratos de acuerdo a la Ec. 7.2.4 como sigue:

$$\text{Estrato 1: } \frac{1000 \cdot 50}{1000 \cdot 50 + 2000 \cdot 10} * 100 = 71.4 \text{ digamos } 71$$

$$\text{Estrato 2: } \frac{2000 \cdot 10}{1000 \cdot 50 + 2000 \cdot 10} * 100 = 28.6 \text{ digamos } 29$$

Generalmente el presupuesto disponible para la ejecución de un programa de muestreo es limitado. El costo de tomar una muestra diferirá de estrato a estrato, por lo tanto, también es posible tomar en cuenta el costo del muestreo al diseñar el esquema de éste.

Sea $c(j)$ el costo de tomar una unidad muestral en el estrato j y sea C_0 el costo fijo del todo el programa de muestreo. Entonces el costo total, C , para m estratos será:

$$C = C_0 + \sum_{j=1}^m c(j) \cdot n(j) \quad (7.2.5)$$

Se puede determinar que, en la asignación óptima del tamaño de la muestra, esta debe ser proporcional a $1/\sqrt{c(j)}$. La utilización óptima de los recursos (véase la Ec. 7.2.3) se alcanza cuando el tamaño de la muestra es proporcional a

$$N(j) \cdot s(j) / \sqrt{c(j)} \quad , \text{ o si}$$

$$n(j) = n * \frac{N(j) \cdot s(j) / \sqrt{c(j)}}{\sum N(j) \cdot s(j) / \sqrt{c(j)}} \quad (7.2.6)$$

donde n es el tamaño de la muestra total. Utilizando como criterio de asignación la Ec. 7.2.6, se logra minimizar la varianza del estimador de los desembarques totales Y .

Si el presupuesto total disponible es C y el costo fijo es C_0 , entonces el número total de unidades muestrales en todos los estratos está dado por:

$$n = [C - C_0] * \frac{\sum N(j) \cdot s(j) / \sqrt{c(j)}}{\sum N(j) \cdot s(j) / \sqrt{c(j)}} \quad (7.2.7)$$

y el número de unidades muestrales en el estrato j está dado por:

$$n(j) = [C - C_0] * \frac{N(j) \cdot s(j) / \sqrt{c(j)}}{\sum N(i) \cdot s(i) / \sqrt{c(i)}} \quad (7.2.8)$$

Ejemplo 26: Muestreo aleatorio estratificado, considerando los costos

Suponga que el presupuesto total para el programa de muestreo desarrollado en el Ejemplo 25, sea equivalente a 1800 (unidades monetarias), mientras que el costo fijo es 444 y los precios por unidad muestral son respectivamente:

Estrato 1: 16

Estrato 2: 9

Entonces, el número total de muestras, n , que se pueden tomar con el presupuesto disponible se determina con la Ec. 7.2.7:

$$n = (1800 - 444) * \frac{1000 * 50 / \sqrt{16} + 2000 * 10 / \sqrt{9}}{1000 * 50 * \sqrt{16} + 2000 * 10 * \sqrt{9}} = 99.96, \text{ digamos } 100$$

Estas 100 unidades muestrales debieran ser asignadas seguidamente a los estratos 1 y 2 de la manera siguiente:

$$n(1) = (1800 - 444) * \frac{1000 * 50 / \sqrt{16}}{1000 * 50 * \sqrt{16} + 2000 * 10 * \sqrt{9}} = 65.19, \text{ digamos } 65$$

$$n(2) = (1800 - 444) * \frac{2000 * 10 / \sqrt{9}}{1000 * 50 * \sqrt{16} + 2000 * 10 * \sqrt{9}} = 34.77, \text{ digamos } 35$$

Nótese que ahora se asignaron 35 unidades muestrales al estrato 2 de bajo costo, en comparación con las 29 del Ejemplo 25, donde el precio por unidad de muestreo no se tomó en cuenta (o se supuso que era el mismo para ambos estratos).

Con esto se concluye la teoría sobre la asignación óptima en el muestreo y se regresará a continuación hacia la cuestión de cómo se pueden calcular los estimadores de valores promedio, totales y sus respectivas varianzas. Aunque la teoría que se indica más adelante es de carácter general, nuevamente se puede pensar en el ejemplo dado en la Tabla 7.2.2. Ya determinados los tamaños muestrales, $n(j)$, se obtiene un estimado del desembarque de cada estrato, $\bar{Y}(j)$, a través de la ecuación:

$$\bar{Y}(j) = \frac{1}{n(j)} * \sum_{i=1}^{n(j)} Y(j, i) \quad (7.2.9)$$

Sea m el número total de estratos ($j = 1, 2, \dots, m$), entonces el estimador de la población total promedio i.e. el desembarque promedio en todos los estratos, es:

$$\bar{Y} = \sum_{j=1}^m \frac{N(j)}{N} * \bar{Y}(j) \quad (7.2.10)$$

y, finalmente, el estimador de los desembarcos totales, Y , (véase la Ec. 7.1.4) es:

$$Y = N * \bar{Y}$$

Sea el símbolo "VARest" el que representa la varianza de un estimador obtenido en un muestreo aleatorio estratificado ("est"). El estimador de la varianza del promedio la población total, \bar{Y} , es:

$$\text{VARest}(\bar{Y}) = \sum_{j=1}^m \left[\frac{N(j)^2}{N^2} * \text{VAR}(\bar{Y}(j)) \right] \quad (7.2.11)$$

donde el estimador de la varianza del promedio estimado para cada estrato Y , $\text{VAR}(\bar{Y}(j))$, se define en la Ec. 7.1.2:

$$\text{VAR}(\bar{Y}(j)) = \frac{1 - n(j)/N(j)}{n(j)} * s(j)^2 \quad (7.2.12)$$

Adviértase que la ecuación incluye el factor de corrección de población finita: $1 - n(j)/N(j)$. La Ec. 7.2.11 sigue las reglas generales para la varianza de una suma de variables aleatorias independientes dadas en las Ecs. 2.3.3 y 2.3.4.

La varianza dentro del estrato j definido por la Ec. 7.1.3 es:

$$s(j)^2 = \frac{1}{n(j)-1} * \sum_{i=1}^{n(j)} [(Y(j,i) - \bar{Y}(j))]^2 \quad (7.2.13)$$

Insertando la Ec. 7.2.12 en la Ec. 7.2.11, esta última puede escribirse:

$$\text{VARest}(\bar{Y}) = \frac{1}{N^2} * \sum_{j=1}^m \frac{N(j) * [N(j) - n(j)]}{n(j)} * s(j)^2 \quad (7.2.14)$$

La Ec. 7.2.14 es más conveniente desde el punto de vista de los cálculos (véase el Ejercicio 7.2).

La varianza del desembarque total en el estrato j es:

$$\text{VAR}(Y(j)) = N(j)^2 * \text{VAR}(\bar{Y}(j)) \quad (7.2.15)$$

y la varianza de la captura (todos los estratos) es:

$$\text{VARest}(Y) = N^2 * \text{VARest}(\bar{Y}) \quad (7.2.16)$$

En los ejemplos anteriores los estratos están constituidos por lugares de diferente importancia respecto al peso desembarcado en cada uno de ellos. Las estratificaciones también se pueden basar en otros criterios, como por ejemplo:

- Tipos de arte
- Tipos de embarcación
- Períodos de pesca
- Caladeros
- Especies o grupos de especies
- Categorías de tallas comerciales

Generalmente, es posible tomar ventaja de cualquier estratificación disponible. Algunas veces se está forzado a estratificar el muestreo, como puede ser el caso cuando los peces son desembarcados ya separados por categorías de tallas comerciales. Algunas veces es necesario realizar un trabajo adicional para obtener la estratificación. Esto podría ser el caso si se desea efectuar la estratificación considerando los diferentes tipos de embarcaciones. Si se obtiene la muestra en el lugar del remate, en el momento en que los peces son vendidos, podría ser necesario determinar cual fue la embarcación que los capturó. Si se tienen que invertir recursos adicionales (tiempo, dinero y mano de obra) en una estratificación, el aumento en la precisión que se obtiene de esa estratificación debería ser equivalente al incremento en el costo que significó tal decisión.

7.3 MUESTREO PROPORCIONAL

En algunos casos, por ejemplo al comenzar un estudio, puede que no se conozca la varianza dentro de los estratos sino sólo el tamaño del estrato, $N(j)$. En tal caso, se recomienda hacer uso del “*muestreo proporcional*”, por ejemplo, asignar muestras en proporción al tamaño del estrato. Al aplicar el muestreo proporcional a las 100 observaciones del Ejemplo 25, anteriormente analizado, la asignación de los muestreos en los dos estratos debiera estar en la siguiente proporción:

$$\text{Estrato 1: } \frac{1000}{1000 + 2000} * 100 = 33.3 \quad \text{digamos 33}$$

$$\text{Estrato 2: } \frac{2000}{1000 + 2000} * 100 = 66.7 \quad \text{digamos 67}$$

Compárese con los valores obtenidos por asignación óptima en el Ejemplo 25, respectivamente, 71 para el estrato 1 y 29 para el estrato 2.

Nótese que el muestreo proporcional es idéntico al muestreo estratificado óptimo solamente en el caso excepcional en que las varianzas de todos los estratos sean iguales.

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

7.4 MUESTREO DE CAPTURAS COMERCIALES

Para poder evaluar las poblaciones explotadas se debe disponer de datos adecuados para cada una de las especies que se investiga. Es necesario conocer la captura total en peso y la composición por tallas y/o la edad de cada población. Para obtener este tipo de datos será necesario muestrear los desembarques de las pesquerías comerciales, de acuerdo a un esquema predeterminado. Tal esquema de muestreo debe tomar en cuenta los siguientes factores:

- 1) el área total de distribución de la población de una determinada especie, y
- 2) todas las actividades de pesca que se realizan en esa área, en las cuales se captura esa especie. Estas pueden incluir diferentes tipos de embarcaciones (flotas) y diferentes artes. Así también es preciso considerar que las flotas pueden estar constituidas por embarcaciones de una sola nación o de varios países.

Puesto que las poblaciones de peces pueden ocupar áreas que cruzan fronteras internacionales, la recolección de datos también debe ser establecida de tal modo que sea posible juntar los datos recolectados por diferentes países. En tales casos, es esencial que los acuerdos sobre los requerimientos de los datos sean hechos entre los países, por ejemplo, a través de organizaciones pesqueras internacionales, y que estos acuerdos sean puestos en práctica a través de la creación de grupos de trabajo internacionales. El mismo criterio se aplica en el caso de países grandes, donde varios institutos cubren la información sobre los desembarques de una población en particular.

Los datos recolectados deben ser verificados e ingresados en una base de datos computarizada, que debe ser accesible a todos los científicos interesados en los datos y que estén autorizados para utilizarlos. Los datos reunidos a través de tales esquemas de muestreo nunca deben ser considerados como de propiedad privada de los científicos responsables de su recolección.

Debido a la complejidad de muchas pesquerías, en particular en los trópicos, donde diferentes artes de pesca se utilizan para capturar una mezcla de especies y donde los desembarques son frecuentemente realizados en muchos lugares diferentes, es importante diseñar un esquema de muestreo basado en un conocimiento profundo de la pesquería. Cuando se ha seleccionado más de una especie para el muestreo, es posible combinar los esquemas de muestreo si hay suficiente sobreposición en los lugares de desembarque, flotas, etc.

Una vez establecidos los esquemas de muestreo, en particular cuando hay acuerdos internacionales involucrados; se debiera asegurar el financiamiento de los mismos para períodos muy largos, en algunos casos, prácticamente para siempre.

El muestreo destinado a la evaluación de población está estrechamente conectado al muestreo o enumeración total de sistemas establecidos por los estadísticos pesqueros. En tanto, el estadístico pesquero esta interesado principalmente en obtener una estimación de las capturas de todas las especies importantes, generalmente por tipo de arte de pesca y embarcación, mientras que el investigador pesquero usualmente se concentra en un menor número de especies. El muestreo biológico consume tiempo y en muchos casos no es posible muestrear todos los desembarques en un determinado lugar. Sin embargo, también con el propósito de evaluar poblaciones, es necesario estimar cuántos peces de una determinada especie han sido desembarcados por las embarcaciones que no fueron muestreadas, tanto en los lugares de desembarque, donde se realizó el muestreo biológico,

como en todos los restantes lugares. Lo anterior hace obvio que el trabajo del estadístico pesquero es extremadamente importante para los biólogos, puesto que los valores estadísticos generales se necesitarán para determinar los llamados “factores de amplificación”, que consisten en la razón entre el número total de unidades y el número de unidades muestrales. Los factores de amplificación son, por lo tanto, utilizados para elevar los datos (e.g. frecuencias de tallas) obtenidos de la muestra al nivel de las capturas totales. Cuando las muestras son pequeñas en relación al desembarque total, el factor de amplificación puede llegar a ser muy grande y si las muestras están sesgadas, ya sea por una u otra razón, esto se verá reflejado en una mayor escala en los totales.

Por ese motivo, es muy importante que las muestras sean efectuadas en forma aleatoria y que representen una proporción razonable de las capturas. Más que pensar en términos de medir cientos de peces, se debe hacer planes para medir muchos miles de peces. Sólo entonces los datos podrían proveer una base confiable para la evaluación de poblaciones. En el ejemplo del plegonero, dado en la Tabla 4.4.3.1, las capturas totales de todas las clases anuales (cohortes) fueron estimadas en 2021.8 millones de peces, mientras que el número de otolitos muestreados de esta especie en todos los países que explotan este recurso, y usados por los grupos de trabajo internacionales, fue de aproximadamente 10000. El factor de amplificación global de muestras al total de la captura fue, por lo tanto, aproximadamente 200000.

En la Tabla 5.1.1, el número total de sobrevivientes de la cohorte 1974 es 9856.6 millones de individuos, o alrededor de 3.4 veces más que los números capturados, de modo que el número en realidad muestreado es sólo una pequeña fracción de la población real en el mar, a pesar del enorme esfuerzo desplegado en su investigación.

La base para todos los esquemas de muestreo es una decisión sobre las especies a muestrear. Esta decisión será generalmente determinada por la importancia económica de la especie (o grupo de especies) y, en el caso de los recursos explotados por más de un país, por los requerimientos de los grupos de trabajo internacionales.

El siguiente supuesto de importancia que se hace es que se dispone de los datos del esfuerzo total, E , durante un período de tiempo, t , para cada flota, f , y lugar de desembarque, h . En este ejemplo, el esfuerzo se ha medido en términos de días-embarcación. Así, el número de unidades de esfuerzo ocupadas por flota f , en el lugar de desembarque h , durante el período t se expresa de la siguiente manera:

$$E(t,f,h) = \text{esfuerzo}$$

No obstante, lo anterior se debe mencionar que igualmente se podrían utilizar varias otras medidas de esfuerzo. En el peor de los casos, puede que se conozca sólo el número de embarcaciones que compone cada flota. En ese caso, hay que suponer un promedio de unidades de esfuerzo por embarcación por unidad de tiempo. Si, por ejemplo, se conoce el promedio de días-embarcación ocupado por mes en cada lugar de desembarque, esta cifra se puede aplicar también en aquellos lugares en los que no se dispone de esta información.

Los valores observados (o estimados) del esfuerzo $E(t,f,h)$ de los nueve conjuntos de embarcaciones se muestran en la Tabla 7.4.1 y en la Fig. 7.1.1. Por el momento, la descripción del esquema de muestreo se limitará a un único período de tiempo, por ejemplo, el segundo trimestre de 1978, lo que hace que el índice “ t ” sea una constante. Más adelante, se combinarán datos de diferentes períodos de tiempo y entonces “ t ” se convertirá en un índice variable.

7.5 ESTIMACION DE LA CAPTURA TOTAL EN PESO DE UNA DETERMINADA ESPECIE

Supóngase que debido a problemas de escasez de fondos y de personal, no se ha registrado la captura total de acuerdo a las siguientes opciones: 1) en ninguna de las flotas que desembarcan en el sitio denominado como III, y 2) no se disponen de registros de la flota c , ni del lugar de desembarque I.

TABLA 7.4.1
Procedimiento para estimar la captura total en peso de una especie, s, durante un período, t
(véase la Fig. 7.4.1)

CAPTURAS TOTALES DE LA ESPECIE "s" DURANTE EL PERÍODO "t", EN UNIDADES DE PESO							
flota	lugar de desembarque	esfuerzo	captura observada	CPUE promedio por flota	captura estimada	captura total por flota y lugar de desembarque	captura total por flota
f	h	E (t,f,h)	W (s,t,f,h)	$\Sigma W/\Sigma E$	$\overline{CPUE} * E$	W(s,t,f,h)	W(s,t,f,*)
a	I	15	57	$\frac{57+83}{15+20} = 4$	-	57	172
a	II	20	83		-	83	
a	III	8	-		$4 * 8 = 32$	32	
b	I	25	55	$\frac{55+105}{25+55} = 2$	-	55	184
b	II	55	105		-	105	
b	III	12	-		$2 * 12 = 24$	24	
c	I	20	-	$\frac{25}{25} = 1$	$1 * 20 = 20$	20	75
c	II	25	25		-	25	
c	III	30	-		$1 * 30 = 30$	30	
estimado de la captura total: W(s,t,*,*) = 431							

Las capturas totales observadas de los restantes componentes de la pesquería se presentan en la Tabla 7.4.1 y Fig. 7.4.1. Se representa por:

$$W(s,t,f,h)$$

el peso total de la especie s, desembarcada durante el período t, por la flota f, en el lugar de desembarque h.

Los datos disponibles sobre esfuerzo y captura se pueden ahora combinar para calcular la CPUE promedio por tipo de embarcación, y estas cifras pueden entonces ser empleadas para hacer una estimación global de la captura total, realizada en conjunto por todas las flotas. (Nótese que la CPUE esta medida en peso y no en números de peces, compare con la Sección 4.3.).

La fórmula es simple:

$$\text{esfuerzo} * \text{CPUE} = \text{captura estimada}$$

los cálculos y los resultados se presentan en la Fig. 7.4.1 y la Tabla 7.4.1.

Suponiendo que se conoce el patrón de pesca general de la pesquería comercial de cada una de las especies seleccionadas, será posible determinar qué lugares de desembarque y flotas debieran ser muestreadas en cada período.

De acuerdo con todos estos planteamientos, con la disponibilidad de fondos y personal, el sistema de muestreo puede ser diseñado y probado.

La complejidad de los esquemas de muestreo y los diferentes factores de amplificación involucrados, se ilustran en el siguiente ejemplo teórico, que incluye diversas características propias de una pesquería tropical de camarones y peces demersales.

Ejemplo 27: Esquema de muestreo para una pesquería demersal tropical

El esquema de muestreo descrito en este ejemplo tiene, principalmente, dos objetivos:

- 1) Determinar la captura total en peso de una especie "s" (Sección 7.5), y

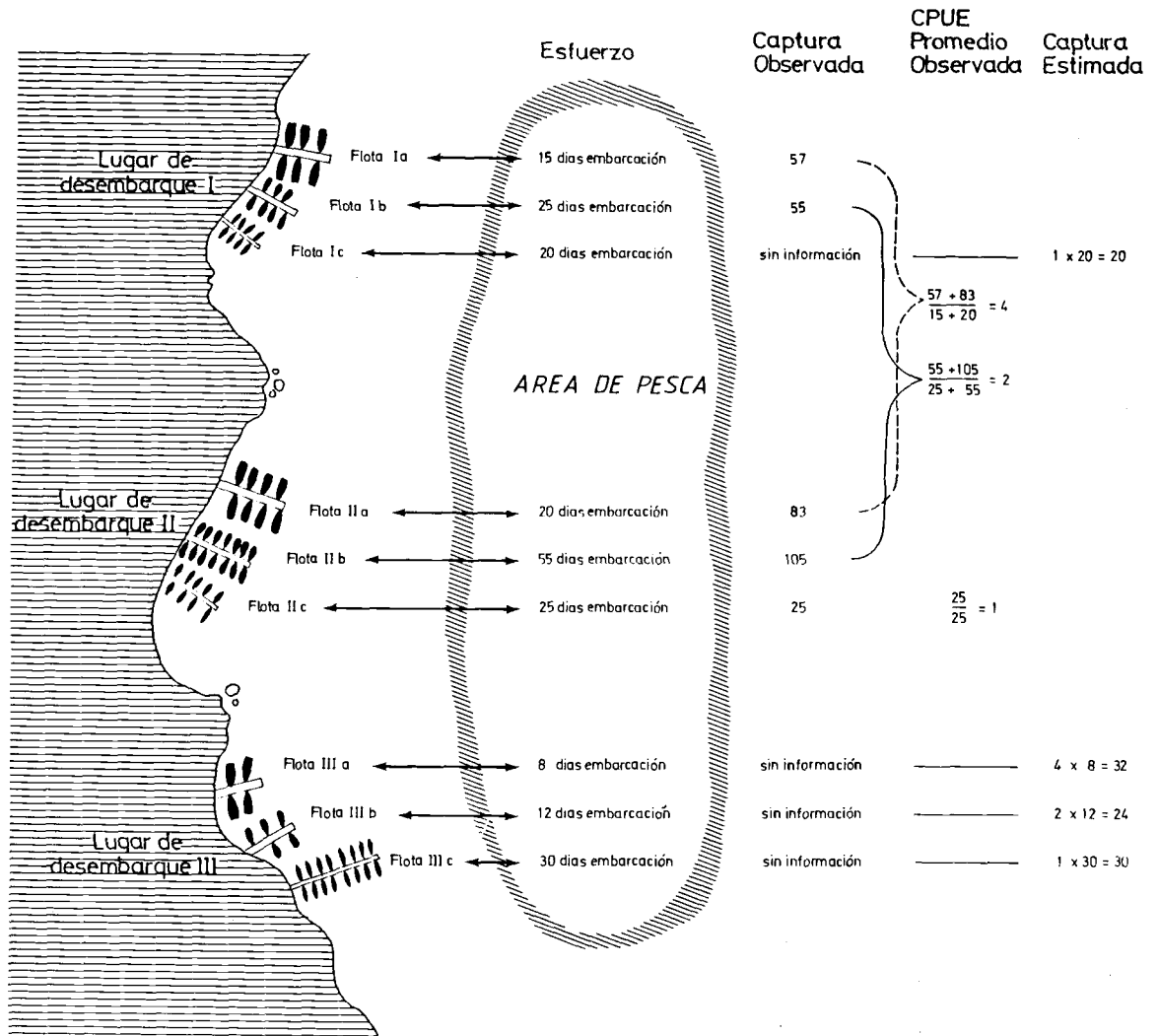


Fig. 7.4.1 Ejemplo hipotético para ilustrar la estimación de la captura total en peso de la especie, s, durante un período de tiempo, t, por ejemplo, un trimestre de un año.

2) Determinar la composición de tallas de la captura total de la especie "s" (Sección 7.6).

Se supone que todos los especímenes capturados de la especie "s" provienen de un sólo stock y que todos los desembarques han sido cubiertos por el esquema de muestreo.

Algunos aspectos relativos al ejemplo que se está analizando se indican, para una mayor claridad, en la Fig. 7.4.1. Se supone que el stock está confinado a un caladero explotado únicamente por embarcaciones que efectúan sus desembarques en tres lugares, denotados por el índice h y nominados I, II y III. Así también, se considera que operan en esta pesquería tres tipos de embarcaciones diferentes:

- a) arrastreros grandes
- b) embarcaciones que utilizan redes de enmalle, y
- c) arrastreros pequeños

Cada lugar de descarga corresponde al puerto base de un cierto número de embarcaciones de cada tipo. Un grupo de embarcaciones de características similares constituye una flota (índice f). Debido

a que la localización de los lugares de descarga son factores de importancia práctica en un esquema de muestreo, cada flota también se distingue de acuerdo al lugar donde realiza sus descargas; en este caso particular, se opera con nueve conjuntos de embarcaciones, que se distinguen por las combinaciones de f y h , por ejemplo, aI, bII, bIII, etc. En la Fig. 7.4.1 las flotas han sido divididas de acuerdo con los respectivos lugares donde desembarcan la pesca, mientras que en la Tabla 7.4.1, han sido ordenadas según el tipo de embarcación, esto último con el fin de facilitar los cálculos de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE).

Para evitar el uso de muchos signos de sumatoria en los cálculos que siguen, se ha introducido una notación más conveniente. Siempre que un índice sea reemplazado por "*", significará que se ha sumado sobre el índice en cuestión. Por ejemplo, el peso total de los tres lugares de descarga "h" de la especie "s" en el período "t" por flota "f" se expresa como:

$$W(s,t,f,*) \text{ que es lo mismo que } \sum_{h=1}^3 W(s,t,f,h)$$

$$y \sum_{f=1}^3 \sum_{h=1}^3 W(s,t,f,h) = \sum_{f=1}^3 W(s,t,f,*) = W(s,t,*,*)$$

que es la captura total de la especie s durante el período de tiempo t , desembarcada por todas las flotas en todos los lugares de desembarque (Tabla 7.4.1).

7.6 ESTIMACION DE LA COMPOSICION POR TALLAS DE UNA DETERMINADA ESPECIE EN LA CAPTURA TOTAL

Ahora, se retornará al objetivo principal que consiste en la obtención de la composición por tallas de la especie s , es decir, lograr que se disponga de los datos de entrada para el análisis de cohorte en base a la edad o en base a las tallas. En primer lugar, se describen algunas características generales del muestreo de la especie s , para establecer la composición de tallas. Como en la mayor parte de los procedimientos de muestreo, el resultado debe ser expandido a la captura total de todas las embarcaciones y, eventualmente, a la captura total de todas las flotas. Por lo tanto, es útil introducir el sufijo "m" en las cantidades que tienen relación con las muestras que se han obtenido. Las cantidades que corresponden a las muestras se deben diferenciar de aquellas que corresponden a la captura total; esto se hace utilizando letras mayúsculas para la captura total y letras minúsculas para la muestra. Por ejemplo,

- W_m = el *peso* de la *captura total* que fue muestreada
- w_m = el *peso* de la *muestra*
- C_m = el número total de peces en la captura que fue muestreada
- c_m = el número de peces en la muestra.

El proceso de muestreo generalmente comienza con la separación de la captura por especie, pesándola si es posible o estimando en caso contrario el peso total de la captura de cada especie. El paso siguiente consiste en obtener una muestra en forma aleatoria, la que se pesa y, seguidamente, se procede a medir la talla a todos los peces que componen la muestra.

En algunos casos será necesario tomar submuestras. Este es el caso, por ejemplo, de las especies capturadas en forma incidental "(by-catch)", como se demostrará más adelante.

En este ejemplo, la muestra básica para estimar la composición por tallas está asociada con un "viaje de pesca". Cada flota, en cada lugar de desembarque realiza varios viajes durante el período considerado. En la Fig. 7.6.1 se considera como ejemplo la flota a, en el lugar de descarga I. Durante el período, t , esta flota realizó 15 viajes y, al término del cuarto viaje se recolectaron muestras al

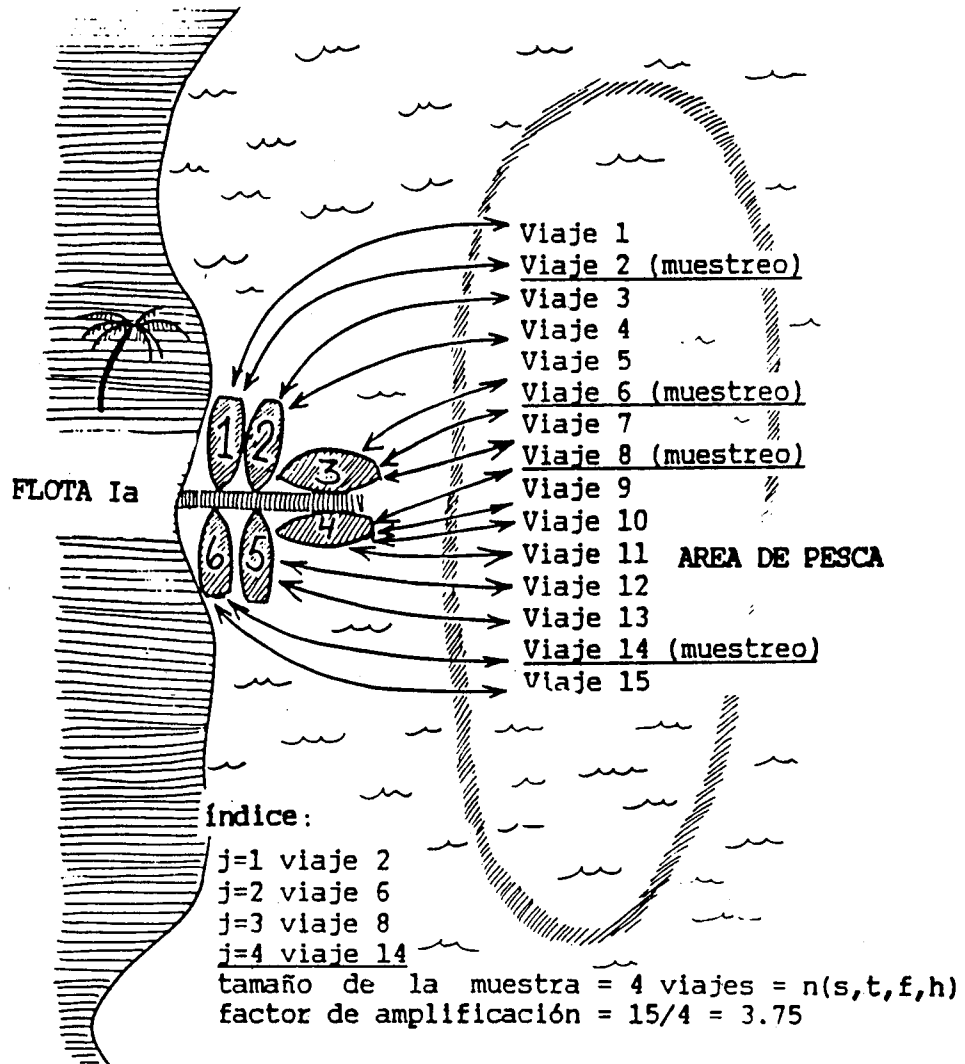


Fig. 7.6.1 Ilustración del muestreo para la estimación de la composición de tallas correspondiente a la captura de una flota, en un lugar de desembarque.

momento de la descarga de la captura. Nótese que, por lo general, es imposible tomar muestras de todos los viajes. Debe tener especial cuidado que estos sean seleccionados al azar (véase la discusión en la Sección 7.1).

La notación empleada para el número de muestras es como se indica a continuación:

$$n(t,f,h)$$

En el ejemplo de la Fig. 7.6.1: $n(t,a,I) = 4$. A cada muestra se le asigna un número o un índice, j , para llevar una contabilidad interna:

$$j = 1, 2, \dots, n(t,f,h) \text{ (véase la Fig. 7.6.1)}$$

A menudo es compleja la situación de tomar muestras en una embarcación al término de un viaje de

pesca, como se ilustra en la Fig. 7.6.2. En este caso, se supone que la captura consiste en dos categorías principales:

1. **PESCADO PARA CONSUMO HUMANO DIRECTO o PESCA DE CONSUMO.** Esta parte es separada por especies (o grupos de especies) y corresponde a ejemplares con tallas comerciales.
2. **CAPTURA INCIDENTAL.** Los pescadores no separan esta parte por especie. Contiene peces que no se usan para consumo humano, incluyendo a veces especies de interés pesquero, pero que aún no han alcanzado un tamaño comercial. Las cantidades que se refieren a la categoría de pesca incidental se distinguen de aquellas de la categoría peces de consumo por el sufijo "b". El peso total de toda la captura incidental, en el viaje de pesca que ha sido muestreado se expresa como $Wbm(*,t,f,h,j)$.

En un programa de muestreo, se deben tomar muestras de ambas categorías ya que, desde el punto de vista biológico, éstas tienen la misma importancia. Por tal razón, primero se considerará el muestreo de la categoría peces de consumo, a continuación se tratará sobre la captura incidental y luego sobre la combinación de los dos conjuntos de datos. Los distintos procedimientos han sido ilustrados en las Figs. 7.6.2, 7.6.3 y 7.6.4.

Muestreo de la captura para consumo humano, de un viaje de pesca

A continuación se entrega el procedimiento general de muestreo para datos de frecuencias de tallas, correspondiente a la categoría de peces de consumo de una cierta especie s:

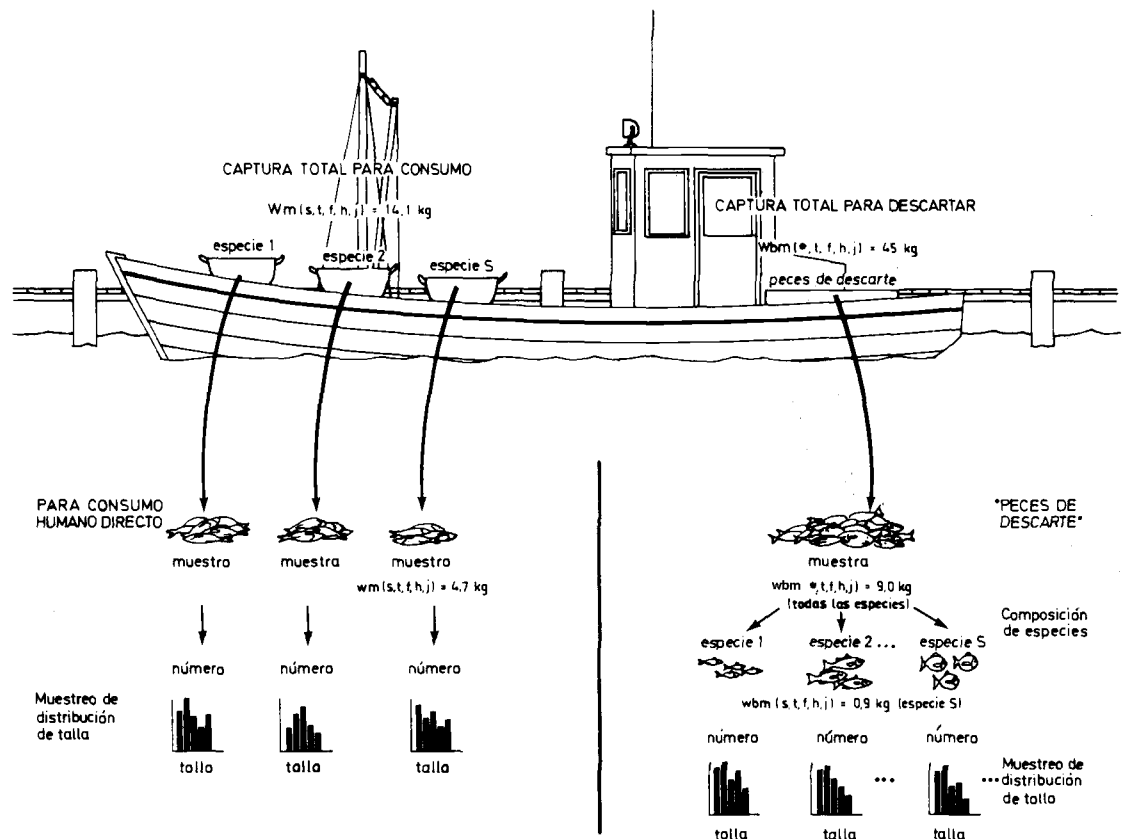


Fig. 7.6.2 Muestreo de un único viaje (para mayores explicaciones, véase el texto).

Peces para consumo:

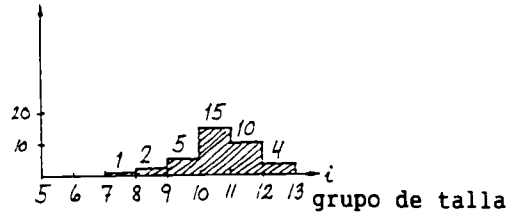
Peso total de la captura muestreada: $W_m = 14.1$ kg
 Peso total de la muestra : $w_m = 4.7$ kg
 Factor de amplificación : $W_m/w_m = 14.1/4.7 = 3$

Peces de descarte:

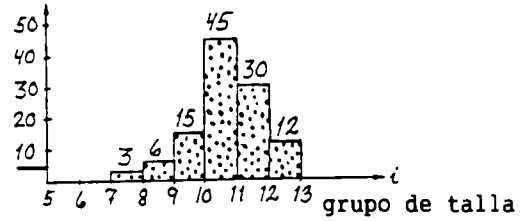
Peso total del descarte muestreado : $W_{bm} = 45$ kg
 Peso total de la muestra (todas las especies): $w_{bm} = 9$ kg
 Factor de amplificación : $W_{bm}/w_{bm} = 45/9 = 5$

Peces para consumo (especie s)

muestra de frecuencias de tallas
 $cm(s, t, f, h, j, i)$
 tamaño de la muestra = 37

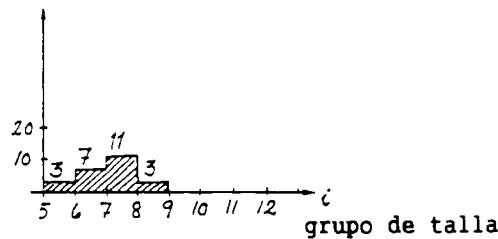


muestra de frecuencias de tallas amplificada
 $cm * W_m/w_m = cm * 3$
 $37 * 3 = 111$

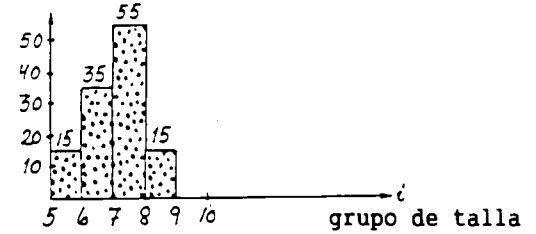


Peces de descarte (especie s)

muestra de frecuencias de tallas
 $cbm(s, t, f, h, j, i)$
 tamaño de la muestra = 24



muestra de frecuencias de tallas amplificada
 $cbm * W_{bm}/w_{bm} = cbm * 5$
 $24 * 5 = 120$



Captura total (especie s)

frecuencias de tallas estimadas
 de la especie s en la captura
 total del viaje muestreado
 $Cm(s, t, f, h, j, i)$

muestra de frecuencias de tallas combinadas
 $Cm = cm * 3 + cbm * 5 = 111 + 120 = 231$

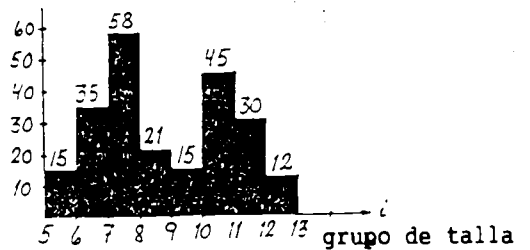


Fig. 7.6.3 Combinación de muestras de frecuencias de tallas de una especie, s, de peces destinados a consumo humano y de descarte. Se considera en el ejemplo un solo viaje.

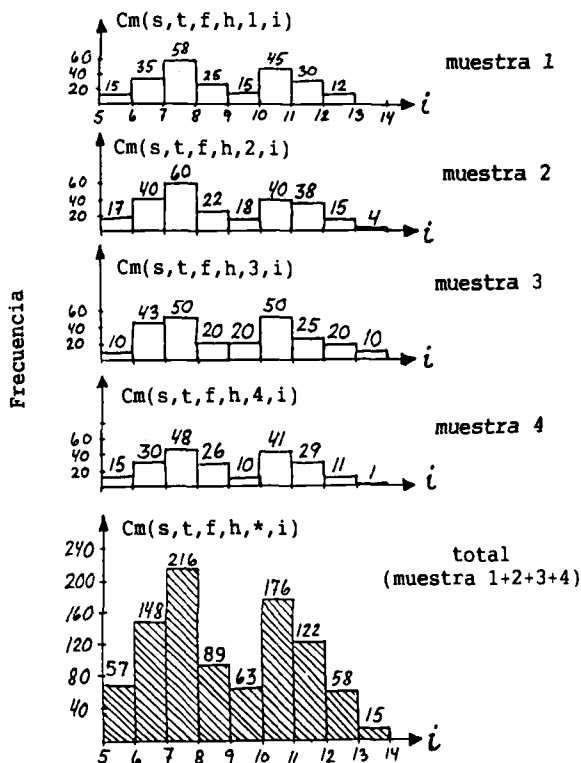


Fig. 7.6.4 Suma de las frecuencias de tallas, de la especie s, de diferentes viajes muestreados. La muestra n°1 es la distribución resultante, calculada en la Fig. 7.6.3.

- 1) El peso total de la captura de la especie s, de la categoría de peces de consumo, la cual ha sido muestreada, se registra como:

$Wm(s,t,f,h,j)$ = peso total de la captura de la especie s (peces de consumo), del viaje muestreado j.

- 2) Se toma una muestra aleatoria y se registra el peso de la muestra como sigue:

$wm(s,t,f,h,j)$ = peso de todos los especímenes de la especie s en la muestra j.

- 3) Se mide entonces la talla a los ejemplares que componen la muestra. Si se utiliza i como índice de los grupos de tallas, la notación correspondiente es la siguiente:

$cm(s,t,f,h,j,i)$

que representa el número de peces de la especie s, en el grupo de tallas i, de la muestra j, en el lugar de descarga h, capturado por la flota f, en el período de tiempo t.

El número total de peces de todos los grupos de tallas en la muestra se escribe como:

$Cm(s,t,f,h,j,*)$

En la Fig. 7.6.2 se indica que una muestra de la especie s, equivalente a 4.7 kg = $wm(s,t,f,h,j)$, fue tomada de una captura total de 14.1 kg = $Wm(s,t,f,h,j)$.

En la muestra se tomaron medidas de longitud y se obtuvieron las frecuencias de tallas que se ilustra en la Fig. 7.6.3, con un tamaño total de muestra de 37 especímenes = $cm(s,t,f,h,j,*)$.

Esta muestra de frecuencias de tallas debe ser luego amplificadas a la captura total de la

embarcación, multiplicando cada frecuencia por el “factor de amplificación”, que es simplemente el peso total de la captura de la especie s dividido por el peso de la muestra,

$$\frac{W_m}{w_m}$$

En el caso de la especie s , el número total capturado de la categoría de peces de consumo, es

$$\frac{W_{m(s,t,f,h,j)}}{w_{m(s,t,f,h,j)}} * c_{m(s,t,f,h,j,*)} = \frac{14.1}{4.7} * 37 = 111$$

Muestreo de la captura incidental de un viaje de pesca

El procedimiento de muestreo de la captura incidental incluye un paso adicional, relacionado con la separación de las diferentes especies extraídas. El peso total de la captura incidental se define como:

$$W_{bm}(*,t,f,h,j) \text{ kg}$$

(El índice “ s ” es reemplazado por “*” debido a que la captura incidental no ha sido separada por especies).

Se toma una muestra de los W_{bm} kg, que equivale a:

$$w_{bm}(*,t,f,h,j) \text{ kg}$$

Luego, esta muestra es separada por especie (véase la Fig. 7.6.2). Suponga que sólo se está interesado en la especie s . El peso de la especie s en la captura incidental es

$$w_{bm}(s,t,f,h,j) \text{ kg}$$

(Nótese que éste no es el peso que se va a usar para amplificar la muestra a la captura total).

Los peces se miden y se registran las tallas (véase la Fig. 7.6.3). El número de peces en el grupo de talla i se indica como:

$$c_{bm}(s,t,f,h,j,i)$$

y el número total de la especie s , en la muestra es

$$c_{bm}(s,t,f,h,j,*)$$

En este caso el número es 24 (véase la Fig. 7.6.3).

Estos números se amplifican para determinar la captura incidental total en el viaje de la embarcación, multiplicándolos por el factor de amplificación, que consiste en el peso total de la captura incidental y el peso del total de la muestra correspondiente a la captura incidental (y *no* sólo el peso de la especie s):

$$\frac{W_{bm}}{w_{bm}}$$

entonces,

$$\frac{W_{bm}(*,t,f,h,j)}{w_{bm}(*,t,f,h,j)} * c_{bm}(s,t,f,h,j,i)$$

proporciona las frecuencias de tallas de la especie s que representa a toda la captura incidental.

En el ejemplo (véase la Fig. 7.6.2) $W_{bm}(*,t,f,h,j) = 45$ kg y el peso de la muestra $w_{bm}(*,t,f,h,j) = 9$ kg, de modo que el factor de amplificación es $W_{bm}/w_{bm} = 45/9 = 5$, y el número total de especímenes de la especie s en la categoría de pesca incidental es $5 * 24 = 120$.

Combinando la muestra de peces de consumo y la muestra de pesca incidental de un viaje

Ahora se van a combinar las frecuencias de tallas amplificadas de las dos categorías, con el fin de obtener un cuadro completo de las frecuencias de tallas de la especie s , vale decir, en la captura total del viaje que ha sido muestreado. Esto se logra simplemente sumando las dos frecuencias amplificadas.

Un estimado de la *captura total en número por grupo de talla*, c , se obtiene por simple adición de los estimados de los peces de consumo y los capturados en forma incidental:

$$\frac{W_m}{w_m} * c_{m(s,t,f,h,j,i)} + \frac{W_{bm}}{w_{bm}} * c_{bm(s,t,f,h,j,i)} = C_m(s,t,f,h,j,i)$$

(véase la Fig. 7.6.3).

Por ejemplo, el número total estimado para el grupo de tallas de 8-9 cm es

$$\frac{14.7}{4.7} * 2 + \frac{45}{9} * 3 = 3 * 2 + 5 * 3 = 21$$

Sumando las muestras de varios viajes

Nuevamente, una simple suma bastará para lograr este objetivo. El número de ejemplares capturados por grupo de tallas en todos los $n(t,f,h)$ viajes muestreados es:

$$\sum_{j=1}^{n(t,f,h)} C_m(s,t,f,h,j,i) = C_m(s,t,f,h,*,i)$$

En la Fig. 7.6.4, por ejemplo, el número total de los cuatro viajes muestreados, estimado para el grupo de talla 8-9 cm es:

$$21+22+20+26 = 89$$

Amplificando los viajes muestreados a la captura total de la flota en un lugar de desembarque

La distribución total de las tallas correspondiente a los viajes muestreados $C_m(s,t,f,h,*,i)$ puede ser amplificada para determinar la captura total en el período t , por flota f , en el lugar de desembarque h , para lo cual es preciso utilizar un factor de amplificación basado en el número de viajes:

$$\frac{\text{número total de viajes}}{\text{número de viajes muestreados}} * C_m(s,t,f,h,*,i) = CR(s,t,f,h,*,i)$$

donde el sufijo "R" significa "amplificado". R ha sido usado aquí tan sólo para indicar los procedimientos de amplificación que incorporan cantidades que no han sido muestreadas (en este caso, 11 de un total de 15 viajes). En el ejemplo (Fig. 7.6.1), el factor de amplificación es $15/4 = 3.75$ y el resultado se muestra en la Tabla 7.6.1. El número total de especímenes estimados en el grupo de tallas de 8-9 cm para todos los viajes por flota f en el desembarcadero h es:

$$89 * 3.75 = 333.75$$

Este procedimiento de amplificación es razonable sólo si un "viaje" es una unidad de esfuerzo bien definida. Si algunos viajes son de una duración, por ejemplo, de un día de pesca y otros de cinco días, es mejor usar como unidad de esfuerzo un "día de pesca". Una u otra unidad "viaje" o "día de pesca" tiene sentido únicamente si las embarcaciones de una flota son bastante similares, en el sentido que tienen el mismo "poder de pesca". Otras unidades de esfuerzo posibles de utilizar son "número de hombres-día", "número de horas de arrastre", "número de redes de enmalle", etc.

TABLA 7.6.1
Amplificación de las muestras de la flota f, en el lugar de desembarque
h, a la captura de todos los viajes de esa flota
(véanse las Figs. 7.6.1 y 7.6.4)

grupo de talla (i)	total de viajes con muestras (de la Fig. 7.6.4) Cm(s,t,f,h,*,i)	amplificación al número total de viajes, en el lugar de desembarque muestreado CR(s,t,f,h,*,i)
5-6	57	213.75
6-7	148	555.00
7-8	216	810.00
8-9	89	333.75
9-10	63	236.25
10-11	176	660.00
11-12	122	457.50
12-13	58	217.50
13-14	15	56.25
total	944 = Cm(s,t,f,h,*,*)	3540.00 = CR(s,t,f,h,*,*)

Suma de lugares de desembarque para una flota y amplificación a todos los puertos de descarga

La distribución total de tallas de todos los lugares de descarga *muestreados* (véase la Fig. 7.4.1), se obtiene por simple adición:

$$\sum_h CR(s,t,f,h,*,i) = CR(s,t,f,*,*,i)$$

Esta cifra debe ser amplificada al total de los puertos de desembarque, aplicando un factor de amplificación basado en el esfuerzo ocupado en todos los lugares de desembarque:

$$\frac{\text{esfuerzo total de todos los lugares de desembarque}}{\text{esfuerzo de los lugares de desembarque muestreados}} * CR(s,t,f,*,*,i) = CRR(s,t,f,*,*,i)$$

Suma de flotas

Esto también se logra a través de una simple suma. La distribución total de tallas de la especie s, capturada durante el período de tiempo t es:

$$\sum_f CRR(s,t,f,*,*,i) = CRR(s,t,*,*,*,i)$$

De esta manera, se ha obtenido un cuadro completo de la distribución de frecuencias de tallas de todos los desembarques de la especie s. Suponga ahora que esta información corresponde a un trimestre del año, t. Dependiendo del tipo de análisis requerido, se puede detener el procesamiento de los datos en este nivel. En el caso, que el muestreo se efectúe durante un año, entonces se tendrá distribuciones de frecuencias de tallas en los cuatro trimestres, como se presenta en la Fig. 7.6.5A. Estos pueden ser separados, determinando las respectivas cohortes que los componen, por ejemplo, con el método de Bhattacharya (Sección 3.4), como se muestra en la Fig. 7.6.5B. El número de ejemplares capturados de cada cohorte en diferentes trimestres del año (por ejemplo, los números C1, C2, C3 y C4 en la Fig. 7.6.5B) constituyen los datos de entrada para el análisis de cohorte de Pope (compare con la Sección 5.2).

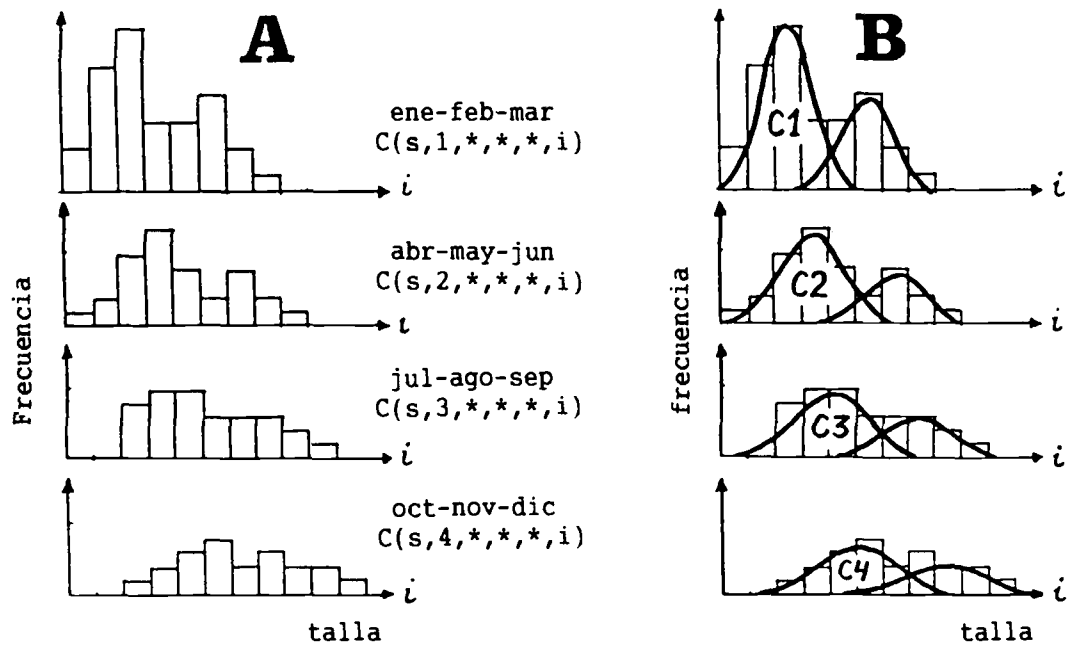


Fig. 7.6.5 A: Frecuencias de tallas totales, por trimestre.
 B: Frecuencias de tallas resueltas en componentes de distribución normal, correspondientes a cohortes (datos de entrada para el análisis de cohorte de Pope).

Alternativamente, se puede escoger el aplicar un análisis de cohorte de Jones en base a las tallas (compare con la Sección 5.3). En este caso, las cohortes no se separan, pero se procede como sigue:

Suma de los períodos de tiempo

Este es el paso final, que proporciona las frecuencias de tallas de la especie s para todo el año. La suma es simple:

$$\sum_t CRR(s,t,*,*,*,i) = CRR(s,*,*,*,*,i)$$

La Fig. 7.6.6 muestra un ejemplo en el cual las composiciones de tallas trimestrales se suman para obtener la composición de tallas anual. Estos valores C , finales, se pueden utilizar como entrada para el análisis de cohorte de Jones basado en las tallas. También se pueden usar los valores promedios de un cierto período de años (véase la Sección 5.3).

Análisis de los datos

La resolución de las muestras de frecuencias de tallas en componentes, distribuidas normalmente, como se muestra en la Fig. 7.6.5, se hace más problemática cuanto más amplio es el período de muestreo. Las muestras trimestrales muestran una cierta estructura de cohorte, mientras que en la distribución de frecuencias de tallas de todo el año, no es posible distinguir las cohortes (véase la Fig. 7.6.6). Ese ejemplo ilustra que para el análisis de cohorte basado en la edad, se debe trabajar con períodos de tiempo relativamente cortos, ya que de otro modo no se podrán identificar las cohortes. El análisis de cohorte de Pope basado en la edad trabaja con el número de peces capturado en cada cohorte.

Por otra parte, al aplicar el análisis de cohorte de Jones basado en las tallas se está interesado en la pendiente de la mano derecha de la distribución de frecuencias de tallas, porque esta pendiente

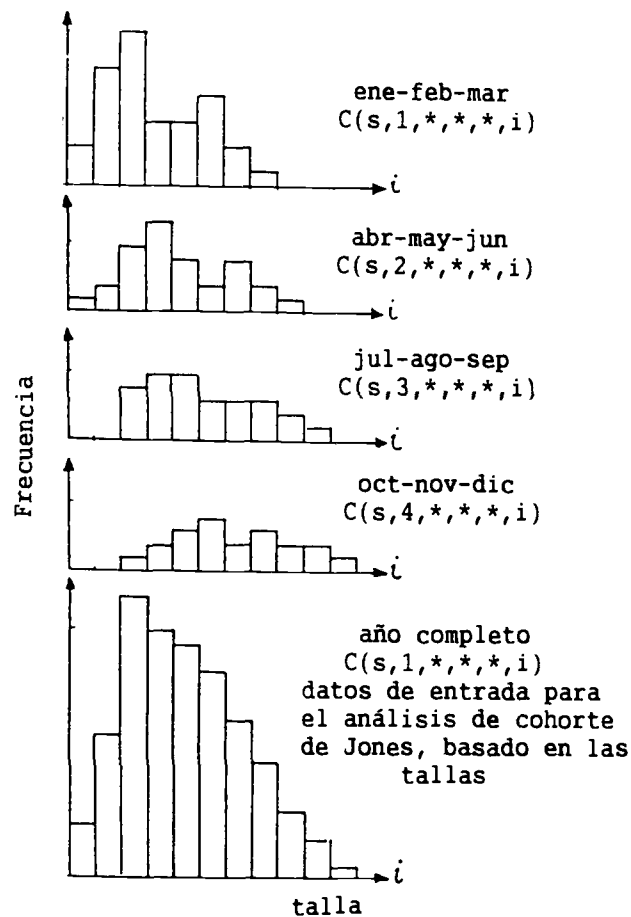


Fig. 7.6.6 Suma de las composiciones de tallas de todos los períodos de tiempo considerados (composición de tallas total, utilizada como dato de entrada para el análisis de cohorte de Jones, basado en las tallas).

refleja la mortalidad total. Por lo tanto, las frecuencias de tallas combinadas deberían representar un largo período, de modo que las pendientes individuales de las frecuencias de tallas de cada cohorte sean igualadas.

Finalmente, es necesario enfatizar que el procedimiento explicado más arriba es sólo un ejemplo, que puede no acomodarse a todas las pesquerías. En especial, la definición de la unidad de esfuerzo ("viaje") puede ser inapropiada en muchos casos. Del mismo modo, el supuesto de que las muestras se toman de las embarcaciones en el momento en que la captura es descargada, puede que no sea efectivo. Así también, en el ejemplo se ha supuesto que la captura total ha sido desembarcada haciendo distinción entre los peces de consumo y la pesca incidental. En este caso particular, se supuso que no existió "descarte".

Descarte es el conjunto de peces capturados, pero que no son desembarcados ya que se devuelven al mar. Se piensa que el descarte no sobrevive al encuentro con el arte de pesca. Desde un punto de vista biológico, los descartes son tan importantes como los desembarques, ya que representan igualmente peces que fueron muertos por la actividad pesquera. En algunas pesquerías, principalmente en las de arrastre para la captura de camarones, se descarta hasta un 90% e incluso algunas veces aún más del peso total capturado por el arte. El descarte bien podría contener peces útiles para consumo humano, pero que comparado con el valor de los camarones, son de relativo bajo interés económico.

En realidad, se debe distinguir cuidadosamente entre “desembarques” y “captura”, teniendo presente que la segunda incluye tanto los desembarques propiamente tales y los descartes. Usualmente, es difícil la obtención de muestras de los descartes a la vez que éstos son onerosos, ya que para obtener estimados confiables se requiere contar con observadores a bordo de las embarcaciones comerciales. Sin embargo, si los descartes constituyen cantidades importantes, se debería intentar la obtención de estas muestras.

Programas computacionales

Los paquetes de programas computacionales FiSAT y LFSA, para microcomputadoras, contienen algunos módulos que permiten la manipulación de los datos como se ha descrito en este capítulo. Así, por ejemplo, varios tipos de adiciones y procedimientos de amplificación para muestras de frecuencias de tallas están disponibles en estos programas.