

## 14 RESUMEN DE EVALUACION DE STOCKS

La introducción a este manual contiene diagramas de flujo para la evaluación de stocks de peces (Fig. 1.3.0.1) y para la organización del manual (Fig. 1.8.1). El principiante en evaluación de stocks de peces podría haber tenido algunas dificultades con la interpretación de parte de estas figuras. Este capítulo intenta dar un resumen de las metodologías de la misma forma que las desarrolladas en la introducción, pero bajo el supuesto que esta vez el lector está familiarizado con la teoría presentada en los capítulos anteriores.

El nivel de precisión en las evaluaciones de stocks de peces aumenta con la disponibilidad de datos, la que generalmente está positivamente correlacionada con el desarrollo de la pesquería. En el caso de un stock no explotado, las evaluaciones tendrán que basarse en principios ecológicos generales o en exploraciones realizadas con embarcaciones que realizan investigaciones pesqueras. En cuanto se inicie la explotación, la pesquería misma puede proveer la base de datos para la aplicación de métodos de evaluación más sofisticados. En pesquerías altamente desarrolladas se desembarca una fracción importante de los stocks y, por lo tanto, más ejemplares pueden ser muestreados.

La metodología de evaluación de stocks de peces y de predicción cambia a medida que aumenta la disponibilidad de datos. En tanto que las evaluaciones preliminares pueden estar basadas en, por ejemplo, la relación entre la producción primaria y la producción secundaria o en comparaciones entre áreas no explotadas y explotadas con características ambientales similares, las primeras evaluaciones reales son usualmente derivadas de datos de prospecciones de recursos obtenidos con embarcaciones de investigación pesquera. La evaluación del stock existente o "standing stock" de peces pelágicos y demersales se puede realizar con métodos acústicos y por medio de una red de arrastre. Aunque las prospecciones con otros tipo de artes/equipos, tales como trampas, redes de enmalle y anzuelos generan datos sobre tasas de captura, no pueden ser utilizados directamente para estimar el stock existente, porque no se sabe cuál ha sido el área cubierta por el arte. El modelo holístico (Fig. 1.8.1B), usado más frecuentemente con estos propósitos en esta etapa, es el método de área barrida, que fue discutido en detalle en el Capítulo 13.

Se puede alcanzar un nivel intermedio en la evaluación de stocks cuando se dispone de series de tiempo de datos de captura y esfuerzo de una pesquería que está en desarrollo. Tales datos pueden usarse en otros modelos holísticos, como los llamados modelos de producción excedentaria (Fig. 1.8.1B y Capítulo 9).

Una vez que se ha desarrollado una pesquería y se han establecido los esquemas de muestreo biológico, es posible aplicar modelos analíticos más sofisticados, que pueden ser divididos en dos categorías principales, *viz.* modelos basados en la edad y modelos basados en las tallas (Fig. 1.8.1A).

En áreas donde es posible determinar la edad de un pez a través de los otolitos u otras partes duras, se puede establecer cada año una clave de talla-edad que se puede usar para asignar edades a muestras grandes de frecuencias de tallas, tomadas de las capturas comerciales. Estos datos se usan luego para determinar el número de peces en el mar por cohorte o grupo de edad. Sustentados en estos resultados se pueden realizar predicciones bastante confiables.

En áreas donde la edad de los peces no se puede determinar en forma rutinaria, mediante la lectura de otolitos u otra estructura dura o en recursos que no tienen estructuras que permitan la lectura de edad, como por ejemplo los crustáceos, los análisis tienen que basarse principalmente en frecuencias de tallas. En tanto la lectura rutinaria de la edad en peces tropicales esté aún en desarrollo, la mayor parte de las evaluaciones en la zona tropical dependerán de la interpretación de las frecuencias de tallas.

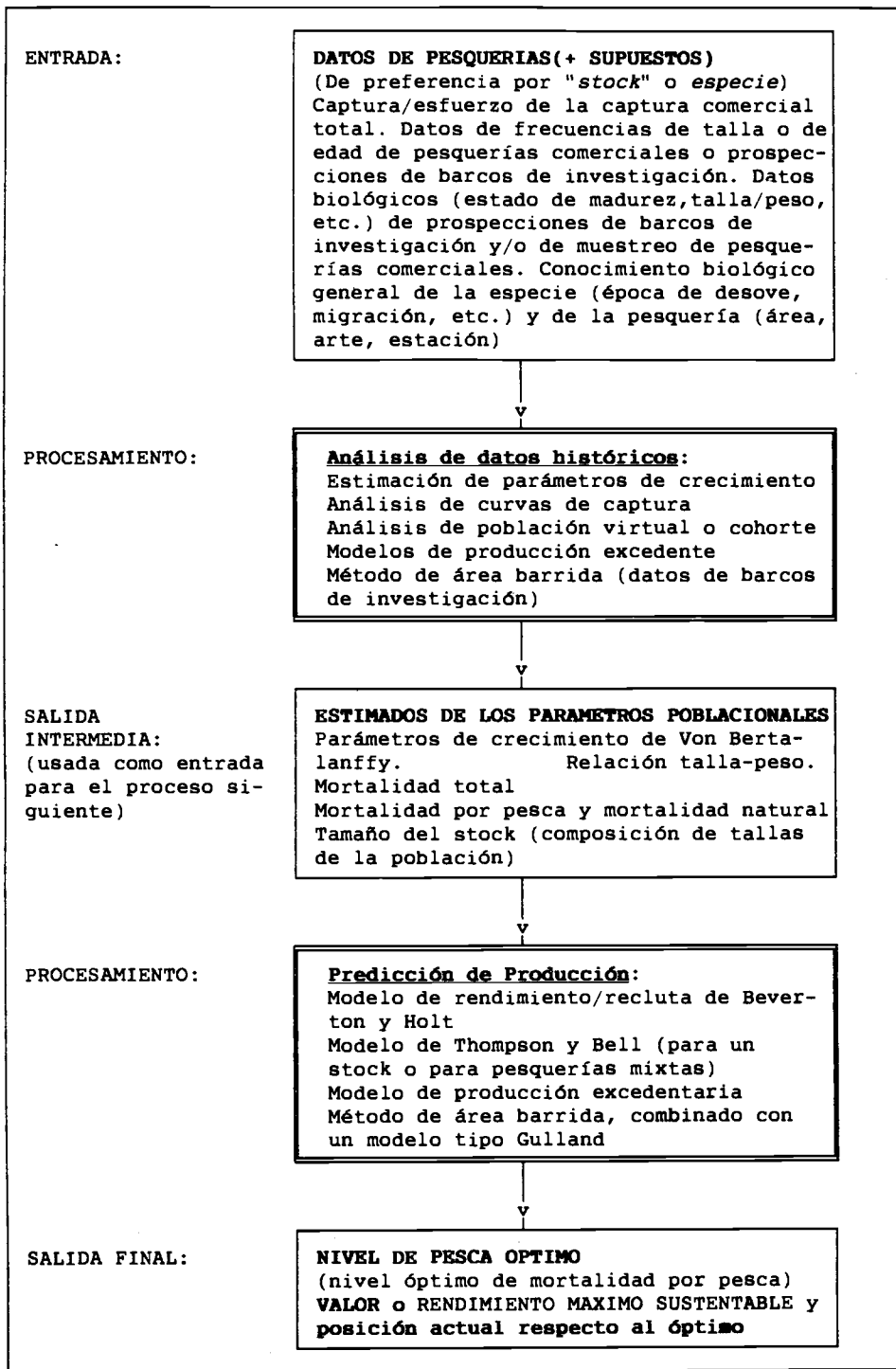


Fig. 14.1.1 Diagrama de flujo general para la evaluación de stocks de peces (compare con la Fig. 1.3.0.1).

Desafortunadamente, los datos de frecuencias de tallas son fácilmente afectados por sesgos causados por la selectividad, migración y errores de muestreo, y esto complica aún más la evaluación de las especies tropicales. En este manual se ha dado especial énfasis al análisis de datos de frecuencias

de tallas. Esto no significa, sin embargo, que los modelos usados estén totalmente basados en frecuencias de tallas. En la mayor parte de los métodos analizados, los datos de frecuencias de tallas se han utilizado para separar presuntas cohortes, a las que luego se asigna una edad relativa. El resto de los procedimientos están basados principalmente en la edad más que en la talla. Aquí, podría ser útil señalar que la determinación de los parámetros de crecimiento es solamente un paso intermedio en las evaluaciones, basadas en las frecuencias de tallas. El objetivo final es siempre la determinación de la cantidad de peces por cohorte y el nivel de mortalidad por pesca a que están sujetas. Esta es la base para las predicciones de rendimientos a futuro y, por lo tanto, la base del desarrollo futuro o de las medidas de manejo.

#### 14.1 ASPECTOS GENERALES DE LA EVALUACION DE STOCKS DE PECES

El objetivo principal de la evaluación de stocks de peces en explotación, es predecir lo que sucederá en el futuro en términos de niveles de rendimientos de biomasa (sustentabilidad) y el valor de la captura, ya sea si el nivel del esfuerzo de pesca permanece igual o si éste cambia (aumento o disminución).

La Fig. 14.1.1 es una versión expandida de la Fig. 1.3.0.1, con una serie de ejemplos para cada cuadro. Así también, presenta tanto el resultado final de la evaluación de stocks de peces como la metodología sugerida en este manual para obtener ese resultado. Los métodos se pueden dividir en dos partes: en primer lugar, aquellos destinados para la estimación de los parámetros vitales y, en segundo lugar, el uso de estos parámetros para predecir futuras capturas y la biomasa, bajo varios supuestos respecto al desarrollo de la pesquería.

Sin embargo, la Fig. 14.1.1, no contiene aquellas características no cuantificables, que están asociadas a la evaluación de stocks de peces, tales como la subjetividad en la interpretación de los resultados y el sesgo de los datos. Esencialmente, los modelos con los cuales se analizan datos históricos requieren que los datos tengan su origen en muestras aleatorias, esto es, insesgados. Si los datos fuesen exactamente como lo requieren los modelos, todo sería muy fácil y dos personas podrían llegar al mismo resultado independientemente la una de la otra. De allí que cuanto más sesgados sean los datos, tanto más subjetiva será su interpretación.

El sesgo puede tener muchas causas, algunas de las cuales pueden ser eliminadas, en tanto otras son muy difíciles de tratar. El sesgo, causado por programas de muestreo mal planificados y/o ejecutados debería ser fácil de solucionar, mientras que los sesgos, causados por migración y selectividad del arte, pueden ser difíciles de manejar. A menudo, la solución técnica a tales problemas de sesgo biológico es expandir y ajustar el programa de muestreo, de acuerdo a los resultados obtenidos en los primeros análisis. Por sobre los problemas prácticos mencionados más arriba, hay también problemas estadísticos (o teóricos) en el muestreo. Por ejemplo: “¿Cuántos peces debe contener la muestra para asegurar un análisis de Bhattacharya exitoso?”. Probablemente no hay solución exacta para este problema, pero es evidente que el análisis basado en frecuencias de tallas necesita de una gran cantidad de datos de entrada insesgados.

Los prerequisites para realizar cualquier evaluación de stocks de peces de importancia, son el disponer de datos biológicos de los recursos y datos técnicos sobre las pesquerías. Principalmente hay dos tipos de datos que se necesitan conocer, que son en orden de prioridad, los siguientes:

- 1) Datos de muestras, obtenidas de capturas comerciales
- 2) Datos de prospecciones, realizadas mediante barcos de investigación

Esencialmente, la evaluación de stocks de peces en explotación puede hacerse sólo con datos de pesquerías comerciales. En el caso de recursos inexplorados, los datos de barcos de investigación son esenciales. Sin embargo, esto último puede también ser muy útil como complemento de los datos de pesquerías explotadas. Las muestras de pesquerías comerciales usualmente son mucho más baratas y

fáciles de obtener, en grandes cantidades, que datos mediante embarcaciones de investigación, característica que se debe tomar en cuenta cuando se planifica investigar una pesquería.

Los dos tipos de datos contienen esencialmente los siguientes elementos:

***Datos de pesquerías comerciales:***

- Captura total (por especie y tipo de arte) y esfuerzo (por tipo de arte)
- Frecuencias de tallas (por especie y sexo)
- Frecuencias de edad (por especie y sexo)
- Datos biológicos (por ejemplo, estados de madurez, relación talla/peso)
- Datos sobre el arte de pesca (*v. gr.* tamaño de malla) y operaciones de pesca

***Datos de prospecciones:***

- Captura y esfuerzo (*v. gr.* número capturado por hora por especie)
- Captura por unidad de área (para cálculo de área barrida)
- Frecuencias de tallas (por especie y sexo)
- Frecuencias de edad (por especie y sexo)
- Datos biológicos (*v. gr.* estados de madurez, relación talla/peso)
- Datos del arte de pesca (*v. gr.* tamaño de malla)

Algunos datos son fáciles de definir y registrar, tales como la longitud del pez y la cantidad o número de peces. Otros datos son más problemáticos de obtener, tales como la edad de los peces, determinada a partir de los anillos de crecimiento diario. Finalmente, hay datos que son muy difíciles de definir, tal como una medida del esfuerzo que sea proporcional a la mortalidad por pesca. (En ciertos casos éste nunca puede ser resuelto, y quizás la única salida sea buscar modelos alternativos, que requieran de un tipo diferente de datos de entrada.)

No hay un modo sistemático de solucionar los problemas para definir los datos y solucionar los problemas de sesgo. El escoger una metodología adecuada es, en cierta medida, un asunto de juicio personal combinado con destreza y experiencia. Este manual puede parecer un tipo de libro de cocina con recetas predeterminadas para cada caso, pero, desafortunadamente, no se puede usar de esa forma. Lo más importante para un evaluador de stocks de peces es el poseer un profundo conocimiento de la biología de los recursos vivos y de la pesquería, lo que se logra a través de un continuo muestreo y de la recopilación de la mayor cantidad de datos (relevantes) que sea posible, año tras año. Una larga serie de datos sobre una pesquería, por ejemplo, acumulada durante varias décadas, puede contener datos que reflejan situaciones extremas, lo que permite definir los límites superiores e inferiores en las predicciones de rendimiento y sobre el tamaño del stock.

En algunos casos, sólo una parte de la captura de un stock es cubierta por el programa de muestreo. Esto sucede, por ejemplo, cuando varios países explotan un recurso compartido y no intercambian o combinan sus datos, o cuando algunos países no recolectan datos de sus pesquerías. En tal caso, las capturas debieran, de un modo u otro, ser expandidas para reflejar el total. La expansión debe fundamentarse en ciertos supuestos, tales como que el país B (que no recolecta muestras) tiene una pesquería que corresponde a, por decir, un 20% de la del país A (que sí recolecta muestras). En tales casos, siempre es mejor hacer un supuesto calificado que ignorar un componente importante de la captura tomada de un cierto stock.

A menudo hay dudas acerca de la definición de stock. Si ese es el caso, recuerde que es mejor cometer el error de combinar dos stocks pequeños que hacer evaluaciones de sólo una parte del stock. Así, aun cuando los stocks hayan sido erróneamente combinados, las conclusiones conjuntas para dichos stocks pueden ser correctas también en forma individual para cada uno de ellos. Si, por otra parte, un stock está siendo explotado por más de una flota, de diferentes países, por ejemplo, y la mortalidad por pesca causada por la(s) otra(s) flota(s) no es tomada en cuenta al efectuar las

evaluaciones y hacer las predicciones, el efecto de las medidas de manejo puede no ser la que se espera. De esta manera, la disminución en el esfuerzo de pesca que se produzca en una flota puede ser compensada por un incremento en la otra flota. Entonces, la presión de pesca total puede permanecer igual o incluso aumentar y el mejoramiento de los rendimientos presagiados puede que no ocurra.

Los datos obtenidos de las pesquerías pueden incluir también otro tipo de datos que aquellos tratados expresamente en este manual. Tales datos se pueden referir a aspectos económicos, sociológicos y ambientales. Aunque un biólogo pesquero se concentra en los aspectos biológicos/técnicos de las pesquerías, ella o él deberían estar atentos a los avances que se producen en otros campos de investigación. Esto se aplica en particular a la bioeconomía, que en la actualidad se está desarrollando rápidamente (véase el Capítulo 8).

#### 14.2 REVISION DE LOS METODOS A USAR DE ACUERDO AL TIPO DE DATOS DISPONIBLE

Uno de los aspectos más difíciles de resolver en la evaluación de stock de peces es el decidir qué métodos se deberían utilizar para analizar un determinado conjunto de datos. En esta sección se presentan, en forma sistemática, diversos conjuntos de datos, agrupados en diferentes niveles de disponibilidad y calidad. Estos conjuntos se discutirán caso a caso.

En lo que sigue, se consideran cinco niveles de disponibilidad de datos, principalmente:

- Nivel A: Cuando sólo se dispone de datos provenientes de prospecciones
- Nivel B: Cuando sólo están disponibles datos de captura o captura/esfuerzo
- Nivel C: Cuando sólo se dispone de frecuencias de tallas
- Nivel D: Cuando ambos datos, de captura/esfuerzo y frecuencias de tallas, están disponibles. (Se incluye un caso con datos limitados de frecuencias de edad.)
- Nivel E: Cuando se dispone de todo tipo de datos, en particular frecuencias de edad en forma secuencial.

La revisión comienza al nivel más bajo de disponibilidad de datos y se mueve gradualmente hacia el nivel más alto. Dentro de cada nivel principal, se considera un número de casos, categorizados con la ayuda de una pequeña tabla, donde la existencia/no-existencia de datos de pesquerías comerciales y de prospecciones de investigación se indican como sigue:

- : No hay datos recolectados
- Unica : Una o pocas muestras recolectadas
- Serie de tiempo simple : Se ha recolectado una serie de muestras durante un año de muestreo
- Serie de tiempo múltiple : Registros disponibles de dos o más años.

##### Nivel A: Cuando sólo están disponibles datos provenientes de prospecciones

###### Caso A. 1

A.1 Datos	Captura/ esfuerzo	Frecuencias de tallas	Frecuencias de edad	Datos biológicos
Pesca comercial	—	—	—	—
Prospección pesquera (investigación)	Unica	—	—	—

Este y el siguiente caso se puede aplicar a recursos inexplorados o que nunca han sido investigados por evaluadores de stocks. El caso A.1 trata sobre un stock virgen. Para el análisis utilice el método de área barrida (véase el Capítulo 13) y la fórmula de Gulland para la predicción del rendimiento potencial (véase la Sección 9.2). El resultado de este ejercicio entrega sólo el orden de magnitud del rendimiento potencial sustentable (esto es: 100 toneladas o 1000 toneladas, o 10000 toneladas, etc.).

#### Caso A. 2

A.2 Datos	Captura/ esfuerzo	Frecuencias de tallas	Frecuencias de edad	Datos biológicos
Pesca comercial	Unica	—	—	—
Prospección pesquera (investigación)	Unica	—	—	—

En este caso el recurso no es un stock virgen, porque se ejerce sobre la pesca comercial. Para el análisis histórico use el método de área barrida (véase el Capítulo 13) y la fórmula de García *et al.* (1989) para la predicción de la captura (véase la Sección 9.4).

#### Nivel B: Cuando sólo están disponibles datos de captura o captura/esfuerzo

Con este tipo de datos sólo se puede emplear modelos de producción excedentaria para predecir el rendimiento máximo sustentable. Los modelos disponibles son matemáticamente muy simples y, por lo tanto, se puede esperar que produzcan grandes desviaciones.

#### Caso B. 1

B.1 Datos	Captura/ esfuerzo	Frecuencias de tallas	Frecuencias de edad	Datos biológicos
Pesca comercial	Unica	—	—	—
Prospección pesquera (investigación)	—	—	—	—

Este es el nivel más bajo posible para poder realizar la evaluación de stock de peces. El método sugerido es el más simple posible; es tan simple que no ha sido mencionado antes en el manual. La predicción para años futuros iguala la captura observada. El esfuerzo es difícil de emplear, porque no se sabe nada con seguridad respecto al estado de explotación. Si sólo se conoce la captura (esfuerzo no conocido) para una serie de años, use la captura promedio como predicción. Aquí no está involucrado un análisis histórico real.

## Caso B. 2

B.2 Datos	Captura/ esfuerzo	Frecuencias de tallas	frecuencias de edad	Datos biológicos
Pesca comercial	Serie de tiempo múltiple	—	—	—
Prospección pesquera (investigación)	—	—	—	—

Si debe usar modelos de excedentes de producción (modelos de Schaefer o Fox, véase el Capítulo 9). Si los resultados de métodos alternativos se desvían substancialmente, escoja el resultado, basado en los datos que proporcionan el mejor ajuste. Si los datos no son por especie, sino por grupo de especies (familia) el método aún es aplicable. Los modelos se aplican para efectuar análisis históricos, así como, para lograr predicciones. Si los datos están disponibles por lugares de pesca, en forma de tasas de captura por área, como sería el caso, por ejemplo, de diversas áreas de un arrecife de coral, entonces se debe usar el gráfico de Munro y Thompson (véase la Sección 9.5).

**Nivel C: Cuando sólo se dispone de frecuencias de tallas**

La metodología de análisis de frecuencias de tallas se basa en el supuesto que el reclutamiento es estacional, con uno o, a lo más dos, máximos anuales (véase la Sección 1.6). Se supone que las muestras cubren el rango completo de tallas. A menudo hay problemas con las clases de tallas más pequeñas a causa de la selectividad del arte y algunas veces faltan ciertos grupos de tallas en las muestras, debido al comportamiento migratorio de las especies bajo estudio.

La metodología, basada en las tallas, depende del ciclo de vida de la especie investigada. Naturalmente, sólo se necesita una corta serie de datos para estimar el crecimiento en una especie de ciclo de vida corto. A diferencia de la anterior, se necesitan muestras frecuentes (mensuales, por ejemplo) en especies de vida corta como los camarones, mientras que para especies de vida larga, tales como los Serranidae, cualquier muestra puede ser adecuada.

Como rutina, intente varias maneras de manipular los datos, esto es, véase lo que pasa, por ejemplo, cuando se duplica el tamaño de las clases de tallas o cuando se duplica el período de tiempo (véase la Sección 3.4.2). Así también, las muestras en donde se puede demostrar la existencia de problemas de sesgo pueden ser excluidas. En casos de migración, sólo se deben usar aquellos datos que están separados por un período de un año (véase la Sección 11.3.1). Hay muchas maneras diferentes de combinar los datos, no titubee al intentar cualquier combinación que sea plausible.

Sea cuidadoso con los métodos computarizados. Algunos programas entregan resultados independientemente del grado en que los datos se adaptan al modelo utilizado. En lo posible escoja los métodos que le adviertan, cuándo los datos estén en conflicto con el modelo. Sea crítico con los resultados. Por ejemplo, no acepte un ajuste de la curva de crecimiento a menos que se pueda visualizar una progresión modal en los datos originales.

Si el método de Bhattacharya u otros métodos similares no proporcionan resultados convincentes, aun después de todas las manipulaciones posibles, entonces la única solución es intentar leer edades de partes duras.

Los casos en el nivel C tratan la situación donde recién se ha comenzado a investigar un recurso. En el primer caso que será analizado (C. 1), se dispone sólo de datos limitados, los que no incluyen ni capturas totales ni el esfuerzo aplicado. Así, al no estar disponibles, estimados sobre la captura total, y por consecuencia, todos los resultados predictivos pasan a ser relativos.

#### Caso C. 1

C.1 Datos	Captura/ esfuerzo	Frecuencias de tallas	Frecuencias de edad	Datos biológicos
Pesca comercial	—	Unica	—	Unica
Prospección pesquera (investigación)	—	—	—	—

#### C.1 Análisis histórico

*Parámetros de crecimiento:* Use un análisis de frecuencias de tallas, por ejemplo el método de Bhattacharya (véase la Sección 3.4.1) combinado con el análisis de progresión modal (pseudocohorte) (véase la Sección 3.4.2) o algún método de máxima verosimilitud más sofisticado para estimar los parámetros de crecimiento de una única muestra, bajo el supuesto de que los componentes normalmente distribuidos en la muestra corresponden a uno o dos reclutamientos por año.

*Tasas de mortalidad:* Use la curva de captura convertida a tallas para estimar  $Z$  (véase la Sección 4.4.5), bajo los supuestos de reclutamiento y mortalidad constantes. Use la fórmula de Pauly para determinar  $M$  (Ec. 4.7.2.1) y estime  $F$ , substrayendo  $M$  de  $Z$ . Estime  $L_{50\%}$  de la curva de captura y conviértala a edad ( $t_{50\%}$ ) (véase la Sección 6.5).

#### C.1 Predicción de la captura

Use el modelo de rendimiento por recluta de Beverton y Holt (Secciones 8.2 a 8.3). Use  $t_{50\%}$  como la "edad de corte a filo de cuchillo". Si la relación longitud-peso tiene un exponente significativamente diferente de 3, entonces use el modelo de Thompson y Bell (véanse las Secciones 8.6 a 8.7). Si la pesquería considerada es una pesquería mixta (la mayoría de las pesquerías tropicales lo son) entonces use el método apropiado para este caso (de pesquerías mixtas, según se indica en la Sección 10.4.2) para tantas especies como sea posible combinar. Siempre que se pueda, trate de predecir la captura para todas las flotas de una sola vez (véase la Sección 10.4.3) y calcule el valor de los rendimientos combinados (valor de los desembarques en peso).

#### C.1 Comentarios

En teoría este procedimiento es posible de utilizar únicamente cuando se dispone de una sola muestra de frecuencias de tallas. Sin embargo, los resultados están sujetos a incertidumbre y sesgos desconocidos, y deben ser complementados siempre por más investigaciones. El análisis de frecuencias de tallas puede ser dudoso porque la progresión pseudomodal está basada en el supuesto que una única muestra puede ser empleada como un estimador del ciclo de vida completo de la especie. Si la especie es de vida corta (por ejemplo, camarones) y, por lo tanto, sólo muestra uno o, a lo más,



dos modas, el método podría no ser del todo aplicable. En el último caso, el muestreo se debe continuar para obtener una serie de muestras (por ejemplo, para cada mes del año), antes que se puedan estimar los parámetros de crecimiento.

### Caso C. 2

C.2 Datos	Captura/ esfuerzo	Frecuencias de tallas	Frecuencias de edad	Datos biológicos
Pesca comercial	—	Unica	—	Unica
Prospección pesquera (investigación)	Unica	Unica	—	Unica

#### C.2 Análisis histórico

*Parámetros de crecimiento:* Use el análisis de frecuencias de tallas en muestras combinadas de prospecciones pesqueras y de pesquerías comerciales, como se indicó en el caso C. 1. A menudo, los datos provenientes de investigaciones proveen una mejor cobertura de los grupos de tallas más pequeños, comparado con los datos obtenidos de pescas comerciales.

*Tasas de mortalidad:* Use la curva de captura convertida a tallas para los datos de prospección pesquera para estimar  $Z$ , bajo el supuesto que el reclutamiento es constante. Los datos de una prospección se supone que representan en mejor forma al stock completo, respecto a los registros de la pesca comercial, que no pretende recolectar muestras en forma aleatoria. Use la fórmula de Pauly para determinar  $M$  y estime  $F$  substrayendo  $M$  de  $Z$ . Haga un análisis de cohorte, basado en las tallas (véase la Sección 5.3) y compare el promedio de  $F$  para los grupos de edad completamente explotados con el estimado, obtenido del análisis de la curva de captura. Estime L50% de la curva de captura y conviértalo a edad (t50%).

#### C.2 Predicción de la captura

Si se dispone de estimados del tamaño del stock (o reclutamiento absoluto), entonces use el modelo de Thompson y Bell. El modelo  $Y/R$  de Beverton y Holt puede ser usado si el arreglo estimado de  $F$  se observa a modo de filo de cuchillo, y si el exponente en la relación talla-peso no es significativamente diferente de 3. En todos los demás casos es preferible utilizar el modelo de Thompson y Bell.

#### Nivel D: Cuando hay disponibles datos de captura/esfuerzo y distribuciones de frecuencias de tallas

En este caso, es posible expandir las frecuencias de tallas a la captura total extraída del stock en cuestión. Se supone que todas las categorías de artes de pesca, utilizadas en la pesquería (flotas), han sido muestreadas, y además expandidas y sumadas para representar a la captura total efectuada del stock. Si sólo parte de la pesquería es cubierta por el programa de muestreo, el estimado de la captura total se debe expandir de un modo u otro, con el fin de incorporar todas las capturas. En el peor de los casos se tendría que usar una conjetura práctica sobre las capturas desconocidas.

**Caso D. 1**

<b>D.1 Datos</b>	Captura/ esfuerzo	Frecuencias de tallas	Frecuencias de edad	Datos biológicos
Pesca comercial	Unica	Unica	—	Unica
Prospección pesquera (investigación)	—	—	—	—

**D.1 Análisis histórico**

*Parámetros de crecimiento:* Use el análisis de frecuencias de tallas en muestras de la pesca comercial, como en el caso C. 2.

*Tasas de mortalidad:* Use la fórmula de Pauly para  $M$  y análisis de cohorte, convertido a tallas para la estimación de  $F$  y para determinar el tamaño del stock por grupo de tallas. Note, que también se estima el número de reclutas.

**D.1 Predicción de la captura**

Use el modelo de Thompson y Bell en base a las tallas. Use el reclutamiento estimado mediante el análisis de cohorte como entrada, para predecir el rendimiento absoluto y la biomasa del stock. Use el modelo de Thompson y Bell para evaluar el efecto de cambiar la selectividad del arte en uso. Nótese que, en este caso, los parámetros de selectividad del arte no son explícitamente estimados, están incluidos en el arreglo de  $F$  por clase de tallas.

**Caso D. 2**

<b>D.2 Datos</b>	Captura/ esfuerzo	Frecuencias de tallas	Frecuencias de edad	Datos biológicos
Pesca comercial	Serie de tiempo única (1 año)	Serie de tiempo única (1 año)	—	Serie de tiempo única (1 año)
Prospección pesquera (investigación)	—	—	—	—

En el caso D. 2 hay una serie de registros durante un año, por ejemplo, muestras de frecuencias de tallas cada mes, incluyendo todas las principales categorías de artes empleadas en la pesquería. En el caso de especies de vida corta, como los camarones, la serie de registros puede cubrir todo el ciclo de vida de la especie.

## D.2 Análisis histórico

*Parámetros de crecimiento:* Use análisis de frecuencias de tallas en muestras de pesca comercial. En este caso, es posible hacer un análisis de progresión modal completo para especies de vida corta, pero para especies longevas (ciclos de vida de dos o más años) la progresión modal llega a ser una mezcla de pseudocohortes y cohortes reales.

Sea crítico con los resultados del ajuste de curvas de crecimiento. Si la serie de tiempo contiene partes con crecimiento negativo aparente (véase la Sección 11.2) o períodos de no crecimiento, la posibilidad de sesgo en los datos debe ser cuidadosamente considerada, y quizás deba encontrarse un método de muestreo mejor. No ignore las partes de la serie de tiempo que no presentan progresión modal, y no use sólo aquellas partes que muestran progresión modal, a menos que haya una buena justificación racional para hacerlo. Cuídese del sesgo causado por migración que puede aparecer como estacionalidad de la tasa de crecimiento, y que puede ser más o menos imposible separar los dos fenómenos.

*Tasas de mortalidad:* Como para D. 1. Como entrada para el análisis de cohorte en base a la talla, use todas las muestras sumadas sobre el año (apropiadamente ponderadas). En el caso de una especie de vida corta es posible hacer un análisis de cohorte en base a la edad, si, por ejemplo, se dispone de frecuencias de tallas por mes que han sido resueltas en componentes de grupos de edad.

Es posible hacer un análisis de cohorte en base a la edad o un APV (véase la Sección 5.1), usando los grupos de edad, estimados por el análisis de Bhattacharya como entrada (véase la Fig. 7.6.5).

## D.2 Predicción de la captura

Se procede de manera semejante que en D. 1. Para especies de vida corta también se puede evaluar ahora el efecto del cierre de la pesquería durante un período determinado (véase la Sección 8.6).

## D.2 Comentarios

Como todo el análisis se basa sólo en datos reunidos durante un año, los resultados se deben tomar con reserva. Por lo general, no se sabe si el año en cuestión es un año excepcional o se acerca a lo que podría ser un año promedio. Por ejemplo, no hay información sobre la variabilidad en el reclutamiento. Es de la máxima importancia saber si el reclutamiento permanece a un nivel estable o si éste es altamente variable.

Una vez que se ha resuelto adecuadamente la obtención de muestras de frecuencias de tallas y se dispone de claves talla-edad, es posible usar métodos basados en la edad, que tienen la ventaja de ser más fáciles de trabajar a la vez que los resultados son fáciles de interpretar.

### Caso D. 3

D.3 Datos	Captura/ esfuerzo	Frecuencias de tallas	Frecuencias de edad	Datos biológicos
Pesca comercial	Serie de tiempo múltiple (más de un año)	Serie de tiempo múltiple (más de un año)	—	Serie de tiempo múltiple (más de un año)
Prospección pesquera (investigación)	—	—	—	—

En el caso D. 3 se dispone de registros periódicos efectuados durante un tiempo que supera al año, por ejemplo, muestras de frecuencias de tallas registradas cada mes del año, durante diez años consecutivos para las categorías más importantes de arte empleadas. En el caso de especies de vida corta, como los camarones, los datos acumulados muchas veces pueden cubrir toda la vida de la especie y, en el caso de especies longevas, algunas cohortes pueden estar representadas durante toda su vida.

### D.3 Análisis histórico

*Parámetros de crecimiento:* Use el análisis de frecuencias de tallas en registros de muestras, obtenidas en la pesca comercial. En este caso, es posible hacer un análisis de progresión modal completo tanto para especies de vida corta como para especies de vida larga.

*Tasas de mortalidad:* La composición promedio anual de las tallas se puede utilizar como entrada para el análisis de cohorte basado en las tallas, que proporcionará las mortalidades por pesca promedio y el tamaño del stock para el período cubierto por los datos. También se puede intentar un análisis de cohorte basado en la edad, con grupos de edad obtenidos a través del análisis de Bhattacharya. En este último caso, se estimará el número de reclutas para cada cohorte, y se ganará alguna comprensión sobre la variabilidad del reclutamiento.

### D.3 Predicción de la captura

Use el modelo de Thompson y Bell basado en la edad y/o basado en las tallas, dependiendo del tipo(s) de análisis de cohorte que se hizo.

### D.3 Comentarios

Aún podría haber problemas con la estimación de los parámetros de crecimiento, porque podrían faltar ciertos grupos de tallas, motivado, por ejemplo, por la selectividad del arte y/o migración. La pesca comercial puede no cubrir toda el área de distribución del recurso, por ejemplo, si las embarcaciones sólo pueden pescar hasta cierta profundidad o su alcance está limitado por alguna causa.

### Caso D. 4

D.4 Datos	Captura/ esfuerzo	Frecuencias de tallas	Frecuencias de edad	Datos biológicos
Pesca comercial	Serie de tiempo múltiple (más de un año)	Serie de tiempo múltiple (más de un año)	—	Serie de tiempo múltiple (más de un año)
Prospección pesquera (investigación)	Serie de tiempo única (1 año)	Serie de tiempo única (1 año)	—	Serie de tiempo única (1 año)

### D.4 Análisis histórico

En este caso hay dos fuentes independientes de datos que se pueden emplear para realizar una verificación mutua o bien para descubrir problemas de sesgo.

*Parámetros de crecimiento:* Puede que sea necesario tomar la decisión de usar sólo datos obtenidos en prospecciones pesqueras para estimar los parámetros de crecimiento, si es que se sospecha que los

datos comerciales están fuertemente sesgados. Los dos tipos de datos también pueden ser combinados. Los datos faltantes provenientes de la pesca comercial pueden ser suplidos con datos logrados mediante barcos de investigación.

*Tasas de mortalidad:* Use el análisis de cohorte o APV. Si la prospección pesquera proporciona un estimado de la biomasa a través del método de área barrida, se podría escoger la mortalidad por pesca que produce un cierto número de reclutas, valor que al ser utilizado en el análisis de cohorte genera la misma biomasa, estimada a partir de la prospección. Si esto no ocurre, entonces ya sea los resultados de la prospección o los registros del programa de muestreo utilizado están sesgados. Si ambos están sesgados no sería posible lograr concordancia entre ambos métodos. Así también,  $Z$  puede ser estimado a través del análisis de la curva de captura, valor que se puede comparar con la suma de  $M$  más el promedio de  $F$ , estimado mediante el análisis de cohorte.

#### D.4 Predicción de la captura

Igual que el caso D. 3.

#### D.4 Comentario

Con los datos del caso D. 4, no hay modo de verificar los estimados de los parámetros de crecimiento, basados en las frecuencias de tallas.

En este caso se dispone de unas pocas lecturas de edad que pueden ser utilizadas para verificar los resultados basados en el análisis de frecuencias de tallas.

#### Caso D. 5

D.5 Datos	Captura/ esfuerzo	Frecuencias de tallas	Frecuencias de edad	Datos biológicos
Pesca comercial	Serie de tiempo múltiple (más de un año)	Serie de tiempo múltiple (más de un año)	Unica	Serie de tiempo múltiple (más de un año)
Prospección pesquera (investigación)	Serie de tiempo múltiple (más de un año)	Serie de tiempo múltiple (más de un año)	Unica	Serie de tiempo múltiple (más de un año)

#### D.5 Análisis histórico

*Parámetros de crecimiento:* Use el método de mínimos cuadrados para estimar los parámetros de crecimiento a partir de los datos de talla/edad (véase la Sección 3.3.4). Si los resultados de los datos de lectura de otolitos se desvían de los obtenidos del análisis de frecuencias de tallas, revise cuidadosamente las lecturas de otolitos, por ejemplo, efectuando comparaciones con diferentes técnicos que efectúan lecturas de estructuras duras. Si persisten las diferencias prefiera la utilización de los resultados de las lecturas de otolitos en lugar de las distribuciones de frecuencias de tallas, a menos que haya realmente buenas razones para preferir los métodos basados en las tallas, como podría ser el caso de encontrarse insalvables dificultades en la lectura de las partes duras, mientras que el análisis de frecuencias de tallas muestra una clara progresión modal. Para algunas especies pelágicas de pequeño tamaño ha sido muy difícil de aplicar el análisis de frecuencias de tallas, por lo que la solución más simple parece ser la lectura de edad en estructuras duras.

Trate de crear una clave de edad/talla (véase la Sección 3.2.1) y úsela para convertir frecuencias de tallas en frecuencias de edad. Esta aproximación reemplazaría al método de Bhattacharya. Sin embargo, como las claves de talla/edad pueden variar de año a año, sería preferible recolectar y leer otolitos en forma rutinaria para aplicar esta técnica.

*Tasas de mortalidad:* Determinar como se explicó en el caso D. 4.

#### D.5 Predicción de la captura

Como en el caso D. 4.

#### D.5 Comentario

Algunos peces tropicales registran anillos anuales en los otolitos u otras partes duras, y frente a tales especies se debería programar la recolección de otolitos en forma rutinaria. Para muchas especies tropicales, sólo los anillos diarios son útiles para la determinación de la edad, y entonces la lectura de edades llega a ser tediosa y costosa. Los resultados de la lectura de edad de anillos diarios también depende del equipamiento utilizado. En algunos casos se pueden observar más anillos cuando se usa un microscopio electrónico que con un microscopio corriente (véase Morales-Nin, 1991).

#### Nivel E: Cuando se dispone de todo tipo de datos

Este es el caso ideal, donde cualquier tipo de datos que se pueda pensar está disponible. Olvídense de las curvas de crecimiento de von Bertalanffy, y no use métodos en base a la talla. Sin embargo, se pueden usar las frecuencias de tallas en conexión con una clave de talla/edad, y también para determinar la selectividad del arte. Las tasas de mortalidad y el tamaño del stock se deberían estimar con métodos basados en la edad.

Si todos estos datos están disponibles, se pueden aplicar varios métodos que no han sido descritos en este manual, tales como la "sintonización" del APV y del APV multiespecífico. Sintonizar el APV significa que los resultados de esos métodos se comparan con observaciones independientes que suponen que son proporcionales a los resultados del APV. Por ejemplo, se supone que el esfuerzo es proporcional a la mortalidad por pesca y que la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de un barco de investigación es proporcional al tamaño del stock estimado a través del APV. En las especies pelágicas, los estimados obtenidos por prospecciones acústicas pueden ser útiles para la sintonización del APV.

Estos son métodos utilizados en el Atlántico Noreste, donde el ICES (Consejo Internacional para la Exploración del Mar) es la corporación científica que provee asistencia a los administradores de recursos pesqueros.

#### Caso E. 1

E.1 Datos	Captura/ esfuerzo	Frecuencias de tallas	Frecuencias de edad	Datos biológicos
Pesca comercial	Serie de tiempo múltiple (más de un año)	Serie de tiempo múltiple (más de un año)	Serie de tiempo múltiple (más de un año)	Serie de tiempo múltiple (más de un año)
Prospección pesquera (investigación)	Serie de tiempo múltiple (más de un año)	Serie de tiempo múltiple (más de un año)	Serie de tiempo múltiple (más de un año)	Serie de tiempo múltiple (más de un año)

### **E.1 Análisis histórico**

*Parámetros de crecimiento:* No se necesitan realmente. Los resultados de las lecturas de los otolitos proporcionan un arreglo peso-a-la-edad, que puede ser usado como entrada para el modelo de Thompson y Bell. En realidad, se puede usar cualquier curva de crecimiento. (El crecimiento de algunos peces no se adapta del todo bien al modelo de crecimiento de von Bertalanffy).

*Tasas de mortalidad:* Use APV. Si se dispone de datos de contenidos estomacales se puede estimar la depredación y se puede aplicar el APV multiespecies. Si se dispone de datos de esfuerzo, entonces use métodos para la sintonización del APV.

### **E.1 Predicción de la captura**

Utilice el modelo multiespecífico y multiflota de Thompson y Bell con todos los desembarques convertidos a valor monetario.

### **E.1 Comentarios**

Para algunos países con grandes pesquerías se justifica organizar costosas recolecciones de datos, mientras que para países con pequeños recursos pesqueros puede ser muy difícil justificar grandes gastos en investigación pesquera, independientemente del ingreso *per capita*. Por varias razones, el sueño del investigador pesquero de tener una provisión ideal de datos puede que nunca se llegue a materializar, lo que no significa necesariamente un aspecto negativo desde el punto de vista de la sociedad de ese país. En tal caso, el investigador tendrá que manejar una metodología menos demandante, acorde con las necesidades y con las disponibilidades de información.