

4.3 Estimación de la captura por edad

La mayoría de las evaluaciones analíticas del stock emplean modelos basados en la edad. Los datos de edad obtenidos por lectura de partes duras (apartado 4.9) destinados a estos modelos son por lo general limitados debido al coste y complejidad para obtener y leer dichas estructuras. En contraste, los datos de captura por talla son más cuantiosos ya que la recopilación de información sobre talla es relativamente barata. La talla facilita también algo de información sobre la estructura de edad de la población, ya que la edad y la talla están relacionadas. Sin embargo, sigue siendo necesario convertir la captura por talla en captura por edad. Para hacerlo existen varios métodos.

Este apartado detalla formas de recopilar datos de frecuencias de talla adecuados a los objetivos de ICCAT (apartados 4.3.1 a 4.3.4). Los métodos de convertir captura por talla en captura por edad se detallan en los apartados 4.3.5 a 4.3.9.

4.3.1 Muestreo para obtener datos de frecuencias de talla

Como se indica en el apartado 4.2.4 la información biológica, así como la talla, se pueden obtener en varios lugares:

En la mar

El lugar ideal para medir peces es en la mar, a bordo de un pesquero. Si el muestreo puede hacerse en el momento de la captura, toda la información asociada (lugar, fecha, si la muestra procede de un solo cardumen) puede registrarse con precisión. Este puede ser el único método de obtener información precisa biológica y sobre la captura, de túnidos destinados a la cría. Estos ejemplares se crían en grandes jaulas antes de su exportación, y por tanto es poco probable que vayan acompañados de información sobre el lugar de su captura si no se han hecho observaciones en la mar. Véase el apartado 4.10 para más detalles.

Durante la descarga en los puertos

Si se adopta este método es imprescindible que los muestreadores tengan acceso al cuaderno de pesca y/o de máquinas del barco, para poder identificar el origen exacto del pescado del que se toma la muestra. Incluso con esta información, la identificación del lugar exacto de la captura podría resultar imposible de identificar, aunque en el caso de las grandes capturas de los barcos de pesca de superficie, tales como los cerqueros, los peces almacenados en una bodega podrían proceder de un cardumen único o bien de varios, pero dentro de la misma zona y en un corto periodo de tiempo. En cuanto a las capturas del palangre, resulta especialmente difícil, ya que la bodega podría contener peces procedentes de una amplia zona y correspondientes a un largo periodo de tiempo. En el caso de una pesquería artesanal costera, esto puede no ser necesario ya que la mayor parte de las capturas tienen lugar el mismo día y en una zona muy próxima al lugar del desembarque. Los muestreos pueden tener lugar: en la bodega de un pesquero; en la cubierta de un pesquero; en el muelle (o playa) cuando se descarga la pesca; en los vehículos (o carros) que transportan el pescado; en el mercado cuando se expone el pescado para su subasta o venta. El muestreo efectuado en el momento de la descarga resulta, en general, más económico, dado que una sola persona destacada en un puerto puede abarcar todos los barcos que entren en él. Además, los peces se miden con mayor facilidad y se obtiene información adicional sobre lugar, fecha, arte, etc., de la captura.

Al transbordar el pescado de un pesquero a un carguero

Con el fin de reducir los costes de manipulación, un número creciente de pesqueros descarga los peces directamente a un carguero en lugar de a una cámara frigorífica. Tanto si este trasbordo tiene lugar en la mar, sólo en la mar (véase más arriba) como en el puerto cuando los cargueros descargan (véase más adelante), los métodos son válidos. No obstante, si el trasbordo a otro barco se hace en el puerto, se puede aplicar un método de muestreo como el que se emplea cuando tiene lugar la descarga en puerto (véase más arriba). Los trasbordos han de ser cuidadosamente observados, ya que no tienen lugar siempre en el muelle, sino también en la mar, frente al puerto. El muestreador podría necesitar de un pequeño bote para llegar al carguero.

En la cámara frigorífica o fábrica de conservas

Si por cualquier causa no pueden ponerse en práctica otros métodos podría aplicarse éste, pero sólo resulta apropiado si todavía puede averiguarse la procedencia del pescado.

En puerto, durante la operación de descarga de los cargueros (transbordadores)

Este es el método menos aconsejable, dado que la información sobre la procedencia de los peces muestreados sólo llega hasta los pesqueros que los capturaron. Existe también el riesgo de que los peces hayan sido clasificados por tallas en un puerto de trasbordo y que sólo parte de la captura (de una determinada clase de talla) se enviara mediante carguero al puerto donde se realizó el muestreo.

Cuando no se pueden aplicar otros métodos, incluso el muestreo en los cargueros puede aportar alguna información sobre la composición global de la captura de una pesquería determinada.

Los peces deben muestrearse al azar (apartado 4.2.2) con independencia de su talla. Si el muestreo tiene lugar durante las operaciones de pesca (por ej., por observadores), se pueden escoger todos los peces (por ejemplo, en el caso del palangre) de una determinada especie, o un pez de cada 5 ó 10 (o cualquier frecuencia que resulte adecuada) para medirlo. Otro método, cuando las capturas son mayores, consiste en muestrear los primeros 10, 20, 30 ó 50 peces de una especie subidos a bordo, a menos que se sepa que hay una diferencia en la talla entre el comienzo y el final de la pesca.

Cuando en un puerto se descarga el pescado mediante cinta transportadora, se puede seleccionar uno de cada cierto número de peces para su medición. Si el pez escogido no reúne las condiciones adecuadas para ser medido, se medirá el siguiente o bien se pasará el turno. Cuando una captura contiene más de una especie de interés, se muestrearán una especie tras otra.

Si las circunstancias no permiten aplicar el procedimiento anterior y hay que escoger en un montón de peces, probablemente lo mejor sea tomar algunos de la parte de arriba y de la base del montón, y medirlos. Conviene proceder con cautela, ya que en ocasiones los ejemplares grandes están colocados a propósito en la base del montón, o viceversa. Así, si sólo se miden los peces en la parte superior del montón, la muestra estaría sesgada.

Si los peces han sido ya previamente clasificados por talla y/o especie, deberá prestarse especial atención en el momento del muestreo. Si este es el caso, cada parte de la captura preclasificada deberá muestrearse por separado y extrapolarse posteriormente a la captura de esa categoría de talla (apartado 4.2.6).

Suponiendo que se trata de muestras aleatorias de la población, pueden aplicarse las fórmulas presentadas en el apartado 4.2.1 para identificar los tamaños adecuados de la muestra por unidad. Cabe señalar, que la información necesaria sobre frecuencias de talla al nivel requerido de exactitud podría obtenerse (en peces de más de 15 kg) midiendo unos 500 peces de cada zona de muestreo, periodo y de cada país y categoría de arte. Cuando las varianzas entre los barcos muestreados y dentro de un mismo barco son pequeñas, se pueden obtener datos adecuados con 200 ejemplares. Sin embargo, con túnidos más pequeños, el número deberá aumentarse.

Cualquiera que sea el método aplicado, debe consignarse junto con los datos de frecuencias de talla al presentarlos a ICCAT.

A continuación se presentan ejemplos de dos diferentes pesquerías. Los números son solo una indicación y habrán de ser confirmados por cada pesquería, empleando las fórmulas estadísticas adecuadas.

Dado que los palangreros capturan peces a gran profundidad, no agrupados en cardúmenes, y que un lance se extiende hasta 120 km para capturar algunos peces relativamente grandes, la varianza de las tallas entre las muestras de diferentes barcos no es mayor que la varianza de las tallas dentro de una muestra tomada de un barco. Respecto a las especies objetivo (atún rojo, rabil, atún blanco y patudo, según la pesquería), se toman 10 barcos en cada uno de los cuales se puede probablemente muestrear 50 peces para obtener 500 peces por estrato espacio-temporal. Si se trata de pequeños palangreros costeros, sería tal vez mejor seleccionar 25 barcos (5 días x 5 barcos) y tomar 20 peces de cada uno de ellos. Para aquellas especies cuya captura es secundaria (marlines, pez espada, incluso en ocasión alguna de las principales especies de túnidos, dependiendo de la pesquería), es poco probable que se puedan medir 500 peces por cada estrato. En tales casos, se recomienda medir tantos peces como sea posible.

Los artes de cerco, caña-liña y curricán capturan peces relativamente pequeños, en cardúmenes y cerca de la superficie. Sus capturas diarias son muy superiores a las de los palangreros y aún más en número de peces, ya que la talla media y el peso de los peces son menores. Para obtener la misma tasa de cobertura que en la pesquería de palangre, deberá aumentarse el tamaño de la muestra. Un pez por tonelada métrica daría una cobertura de muestreo suficiente y puede utilizarse como pauta para establecer el nivel de muestreo. El muestreo ha de ser seguido y ajustado según convenga para obtener las muestras aleatorias que sean necesarias.

Los peces de talla similar tienden a agruparse en cardúmenes cerca de la superficie. Por tanto, una muestra tomada de un cardumen contiene escasa varianza de tallas. Sin embargo, la varianza de las tallas de los peces entre las muestras tomadas de diferentes cardúmenes es importante, lo que significa que si hay que medir el mismo número de ejemplares, se obtendrían mejores estimaciones aumentando el número de muestras al tiempo que se reduce el tamaño de las mismas.

Por tanto, respecto a la pesquería de superficie se puede recomendar lo siguiente:

- Tomar una muestra de la captura de un solo cardumen tan frecuentemente como sea posible.
- En el muestreo estratificado (una sola especie) cada muestra deberá componerse de 50 (si son grandes) a 100 ejemplares (si son pequeños).
- En el muestreo de objetivos múltiples (con especies mixtas) y cuando los peces son relativamente grandes (más de 15 kg) deberán muestrearse 100 peces. Si los peces son pequeños, se recomienda muestrear 200 ejemplares.
- Los grandes cerqueros industriales deben muestrearse dos o tres veces tomando muestras de diferentes bodegas que contengan capturas, bien identificadas, procedentes de diferentes cardúmenes.
- Deben someterse a muestreo unos diez barcos (en el caso de los grandes buques industriales) por cada estrato espacio-temporal.
- En las pequeñas pesquerías costeras, se escogerán 25 barcos (5 días x 5 barcos) y muestrear 40-50 peces para obtener 500 peces por cada estrato espacio-temporal.

4.3.2 Equipo para efectuar las mediciones

Existe toda una gama de instrumentos para medir las especies de grandes pelágicos.

Calibradores

Tal vez sean los instrumentos más adecuados para efectuar las mediciones (**Figura 4.3.1**), en particular de túnidos (**Figura 4.3.2**). Se fabrican en madera, latón, aluminio y/o plástico.



Figura 4.3.1. Ejemplo de calibrador . Foto de Sarralde et al. (2005), reproducida con permiso.

Ictiómetro

También puede usarse un ictiómetro (**Figura 4.3.2**). Resulta muy práctico para medir peces pequeños.



Figura 4.3.2. Ejemplo de ictiómetro. Fotografía de Sarralde et al. (2005), reproducida con permiso.

Cinta

Una cinta métrica de acero o fibra de vidrio es también un instrumento muy práctico para medir si no hay otro método alternativo. En este caso debe intentarse mantener la cinta recta. Lo mejor es colocar la cinta sobre el suelo y poner el pez encima, o bien colocar la cinta en el suelo al lado del pez que se trata de medir.

Existe una excepción si se trata de medir la longitud desde la mandíbula inferior a la horquilla de un marlín, en cuyo caso la medición con cinta se hará sobre el mismo cuerpo del pez (es decir, longitud del cuerpo en curva). Para más detalles véase el apartado 4.3.3.

Técnicas fotográficas

En algunos países, los pescadores no permiten que se toque el pez durante el muestreo. En ese caso pueden emplearse técnicas fotográficas para estimar la composición por talla. El principio básico es fotografiar el pez colocado junto a la cinta. Posteriormente, la talla se estimará en relación con la escala, según la foto. Debe procurarse sobre todo, que el objetivo de la máquina esté perpendicular al plano del pez.

Este método puede resultar más caro (si bien las cámaras digitales eliminan el coste del revelado) y los datos que facilita son menos precisos.

4.3.3 Medidas que deben tomarse

Para efectuar la medición se colocará el pez sobre una superficie plana, en posición horizontal. Se desestimarán los peces que tengan el morro o la cola rotos (si se toma la longitud morro-horquilla) y también los peces congelados que no tengan el cuerpo recto.

Túnidos

Las medidas de todas las especies, excepto los marlines deben presentarse a ICCAT en **longitud a la horquilla**. Se trata de la distancia desde la punta de la mandíbula superior al extremo posterior del radio caudal más corto (horquilla). Figura 4.3.3.

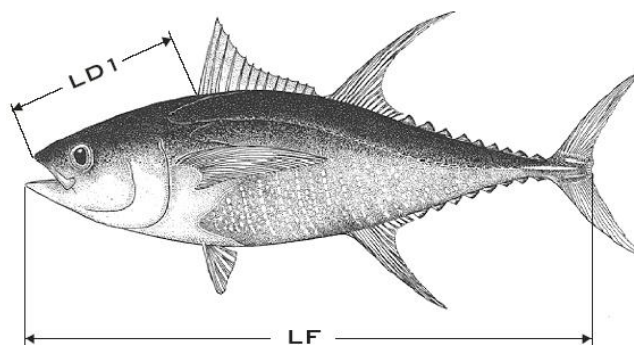


Figura 4.3.3. Medición de túnidos – Mandíbula superior-longitud a la horquilla (LF) y mandíbula superior-1ª dorsal (LD1). Dibujo de Sarralde et al. (2005), reproducido con permiso.

Lo mejor es medir la longitud a la horquilla del pez. Concretamente, en caso de que la captura contenga gran cantidad de peces pequeños (por ej. listado, atún blanco de superficie) se recomienda medir la longitud a la horquilla, si bien a veces esto resulta difícil de realizar. Por ejemplo, no es posible medir el pez con precisión si presenta malformación debida a la congelación, o bien es demasiado grande para el instrumento (calibrador) que se está usando; puede no haber espacio suficiente para manipular los calibradores largos (a bordo de pequeños pesqueros comerciales, por ejemplo); los peces tienen la cola cortada o bien la mayor parte de ellos no está en posición recta. En esos casos, lo mejor es tomar la longitud predorsal (LD1) que es la línea recta desde la punta de la mandíbula superior a la base de la primera espina dorsal. **No** mezclar dos mediciones en una muestra.

Si se decide medir la longitud predorsal, esos datos deben convertirse a longitud a la horquilla antes de enviarlos a ICCAT. La relación entre la longitud predorsal y la longitud a la horquilla **debe** establecerse para cada especie y área, basándose en muestras adecuadas, ya que son bastante variables. Se han de comunicar estos factores de conversión. A menos que los datos hayan sido convertidos en longitud a la horquilla o vayan acompañados de la adecuada ecuación de conversión, no se aceptará la longitud predorsal para la base de datos de ICCAT.

Marlines

Una faceta importante en el muestreo de los marlines consiste en que conviene obtener datos de talla **y de** sexo, en la medida de lo posible (apartado 4.8). Es bien conocido que los machos y las hembras de marlín tienen tasas de crecimiento muy diferenciadas. Sin embargo, a veces resulta imposible identificar el sexo, y en tales casos sólo pueden obtenerse datos de talla.

La medición preferible y más fiable de la talla del marlín es la longitud desde la mandíbula inferior a la horquilla (LJFL) (Figura 4.3.4). En los peces pequeños, los calibradores resultan prácticos, obteniéndose medidas exactas en línea recta. Sin embargo, utilizar calibradores para medir en la mar grandes marlines, de más de cuatro metros, no resulta práctico.

A efectos de estandarización, es preferible tomar todas las medidas de talla con una cinta (si es posible en fibra de vidrio o acero) sobre el cuerpo del pez (longitud curvada del cuerpo), pero se aceptarán las medidas tomadas colocando el pez sobre una escala de madera.

Al existir diferencias entre las mediciones en línea recta y las tomadas en curva, **se hará** constar con toda claridad en las hojas de muestreo cual ha sido el método aplicado y el equipo utilizado, y se enviarán a ICCAT junto con los datos.

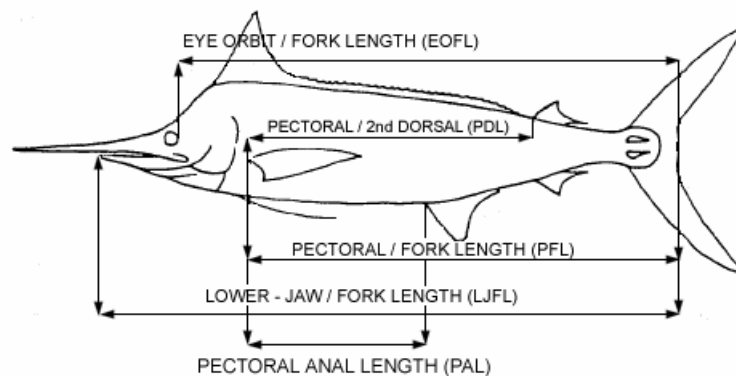


Figura 4.3.4. Mediciones alternativas de marlines

El muestreo de capturas comerciales de marlines plantea en ocasiones serios problemas, ya que los peces por lo general se evisceran a bordo antes de congelarlos. Esta práctica podría causar ciertas dificultades para identificar las especies por las carcasas y/o afectar las mediciones.

Las mediciones alternativas para los marlines son (**Figura 4.3.4**):

- Longitud ojo-horquilla. Distancia en línea recta o cuerpo curvado entre el borde posterior de la cuenca del ojo a la horquilla de la cola.
- Longitud pectoral-horquilla. Distancia en línea recta o cuerpo curvado entre la base anterior de la aleta pectoral a la horquilla de la cola.
- Longitud pectoral-dorsal. Distancia en línea recta o cuerpo curvado entre la base anterior de la aleta pectoral a la base anterior de la segunda aleta dorsal.
- Longitud pectoral-anal. Distancia en línea recta o cuerpo curvado entre la base anterior de la aleta pectoral al borde posterior del esfínter anal.
- Peso eviscerado. Peso individual de las carcasas. En este caso es esencial dar una descripción detallada de cómo se ha eviscerado el pez (véase más adelante).

Las medidas se tomarán sobre la línea lateral. Por ejemplo, al tomar la longitud pectoral-segunda dorsal (PDL) la distancia a la parte anterior de la segunda aleta dorsal, deberá tomarse a lo largo de la línea lateral, **y no** en la parte alta del lomo (tanto si se usan cintas como calibradores).

Las mediciones de talla que pueden hacerse en una carcasa dependerán de cómo se ha eviscerado el pez. En estos peces se tomarán las siguientes medidas:

- Peces enteros – Longitud mandíbula inferior-horquilla.
- Sin rostro, agallas ni aletas, eviscerado – Mandíbula inferior-horquilla o bien ojo-horquilla.
- Peces eviscerados sin cabezas ni aletas, con pedúnculos caudales – Longitud pectoral-horquilla.
- Peces eviscerados sin cabezas ni aletas ni pedúnculos caudales – Longitud pectoral-segunda dorsal y longitud pectoral-anal.

Como en el caso de las mediciones a la primera aleta dorsal (LD1) en túnidos, si se toma otra medida que no sea la longitud mandíbula inferior-horquilla (LJFL) se debe estudiar la relación entre esta medida alternativa y la estándar (LJFL), con el fin de convertirla a ésta última. Para desarrollar una ecuación de conversión para anteriores mediciones de talla, así como para las nuevas mediciones de peces eviscerados de los que no se conoce la medida LJFL, deberán medirse los cinco elementos antes descritos, junto con LJFL en una muestra adecuada. Dado que los peces se desembarcan eviscerados en muchos de los lugares de muestreo, sería imposible hacer todas las mediciones. Hasta que las ecuaciones de conversión queden bien establecidas, se recomienda a los muestreadores que traten de medir tantos elementos como les sea posible, siempre que dispongan de peces enteros. Todos los factores de conversión que pudieran ser útiles en el campo de las estadísticas de túnidos se dan en el **Apéndice 4**.

Intervalos de clases de talla

La mayor parte de las mediciones antes tratadas deberán efectuarse por intervalos de clase de talla de 1 cm. No obstante, si fuese necesario, los peces de más de 60 cm de longitud a la horquilla pueden medirse en intervalos de 2 cm. Si el pez se mide en su longitud predorsal (LD1), las medidas han de ser más exactas, ya que 1 cm de longitud predorsal equivale a 2-4 cm de longitud a la horquilla, sobre todo en los peces más grandes. Respecto a los peces de menos de 35 cm de longitud a la horquilla (si bien es mucho más fácil medir la longitud a la horquilla que la longitud predorsal en peces tan pequeños) la LD1 puede medirse al centímetro. Sin embargo, en cualquier pez de más de 60 cm, la LD1 deberá tomarse en intervalos de al menos 5 mm.

Se debe registrar la longitud al centímetro inferior más próximo (las fracciones de centímetro deben suprimirse) o 5 mm, como en ejemplo siguiente:

$$\begin{aligned}13,0 - 13,9 \text{ cm} &= 13 \text{ cm} \\14,0 - 14,9 \text{ cm} &= 14 \text{ cm} \\94,0 - 95,9 \text{ cm} &= 94 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}24,0 - 24,49 \text{ cm} &= 24,0 \text{ cm} \\24,5 - 24,99 \text{ cm} &= 24,5 \text{ cm}\end{aligned}$$

Si por cualquier motivo las medidas se han tomado al centímetro más próximo, en vez de al inferior, se mencionará de forma explícita en el informe a ICCAT. De no ser así, se supondrá que los datos están expresados en forma estándar.

Registro de datos

Los sistemas para registrar los datos se desarrollarán de forma individual. Sería muy útil, si es factible, emplear papel impermeable. También resultaría muy práctico un magnetófono si el trabajo lo realiza una sola persona. Conviene comprobar que el aparato está en marcha y funciona bien mientras se miden los peces.

Hay dos métodos diferentes de registrar. Uno consiste en consignar todas las mediciones individuales según se van tomando, la segunda es marcar la clase de talla apropiada de forma que las frecuencias queden registradas.

Las hojas de registro deberán tener columnas para fecha, lugar de la captura, muestreo y otros datos asociados, tales como nombre del barco, captura descargada durante el muestreo, número de las bodegas sometidas a muestreo, peso de los peces en esas bodegas, equipo utilizado, tipo de medición de talla efectuada, frecuencia del muestreo, etc.

Si se trata de muestreo múltiple y se efectúa sobre especies mezcladas, se necesitará más información sobre captura y esfuerzo, así como sobre las especies, etc. En tales casos, lo más conveniente es utilizar el formulario 3-1 de ICCAT para registrar las mediciones individuales, ya que podría utilizarse una hoja para las especies mezcladas. Por otra parte, si la muestra es por especies, pero al mismo tiempo se hace muestreo de composición por especies, podrá utilizarse el formulario 3-2. Si no se requiere el muestreo de composición por especies, no se utilizará la columna destinada a este fin.

4.3.4 Proceso de datos

El procedimiento detallado facilita una muestra aleatoria para una unidad específica dentro del estrato de muestreo. Este tiene que ser combinado y extrapolado al nivel de flota/población. La extrapolación ya ha sido tratada en el apartado 4.2.6.

La **Figura 4.3.5** es un esquema que ilustra los pasos a seguir en el procesamiento de los datos brutos. El objetivo es calcular las capturas con un adecuado desglose por especie y talla. Para ello se hará el cálculo por los estratos adecuados y se sumarán. Los datos de captura por estrato y talla (apartado 4.3) así como la composición por especies (esto no se repetirá de aquí en adelante pero debe quedar entendido) son esenciales para alcanzar los objetivos.

1. Los datos brutos que se obtienen del muestreo deben combinarse en los estratos adoptados (datos del nivel 1). En el curso de este proceso los datos brutos de talla podrían simplemente combinarse. Si se toma una submuestra de capturas preseleccionadas o si las muestras proceden de diferentes bodegas del mismo barco y se conoce la captura que corresponde a cada bodega, esta podría extrapolarse parcialmente a la captura de la cual procede la muestra, antes de combinarlas (véase más adelante).
2. Después, los datos de talla del nivel 1 tienen que concordar con la captura informada para el correspondiente estrato (nivel 2). Si faltasen datos de talla de una captura, se puede asumir que la composición por tallas de ese estrato que falta es similar a la de alguna otra frecuencia de tallas (sustitución de datos). Utilizando después los datos de talla, debe estimarse la captura por talla en cada estrato (extrapolando la talla a la captura).
3. En este apartado se explican las técnicas a aplicar. Si el muestreo tiene diversos objetivos (composición por tallas y por especies), la sustitución y la extrapolación deberán efectuarse en la misma forma para las tallas y especies juntas o bien se hará una primera estimación de las capturas por especie en cada estrato espacio-temporal y después, por tallas. En cualquier caso, la técnica de la sustitución y ponderación es idéntica a la que se presenta aquí para los datos de talla (véase más adelante).

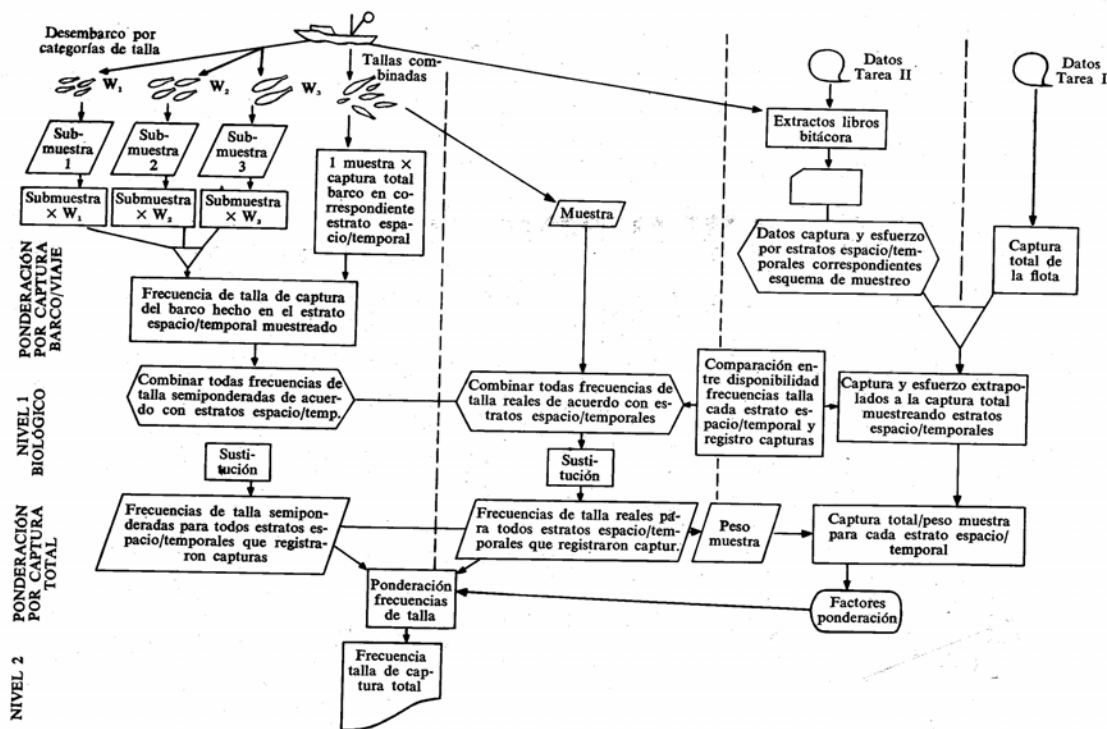


Figura 4.3.5. Esquema de ponderación de los datos de talla.

Obtención de datos del nivel 1

Los datos de talla obtenidos por muestreo han de procesarse igual que los datos del nivel 1 y después, si procede, como los datos del nivel 2.

Si por cualquier motivo, los datos de talla se registran en una unidad distinta a la estándar (longitud a la horquilla o longitud mandíbula inferior-horquilla) como LD1 etc., deberán convertirse a la unidad estándar (apartado 4.3.3). Si todas las mediciones están en la misma unidad, podrán hacerse estas conversiones una vez que todos los datos hayan sido combinados y ponderados. No obstante, si se mezclan diversas mediciones, la conversión se hará antes de combinar todas las muestras.

Si las capturas han sido previamente seleccionadas por talla, etc, antes del muestreo, y después se tomaron submuestras, o si el muestreo puede quedar identificado por bodegas en los barcos y se dispone de información asociada (como por ejemplo, la captura por bodega), las (sub) muestras deberán en primer lugar extrapolarse a la captura de las categorías preseleccionadas o bodegas muestreadas, utilizando las técnicas que se exponen en el apartado 4.2.6 y más adelante.

Después, las (sub) muestras extrapoladas a las capturas de las que proceden las muestras, deberán sumarse al estrato mínimo deseado (por ej. $1^\circ \times 1^\circ$ y por periodos de 10 días, ó $5^\circ \times 5^\circ$ y por mes).

Si la extrapolación no se puede hacer de inmediato (por ej. datos de talla del palangre), se debe crear una frecuencia de tallas combinando los datos de talla registrados en las hojas de muestreo diarias para cada unidad de estrato. Se puede hacer de forma manual, pero es más sencillo por ordenador. Si fuese necesario, ICCAT podría ayudar en la programación. Los resultados de estas estadísticas del nivel 1 deberán comunicarse a ICCAT en los formularios que figuran en el **Apéndice 1**.

Obtención de datos del nivel 2

Presentación de los datos

Para comprobar si los datos de talla (nivel 1) combinados para cada estrato están disponibles, deben compararse con los datos de captura recogidos en los mismos estratos espacio-temporales. Si se registra una captura para un estrato, pero no se dispone de datos de tallas, se hará una sustitución de datos. Hay varias formas de llevarla a cabo:

1. Utilizando las frecuencias de talla observadas en el mismo tipo de pesquería en otro país en el mismo estrato espacio-temporal.
2. Utilizando las frecuencias de tallas observadas por la misma pesquería en áreas contiguas durante el mismo periodo de tiempo.
3. Utilizando las frecuencias de tallas de los mismos estratos espacio-temporales, pero de años anteriores.
4. Utilizando las frecuencias de tallas observadas en la misma zona, pero de periodos anteriores o posteriores a aquel del cual faltan datos.
5. Utilizando las frecuencias de tallas de los últimos años combinadas para el mismo estrato espacio-temporal, de la misma pesquería.

La sustitución más adecuada varía de acuerdo con la pesquería, temporada, área, etc. En las pesquerías de superficie, el método 1) sería la mejor solución. En la pesquería de palangre, los métodos 2) ó 3) serían más adecuados que el 1). Si los resultados (Nivel 2) han de ser aplicados en el análisis de población virtual, donde la captura por clase de edad para cada año desempeña un papel importante, se evitará el método 3) en la medida de lo posible. Al aplicar 4) se puede incluso ajustar la talla aplicando una curva de crecimiento. Cuando los datos son muy escasos, se suele utilizar el método 5).

Se debe tener en cuenta que la sustitución de datos podría producir un sesgo importante en los datos del Nivel 2. La captura por talla resultante puede ser completamente diferente dependiendo de cómo se haya hecho la sustitución, e incluso podría llevar a una conclusión diferente en los análisis de población. Es importante que **todos** los procedimientos de sustitución adoptados estén bien documentados junto con los datos.

Extrapolación al total de captura

Una vez completada la sustitución, las frecuencias de tallas pueden extrapolarse al total de captura (véase también el apartado 4.2.6). La extrapolación deberá hacerse para cada estrato espacio-temporal.

1) La frecuencia de tallas expresada en número de peces debe convertirse en peso utilizando relaciones talla-peso. (Esto no es necesario si se conoce el número de peces en la captura en lugar del peso. El número total de peces en la captura dividido por el número total de peces muestreados es igual al factor de ponderación). Después, los peces en cada clase de talla se expresan en términos de peso. La suma de tales pesos dará el peso estimado de la muestra.

Ejemplo: Rabil			
<i>Clases de talla</i>	<i>Frecuencia (Nº peces)</i>	<i>Peso medio peces</i>	<i>Peso de peces en clases de talla</i>
52 cm – 53,9 cm	10	2,87 kg	28,70 kg
54 cm – 55,9 cm	12	3,11 kg	37,32 kg
56 cm – 57,9 cm	15	3,47 kg	52,05 kg
...
...
...
Total	250		1050,24 kg*
* peso de la muestra			

Si todos los peces medidos han sido también pesados, el procedimiento descrito será innecesario, ya que la suma de los peces puede utilizarse como peso de la muestra.

2) Las capturas totales (en peso) registradas para cada estrato espacio-temporal pueden dividirse por el peso de la muestra. Se obtienen así los factores de extrapolación.

Por ejemplo, si la captura de rabil en el correspondiente estrato espacio-temporal es de 1.520 t, mientras que el peso de la muestra es 1.050,24 kg, el factor de extrapolación es 1.520 t dividido por 1.050,24 t ó 1.447,2882.

3) Las frecuencias de tallas reales deben multiplicarse por los factores de extrapolación para obtener la captura por talla.

Ejemplo: Rabil. Factor de extrapolación = 1.447,2882

<i>Clases de tallas</i>	<i>Frecuencias reales</i>	<i>Frecuencias extrapoladas</i> <i>(Nº peces capturados)</i>
52 cm – 53,9 cm	10	14473 (=10 x 1447,2882)
54 cm – 55,9 cm	12	17367 (=12 x 1447,2882)
56 cm – 57,9 cm	15	21709 (=15 x 1447,2882)
...	...	
...	...	
...	...	
Total	250	361822 (=250 x 1447,2882)

4.3.5 Separación de edades mediante el método “filo de cuchillo”

El método de separación de edades divide a una gama de tallas en diferentes edades, fragmentándola en captura por edad.

Las distribuciones de talla se clasifican por clases de edad asumiendo que existen distintas tallas que separan las clases de edad contiguas. Las tallas que dividen las clases de edad se pueden definir de varias maneras. Con frecuencia, estas tallas se definen como la que se encuentra a medio camino entre las tallas medias por edad prevista partiendo de una curva de crecimiento. Este método asume la misma variabilidad en las tallas a edades contiguas. Cualquiera que sea el método aplicado para seleccionar las tallas divisorias, éste método debe consignarse con toda claridad, junto con la curva de crecimiento que se ha usado.

A continuación se explica la forma de usar estas tallas divisorias. Los peces que no llegan a la primera talla divisoria se consideran como grupo de clase 0, aquellos que se encuentran en la primera y segunda talla divisoria, como grupo de edad 1 y así sucesivamente. Algunas tallas se tendrán que distribuir de forma proporcional entre dos grupos de edad. Por ejemplo, si el intervalo de la clase de talla es 1 cm y la primera talla divisoria es de 12,6 cm, en ese caso seis décimas partes de los peces en la clase 12-13 cm se considera como grupo de edad 0, y cuatro décimas partes como grupo de edad 1. Si el intervalo de talla es 6 cm, con una clase de talla de 12-18 cm, en ese caso tan sólo una fracción de $0.6/6=0.1$ de los peces cae en el grupo de edad 0, y nueve décimas partes (0.9) en el grupo de edad 1.

La separación de edades por el método del “filo de cuchillo” puede hacerse por año, trimestre o mes, según sea la pauta de crecimiento del pez (por ej. estacional como en el caso del rabil) y de acuerdo con los datos disponibles. Si se requieren frecuencias de edad, y el corte de edad se hace a intervalos inferiores a un año, el número de individuos por edad se acumula a lo largo del año.

La ventaja del método consiste en su fácil aplicación y puede tomar en consideración pautas de crecimiento de dos etapas. No obstante, requiere un cierto número de supuestos sólidos, incluyendo el que no existe solapamiento de tallas entre cohortes. Es poco probable que este supuesto sea verdadero, por lo que existe la posibilidad de sobreestimar la fuerza de una clase de edad débil y, a su vez, subestimar una clase de edad fuerte. Esto tiene como resultado un alisamiento en los datos de captura por edad, disminuyendo la variabilidad entre cohortes. Igualmente, tiende a haber un importante solapamiento en la talla por edad de peces más viejos, sesgando el número estimado de éstos peces.

4.3.6 Claves Edad-Talla (ALK)

Expresándolo de forma sencilla, las claves edad-talla se crean determinando la edad de una submuestra de la población y se emplean para convertir muestras de tallas superiores de una población, en edades. Las ALK describen las distribuciones de tallas para cada edad, y el número relativo de individuos en cada edad, es decir, se trata de una matriz que contiene la probabilidad que hay de que un pez de una talla determinada tenga una edad determinada. Una vez que se cuenta con una de estas claves, peces que tan sólo se medían, pueden clasificarse en grupos de edad de acuerdo con dicha clave. El uso de ALK supone que la muestra de peces cuya edad es conocida y la muestra de peces medidos, son tan sólo muestras aleatorias de la misma población. En ese caso, la probabilidad de que un pez tenga una edad determinada, de acuerdo con su talla, es la misma en ambas muestras.

La ALK debe por lo general aplicarse a los datos de talla del mismo periodo, ya que la variabilidad en el reclutamiento y la supervivencia por edad modificará la composición edad-talla en el tiempo, y en consecuencia el número de supervivientes por edad aplicado para ponderar las composiciones de talla por edad, cambiará. La ALK podría tener que ser estacional si el crecimiento es distinto según la temporada o bien si se produce una migración estacional. Una ALK única sólo se aplicará a los datos de talla de un cierto número de años si el crecimiento es más o menos estacionario, y se utiliza el método de Kimura y Chikuni (1987). Una aplicación multianual y multiestacional de ALK debe estar debidamente justificada. Conviene también señalar que la aplicación de una ALK derivada de un solo periodo del año puede producir serios sesgos si se usa para calcular la captura por edad del año entero.

Los datos de edad por talla obtenidos de partes duras, deben separarse por grupos de talla para los artes, periodos y lugares adecuados. El tamaño de estos grupos de talla dependerá de la amplitud de las tallas encontradas dentro de las frecuencias de captura por talla, la tasa de crecimiento de la especie y la variabilidad en la talla por edad. El muestreo estratificado por talla es necesario para asegurar que se dispone del número requerido de peces (determinado por la variabilidad de la talla por edad) de todos los grupos de talla. El desarrollo de las ALK es una tarea laboriosa, por lo que conviene obtener la mayor información posible. Existen fórmulas para estimar el número de determinaciones de la edad y mediciones de talla necesarias para garantizar un cierto nivel de precisión. Oeberst (2000) desarrolló una función universal de costo para las ALK.

La proporción por edad se calcula como sigue:

Número por edad para un grupo de talla/Número de peces cuya edad ha sido hallada en ese grupo.

La ALK para el periodo se extrapola a la distribución por talla para ese mismo periodo.

Números por edad extrapolados por grupo de talla = Números por talla*Proporción por edad para dicha talla.

Si la ALK no contiene datos de todos los grupos de talla en la distribución por talla, en ese caso los datos en dicha distribución por talla pueden asignarse a grupos de talla contiguos cuyos datos estén contenidos en la ALK. Se genera entonces una distribución edad-talla adecuada por grupo de arte y periodo. Conviene ser prudente ya que podrían darse importantes sesgos, sobre todo en el caso de peces grandes con una amplia gama de edades.

Los números por edad por grupo de talla se añaden al conjunto de la gama de talla para obtener números por edad. Las varianzas se añaden también al conjunto de los grupos de talla y los dos componentes se califican como varianzas debida a la determinación de la edad y varianzas debida al muestreo de talla. Esto constituye la composición por edad para el periodo requerido.

Los números por edad para todos los artes se pueden calcular como sigue:

$$\sum N_a * \left(\frac{W_{ct}}{W_{cs}} \right)$$

donde $\sum N_a$ es la suma de los números muestreados por edad, W_{ct} es el peso comercial total de la captura, y W_{cs} es el peso de la captura muestreada.

La varianzas debida a la determinación de la edad de números por edad para todos los artes se puede calcular como sigue:

$$\sum Var_a$$

donde $\sum Var_a$ es la suma de las varianzas debidas a la determinación de la edad.

La varianzas debida al muestreo de talla de números por edad se puede calcular como sigue:

$$\sum Var_l$$

donde $\sum Var_l$ es la suma de varianzas debidas al muestreo de talla.

Las varianzas se extrapolarán como sigue:

$$\frac{W_{ct}}{W_{cs}}$$

donde W_{ct} es el peso total de la captura comercial, y W_{cs} es el peso de la captura comercial muestreada.

Se han presentado una serie de avances en relación con las ALK. Hoenig *et al.* (1994) describe una clave generalizada “inversa” que puede emplear información de años anteriores para contribuir a la estimación de la composición por edad en el año en curso. Kimura y Chikuni (1987) esbozaron una extensión de ALK, determinando en forma iterativa la estructura por edad partiendo de una muestra de talla aplicando la clave de una muestra diferente. Supone el conocimiento de las distribuciones de talla para cada edad, lo cual facilita una ALK para el análisis. Las proporciones por edad se adaptan a continuación para hallar el mejor ajuste entre los datos observados de frecuencia de tallas y los previstos por la proporción por edad y la ALK. El método puede funcionar bien si las distribuciones de talla para cada edad están cercanas a las de la frecuencia de tallas, pero la convergencia podría ser lenta. Para obtener más información se puede consultar el documento.

4.3.7 Schnute y Fournier

El método de Schnute y Fournier (1980) ha sido mas desarrollado en el paquete MULTIFAN (apartado 4.3.8) que se ha empleado para el atún blanco (*Thunnus alalunga*). Por ello, el método de Schnute y Fournier se trata aquí en forma breve.

Este método asume que las medias de talla por edad en una población representada por los datos de frecuencia de tallas en la captura, siguen una curva de crecimiento de von Bertalanffy y que la talla a una edad determinada está normalmente distribuida. Se pueden estimar las proporciones por edad, parámetros de crecimiento y un parámetro que define las desviaciones estándar de la tallas por edad. El asume que el número de las clases de edad es un factor conocido. Parámetros seleccionados representan el “mejor ajuste” entre frecuencias de tallas observadas y previstas.

El método de Schnute y Fournier podría presentar problemas al tratar de obtener soluciones únicas para todos los parámetros del modelo, y las tallas medias a edades jóvenes (que pueden identificarse a partir de las modas en los datos de frecuencia de tallas) podrían tener que fijarse. En este caso, debe consignarse y se habrán de presentar las tallas medias por edad asumidas.

4.3.8 MULTIFAN

El método MULTIFAN se describe ampliamente en Fournier *et al.* (1990). Representa un modelo analítico basado en criterios de máxima verosimilitud para estimar los parámetros de crecimiento y de composición por edad, partiendo de múltiples conjuntos de datos de frecuencia de tallas. Emplea una mezcla de distribuciones y permite la inclusión de restricciones biológicas en el modelo.

MULTIFAN es una ampliación del método de Schnute y Fournier (apartado 4.3.7) para analizar de forma simultánea varios conjuntos de datos de frecuencia de tallas, muestreados en diferentes momentos. La estructura del error que se asume difiere entre los métodos, y se emplean diferentes métodos de estimación para estimar parámetros del modelo.

MULTIFAN establece una serie de supuestos clave, tal como describe Fournier *et al.* (1990). Son los siguientes: 1) las tallas se distribuyen normalmente dentro de cada clase de edad, en torno a la talla media por edad; 2) la desviación estándar de la talla media por edad varía como una función simple de dicha media y 3) el crecimiento sigue la función de crecimiento de von Bertalanffy.

El programa cambia los parámetros de von Bertalanffy y el número de clases de edad y compara los ajustes de la probabilidad de observar un pez en un intervalo dado, definido por los parámetros de crecimiento, con la proporción observada de peces en un determinado intervalo de talla, aplicando la función de verosimilitud logarítmica. Examinando los resultados de múltiples modelos, se puede usar el estadístico Chi-cuadrado del test razón de verosimilitudes para evaluar objetivamente las hipótesis alternativas del modelo. Se considera si la introducción de parámetros adicionales (por ej. clases de edad) en el modelo, tiene como resultado un importante aumento en el valor máximo de la función de verosimilitud logarítmica.

Los parámetros estimados son: 1) las proporciones dentro de una muestra por edad; 2) talla media del primer grupo de edad; 3) talla media del último grupo de edad; 4) el parámetro K de von Bertalanffy; 5) dos parámetros

que pronostican la pauta de la desviación estándar de la talla por edad; 6) un parámetro relacionado con la varianza global de los errores del muestreo en los conjuntos de datos de frecuencia de tallas y 7) un parámetro que describe la selectividad dependiente de la edad de la actividad pesquera. Si no se conoce la edad de la primera clase de edad, MULTIFAN asume que t_0 es cero.

MULTIFAN es sensible al intervalo de tiempo que se toma entre muestras y las características de capturabilidad y selectividad en los datos. Podría también haber una tendencia a concentrar las clases de edad finales si las tallas medias por edad no son diferentes en exceso, o bien si los porcentajes de peces en esas gamas de talla son escasos.

Se debe prestar atención a no restringir demasiado los límites en las tallas medias. Dada la gran variabilidad en el crecimiento de los peces, unos límites restringidos en exceso podrían distorsionar los resultados. Sin embargo, los límites han de estar lo suficientemente ajustados para asegurar que la clase de edad asociada con una moda es la correcta. Se debe así mismo dejar suficiente espacio en el parámetro para que el programa pueda realizar la búsqueda. Esto ayudará a prevenir la identificación de mínimos locales durante la búsqueda.

4.3.9 Funcionamiento de los métodos

El funcionamiento de los diferentes métodos dependerá de los datos a los que se aplican y de los conocimientos sobre la pesquería y biología del stock. La mejor forma de averiguar cual es el método más adecuado es hacer una simulación. Respecto a ejemplos, véase Mohn (1994), Goodyear (1997) y Restrepo (1995).

4.3.10 Bibliografía

- BAIRD, J.W. (1983). A method to select optimum numbers for aging in a stratified approach. In: Sampling commercial catches of marine fish and invertebrates. (W.G. Doubleday and D. Rivard, eds.). Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences 66, 161-164.
- FOURNIER, D.A, J.R. Sibert, J. Majkowski, J. Hampton (1990). MULTIFAN a likelihood-based method for estimating growth parameters and age composition from multiple length frequency data sets illustrated using data for southern bluefish tuna (*Thunnus maccoyii*). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. Vol. 47, no. 2, pp. 301-317.
- GAVARIS, S. and C.A. Gavaris (1983). Estimation of catch at age and its variance for groundfish stocks in the Newfoundland region. In: Sampling commercial catches of marine fish and invertebrates. (W. G. Doubleday and D. Rivard, eds.), Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences 66, 178-182.
- GOODYEAR, C.P. (1997). Fish age determination from length: An evaluation of three methods using simulated data. Fisheries Bulletin 95:39-46.
- HOENIG, J.M., D.M. Heisey and R.C. Hanumara (1994). A new approach to age-length keys: using last year's and this year's data to estimate age composition. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT 42, 124-128.
- KIMURA, D. and S. Chikuni (1987). Mixtures of empirical distributions: an interactive application of the age-length key. Biometrika 43, 23-35.
- MOHN, R. (1994). A comparison of three methods to convert catch at length data into catch at age. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 42(1): 110-119.
- OEBERST, R. (2000). A universal cost function for the optimization of the numbers of age readings and length measurements for age-length-key-tables (ALKT). Archive of Fishery and Marine Research 48(1): 43-60.
- POPE, J.G. and B. Knights (1975). Sources of variation in catch at age data and the optimal use of age reading effort. ICES C.M. 1975/F: 20.
- RESTREPO, V.R. (1995). Application of cohort slicing and tuned VPA to simulated data that includes variability in length at age. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 44(2), 67-71.
- SARRALDE, R., A. Delgado de Molina, J. Ariz, J.C. Santana, P. Pallarés, R. Pianet, P. Dewals, A. Herve, R. Dedo and J.J. Areso (2005). Port sampling procedures for tropical tuna in the Atlantic and Indian Oceans. SCRS/2005/101.
- SCHNUTE, J. and D. Fournier (1980). A new approach to length frequency analysis: growth structure. J. Fish. Res. Board Can. 37, 1337-1351.