

COMISIÓN INTERAMERICANA DEL ATÚN TROPICAL

REVISIÓN EXTERNA DE LA EVALUACIÓN DEL ATÚN PATUDO DE LA CIAT

La Jolla, California (EE.UU.)

3-7 de mayo de 2010

INFORME FINAL

1.	Antecedentes	1
2.	Temas generales	3
2.1.	Cuestiones de datos.....	3
2.2.	Datos de frecuencia de talla	4
2.3.	Consideraciones espaciales	4
3.	Métodos de evaluación.....	6
3.1.	Plataforma de modelado de evaluación de poblaciones.....	6
3.2.	Ponderación de datos	6
3.3.	Uso de información de antes de 1975	7
3.4.	Modelado del crecimiento.....	7
3.5.	Capturabilidad y selectividad.....	8
3.6.	Mortalidad natural.....	9
3.7.	Relación población-recluta	9
3.8.	Otras recomendaciones	10
4.	Referencias	10
	Anexo A - Documentos presentados al Panel	15
	Anexo B – Agenda adoptada	15
	Anexo C – Lista de participantes	16
	Anexo D – Biografías de los miembros del Panel	17

1. ANTECEDENTES

La evaluación del atún patudo en el Océano Pacífico oriental (OPO), definido para los fines del presente análisis como el área al este de 150°O entre 40°N y 40°S (Figura 1), se basa en el ajuste de un modelo de dinámica poblacional por edad y talla a datos de capturas, tasas de captura, datos de frecuencia de talla, y datos de talla por edad. Se dividieron las pesquerías en el OPO en cuatro pesquerías de palangre (Flotas 1-4) y 11 pesquerías de superficie (Flotas 5-15). La evaluación use el programa Stock Synthesis 3 (Methot 2009). El personal de la CIAT identificó un conjunto de supuestos que están reflejados en el modelo de caso base (Aires-da-Silva y Maunder 2009). Este modelo sugiere que la biomasa reproductora del atún patudo en el OPO estuvo cerca del nivel bajo histórico al principio de 2009. En ese momento, el cociente de biomasa reproductora (SBR; el cociente de la biomasa reproductora en ese momento a aquél de la población sin pesca) fue aproximadamente 0.17, un 11% menos que el nivel correspondiente al rendimiento máximo sostenible (RMS). La evaluación incluye varias pruebas de sensibilidad que investigan los impactos de cambios en algunos de los supuestos del modelo de caso base*.

El personal de la CIAT solicitó que el panel de revisión considerase las siguientes preguntas generales relacionadas con la evaluación de las poblaciones de atún patudo en el OPO:

1. ¿Qué constituye una estructura de la población adecuada para la evaluación de atún patudo en el OPO?
2. ¿Cómo se puede acomodar variabilidad en la talla por edad en la evaluación de la población?

* A menos que se indique lo contrario, "modelo" significa modelo de evaluación de población.

3. ¿Ha ocurrido un cambio importante en el reclutamiento durante la historia de la pesquería?
4. ¿Qué está causando los patrones en los residuales de la composición por talla?
5. ¿Cómo deberían los índices de abundancia ser computados y usados en la evaluación?
6. ¿Cómo deberían ser usados los datos de marcado en el modelo de evaluación?

Miembros del personal prepararon para el Panel varios documentos (Anexo A) antes de la reunión e introdujeron cada punto de la agenda (Anexo B) con una serie de presentaciones. El personal identificó dos características indeseadas clave del actual modelo de caso base, relacionados con las preguntas 3 y 4:

- a. el ajuste del modelo de caso base a los datos de frecuencia de talla de la pesquería de palangre del sur (Flota 9) presenta un patrón de residuales sistemático. Específicamente, la proporción de peces pequeños en la captura es mayor que la predicha por el modelo para los años antes de 1990, mientras que la proporción de peces grandes en la captura es mayor que la predicha por el modelo después de 1990 (Figura 2).
- b. Una de las características más notable de la evaluación de caso base es el incremento estimado del reclutamiento. El reclutamiento aumenta dramáticamente a mediados de la década de 1990 a un nivel aproximadamente el doble de aquél posterior a 1975. Esta tendencia ha sido cuestionado desde hace varios años. Este incremento coincidió con la expansión de las capturas de la pesquería de cerco sobre dispositivos agregadores de peces (plantados) y un incremento del tamaño medio de los peces capturados en la pesquería de palangre del sur.

Estas dos características, así como un patrón en los residuales de las Flotas 3 y 9, en el que los residuales negativos en la Flota 9 corresponden a los residuales positivos de la Flota 3 (Figura 3) desde 1997 hasta 2007, fueron un foco de discusión. El Panel solicitó al personal numerosas ejecuciones adicionales del modelo para entender mejor el comportamiento del mismo e identificar conjuntos de hipótesis sobre los procesos biológicos y de pesca que podrían reducir estas características indeseables del modelo de caso base. Estas ejecuciones se enfocaron en el caso en el cual se supone que el OPO entero contiene una sola población homogénea de atún patudo, pero un subconjunto de las mismas se enfocó en el área «central» (las áreas que abarcan las Flotas 3 y 11 en la Figura 1).

El Panel identificó una serie de cuestiones, divididas en temas generales con base en el material provisto antes de la reunión, la información en una serie de documentos de información, y los resultados de las ejecuciones del modelo solicitadas. Los Dres. Alain Fonteneau y Eleutorio Yáñez también hicieron presentaciones y comentarios. El presente informe refleja las opiniones del Panel sobre el trabajo del personal. Avances con respecto a la mejora de la evaluación exigirá modelado y datos adicionales. El Panel ha resumido sus resultados más importantes y **hace recomendaciones específicas al personal** sobre cada tema.

A partir de las ejecuciones del modelo solicitadas, el Panel concluye que existe incertidumbre considerable con respecto a la abundancia absoluta de atún patudo en el OPO si se usa una evaluación de la población que trata a todo el patudo al oeste de 150°O como una sola población homogénea. Concretamente:

1. Si el tamaño esperado de un patudo de 40 trimestres de edad es “grande” (~190-200cm) y el patrón de selectividad de la pesquería de palangre del sur es asintótico, la evaluación estima una población relativamente pequeña.
2. Si el tamaño esperado de un patudo de 40 trimestres de edad es “pequeño” (< 170cm) o el patrón de selectividad de la pesquería de palangre del sur tiene forma de domo, la evaluación estima una población relativamente grande con una dinámica dominada por cambios en reclutamiento con el tiempo.

El Panel agradece al personal de la CIAT, en particular Mark Maunder y Alexandre Aires-da-Silva, su trabajo duro y buena voluntad al responder a las solicitudes del Panel, por su excepcional apoyo, provi-

2. TEMAS GENERALES

2.1. Cuestiones de datos

2.1.1. Datos de CPUE

En ausencia de índices de abundancia de estudios en el mar, los datos de captura por unidad de esfuerzo (CPUE) proveen actualmente al modelo la mejor información disponible sobre cambios en la abundancia relativa con el tiempo, particularmente los índices de abundancia correspondientes a la pesquería de palangre del sur.

Se dispone de datos de captura y esfuerzo a nivel operacional para la pesquería de cerco, y se usa un algoritmo para estimar el esfuerzo en días de pesca para los tres tipos de lance (no asociado, asociado con objeto flotante, asociado con delfines) con base en el número de lances por tipo de lance y el total de días de pesca. No se dispone de datos a nivel operacional para las pesquerías de palangre, y se depende de datos agregados a área de 5x5 grados y mes. Únicamente la flota japonesa ha estado continuamente presente en la pesquería, pero se dispone de información sobre las prácticas de pesca de la flota japonesa, indicados por anzuelos por canasta, solamente a partir de 1975.

En el modelo de caso base se toman en cuenta errores de proceso y observación al ajustar los datos de CPUE. Se estima el alcance de estos errores como parte del procedimiento de ajuste. A partir de los errores estimados, la serie de CPUE de las pesquerías de superficie influye poco sobre las estimaciones finales del modelo.

2.1.2. Resultados

Es poco probable que los datos de cerco reflejen cambios en la abundancia, particularmente debido a acontecimientos en la pesquería sobre plantados, y se les asigna por lo tanto una ponderación menor en el modelo (o sea, un coeficiente de variación (CV) observación-error mayor). Desarrollar índices de abundancia fiable para las pesquerías de cerco es difícil, pero es probable que cualquier información sobre las prácticas de pesca conduzca a mejores conocimientos de la relación entre abundancia y tasas de captura, y por lo tanto posiblemente cambios en el componente de la población disponible a esta pesquería. Mayores conocimientos de la dinámica de la pesquería de cerco, en particular el uso de plantados, podría conducir a datos más informativos de esta pesquería. Por lo tanto, el Panel apoya con fuerza el desarrollo de programas colaborativos de investigación científica del uso de plantados, de la forma descrita en la Resolución [C-09-01](#) de la CIAT.

La estandarización de los índices de palangre no explica actualmente los factores que resultan ser importantes en las estandarizaciones de CPUE para otras pesquerías de palangre, por ejemplo profundidad del objetivo, efectos de buque, tipo de línea, y posición a escala fina. Han ocurrido cambios en la composición de la flota y el tipo de línea en la pesquería de palangre durante el período de tiempo considerado en la evaluación.

Los patrones en los datos de frecuencia de talla de las pesquerías de cerco y de palangre que son atribuidos a cambios en las prácticas de pesca o la selectividad tienen implicaciones importantes para la interpretación de los datos de CPUE.

2.1.3. Recomendaciones

El Panel recomienda que se usen gráficos de la CPUE predicha con la observada como diagnóstico para evaluar el ajuste a los varios índices.

El Panel toma nota de que tendría un valor considerable una colaboración entre el personal y científicos nacionales para estudiar los efectos potenciales sobre la CPUE de cambios en las prácticas de pesca (tal como tipo de línea) y la composición y eficacia de las flotas. Le alienta al Panel que científicos de Japón y de la Secretaría de la Comunidad del Pacífico (SPC) estén colaborando en un análisis de la CPUE de

palangre en el Océano Pacífico occidental y central (WCPO), usando datos de captura y esfuerzo a nivel operacional.

Cualquier cambio temporal supuesto en la pesquería de palangre en el modelo de evaluación, por ejemplo la estimación de cambios temporales de la selectividad o capturabilidad, inclusive las divisiones por tiempo, representan cambios en la interpretación de la serie de CPUE de palangre. El Panel recomienda por lo tanto que las variables explicativas usadas para estandarizar la CPUE sean investigadas para ver si pueden explicar cambios con el tiempo en los datos de frecuencia de talla, por ejemplo resumidos por la mediana y/o algún otro percentil.

2.2. Datos de frecuencia de talla

Típicamente no se dispone de datos de edad de atunes tropicales, o son limitados, por lo que los datos de frecuencia de talla son importantes para estimar el crecimiento, la selectividad, y el reclutamiento. Un programa completo de muestreo en puerto recolecta muestras de composición por especie y frecuencia de talla de las pesquerías de cerco en el OPO. Actualmente se dispone de datos de frecuencia de talla de dos flotas de palangre (Japón y Taipei Chino). Los datos japoneses son tomados en los buques y los datos proporcionados consisten en talla de los peces a una resolución de 5x10 grados o 10 x 20 grados por mes. Existe actualmente incertidumbre con respecto a la calidad de los datos de Taipei Chino, y hasta que se resuelva esto, no se usan estos datos en la evaluación.

2.2.1. Resultados

Estudios en el WCPO han descubierto un sesgo potencial en las distribuciones de frecuencia de talla causado por un sesgo en el muestreo. Concretamente, existe un sesgo aparente de selección que causa que los peces pequeños y extremadamente grandes estén insuficientemente representados en las muestras y los peces de tamaño mediano estén excesivamente representados cuando se requiere que los muestreadores a bordo tomen muestras aleatorias pequeñas de las capturas de cerco (Lawson 2009). La información disponible es insuficiente para determinar si existe un sesgo similar en los datos tomados en el programa de muestreo en puerto de la CIAT.

Los ajustes a ciertas muestras de frecuencia de talla de cerco y palangre son pobres, y es probable que esto represente una especificación errónea en el modelo que podría estar relacionada con varios supuestos, por ejemplo selectividad invariable con el tiempo, homogeneidad espacial, crecimiento constante, etcétera. Uno de los patrones clave en los datos de frecuencia de talla es el incremento de la talla mediana desde 1990. Algunos de los patrones de residuales de la pesquería de palangre del sur podrían ser mejorados si se supusiera un cambio temporal en la selectividad, pero no hay una explicación simple de por qué ocurrió este cambio. Muchos de los enfoques para mejorar el ajuste a los datos de frecuencia de talla examinados durante la revisión resultaron en cambios importantes de los resultados de la evaluación.

2.2.2. Recomendaciones

El efecto de un sesgo potencial de muestreo sobre las frecuencias de talla estimadas, y por ende la captura total, debería ser evaluado. El Panel recomienda que será necesario realizar trabajo experimental para corregir los procedimientos de muestreo si los resultados de la evaluación de la población son sensibles al ajuste de los datos para explicar los diferentes niveles posibles de este sesgo.

En virtud de que los datos de frecuencia de talla de palangre pueden afectar los resultados de la evaluación, se recomienda firmemente un mayor estudio detallado de estos datos. Este trabajo podría contribuir a conocimientos de pesquerías definidas espacialmente potenciales.

2.3. Consideraciones espaciales

El área de ordenación de atún patudo de la CIAT (Figura 1) incluye hábitat tropical y templado en tanto el hemisferio norte como en el sur, y se extiende al oeste hasta el meridiano de 150°O. Las flotas de cerco y de palangre de los países miembros de la CIAT operan en distintas partes del área de ordenación. Esta área no es oceanográficamente homogénea, y los métodos de pesca varían en toda la región. La composi-

No existe un solo marco analítico para evaluar poblaciones poco mezcladas que viven en un ambiente heterogéneo. Las opciones varían de un modelo espacialmente explícito plenamente resuelto a un marco de evaluaciones independientes de las poblaciones aplicadas a regiones delineadas arbitrariamente.

2.3.1. Resultados

Los datos de marcado señalan claramente que atunes patudo marcados en el área «central» (el área en la que operan las flotas 3 y 11; Figura 1) son generalmente recapturados dentro, o muy cerca, de este área. La difusividad estimada es baja, aproximadamente 500 mn²/día (correspondiente a un desplazamiento lineal diario de unas 22 mn/día; Schaefer y Fuller, 2006). Las tasas de intercambio parecen ser muy bajas entre el área central y el área norte o sur, y el supuesto que la población está mezclada uniformemente es violado. No obstante, han sido liberados pocos patudos marcados fuera de la región central y, como resultado, se dispone de muy pocos datos sobre las tasas de intercambio con las otras regiones. Los datos de marcado no son suficientemente extensos para usar al seleccionar un marco de evaluación espacial apropiado. Los modelos de evaluación por área señalaron un alto grado de sincronía en el reclutamiento. Los niveles de disminución variaron entre regiones, pero la población putativa en el área central fue la más mermada. La suma de las evaluaciones independientes fue un 50% mayor que la sola evaluación que abarca toda la región.

Los análisis de árbol de regresión de los datos de frecuencia de talla (agregados en 5° de latitud por 10° de longitud por mes) sugieren estratos espaciales que son diferentes de los límites espaciales que definen flotas dentro del modelo de caso base (Documento [BET 01-02a](#)).

Análisis de sensibilidad que incluyen datos del WCPO mostraron cierta inconsistencia con las expectativas. Concretamente, las estimaciones de la biomasa incrementaron de la forma esperada cuando se incluyeron la captura del WCPO en el modelo sin ajuste a los datos del WCPO. No obstante, las estimaciones de la biomasa fueron menores que el modelo de caso base del OPO cuando se usaron los datos del WCPO al ajustar el modelo.

2.3.2. Recomendaciones

El Panel recomienda que:

1. el programa de marcado de la CIAT sea extendido sustancialmente para incluir todas las regiones en el área del atún patudo (particularmente en el área alrededor de 120°E-10°S), peces grandes, y múltiples años;
2. el personal desarrolle una propuesta conjunta con la WCPFC para iniciar operaciones de marcado a largo plazo para los atunes tropicales en el Océano Pacífico, con énfasis en el atún patudo;
3. se evalúen de nuevo las definiciones de las pesquerías de palangre para asegurar que las distribuciones de frecuencia de talla sean homogéneas dentro de las pesquerías, particularmente en el área del sur. Esto podría llevar a más flotas de palangre definidas en este área;
4. el personal comience a considerar métodos de evaluación apropiados a una población espacialmente inhomogénea y pesquerías que pueden ser aplicadas a medida que se disponga de nuevos datos de marcado.
5. el personal continúe la colaboración con científicos de la WCPFC sobre evaluaciones del patudo

del Pacífico entero.

3. MÉTODOS DE EVALUACIÓN

3.1. Plataforma de modelado de evaluación de poblaciones

A-SCALA, un modelo de evaluación integrado desarrollado específicamente para el propósito por el personal de la CIAT, fue usado para la evaluación del patudo del OPO desde 2000 hasta 2006. A-SCALA tiene la ventaja de haber sido desarrollado con la evaluación de atunes tropicales en mente, pero carece de varias características clave que probablemente serán importantes en evaluaciones futuras; en particular, no puede usar datos de marcado y aplicar modelos con estructura espacial. A-SCALA fue comparado con otros paquetes de evaluación actualmente disponibles (Maunder 2006), y se decidió adoptar Stock Synthesis (SS) como plataforma para la evaluación de la población. Stock Synthesis es usado ampliamente en los Estados Unidos para evaluaciones, inclusive para algunas poblaciones de atunes. Es desarrollado y mantenido actualmente por el Dr. Richard Methot (Servicio Nacional de Pesquerías Marinas de Estados Unidos, NMFS). El personal ha trabajado estrechamente con el Dr. Methot para modificar SS para las evaluaciones de la CIAT.

3.1.1. Resultados

La transición al marco de un modelo de evaluación de poblaciones alternativo que puede usar datos de marcado y considerar regiones múltiples fue importante, y permitirá estudiar una gama mayor de escenarios de modelo. Aunque el personal de la CIAT no ejerce un control directo sobre el desarrollo de SS, hasta la fecha esto no ha causado problemas para las evaluaciones de la Comisión una vez incorporado en SS el modelo de crecimiento de Richards. Es probable que sean necesarios más cambios a SS a medida que se tomen pasos hacia modelos con estructura espacial.

3.1.2. Recomendación

Es posible que el actual arreglo voluntario para el desarrollo de SS limite el desarrollo de la evaluación. El Panel recomienda por lo tanto que el personal busque formas de formalizar la colaboración con NMFS para reducir el riesgo potencial que el desarrollo de la evaluación del patudo es dificultado por la falta de control directo del desarrollo del programa.

3.2. Ponderación de datos

3.2.1. Resultados

El tamaño efectivo de la muestra en el modelo de caso base es igual para todas las pesquerías, lo cual iguala la "importancia" de todas las pesquerías. Incrementar el tamaño efectivo de la muestra de los datos de frecuencia de talla de la pesquería de palangre del sur (Flota 9) condujo a un cambio notorio en los resultados de la evaluación. En particular, el reclutamiento y los patrones de residuales mejoraron cuando se incrementó el tamaño efectivo de la muestra de la pesquería de palangre del sur.

Ejecuciones del modelo en las que los CV de insumo de los datos de CPUE de la pesquería de palangre del sur fueron fijados en 0.1 o 0.2 arrojaron raíces cuadradas del error cuadrado medio similares (aproximadamente 0.15).

3.2.2. Recomendaciones

El Panel recomienda que el tamaño efectivo de las muestras asignado a los datos de frecuencia de talla de palangre en el archivo de insumo de SS sea evaluado de nuevo, tomando en cuenta el tamaño efectivo de las muestras estimado por el modelo; es decir, se debería tener cuidado de no fijar el tamaño efectivo de las muestras preespecificado en valores que son inconsistentes con el ajuste del modelo a los datos de frecuencia de talla.

El Panel recomienda que los CV del error de observación de los datos de CPUE sea preespecificado en valores fijos en lugar de ser tratados como parámetros estimados.

3.3. Uso de información de antes de 1975

3.3.1. Resultados

El estatus de la población de patudo se basa en dos métricas de salida: (a) el cociente de la biomasa reproductora relativo a la biomasa reproductora sin pesca, S/S_0 , y (b) el cociente de la mortalidad por pesca relativo a la mortalidad por pesca en la cual se logra el RMS, F/F_{RMS} . El análisis de caso base de la evaluación de la población de 2009 indica que la biomasa reproductora estuvo en 30% de S_0 durante el primer año de la evaluación de la población (Aires-da-Silva y Maunder 2009; Figura 4.7).

El tamaño de la biomasa reproductora relativo a S_0 es inferido usando los datos después de 1975, y variar los supuestos de la evaluación de la población (por ejemplo, estimando la talla a edad 40, L_2) lleva a cambios en esta estimación (Documento [BET-01-03](#)). Se cuenta con datos de capturas, tasas de captura, y frecuencia de talla de la captura para los años antes de 1975, pero existe cierta preocupación con su inclusión en la evaluación debido a, por ejemplo, cambios en la profundidad de los lances, que están relacionados con posibles cambios las prácticas de pesca.

3.3.2. Recomendaciones

El Panel recomienda que ejecuciones futuras del modelo comiencen alrededor de 1955 y usen todos los datos históricos posibles. Se debería explorar la posibilidad de incluir datos históricos de CPUE y talla al ajustar el modelo.

3.4. Modelado del crecimiento

La evaluación se basa en un modelo de dinámica poblacional por edad ajustado a una variedad de fuentes de datos. La cantidad de datos de edad disponible es limitada a información sobre animales de 4 años de edad y menos, mientras que se dispone de datos de frecuencia de talla para una amplia gama de tamaños y edades. Evaluaciones previas han preespecificado la talla por edad 40 (L_2) y varianza de talla por edad.

3.4.1. Resultados

El estatus actual de la población relativo al tamaño de la biomasa reproductora al cual se logra el RMS y la mortalidad por pesca actual relativa a F_{RMS} cambian sustancialmente si se cambia el valor de L_2 en el modelo de caso base (Documento [BET-01-03](#)). Esto se debe a que, por ejemplo, si L_2 es grande (>180 cm), la falta de peces grandes en las composiciones de talla de la captura desde 1975 implica que la pesca debe haber sido sustancial antes de ese año porque una fracción considerable de la población (peces muy grandes) había sido extraída antes de eso. Los perfiles de verosimilitud brindan apoyo sustancial para valores de L_2 más bajos que los valores preespecificados actuales. No obstante, estimar L_2 , particularmente si se supone la curva de crecimiento de Richards (que produce un mejor ajuste a los datos), conduce a una curva de crecimiento que sugiere que el patudo se acerca a un tamaño asintótico poco después de la edad de 4 años, lo cual parece poco realista. Este valor bajo de L_2 también parece inconsistente con las observaciones de los datos de marcado (Schaefer y Fuller 2006; Figura 11) que la tasa de crecimiento del patudo grande (160-175 cm) es aún así relativamente rápida.

Un gráfico de la distribución de tallas de la captura de palangre de una población no explotada en el que L_2 equivale 185.5 cm fue marcadamente diferente de las frecuencias de talla de las capturas a fines de la década de 1950 y principios de la de 1960 (las frecuencias de talla predichas por el modelo contiene muchos más animales grandes; Figura 4). Estas diferencias pueden ser explicadas por: (a) L_2 de patudo es menos de 185.5 cm; (b) la selectividad de la pesca a fines de la década de 1950 y principios de la de 1960 no fue asintótica (tal como se esperaría, en virtud de que la pesquería operaba en aguas menos profundas que en la actualidad); (c) la mortalidad por pesca antes de 1975 fue sustancial; y (d) la mortalidad natural es mayor que los valores supuestos en el modelo de caso base. Durante la revisión, el personal realizó ejecuciones del modelo en los que se exploraron los escenarios (a), (b), y (d), por separado y en combinación.

3.4.2. Recomendaciones

Aunque hay varios cambios en los supuestos de la evaluación de la población que deberían ser explorados, los conocimientos de la curva de crecimiento serían mejorados si se obtuvieran datos adicionales, por ejemplo mediante el marcado de atún patudo grande. Las recomendaciones técnicas específicas relacionadas con el crecimiento y su modelado son:

1. Los valores que determinan la varianza de talla por edad deberían ser estimados en lugar de ser fijados en valores estimados a partir de A-SCALA.
2. Se prefiere la curva de crecimiento de Richards a la de von Bertalanffy. No obstante, podría ser deseable desarrollar una curva de crecimiento más flexible (por ejemplo, Maunder 2006), aunque este cambio requerirá una modificación de la plataforma de Stock Synthesis.
3. Datos proporcionados al Panel sugieren que una estimación de verosimilitud máxima de L_2 es inconsistente con incrementos de crecimiento de datos de marcado, y por lo tanto el Panel recomienda que L_2 sea preespecificado en lugar de estimado actualmente.
4. Las pruebas de sensibilidad deberían explorar las implicaciones de eliminar los datos de talla por edad de la evaluación, a fin de evaluar el impacto de incluir estos datos.

El Panel apoya intentos continuados por integrar datos de talla por edad y los datos de marcado en el crecimiento en el marco de un solo modelo.

3.5. Capturabilidad y selectividad

El ajuste del actual modelo de caso base a los datos de frecuencia de talla de la pesquería de palangre del sur (Flota 9) muestra un patrón de residuales correlacionados (Figura 2). Varias modificaciones del modelo de caso base, inclusive suponer patrones de selectividad separados antes y después de 1990 y realizar evaluaciones de distintas configuraciones espaciales, fueron exploradas por el personal antes de la revisión (Documento [BET-01-05](#)), pero ninguna de éstas, por si sola, fue capaz de eliminar estos patrones de residuales.

3.5.1. Resultados

El Panel propuso la especificación siguiente del modelo que parece reducir los patrones de residuales (denominado el «modelo base de trabajo», ya que varias ejecuciones del modelo examinadas por el panel se basaron en estas especificaciones):

1. incrementar la ponderación de los datos de frecuencia de talla de la pesquería de palangre del sur;
2. dividir los datos de la pesquería de palangre del sur (frecuencia de talla y tasa de captura) en 1990, y tratar las dos series de tiempo de tasas de captura resultantes independientemente y estimar un coeficiente de capturabilidad separado y patrón de selectividad (en forma de domo) para los años antes de 1990 para esta pesquería; y
3. suponer la curva de crecimiento de Richards, y estimar tanto L_2 como la varianza de talla por edad.

Sin embargo, tal como se señaló anteriormente, la estimación de L_2 parece tan baja que no es realista. Esta ejecución del modelo condujo también a una estimación sustancialmente mayor de la biomasa reproductora que el modelo de caso base.

La selección de supuestos de selectividad y capturabilidad apropiados no pudo ser resuelta completamente durante la revisión. No obstante, queda claro que el supuesto de selectividad logística para la pesquería de palangre del sur durante el período entero de la evaluación necesita ser relajado para que el modelo pueda ajustar los datos de frecuencia de talla de la captura de la pesquería de palangre en una evaluación que supone una sola población homogénea.

Los residuales de talla son un diagnóstico útil para evaluar cuan bien el modelo predice la talla de los peces. En algunos casos, los residuales parecen estar correlacionados tanto con el tiempo como entre tamaños. No existe un método bien establecido para comparar patrones de distintos ajustes de forma cuantitativa.

3.5.2. Recomendaciones

El Panel recomienda que se preste mayor consideración a permitir que los parámetros de selectividad para las pesquerías tanto de palangre como de superficie cambien con el tiempo. La selección de una estructura apropiada para la selectividad se podría basar en patrones de residuales de los datos de composición por tamaño.

El Panel recomienda que se desarrollen métodos para comprobar falta de aleatoriedad en los patrones de residuales y para comparar patrones particulares de residuales entre ejecuciones del modelo. Podrían ser enfoques útiles las estadísticas espaciales existentes para datos reticulares, procedimientos de aleatorización para datos espaciales, y técnicas estadísticas usadas para reconocer patrones en análisis de imágenes.

El Panel recomienda que ejecuciones futuras del modelo deberían evaluar si se logran ajustes mejores si se supone que la selectividad es una función de edad y no de talla.

3.6. Mortalidad natural

Se supone en la evaluación de caso base que la mortalidad natural, M , disminuye de 0.25 trim^{-1} a edad 0 a 0.1 trim^{-1} a la edad de 4 trimestres (Documento [BET-01-06](#)). Se supone que la M de hembras en el modelo de caso base es independiente de la edad a partir de la edad de 4 trimestres, mientras que la M de los machos aumenta con la edad a partir de 15 trimestres de edad. El Documento [BET-01-06](#) explora las implicaciones de cambios de la tasa de mortalidad natural de los machos.

3.6.1. Resultados

Se presentaron al Panel otras pruebas de sensibilidad, en las que la M de hembras fue variada de 0.15 trim^{-1} a 0.3 trim^{-1} , con las demás especificaciones fijadas en aquéllas del «modelo base de trabajo», excepto que se fijó L_2 en 185.5 cm (el valor de L_2 en el modelo de caso base original). El mejor ajuste a los datos ocurrió con el nivel más alto de mortalidad natural, M (0.3 trim^{-1} ; equivalente a 1.2 año^{-1}). No obstante, el Panel y el personal consideraron que este valor es inverosímilmente alto.

Cambiar el valor de M es una forma de eliminar los patrones de residuales para los datos de frecuencia de talla si se fija L_2 en 185.5 cm. No obstante, mientras que el Panel reconoce que los conocimientos de M de patudo en el OPO son escasos, existen mejores formas de eliminar los patrones de residuales.

3.6.2. Recomendaciones

El Panel recomienda que se siga evaluando la mortalidad natural y, a medida que se disponga de nuevos datos, por ejemplo de estudios de marcado, que sean integrados en la evaluación.

3.7. Relación población-recluta

La inclinación es un parámetro crítico, pero mal estimado, que describe la relación entre la biomasa reproductora y el reclutamiento. El modelo de caso base actual supone que la inclinación equivale a uno, es decir, reducciones de la biomasa reproductora no resultan en reducciones del reclutamiento en promedio. Este supuesto resulta en una estimación de S_{RMS}/S_0 de aproximadamente 20%. El personal incluye resultados para el supuesto que la inclinación equivale 0.75 en la evaluación de 2009. Este valor de inclinación resulta en cambios insignificantes en la series de tiempo de reclutas estimada, es decir, pequeños impactos sobre S_0 , pero un efecto importante sobre las cantidades de ordenación basadas en RMS y, por consiguiente, sobre las estimaciones del estatus de la población con respecto a estos puntos de referencia.

El fundamento principal del supuesto del caso base que la inclinación equivale a 1 fue que hay poca evi-

dencia en las estimaciones de biomasa reproductora y reclutamiento de la evaluación que el reclutamiento es menor con un tamaño de la población reducido.

3.7.1. Resultados

Varios estudios de simulación recientes, y trabajo histórico por el personal, han determinado que es a) difícil estimar con exactitud la inclinación en los modelos de evaluación; y b) los valores estimados a menudo tienden hacia uno cuando el valor real es menos que uno. Además, las tendencias del reclutamiento estimado del modelo de caso base dificultan la conclusión que la inclinación es menos que uno. No obstante, se demostró que esta tendencia del reclutamiento (un incremento de función escalonada del reclutamiento medio en aproximadamente 1990) es un artefacto de la ponderación bajo asignada a los datos de captura de frecuencia de talla.

Los episodios de reclutamiento alto de patudo parecen estar asociados con eventos fuertes de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS), lo cual sugiere cierto nivel de control ambiental sobre el reclutamiento. Intentos de usar índices de ENOS como correlacionados ambientales en las evaluaciones de poblaciones no han sido útiles. No obstante, los eventos de ENOS no afectan el OPO uniformemente, y podrían ejercer una influencia mayor sobre el reclutamiento en regiones ecuatoriales o costeras.

3.7.2. Recomendaciones

El Panel recomienda que:

1. la dificultad de estimar la inclinación y la sensibilidad de las conclusiones sobre el estatus de la población sean reconocidas en la evaluación, y el personal debería presentar estimaciones del estatus de la población en una gama «verosímil» de valores de inclinación.
2. el personal examine perfiles de verosimilitud para la inclinación.
3. el personal evalúe posibles efectos estacionales y de ENOS sobre la relación población-reclutamiento en un contexto espacial.

3.8. Otras recomendaciones

El Panel señaló que existen datos de frecuencia de talla por sexo para las flotas de palangre. Estos datos deberían ser obtenidos, y ejecuciones del modelo realizados en los que se incluyen en la evaluación datos por sexo así como datos de frecuencia de talla agregados por sexo.

Se deberían construir perfiles de verosimilitud conjuntos para el reclutamiento virgen (reclutamiento medio en ausencia de pesca, R_0) R_0 y L_2 usando configuraciones del modelo en las que la selectividad es una función de talla logística y también de forma de domo, para ayudar a evaluar una gama verosímil para el tamaño actual de la población y su estatus con respecto a puntos de referencia biológicos.

El Panel recomienda que se evalúen y reporten estimaciones de biomasa crítica para ejecuciones del modelo en las que la selectividad tiene forma de domo para todas las flotas.

El Panel recomienda que el personal evalúe de nuevo las definiciones de las pesquerías. En particular, se debería considerar desagregar las flotas por bandera. Esto debería incluir un análisis de los datos de tamaño disponibles para distintas flotas.

4. REFERENCIAS

- Aires-da-Silva, A and M.N. Maunder. 2009 Status of bigeye tuna in the eastern Pacific Ocean in 2008 and outlook for the future. Document SARM-10-06b. 90pp.
- Lawson, T. 2009. Selectivity bias in grab samples and other factors affecting the analysis of species composition data collected by observers on purse seiners in the Western and Central Pacific Ocean. WCPFC-SC5-2009/ST-WP-03
- Maunder, M. 2006. Report - Workshop on stock assessment methods, 7-11 November 2005. Inter-

American Tropical Tuna Commission. 23 pp.

Methot, R. D. 2009. User manual for Stock Synthesis. Model Version 3.04b. NOAA Fisheries

Schaefer, K.M. and D.W. Fuller. 2006. Estimates of age and growth of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the eastern Pacific Ocean based on otolith increments and tagging data. Bull. Inter-Am Trop. Tuna Comm. 23(2): 35-76.

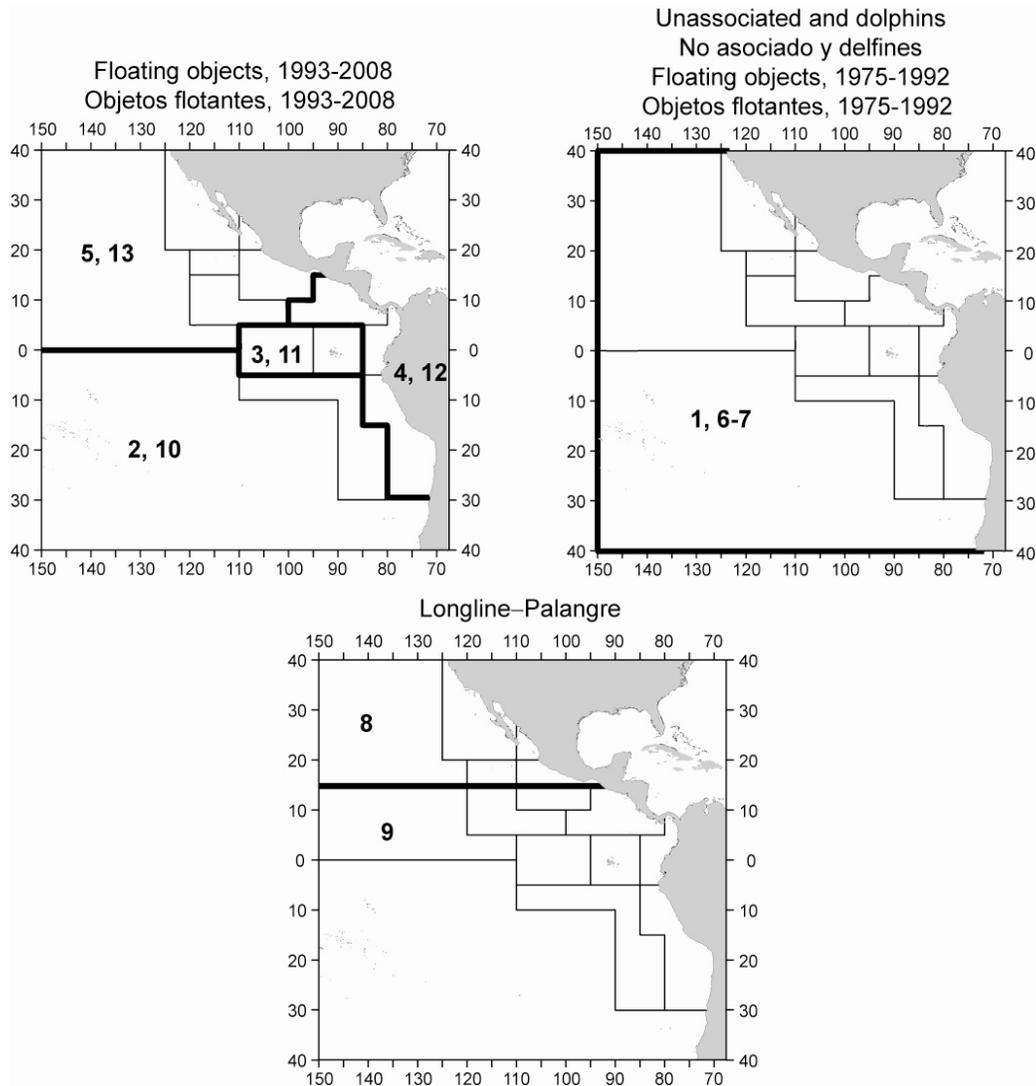


FIGURE 1. Spatial extents of the fisheries defined for the stock assessment of bigeye tuna in the EPO. The thin lines indicate the boundaries of 13 length-frequency sampling areas, the bold lines the boundaries of each fishery defined for the stock assessment, and the bold numbers the fisheries to which the latter boundaries apply.

FIGURA 1. Extensión espacial de las pesquerías definidas para la evaluación de la población de atún patudo en el OPO. Las líneas delgadas indican los límites de 13 zonas de muestreo de frecuencia de tallas, las líneas gruesas los límites de cada pesquería definida para la evaluación de la población, y los números en negritas las pesquerías correspondientes a estos últimos límites.

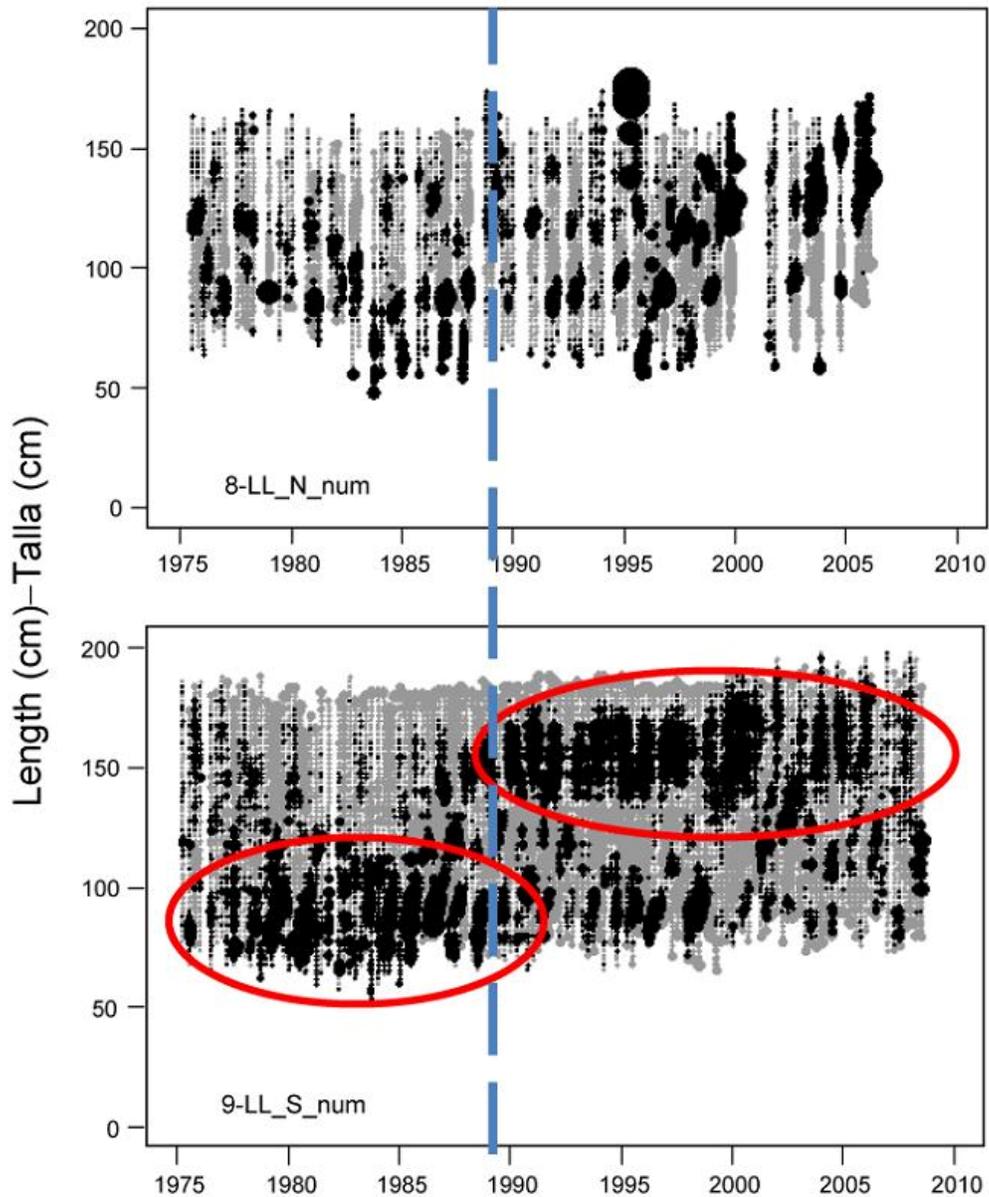


FIGURE 2. Pearson residual plots for the model fits to the length-composition data for the longline fisheries (top – northern, bottom – southern) assumed in the base-case assessments (Aires-da-Silva and Maunder 2009). The gray and black circles represent observations that are lower and higher, respectively than the model predictions. The sizes of the circles are proportional to the absolute values of the residuals.

FIGURA 2. Gráficas de residuales de Pearson para los ajustes del modelo a los datos de composición por talla de las pesquerías de palangre (arriba – norte; abajo – sur) supuestas en las evaluaciones del caso base (Aires-da-Silva y Maunder 2009). Los círculos grises y negros representan observaciones mayores y menores, respectivamente, que las predicciones del modelo. El tamaño de los círculos es proporcional al valor absoluto de los residuales.

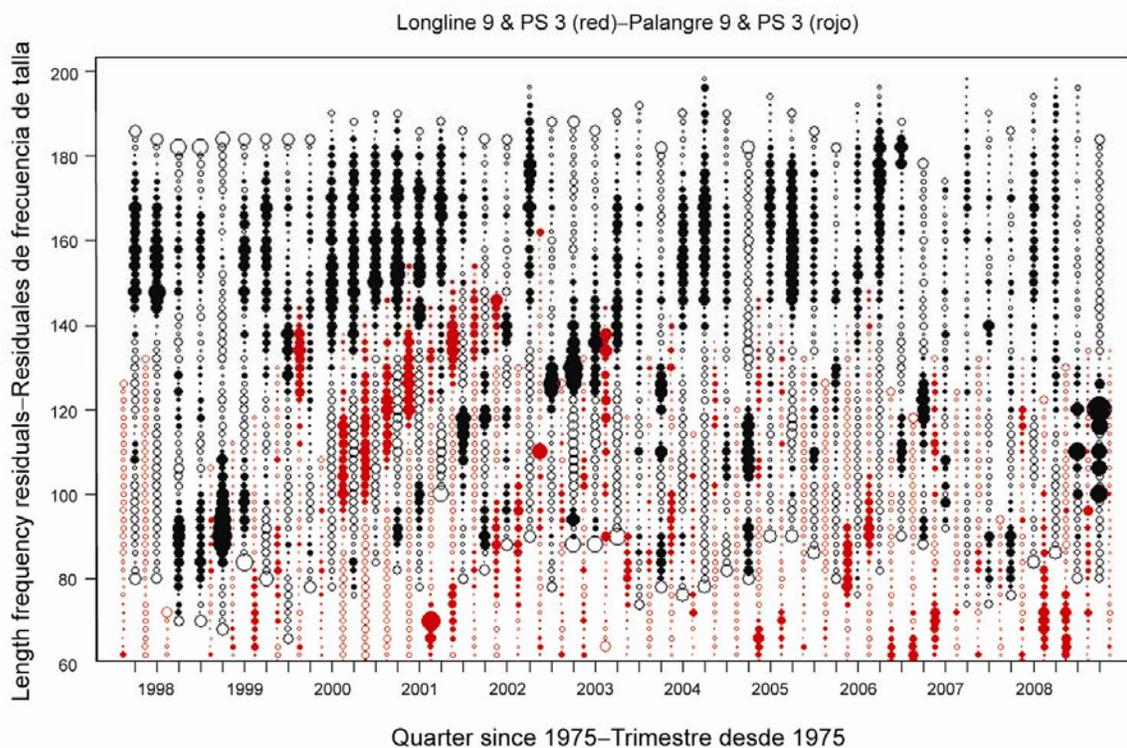


FIGURE 3. Pearson residual plots for the model fits to the length-composition data for the southern longline fishery 9 (black) compared to the central area floating-object fishery 3 (red). The sizes of the circles are proportional to the absolute values of the residuals.

FIGURA 3. Gráficas de residuales de Pearson para los ajustes del modelo a los datos de composición por talla de la pesquería de palangre del sur 9 (negro) comparada con la pesquería sobre objetos flotantes central 3 (rojo). El tamaño de los círculos es proporcional al valor absoluto de los residuales.

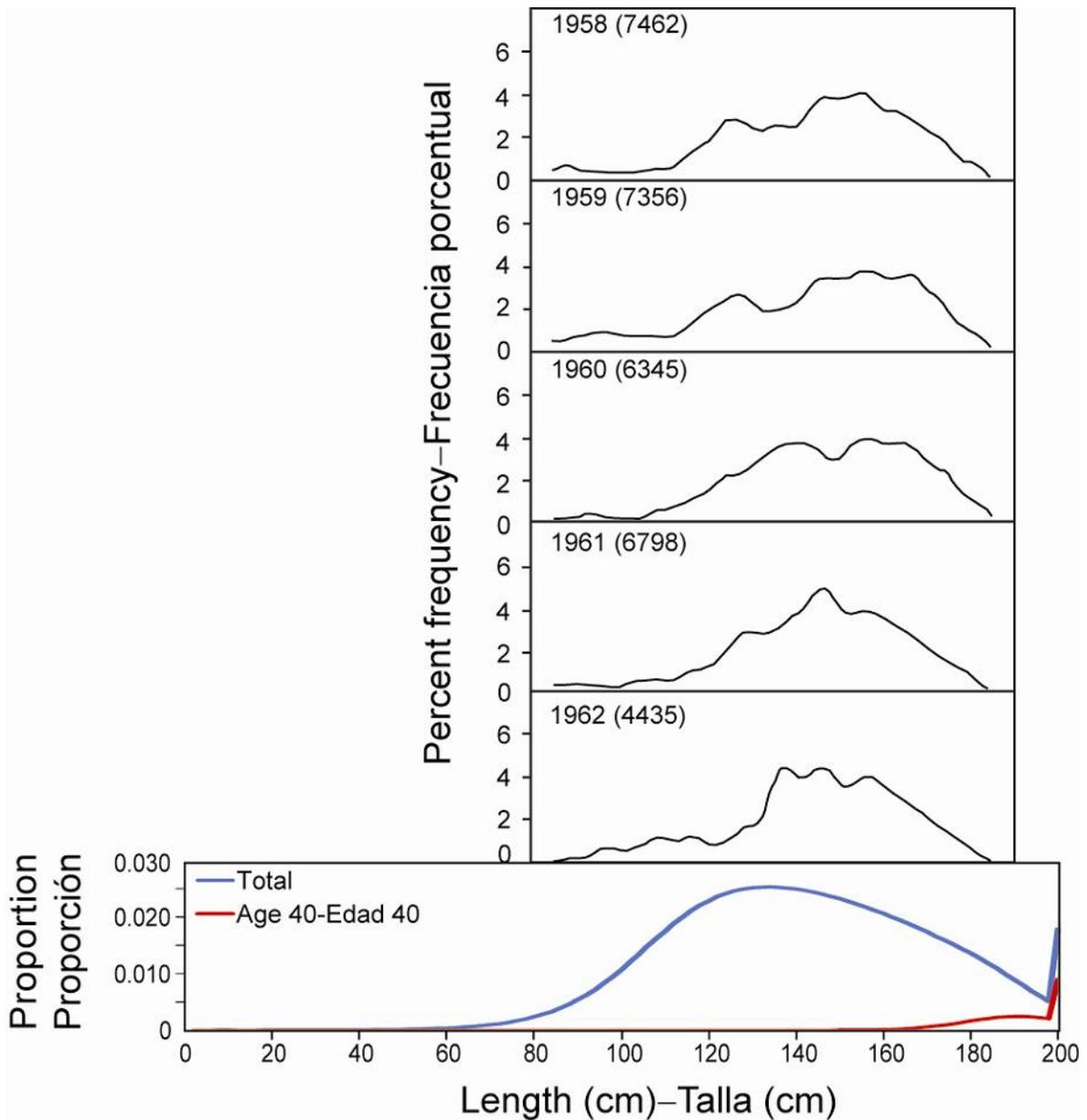


FIGURE 4. Length-frequency distributions for longline-caught bigeye tuna in the EPO (1958-62; upper 5 panels; source: Kume and Joseph, 1966) and the length-frequency distribution corresponding to applying the longline selectivity from the base-case model to an unfished population length-structure.

FIGURA 4. Distribuciones de frecuencia de talla de atún patudo capturado con palangre en el OPO (1958-62; 5 paneles superiores; fuente: Kume y Joseph, 1966) y la distribución de frecuencia de tallas correspondiente a la aplicación de la selectividad de palangre del modelo de caso base a la estructura de tallas de una población no pescada.

ANEXO A - DOCUMENTOS PRESENTADOS AL PANEL

- Maunder, M. N., A. Aires-da-Silva, and C. E. Lennert-Cody. 2010. Summary of issues in the eastern Pacific Ocean bigeye tuna assessment. Document BET-01-01 (draft). External review of the IATTC bigeye tuna assessment. La Jolla, California (USA), 3-7 May 2010.
- Lennert-Cody, C. E., M. N. Maunder, and A. Aires-da-Silva. 2010. Preliminary analysis of spatial-temporal pattern in bigeye tuna length-frequency distributions and catch-per-unit-effort trends. Document BET-01-02a (draft). External review of the IATTC bigeye tuna assessment. La Jolla, California (USA), 3-7 May 2010.
- Aires-da-Silva, A., and M. N. Maunder. 2010. An evaluation of spatial structure in the stock assessment of bigeye tuna in the eastern Pacific Ocean. Document BET-01-02 (draft). External review of the IATTC bigeye tuna assessment. La Jolla, California (USA), 3-7 May 2010.
- Aires-da-Silva, A., and M. N. Maunder. 2010. Sensitivity analysis of bigeye stock assessment to alternative growth assumptions. Document BET-01-03 (draft). External review of the IATTC bigeye tuna assessment. La Jolla, California (USA), 3-7 May 2010.
- Maunder, M. N., and A. Aires-da-Silva. 2010. Investigation of catch-per-unit-of-effort data used in the eastern Pacific Ocean bigeye assessment model. Document BET-01-04 (draft). External review of the IATTC bigeye tuna assessment. La Jolla, California (USA), 3-7 May 2010.
- Aires-da-Silva, A., M. N. Maunder and C. E. Lennert-Cody. 2010. An investigation of the longline fishery length-frequency residual pattern in the stock assessment of bigeye tuna in the eastern Pacific Ocean. Document BET-01-05 (draft). External review of the IATTC bigeye tuna assessment. La Jolla, California (USA), 3-7 May 2010.
- Aires-da-Silva, A., M. N. Maunder, and P. K. Tomlinson. 2010. An investigation of the trend in the estimated recruitment for bigeye tuna in the eastern Pacific Ocean. Document BET-01-06 (draft). External review of the IATTC bigeye tuna assessment. La Jolla, California (USA), 3-7 May 2010.
- Maunder, M. N., C. E. Lennert-Cody A. Aires-da-Silva, W. H. Bayliff, P. K. Tomlinson, and K. M. Schaefer. 2010. Summary of data available for bigeye tuna in the eastern Pacific Ocean and its use in stock assessment. Document BET-01-07 (draft). External review of the IATTC bigeye tuna assessment. La Jolla, California (USA), 3-7 May 2010.

ANEXO B – AGENDA ADOPTADA

SESIÓN 1, lunes mañana:

Temas de datos. ¿De cuáles datos dispone la Comisión para la evaluación de la población del atún patudo? ¿Cuáles datos se usan? ¿Cómo entran estos datos en el proceso de evaluación de poblaciones? Índices de abundancia, distribuciones por edad y tamaño, datos de marcado, datos oceanográficos; Documento BET-01-07

SESIÓN 2, lunes, tarde:

Temas de crecimiento. Modelos de crecimiento alternativos, varianza de la talla por edad; Documento [BET-01-03](#)

SESIÓN 3, martes, mañana:

Temas espaciales. Tamaño por edad, selectividad, desplazamientos y mortalidad, variabilidad en las tendencias de la CPUE; Documentos [BET-01-02a](#) y [BET-01-02b](#)

SESIÓN 4, martes, tarde:

Cambios con el tiempo. Capturabilidad y selectividad, evolución del esfuerzo, expansión de los caladeros; Documentos [BET-01-04](#) y [BET-01-05](#)

SESIÓN 5, miércoles, mañana:

Población y reclutamiento. Efectos del crecimiento de la pesquería de superficie sobre las estimaciones

del reclutamiento; Documento [BET-01-06](#)

SESIÓN 6, miércoles, tarde:

Métodos de evaluación. Método actual, perfeccionamiento del modelo, investigación biológica para reducir los errores de especificación del modelo, covariables ambientales, ...

SESIÓN 7, jueves, mañana:

Cuestiones resultantes de las sesiones 1-6.

Comentarios públicos.

SESIÓN 8, jueves, tarde:

Cuestiones resultantes de las sesiones 1-6.(continuación).

SESIÓN 9, viernes:

Panel trabajará en el informe

ANEXO C – LISTA DE PARTICIPANTES

Miembros del Panel

Harley	Shelton	Secretariat of the Pacific Community	New Zealand	sheltonh@spc.int
Ianelli	Jim	NOAA/National Marine Fisheries Service	USA	jim.ianelli@noaa.gov
Punt	Andre	Universidad of Washington	USA	aepunt@u.washington.edu
Sibert	John	Universidad of Hawaii	USA	sibert@hawaii.edu

Participantes

Aríz	Javier	Instituto Español de Oceanografía	Spain	javier.ariz@ca.ieo.es
Barbieri	María	Pontificia Universidad Católica de Valparaíso	Chile	angela.barbieri@ucv.cl
Crone	Paul	NOAA/National Marine Fisheries Service	USA	paul.crone@noaa.gov
Donnelly	Marydele	Caribbean Conservation Corporation	USA	marydele@ccturtle.org
Dreyfus	Michel	Instituto Nacional de la Pesca	México	dreyfus@cicese.mx
Fissel	Benjamín	UCSD	USA	ben.fissel@noaa.gov
Fonteneau	Alain	Institut de Recherche Pour le Developpement	France	fonteneau@ird.fr
Fox	William	World Wildlife Fund	USA	bill.fox@wwfus.org
García	José	Subsecretaría de Recursos Pesqueros	Ecuador	jlgarcia@pesca.gov.ec
Janofsky	Eric	NOAA/National Marine Fisheries Service	USA	aric.janofsky@noaa.gov
Martínez	Jimmy	Subsecretaría de Recursos Pesqueros	Ecuador	jimmy.martinez@pesca.gov.ec
Miyabe	Naozumi	National Investigación Institute of Far Seas Fisheries	Japan	miyabe@fra.affrc.go.jp
Miyake	Makoto	National Investigación Institute of Far Seas Fisheries	Japan	p.m.miyake@gamma.ocn.ne.jp
Monteagudo	Juan	OPAGAC	Spain	opagac@arrakis.es
Piner	Kevin	NOAA/National Marine Fisheries Service	USA	kevin.piner@noaa.gov
Squires	Dale	NOAA/National Marine Fisheries Service	USA	dsquires@ucsd.edu
Sun	Jenny	Nationa Taiwan Ocean Universidad	USA	jennysun@ucsd.edu
Teo	Steven	NOAA/National Marine Fisheries Service	USA	steve.teo@noaa.gov
Yáñez	Eleuterio	Pontificia Universidad Católica de Valparaíso	Chile	eyanez@ucv.cl

Personal de la CIAT

Compeán	Guillermo	gcompean@iattc.org
Da-Silva	Alexandre	alexdasilva@iattc.org
Deriso	Rick	rderiso@iattc.org
Hall	Martin	mhall@iattc.org
Hinton	Michael	mhinton@iattc.org
Lennert	Cleridy	clennert@iattc.org
Maunder	Mark	mmaunder@iattc.org
Schaefer	Kurt	kschaefer@iattc.org
Tomlinson	Pat	ptomlinson@iattc.org

ANEXO D – BIOGRAFÍAS DE LOS MIEMBROS DEL PANEL

John Sibert (*Presidente*) es Investigador Emérito en el Colegio de Ciencia y Tecnología Oceánica y Terrestre en la Universidad de Hawai. Recibió su licenciatura en zoología de la Universidad del Pacífico y su doctorado en zoología de la Universidad Columbia. Fue becario posdoctoral en el Instituto de Oceanografía en la Universidad de Columbia Británica. Trabajó muchos años en la Estación Biológica de Pacífico en Nanaimo (Columbia Británica), antes de trasladarse a un puesto en el Programa de Evaluación de Atunes y Peces Picudos en la Comisión del Pacífico Sur en Noumea (Nueva Caledonia). Más recientemente fue Gerente del Programa de Investigación de Pesquerías Pelágicas en la Universidad de Hawai. Es miembro del Comité Científico y Estadístico del Consejo Regional de Gestión de Pesca del Pacífico Occidental, y ha formado parte de la delegación de Estados Unidos ante la Comisión de Pesca del Pacífico Central y Occidental. Sus intereses de investigación incluyen el análisis de desplazamientos de atunes a gran escala y la evaluación de poblaciones.

Shelton Harley es actualmente Científico Principal con el Programa de Pesquerías Oceánicas de la Secretaría de la Comunidad del Pacífico (SPC), donde dirige la Sección de Evaluación de Poblaciones y Modelado. Recibió su doctorado en biología de la Universidad Dalhousie en 2002. El Dr. Harley ha participado en la realización y revisión de evaluaciones de poblaciones de atunes para varias OROP atuneras, y es ahora el científico principal responsable de la evaluación del atún patudo en el Océano Pacífico occidental y central. Sus intereses de investigación incluyen métodos de evaluación de poblaciones, el desarrollo de puntos de referencia, y métodos para evaluar opciones de ordenación, y está muy interesado en proveer asesoramiento a los gerentes de pesquerías.

James Ianelli es profesor afiliado en la Universidad de Washington y científico de evaluación de poblaciones con la división de Ecología de Recursos y Ordenación de Pesquerías del Centro de Ciencia Pesquera de Alaska. Obtuvo su doctorado en ciencia pesquera en la Universidad de Washington en 1993, y forma parte del equipo de evaluación de poblaciones responsable de producir evaluaciones anuales de varias especies importantes de peces de fondo en el Pacífico Norte. Sus intereses de investigación incluyen el desarrollo de enfoques estadísticos para la ordenación y conservación de ecosistemas/pesquerías. Preside el equipo planificador para peces de fondo del Consejo de Gestión de Pesca del Pacífico Norte y es miembro del Panel Asesor para la Comisión para la Conservación del Atún Rojo del Sur. Es un editor principal de la revista *Natural Resource Modeling*. Más recientemente ha sido asesor para la Organización Regional de Gestión de Pesca del Pacífico Sur, involucrado en evaluaciones del jurel chileno.

André E. Punt es Profesor de Ciencias Acuáticas y Pesqueras en la Universidad de Washington. Recibió su licenciatura, maestría y doctorado en matemática aplicada en la Universidad de Ciudad del Cabo. Antes de unirse a la Universidad de Washington, el Dr. Punt fue Científico Investigativo Principal con la División de Investigación Marina y Atmosférica de CSIRO. Sus intereses de investigación incluyen el desarrollo y aplicación de técnicas de evaluación de poblaciones de pesca, modelado bioeconómico, y la evaluación del desempeño de métodos de evaluación de poblaciones y reglas de control de extracción que usan el enfoque de Evaluación de Estrategias de Ordenación. Ha publicado más de 160 documentos en la literatura revisada por pares, junto con más de 400 informes técnicos. El Dr. Punt es actualmente miembro del Comité Científico y Estadístico del Consejo de Ordenación de Pesca del Pacífico, el Equipo del

PLAN de Cangrejo del Consejo de Ordenación de Pesca del Pacífico Norte, y el Comité Científico de la Comisión Ballenera Internacional.