

INFORME DE LA REUNIÓN DE EVALUACIÓN DEL STOCK DE MARRAJO SARDINERO DE 2009

(Copenhague, Dinamarca, 22 a 27 de junio de 2009)

1 Apertura, adopción del orden del día y disposiciones para la reunión

La reunión fue inaugurada por el Dr. Jim Ellis y el Dr. Andrés Domingo, y los Presidentes dieron la bienvenida a los participantes en el Grupo de trabajo. Helle Gjeding Jørgensen dio la bienvenida a los participantes en nombre de la Secretaría del ICES y Laurence Kell, en nombre de ICCAT, dio las gracias al ICES por acoger esta reunión conjunta ICES/ICCAT. Los presidentes resumieron los términos de referencia de la reunión y presentaron los antecedentes del proceso. Tras inaugurar la reunión, se revisó y adoptó el Orden del día (**Apéndice 1**). La lista de participantes se incluye en el **Apéndice 2**. La lista de los documentos presentados a la reunión se adjunta como **Apéndice 3**.

Los siguientes participantes actuaron como relatores para las diversas secciones del informe.

<i>Sección</i>	<i>Relatores</i>
1	L. Kell
2	S. Campana, S. McCully, S. Fowler, E. Cortés
3	E. Cortés, E. Babcock, S. Campana, L. Kell
4	G. Scott
5, 6, 8	J. Ellis y A. Domingo
7	V. Restrepo

2 Actualización de datos para la evaluación

2.1 Estructura de stock y parámetros del ciclo vital

El tema de estructura de stock y parámetros de ciclo vital fue abordado en los siguientes documentos presentados: SCRS/2009/188, SCRS/2009/089; SCRS/2009/090; SCRS/2009/092; SCRS/2009/094. Algunos de estos documentos presentaban también información biológica o estudios genéticos y de marcado y se describen a este respecto en secciones posteriores de este informe.

El SCRS/2009/188 actualizaba algunos resultados preliminares del SCRS/2008/152, presentando información actualizada sobre la pesquería francesa dirigida al marrajo sardinero. Presentaba parámetros biológicos, incluyendo proporción de sexos, composición de la captura, talla de madurez, composición de la dieta, nivel trófico y curvas de crecimiento de marrajos sardineros capturados en el Golfo de Vizcaya y el mar Céltico. Las diferencias en los parámetros de crecimiento observadas entre este estudio y el comunicado para el Atlántico noroeste respaldan la hipótesis de dos stocks separados en el Atlántico norte.

El SCRS/2009/089 presentaba datos nuevos sobre la composición de tallas, la proporción de sexos y la distribución del marrajo sardinero, recopilados por el programa de observadores de la flota uruguaya de palangre pelágico. Se facilitan los datos sobre la talla de madurez de los machos (longitud a la horquilla frente a longitud del clasper), y se describe una posible zona de cría en mar abierto en aguas de Uruguay y sur de Brasil donde se capturaron marrajos sardineros de 67-119 cm de longitud a la horquilla en el verano de 2009.

El SCRS/2009/090 presentaba datos sobre la estructura genética del marrajo sardinero en el Atlántico basándose en el análisis del ADN mitocondrial de 53 ejemplares tanto del Atlántico norte (41°38'-41°50'N, 55°16'-55°74'W, n = 4) como del Atlántico sur (39°26'-43°41'S, 00°05'-26°59'E, n = 49). Estos datos respaldan la opinión actual de un flujo restringido de genes entre las poblaciones del Atlántico norte y sur. Aunque este estudio sugería que la población del Atlántico sur podría dividirse en más de una subpoblación, los datos eran insuficientes y es necesario realizar más investigaciones para examinar la estructura de los stocks del hemisferio Sur.

El SCRS/2009/092 se presentó al Grupo de trabajo como un “informe nacional sobre el marrajo sardinero” para resumir las pesquerías españolas más importantes dentro de las zonas de Convenio de ICCAT, ICES y NAFO, donde el impacto potencial sobre el marrajo sardinero podría preverse basándose en el rango de distribución de esta especie y su solapamiento geográfico con las áreas de actividad de alguna de estas flotas. España no ha desarrollado ninguna pesquería dirigida a esta especie. El marrajo sardinero es una captura fortuita muy rara en

las pesquerías de España en ICES y NAFO y el nivel de su posible captura fortuita debería considerarse nulo o insignificante. Además, el palangre de superficie español que se dirige al pez espada (*Xiphias gladius*) dentro de la zona del Convenio de ICCAT ha capturado de forma esporádica marrajo sardinero como una captura fortuita poco dominante en las zonas del Atlántico norte y sur, y las dos especies de tiburón más dominantes eran la tintorera (*Prionace glauca*) y, en menor medida, el marrajo dientuso (*Isurus oxyrinchus*). El documento resume algunas de las referencias científicas antiguas y recientes de esta flota española en la que se ha incluido información sobre marrajo sardinero desde mediados de los años ochenta del siglo pasado acerca de las áreas de actividad, nivel de capturas, tasas de captura, talla, relaciones talla-peso, distribución de sexos por talla, prevalencia relativa, etc., así como estimaciones de captura recientes y tendencias de CPUE estandarizada. El documento resume también otros documentos presentados al Grupo de trabajo (SCRS/2009/053, SCRS/2009/062 y SCRS/2009/087).

El documento SCRS/2009/094 presentaba información sobre rutas migratorias, posibles zonas de cría, comportamiento natatorio, y asociaciones medioambientales en el Atlántico noroeste. Se colocaron marcas archivo pop-up por satélite en 20 marrajos sardineros en noviembre de 2006. Los tiburones, diez machos y diez hembras, oscilaban entre 128 y 154 cm de longitud a la horquilla y fueron marcados y liberados desde un palangrero comercial que pescaba en límite noroccidental del Georges Bank, aproximadamente a 150 km al Este de Cabo Cod, MA. Basándose en las geoposiciones conocidas y derivadas, los marrajos sardineros presentaban movimientos horizontales y verticales amplios dependientes de la temporada que oscilaban entre 77-870 km y desde la superficie hasta 1300 m de profundidad, respectivamente. Todos los tiburones permanecieron en el Atlántico noroccidental, desde el Golfo de San Lorenzo y la costa de Nueva Escocia hasta el Georges Bank y desde las aguas de la plataforma continental y oceánicas hasta el sur en Carolina del Norte. En general, la población parecía contraerse durante el verano y el otoño, con una expansión más amplia durante el invierno y la primavera. Aunque los tiburones se movían en temperaturas que oscilan entre los 2 y los 26°C, la mayoría del tiempo (76%) la pasaron en aguas entre 8 y 16°C. En los meses de primavera y verano, los tiburones eran epipelágicos, nadando en los 200 m superiores de la columna de agua. A finales de otoño e invierno, algunos de los marrajos sardineros (n = 10) se trasladaron a profundidades mesopelágicas (200-1000 m). Los registros de temperatura indican que estos peces estaban probablemente asociados con la Corriente del Golfo. Dado que ninguno de estos peces se trasladó hacia el Atlántico noreste, este documento respalda también la hipótesis de dos stocks para el Atlántico norte.

2.2 Definición de stock

La **Figura 1** muestra mapas del Atlántico norte, con los límites de ICCAT, NAFO e ICES. La **Figura 2** muestra la distribución del marrajo sardinero en el Atlántico y otros océanos.

2.2.1 Marrajo sardinero del Atlántico noroccidental

Los marrajos sardineros del Atlántico noroccidental están bastante concentrados en aguas de la plataforma continental de América del Norte o adyacentes. Los datos de observadores de las flotas canadienses, estadounidense, española e islandesa indican que los marrajos sardineros se encuentran en aguas de alta mar de todo el Atlántico norte, al Norte de 35°N, pero que la CPUE de alta mar es relativamente baja. Los datos de marcado convencional (~200 recapturas de tres estudios diferentes) indican que los marrajos sardineros del Atlántico noroccidental son altamente migratorios dentro de su área de stock, pero no emprenden migraciones transatlánticas. Los resultados de marcado por satélite más reciente refuerzan esta conclusión. Por lo tanto, el subgrupo de ICCAT concluye que existe un único stock de marrajo sardinero en el Atlántico noroccidental al Norte de 35°N y al Oeste de 42°W, que corresponde aproximadamente a la región de ICCAT BIL94b y a las áreas de NAFO 0-6.

2.2.2 Marrajo sardinero del Atlántico nororiental

El Subgrupo de ICCAT consideró que existe un único stock de marrajo sardinero en el Atlántico nororiental que ocupa toda la zona del ICES (subáreas I-XIV). Este stock se extiende desde el mar de Barents hasta África noroccidental. A efectos de ordenación, el límite meridional de este stock es 36°N y el límite occidental 42°W. Dado que la abundancia de marrajo sardinero en el Atlántico central parece ser poca, la región de ICCAT BIL94b es una aproximación razonable de la zona del stock de marrajo sardinero del Atlántico nororiental. Los estudios históricos de marcado y los estudios recientes de marcado por satélite indican que pocos marrajos sardineros hacen cruces transatlánticos, si es que alguno los hace.

2.2.3 *Marrajo sardinero del Atlántico sudoccidental*

Se consideró la distribución del stock de marrajo sardinero en el Atlántico sudoccidental, al Sur de 25°S y Oeste de 20°W. Se sugirió que aparentemente comprendía aguas del océano Pacífico sudoriental, pero son necesarios datos más robustos para confirmar este hecho, que tendría implicaciones directas en la ordenación de este stock.

2.2.4 *Marrajo sardinero del Atlántico sudoriental*

Se consideró la distribución del stock de marrajo sardinero en el Atlántico sudoriental, al Sur de 25°S y al Este de 20°W. Se sugirió que podría comprender aguas del océano Índico sudoccidental pero son necesarios datos más robustos para confirmar este hecho, que tendría implicaciones directas en la ordenación de este stock.

2.2.5 *Información de otras publicaciones*

Los documentos SCRS/2001/085 y SCRS/2005/095 aportaban información sobre la distribución en el hemisferio Norte y las capturas en alta mar.

2.3 *Resumen de los parámetros del ciclo vital*

Los parámetros del ciclo vital del marrajo sardinero son razonablemente bien conocidos para los stocks del Atlántico noroccidental y el Pacífico sur, y se dispone de menos información para el stock del Atlántico nororiental y aún menos para los del Atlántico sur. Algunos parámetros biológicos (por ejemplo el crecimiento) difieren marcadamente entre el Atlántico noroccidental y el Pacífico sur, lo que indica que al menos algunos de los parámetros no son universales entre stocks, aunque otros parámetros (por ejemplo, fecundidad) son similares. La información disponible sobre el ciclo vital está resumida en la **Tabla 1**.

La información disponible sugiere que las características del ciclo vital del marrajo sardinero del Atlántico nororiental son un poco similares a las del Atlántico noroccidental, aunque las tasas de crecimiento en el Atlántico nororiental son menores que las del Atlántico noroccidental. No se dispone prácticamente de información sobre el marrajo sardinero del Atlántico sur. Sin embargo, dado que la distribución del marrajo sardinero en el Atlántico sur parece ser continua alrededor del extremo de América del Sur y de África del sur, parece probable que los parámetros del Atlántico sur sean más similares a los del Pacífico sur que a los del Atlántico norte.

2.4 *Estimaciones de captura*

2.4.1 *Visión global de los desembarques nacionales*

Se revisaron los informes de captura disponibles que se encuentran en la base de datos de Tarea I de ICCAT (a 12 de junio de 2009, **Tabla 2, Figura 3**) y se descubrió que en general eran incompletos, especialmente para las pesquerías del Atlántico sur. La información existente en varias fuentes de literatura y facilitada por los científicos nacionales que asistieron a la reunión se comparó con los informes de Tarea I y se incorporó en una recopilación de captura con el objetivo de realizar la evaluación. Los esfuerzos para estimar las capturas de las flotas de palangre que no comunican datos se llevaron a cabo utilizando datos de observadores cuando se disponía de ellos. El enfoque utilizado se discute más en profundidad en los párrafos siguientes.

El Grupo de trabajo consideró la separación de los stocks de marrajo sardinero del Noreste y Noroeste a 40°W longitud y la separación de los stocks del Sureste y Suroeste a 20°W longitud. Las capturas declaradas y estimadas para la flota española de palangre en el SCRS/2009/087 representaban una serie temporal de 1950-2008 de las estimaciones de captura de marrajo sardinero en el hemisferio septentrional para esta flota. Estas estimaciones se dividieron entre las zonas de los stocks del Noreste y Noroeste en proporción a la distribución de anzuelos pescados por la flota española basándose en la base de datos de series temporales de anzuelos que se mantiene en ICCAT, y que proporciona el esfuerzo estimado nominal de palangre (anzuelos pescados) en lapsos mensuales y una resolución espacial de 5x5. Para las capturas declaradas por otras flotas que comunicaron algunas capturas de la zona de pesca del Atlántico noroccidental central en la Tarea I se hizo una partición similar.

2.4.2 *Información sobre descartes*

No se disponía de datos suficientes, y aunque el marrajo sardinero es una especie de gran valor, es poco probable

que se descarte un gran número de peces. No se conoce la supervivencia al descarte ni para el marrajo sardinero capturado con palangre (que podría ser elevada), ni para el marrajo sardinero capturado en otras pesquerías de la plataforma continental.

2.4.3 Calidad de los datos de captura

Se consideraba que los datos de captura eran relativamente completos para el Atlántico noroccidental, aunque se indicó que, para algunas flotas de altura, los desembarques son estimados. Aunque existe una larga serie temporal de datos de desembarque en el Atlántico nororiental, algunos Estados europeos tienen registros incompletos del marrajo sardinero (o han sido declarados como tiburones genéricos). Aunque los datos de captura para este stock son considerados subestimaciones, son en su mayoría de naciones que capturan pequeñas cantidades y sí se dispone de datos de las principales naciones pesqueras.

Los datos de captura para los stocks del Atlántico sur son incompletos, ya que el(los) stock(s) podría(n) extenderse hasta el Pacífico sudoriental y el Índico sudoccidental.

2.4.4 Visión global de los datos que faltan y de los métodos para estimar las capturas

El SCRS/2009/062 presentaba una perspectiva global de las estadísticas recientes de la FAO para el marrajo sardinero y examinaba su relación con la captura comunicada del marrajo dientuso (*Isurus oxyrinchus*), estableciendo una proporción entre las dos. Los datos sugieren que podrían existir algunas incoherencias entre las estadísticas declaradas para las dos especies a lo largo de la serie temporal, resaltando la necesidad de mantener una estrecha coordinación entre las OROP y la FAO y de establecer programas destinados a la difusión de información específica dirigida a los diferentes países con el fin de mejorar las estadísticas de estas especies.

El SCRS/2009/087 presentaba la serie de captura histórica del marrajo sardinero de la flota de palangre de superficie española que se dirige al pez espada en el Atlántico norte para el periodo 1950-2008, reconstruida utilizando diversas fuentes de información, como estudios previos de los autores y datos de la Tarea I disponibles en la base de datos de ICCAT, y considerando siempre la ratio entre el marrajo sardinero y la especie objetivo. Entre 1950 y 1989 se observó una tendencia creciente. Posteriormente, se ha producido una tendencia descendente con fuertes variaciones de año en año hasta el final del periodo.

Las estimaciones de la posible captura de marrajo sardinero por parte de diversas flotas de palangre que pescaban en zonas donde se sabe que hay presencia de marrajo sardinero se basaban en la captura observada del marrajo sardinero en relación con la captura de túnidos y pez espada, siguiendo enfoques adoptados previamente para estimar las capturas de tintorera y marrajo dientuso de flotas de palangre que no comunican datos (véase por ejemplo el SCRS/2008/017 – el informe de la reunión de evaluación de tiburones de 2008). La **Figura 4** presenta una perspectiva global de la distribución global del esfuerzo de palangre comparada con la distribución del marrajo sardinero en el Atlántico, que indica que el solapamiento potencial se restringe por lo general a 30° o a mayores latitudes en ambos hemisferios.

El Grupo de trabajo sólo disponía de datos de observadores considerados suficientes para llevar a cabo esta estimación para las zonas de stock del Noroeste y Sudoeste. Para el Noroeste, se disponía de datos de observadores de Estados Unidos y Canadá de sus flotas nacionales y de datos de observadores canadienses de los buques japoneses que operan en la ZEE canadiense. Para el Atlántico sudoccidental, se disponía de los datos de observadores uruguayos para el análisis. Los datos de observadores islandeses procedentes de buques japoneses que operan en la ZEE de Islandia fueron facilitados también al Grupo de trabajo, pero estos datos se consideraron demasiado limitados geográficamente para poder aplicarlos a todas las flotas de palangre del Atlántico nororiental que no comunican datos. Se solicitaron los datos de observadores de otras flotas, pero no se recibieron durante la reunión.

Este método requiere los datos de observadores de la zona y pesquería en cuestión para determinar la ratio de captura subyacente, y realiza diversos supuestos. El supuesto clave es que la ratio de captura basada en los datos de observadores es aplicable a otras pesquerías, momentos y ubicaciones. Para probar este supuesto, se analizaron los datos de observadores de tres fuentes (Canadá, Estados Unidos e Islandia) en términos de capturas de marrajo sardinero en relación con las de túnidos y/o pez espada. Se hicieron mapas de las ratios resultantes en cuadrículas de 5 grados (**Figuras 5, 6 y 7**).

Los mapas observados de ratio de capturas indicaban que la abundancia relativa del marrajo sardinero en la captura tendía a ser mayor en la plataforma continental o cerca de la misma, y descendía marcadamente en alta

mar. Existían diferencias significativas y a veces grandes entre las ratios de captura de las diversas pesquerías de diferentes naciones, pero la proporción relativa de marrajo sardinero en la captura de alta mar era casi siempre inferior al 2%. Basándose en estos resultados, la estimación de la captura total de marrajo sardinero (sin declarar) en las pesquerías de alta mar de naciones que no han declarado previamente capturas de marrajo sardinero, sólo puede aproximarse utilizando ratios de captura. Además, para ser útiles, las ratios de captura observadas subyacentes deben ser estructuradas espacialmente (por ejemplo mediante cuadrículas de 5 grados).

Este resultado es coherente con la creencia general acerca de la distribución de la densidad (actual) de las capturas, en la que la parte dominante de la captura procede de los caladeros de la plataforma continental y del borde de la plataforma continental aunque también se producen capturas en alta mar. En una resolución más tosca (5x5), el gradiente latitudinal no era fuerte. En el noroeste, los datos de observadores canadienses de buques japoneses mostraban la mayor cobertura geográfica y por esta razón se seleccionaron para servir de base en la estimación de la proporción entre marrajo sardinero y túnidos y pez espada en la captura, a aplicar a las capturas de las flotas de palangre que no comunican datos. En el sudoeste, se utilizaron los datos de observadores uruguayos.

La **Figura 8** muestra el patrón en la proporción de marrajo sardinero respecto a los túnidos y pez espada aplicado a las capturas de pez espada y túnidos de las flotas de palangre que no comunican datos de marrajo sardinero en las zonas del stock noroccidental y sudoccidental. En la región sudoccidental, se planteó una hipótesis, basada en las observaciones, sobre un efecto del arte (monofilamento frente a multifilamento) y de la longitud. Las **Tablas 3 y 4** y las **Figuras 9 y 10** proporcionan las capturas de marrajo sardinero estimadas mediante este método para las flotas que no comunican datos en esas regiones. Estas estimaciones tienen niveles elevados, pero no cuantificados, de incertidumbre debido a las limitadas observaciones sobre las ratios de captura entre las flotas y el tiempo, pero constituyen una base para considerar el posible impacto de estas flotas en los niveles totales de captura de marrajo sardinero en comparación con las capturas de las flotas dirigidas.

Las **Tablas 5 y 6** y las **Figuras 11 y 12** muestran los patrones de captura utilizados en la evaluación para los stocks del noreste y el noroeste respectivamente. Para el hemisferio sur, los datos declarados de captura son esporádicos, como mucho, y solo unas pocas flotas comunican información. Además, se cree que las capturas realizadas en el Pacífico sudoriental y en el Índico sudoccidental influyen en los stocks de marrajo sardinero del Atlántico sudoccidental y sudoriental respectivamente, lo que debe tenerse en cuenta en futuras evaluaciones.

2.4.5 Desembarques nominales y estimados de marrajo sardinero por stock

La **Figura 13** muestra la comparación de las recopilaciones de captura del Atlántico noroccidental realizadas en esta reunión, incluyendo las estimaciones de captura de las flotas de palangre que no comunican datos, con las presentadas en el SCRS/2009/095. Existen diferencias relativamente pequeñas en estas recopilaciones de captura que justifican más investigaciones al respecto.

La **Tabla 2** muestra los desembarques nominales de marrajo sardinero (por stock) tal y como fueron comunicados a ICCAT (hemisferios noroccidental, nororiental y sur). Estos desembarques son comparables con los datos utilizados por el Grupo de trabajo sobre elasmobranchios del ICES.

2.5 Tendencias en las tasas de captura

Visión global de los datos de CPUE dependientes de la pesquería

El SCRS/2009/069 presentaba índices de abundancia relativa desarrollados para el marrajo sardinero a partir del programa de cuadernos de pesca del palangre pelágico estadounidense (1992-2008). Los índices se calcularon utilizando un enfoque delta-lognormal de dos fases que trata la proporción de lances positivos y la CPUE de las capturas positivas por separado. Se comunicaron índices estandarizados con intervalos de confianza del 95%. La serie temporal mostraba una tendencia en general descendente, que puede ser desglosada en un descenso inicial desde 1992-2001 seguido de un brusco aumento hasta 2003 y un posterior descenso hasta 2008.

El SCRS/2009/091 presentaba la CPUE estandarizada para el marrajo sardinero calculada utilizando los datos de observadores de atún rojo del Sur (SBT) de 1992-2007. La CPUE estandarizada mostraba algunas fluctuaciones pero no existía una tendencia clara. Se supone que este resultado indica que la situación del stock de marrajo sardinero no había cambiado de forma significativa durante el periodo de investigación en esta pesquería, aunque son necesarios más estudios para respaldar este supuesto plenamente.

El SCRS/2009/093 presentaba índices estandarizados de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) del marrajo sardinero capturado por la flota de palangre uruguayo. Los índices se obtuvieron mediante modelos lineales generalizados (GLM) con un enfoque delta lognormal. Los datos en peso de los peces capturados procedían de los cuadernos de pesca de la flota de palangre uruguayo que operaba en el Atlántico sur entre 1982 y 2008. La CPUE estandarizada muestra un descenso importante en los últimos doce años, lo que podría o no ser indicativo de abundancia del stock y podría ser el resultado de cambios medioambientales, cambios en las estrategias de pesca u otro tipo de cambios.

El SCRS/2009/053 presentaba las tasas de captura estandarizadas para el marrajo sardinero del Atlántico norte capturado durante el periodo 1986-2007 como una captura fortuita poco dominante en la pesquería española de palangre de superficie que se dirige al pez espada en el Atlántico. El análisis se llevó a cabo utilizando un enfoque GLM asumiendo un error de distribución delta-lognormal y consideraba diversos factores como el estilo de palangre, trimestre, cebo y también efectos espaciales al incluir siete zonas. El caso base sugería una tendencia moderadamente descendente entre 1986 y 1996, un periodo de estabilidad hasta el año 2000 y un ligero aumento a partir de entonces. Los resultados obtenidos utilizando solo el estilo tradicional de palangre indican que la tendencia era sustancialmente estable entre 1986 y 2000. Los resultados obtenidos muestran tendencias de CPUE estandarizadas que eran muy similares para toda la serie temporal, independientemente del tipo de análisis realizado. Las estimaciones científicas de capturas anuales para el periodo 1997-2008 fueron también actualizadas. El Grupo de trabajo solicitó a los autores que realizaran ensayos adicionales restringidos a las zonas definidas 1 y 2 (Oeste) y 4 y 5 (Este) para proporcionar índices de abundancia para los stocks del Atlántico noroeste y noreste, respectivamente. Estos análisis adicionales se pusieron a disposición del grupo como Anexo 1 al SCRS/2009/053. Sin embargo, los autores expresaron cierta reserva acerca de la conveniencia de las zonas seleccionadas por el grupo para hacer un seguimiento de los “stocks” o “unidades” de marrajo sardinero del Atlántico norte teniendo en cuenta la distribución de las capturas.

La **Figura 14** muestra las tendencias de CPUE para los stocks de marrajo sardinero del Atlántico noroccidental, nororiental y sudoccidental.

Disponibilidad de encuestas independientes de la pesquería

El grupo no disponía de datos independientes de la pesquería y la falta de dichos datos significa que se depende de las tendencias dependientes de la pesquería. Los datos dependientes de la pesquería para las pesquerías que se dirigen al marrajo sardinero podrían no reflejar la abundancia global del stock y los datos dependientes de la pesquería para las pesquerías en las que el marrajo sardinero es captura fortuita podrían ser altamente variables.

3 Modelo de evaluación y resultados

3.1 Modelo de producción excedente Bayesiano

3.1.1 Métodos

El documento SCRS/2009/068 aplicaba un modelo de producción excedente Bayesiano (BSP) para estimar la situación del marrajo sardinero del Atlántico noroeste y proyectar las tendencias de la población. Este modelo se utilizó en evaluaciones previas de ICCAT para la tintorera y el marrajo dientuso en 2004 y 2008. Se desarrolló una distribución previa informativa para la tasa de aumento de la población (r) basada en los datos demográficos. Los datos de captura y de captura por unidad de esfuerzo se tomaron de la evaluación de 2005 de Gibson y Campana. Los resultados del modelo BSP fueron más pesimistas que los resultados del modelo de evaluación estructurado por edad, porque el modelo BSP sólo se ajustó a los datos de CPUE de tiburones maduros, que habían descendido más que los tiburones inmaduros. Los autores recomendaron utilizar el modelo BSP para evaluar la situación de las poblaciones de marrajo sardinero del Atlántico nororiental y el Atlántico sur, ya que es posible desarrollar al menos un índice de abundancia de CPUE para cada población, así como una serie temporal de capturas. Si los datos de captura no están disponibles para toda la historia de la pesquería, el modelo BSP puede estimar las capturas a partir de los datos de esfuerzo del palangre en los primeros años de la pesquería.

Marrajo sardinero del Atlántico noroccidental

Para determinar si el modelo BSP proporciona resultados similares al modelo estructurado por edad y por espacio aplicado al marrajo sardinero del Atlántico noroccidental, sería preferible poder ajustar el modelo BSP a un índice de CPUE estandarizado en unidades de biomasa de todos los marrajos sardineros para todas las áreas

combinadas. Dicho índice no estaba disponible para la evaluación canadiense de 2009 (SCRS/2009/095), ya que todas las CPUE fueron estandarizadas dentro del modelo de evaluación en 2009 y no fue posible extraer una serie de CPUE estandarizada independiente del modelo estructurado por edad. En la evaluación canadiense de 2005 (Gibson y Campana, 2005), los índices de CPUE fueron estandarizados independientemente del modelo, pero fueron estandarizados por separado para los tiburones maduros e inmaduros en cada una de las tres regiones espaciales. Se introdujeron estas seis series de CPUE en el modelo BSP como índices de biomasa, bien ponderados por la proporción relativa de captura total en números en cada serie por cada año, o bien ponderados por igual. No fue posible hacer una ponderación por la captura total en biomasa en cada serie por cada año porque estos datos no estaban disponibles. Las capturas totales de Gibson y Campana (2005) fueron utilizadas en aras de la coherencia entre los dos modelos. La distribución previa informativa de r tenía una media de 0,05 y un CV del 10% tal y como especifica el SCRS/2009/068. La distribución previa de K y la distribución previa de Bo/K era lognormal con una media de 1,0 y un CV de 0,20.

Para utilizar el modelo BSP para evaluar la situación del marrajo sardinero del Atlántico noroccidental en 2009, se ensayó el modelo BSP con ocho series de CPUE: las seis series de CPUE canadienses hasta 2004, la serie estadounidense y la serie española para el área 1 y 2 únicamente. A cada punto de la serie de datos se le asignó una ponderación igual. Por tanto, las series canadienses en su conjunto recibieron mayor ponderación que la serie estadounidense o la española. Esto parecía adecuado considerando que la mayoría de las capturas proceden de la flota canadiense. Las capturas se tomaron de los datos de Tarea I de ICCAT, tal y como fueron asignadas por el Grupo de trabajo a las áreas de stock del noroeste o el noreste, con o sin capturas adicionales deducidas para las flotas que no comunican datos. Para r , K , y Bo/K se utilizaron las mismas distribuciones previas.

Marrajo sardinero del Atlántico sudoccidental

Para el marrajo sardinero del Atlántico sudoccidental, las capturas declaradas a ICCAT son muy pequeñas y empiezan en 1982. Las capturas no declaradas son probablemente sustanciales dado el gran esfuerzo de palangre, que cada vez crece más, en la región del Atlántico sudoccidental. Se disponía de un índice de abundancia de CPUE para la flota uruguaya desde 1982 hasta 2008. Los ensayos del modelo BSP variaban en si los puntos de datos de CPUE estaban ponderados por igual o por el inverso de sus CV y en cómo se estimaban las capturas. Las capturas se basaban en las comunicadas a ICCAT, las estimadas a partir de la serie de esfuerzo de palangre o las estimadas a partir de la proporción de marrajo sardinero respecto a otras especies en la captura (**Tablas 2 y 4**). La distribución posterior de r era informativa, con una media que tenía el mismo valor utilizado para el Atlántico noroccidental (0,05) y una desviación estándar del doble de la del Atlántico norte, lo que implica un CV de 0,21. La distribución previa de K era uniforme en K logarítmica y la distribución previa de Bo/K era lognormal con una media de 1,0 y un CV de 0,20, siendo Bo la biomasa en el primer año para el que se disponía bien de datos de captura o bien de datos de esfuerzo.

Marrajo sardinero del Atlántico nororiental

Para el marrajo sardinero del Atlántico nororiental, las mayores captures se produjeron en los años 30 y 50, mucho antes de que cualquier dato sobre CPUE estuviera disponible para hacer un seguimiento de las tendencias en la abundancia (**Figura 15**). Se intentaron diversas variaciones del modelo, bien iniciando el ensayo en 1926 o en 1961, y con un número de supuestos diferentes (**Tabla 10**). Se utilizó una distribución previa lognormal de r , con una media de 0,062 basada en los datos demográficos y un CV de 0,16. Este CV implicaba una desviación estándar del doble de la estimada a partir del análisis demográfico, para hacer la distribución previa ligeramente menos informativa. La distribución previa de K era uniforme en K logarítmica con varios límites superiores diferentes.

3.1.2 Resultados

Marrajo sardinero del Atlántico noroccidental

Para el modelo BSP aplicado a los datos de la evaluación canadiense hasta 2005, se esperaba que el ensayo del modelo con los índices ponderados por los números de captura relativa produciría resultados más similares a los resultados del modelo estructurado por edad, pero no fue así. El modelo ponderado por captura (ensayo a3 en la **Tabla 7**) producía resultados más optimistas que el modelo estructurado por edad. Este modelo estimaba la biomasa actual (2005) en el 66% de la biomasa de 1961 en comparación con el resultado del modelo estructurado por edad de que los números actuales se encontraban entre el 10 y el 24% de los números de 1961. El modelo BSP con una ponderación igual (ensayo a4 en la **Tabla 7, Figura 16**) producía resultados mucho más parecidos a los resultados del modelo estructurado por edad, estimando la biomasa actual en el 37% de la

biomasa de 1961. El modelo BSP con ponderación igual predecía que la población se recuperaría hasta B_{RMS} en aproximadamente 20 años sin pesca (**Tabla 8**). Esto es casi coherente con los resultados del modelo estructurado por edad, considerando que los resultados del modelo estructurado por edad están en números y los resultados del BSP están en biomasa.

Estos resultados demostraron que el modelo BSP puede reflejar adecuadamente la dinámica de población del marrajo sardinero, pero el modelo es bastante sensible a la forma de calcular y ponderar las series de CPUE de entrada. Los índices de CPUE estandarizada calculados en biomasa y ponderados por la captura en biomasa serían más coherentes con los supuestos del modelo BSP.

Para explorar aún más las implicaciones de la distribución previa informativa de r en los resultados finales, se hizo un análisis retrospectivo, incluyendo los datos de CPUE sólo hasta 1998, 2000 o 2002 (ensayos a403, a402 y a401 en la **Tabla 7**). La distribución posterior de r permaneció similar a la distribución previa para todos los ensayos retrospectivos. Los CV de los demás parámetros eran los más bajos cuando se incluían los datos hasta 2002 y aumentaban a medida que en algunos casos se eliminaban más años de datos. El intervalo de credibilidad de la biomasa relativa a B_{RMS} era más estrecho cuando se incluían los datos hasta 2002. Se esperaba que los CV fueran menores cuando se incluían más años de datos. Por lo general, esto era cierto para los datos desde 1998 hasta 2002. Presumiblemente, los mayores CV, utilizando los datos de 2003 y 2004, eran causados por la alta variabilidad de los datos de esos años.

Los resultados del modelo BSP aplicados a los datos hasta 2009 (ensayos NW1 y NW2 en la **Tabla 7, Figura 17**) era similares a los resultados de la evaluación canadiense estructurada por edad que sólo contaba con los datos canadienses (SCRS/2009/095). Ambas series de captura produjeron resultados similares. Estos dos modelos mostraron una merma similar a la de 2004, pero una baja tasa de mortalidad por pesca actual relativa a F_{rms} (**Figura 18**), porque las capturas de 2008 eran bajas.

Marrajo sardinero del Atlántico sudoccidental

Para todos los escenarios de captura, el modelo estimó que la biomasa había descendido desde el inicio de la pesquería, en coherencia con el descenso observado en los datos de CPUE del palangre uruguayo (**Tabla 9 y Figuras 19 a 22**). La diferencia más clara entre los ensayos del modelo es la estimación de K . Dado que la serie de captura escala las estimaciones de biomasa, los ensayos del modelo que utilizaron las capturas de ICCAT, que nunca eran superiores a 40 t por año, estimaban K en aproximadamente 1.000 t. Este valor tan bajo permitía al modelo ajustar una tendencia descendente de la biomasa con capturas muy pequeñas (ensayos SW1 y SW2). Cuando las capturas se estimaban a partir del esfuerzo, con la constante de proporcionalidad entre captura y esfuerzo calculada bien para 2005-2006 (ensayo SW4) o para 1997-2007 (ensayo SW4), la K estimada era mucho más elevada (11.000-24.000 t). Con la estimación de la ratio de captura, que era mucho más elevada que las capturas estimadas a partir del esfuerzo, especialmente en años recientes, la K estimada era de 71.000 t. Todos los modelos estimaban las tasas recientes de mortalidad por pesca por encima de F_{rms} aunque la mediana de F descendió por debajo de F_{rms} en 2009 para el ensayo SW4. Para todos los modelos, el rendimiento de sustitución era muy bajo. Este resultado se produce por la tendencia de la serie de palangre uruguayo. Sería útil contar con los datos de CPUE de las demás flotas de la región para verificar esta tendencia.

Marrajo sardinero del Atlántico nororiental

Las distribuciones posteriores de r eran similares a las distribuciones previas de todos los ensayos del modelo (**Tabla 10**). La distribución previa de K era uniforme en K logarítmica, con un límite superior de 100.000 t. Este límite superior se estableció para que fuera algo mayor que el total de la serie de captura desde 1926 hasta el presente (captura total = 92.000 t). Con una ponderación igual de todos los puntos de datos en ambas series de CPUE e iniciando el modelo en 1926 (**Figura 23, Tabla 10**), el modelo estimaba una tendencia descendente de la población con la biomasa actualmente mermada hasta el 78% de la biomasa que soportaría el rendimiento máximo sostenible B_{rms} . La distribución posterior de K tenía una moda de aproximadamente 60.000 t, pero se atribuyó una importante probabilidad a valores tan elevados como el límite superior de 100.000 t. Para determinar si los datos respaldaban un valor superior de K , se ensayó el modelo con un límite superior biológica e irrazonablemente alto de K , de 1,0E8 t (ensayo NE101 en la **Tabla 10**). El modelo estimó una distribución posterior de K que era similar a la distribución previa uniforme en K logarítmica, lo que implica que había muy poca información en los datos para permitir al modelo estimar cualquiera de los parámetros. Dado que la distribución previa era poco informativa, y permitía asignar una probabilidad importante a valores altos de K , este modelo estimó un valor esperado de K muy alto, sin casi merma en la población. Una biomasa de 1,0E8 t de marrajo sardinero no es probable dado que las tasas de captura son relativamente bajas en comparación con las

tasas de captura de pez espada, túnidos y otros tiburones, y todos ellos tienen niveles de biomasa que son inferiores a 1.0E8. Además, la biomasa total estimada de marrajo sardinero en el Atlántico noroccidental es de aproximadamente 10.000 t. También se intentó un máximo de K inferior, de 80.000 t, y produjo resultados similares a los de un límite superior de 100.000 t. El resto de ensayos del modelo especificaban 100.000 t como el valor máximo de K .

La ponderación de la serie de CPUE de España y Francia por sus capturas relativas produjo resultados similares al caso de ponderación igual (**Tabla 10** y **Figura 23**). Iniciar el modelo en 1961 y establecer una distribución previa informativa en el nivel de merma de la población en 1961, con una media de 1,0, 0,5 o 0,2, produjo resultados algo diferentes. Todos estos modelos indicaron que la población continuaba descendiendo ligeramente después de 1961, en coherencia con el descenso de la serie de CPUE francesa. El nivel actual de merma y las tasas actuales de mortalidad por pesca eran dependientes del nivel de merma asumido en 1961. Considerando que las mayores capturas de la pesquería tuvieron lugar antes de 1961, los ensayos del modelo que asumían la merma del modelo en 1961 o que empezaban en 1926 eran más realistas que los que asumían una biomasa elevada en 1961.

La **Figura 24** muestra la situación actual del marrajo sardinero del Atlántico nororiental para el modelo BSP y el modelo ASPM. Estos resultados son muy inciertos, dado que la mayoría de extracciones de la pesquería se produjo antes de que hubiera datos disponibles para estimar las tendencias en la abundancia. Todos los modelos que utilizaban supuestos biológicamente plausibles acerca de la biomasa sin pescar deducían que la población se encuentra actualmente mermada.

3.2 Modelo de producción estructurado por edad sin capturas (CFASPM)

3.2.1 Métodos

Se aplicó un modelo de producción estructurado por edad, sin capturas, espacio-estado (CFASPM; Porch et al 2005) al stock del Atlántico Suroeste de marrajo sardinero para proporcionar una comparación con el modelo BSP. En resumen, se trata de un modelo de producción estructurado por edad que no requiere capturas y que reformula la dinámica de población en términos relacionados con la biomasa virgen. La dinámica incorpora parámetros específicos de la edad para la supervivencia, fecundidad, madurez, crecimiento y selectividad. La función stock-reclutamiento se parametrizó en términos de tasa reproductiva máxima con baja densidad (α ; Myers *et al.* 1999). En el modelo se consideraron dos periodos: un periodo histórico, para el cual los datos son escasos, y un periodo moderno para el que se cuentan con datos como tasas de captura. Durante el periodo histórico el modelo utiliza una tendencia de biomasa relativa. En la **Tabla 11** se enumeran los datos biológicos y pesqueros, así como otros valores de entrada utilizados para el stock de marrajo sardinero del Atlántico suroccidental.

3.2.2 Resultados

Marrajo sardinero de Atlántico suroccidental

En la **Tabla 12** se resumen las estimaciones del estado del stock a partir del ensayo del modelo, en el que el periodo histórico fue 1961-1981 y el periodo moderno, 1982-2008. Se ajustó el modelo a las series de CPUE de palangre uruguayo en el periodo moderno. Se derivó una función de selectividad a partir de los datos de frecuencia de talla obtenidos del programa de observadores de palangre uruguayo, que se transformaron en edades utilizando la curva de crecimiento del Atlántico noroeste. De este modo se estimó una curva de selectividad logística. A petición del Grupo de trabajo, a continuación se incrementó ligeramente la pendiente de la curva (desplazándola hacia la izquierda) para dar cabida a las clases de edad tempranas (**Figura 25**). En el modelo no se utilizan datos de esfuerzo, sino que se estimó una F constante para el periodo histórico y una F media con desviaciones anuales para el periodo moderno. La estimación de la biomasa actual del stock reproductor (SSB) se situó en el 18% del nivel sin explotar y SSB_{2008}/SSB_{RMS} fue 0,48. Se estimó una tasa de mortalidad por pesca actual (F_{2008}) de 0,056, por encima de la F_{RMS} (0,03), por lo que $F_{2008}/F_{RMS}=1,72$. La tasa reproductiva máxima durante la vida (α) se situó en tan solo 2,95 y $M=0,20$. El ajuste al índice se muestra en la **Figura 26**. La tendencia relativa en SSB muestra que el modelo predecía una merma del 46% a comienzos del periodo moderno, en 1982 (**Figura 27**). Por tanto, los resultados en términos de estado del stock obtenidos del CFASPM coincidían en general con las predicciones del modelo BSP ($SSB_{2008}/SSB_{RMS} = 0,48$ vs. $B_{2008}/B_{RMS} = 0,78$; $F_{2008}/F_{RMS}=1,72$ vs. $F_{2008}/F_{RMS}=2,07$, **Figura 22**).

3.3 Modelo de producción estructurado por edad (ASPM)

3.3.1 Métodos

Se aplicó un modelo de producción estructurado por edad, espacio-estado (ASPM; Porch et al 2005) al stock de marrajo sardinero del Atlántico nororiental para proporcionar una comparación con el modelo BSP. La dinámica del modelo se estructuró por edad, y se incorporaron parámetros específicos de la edad para la supervivencia, fecundidad, madurez, crecimiento y selectividad, como en el modelo CFASPM descrito arriba. La función stock-reclutamiento se parametrizó también en términos de tasa reproductiva máxima con baja densidad (α ; Myers et al. 1999). En este caso, se estableció una distribución previa para el reclutamiento virgen (R_0) y supervivencia de neonatos (edad 0), y se atribuyeron valores M específicos de la edad para las edades 1+. Los valores de M fueron los mismos que los utilizados para la evaluación de stock del Atlántico noroccidental, a saber, $M=0,10$ para ejemplares inmaduros y $M=0,2$ para ejemplares maduros. El modelo tiene también la capacidad de considerar dos periodos: un periodo histórico, con datos escasos y que comienza cuando puede asumirse la condición virgen, y un periodo moderno, para el que existen más datos. El modelo asume un esfuerzo constante para el periodo moderno, pero da cabida a errores de procesos (desviaciones anuales en el esfuerzo pesquero). El esfuerzo para el periodo histórico puede establecerse a diferentes niveles. En la **Tabla 13** se enumeran los datos biológicos y pesqueros, así como otros valores de entrada utilizados para el stock de marrajo sardinero del Atlántico Nororiental.

3.3.2 Resultados

Marrajo sardinero del Atlántico Nororiental

En la **Tabla 14** se resumen las estimaciones del estado del stock a partir del ensayo del modelo, en el que se estableció un periodo histórico 1926-1971 y un periodo moderno 1972-2008. Se ajustó el modelo a las capturas de 1926-2008 y a dos índices en el periodo moderno: las series de CPUE de palangre de Francia (1972-2008) y las series de CPUE de palangre de España (1981-2007). Se derivó una función de selectividad a partir de los datos de frecuencia de talla obtenidos de la flota palangrera francesa, que se transformaron en edad utilizando una curva de crecimiento desarrollada recientemente para el stock del Atlántico Nororiental. De esto modo, se estimó una curva de selectividad logística (**Figura 28**).

La merma actual con respecto a la condición virgen se situó en un 6% en términos de biomasa y en un 7% en número (**Figura 29**). La fecundidad relativa actual del stock reproductor (SSF_{2008}/SSF_{RMS}) se situó en tan sólo 0,09. Se estimó una tasa de mortalidad por pesca actual (F_{2008}) de 0,09, muy superior a F_{RMS} (0,03), y por tanto $F_{2008}/F_{RMS}=3,45$. Las trayectorias de SSF y de F relativas se situaron, respectivamente, por debajo y por encima de los niveles sostenibles (**Figura 30**). El ajuste a las capturas y los índices de abundancia relativa se muestran en la **Figura 31**.

Dado que el Grupo de trabajo estimó que el alto valor constante de F , del orden de 0,08 estimado por el modelo para el periodo histórico no era realista, se decidió explorar el efecto de asumir otros niveles de F en los resultados. Se realizaron dos ensayos, uno con una $F=50\%$ del valor estimado en el ensayo original y otro ensayo con una $F=0$. Mejoró el estado del stock ($SSF_{2008}/SSF_{RMS}=0,21$ y 0,43, respectivamente) y descendió el nivel de sobrepesca ($F_{2008}/F_{RMS}= 2,54$ y 3,32, respectivamente) (**Tabla 14**).

3.4 Modelo de evaluación estructurado por edad

3.4.1 Métodos y resultados

En el documento SCRS/2009/095 se evaluaba el estado actual del marrajo sardinero en el Atlántico Noroccidental utilizando un modelo de ciclo vital, estructurado por edad y sexo con base en una proyección hacia delante, y ajustado a los datos de captura por talla y de captura por unidad de esfuerzo entre 1961 y 2008. Se presentaron cuatro variantes del modelo de población y todas diferían en su productividad asumida. Actualmente se estima que el tamaño total de la población es aproximadamente de un 22% a un 27% del tamaño de 1961 y aproximadamente un 95% a un 103% de su tamaño en 2001. El número estimado de hembras maduras en 2009 osciló entre 11.000 y 14.000 ejemplares, o entre el 12 y el 16% de su nivel en 1961, y entre el 83% y el 103% de su valor de 2001. Todos los análisis indicaban que este stock de marrajo sardinero puede recuperarse con niveles de mortalidad por pesca inferiores al 4% de la biomasa vulnerable. En el modelo de baja productividad, se predijo que la recuperación hasta SSN_{RMS} requeriría 100 años con tasas de explotación del 4%

de la biomasa vulnerable. Todos los demás modelos predijeron plazos de recuperación de décadas hasta alcanzar SSN_{RMS} .

Durante la reunión se exploró la implicación de patrones de selectividad. El ajuste del modelo de selectividad de línea plana fue considerablemente peor (valor de función objetivo de 16.277 por oposición al original 13.212), con valores extremos de residuos en proporciones por talla, lo que indica que el modelo no era apropiado. Aunque las estimaciones de mortalidad por pesca resultantes se redujeron a aproximadamente la mitad, y la biomasa explotable se duplicó, todos los puntos de referencia de mortalidad por pesca se redujeron en consecuencia, produciendo un cambio neto pequeño en la trayectoria o en el tiempo de recuperación.

3.5 Gadget

3.5.1 Métodos

La implementación de Gadget (*Globally applicable Area Disaggregated General Ecosystem Toolbox*, Begley 2003, <http://www.hafro.is/gadget>) para el marrajo sardinero del Atlántico nororiental se presentó en el documento SCRS/2009/071 y se actualizó con los nuevos datos de captura y CPUE que se presentaron a la reunión. GADGET proporciona una herramienta poderosa y flexible para crear modelos ecosistémicos. Puede ajustarse a una variedad de supuestos relacionados con las pesquerías, la estructura del stock y los parámetros del ciclo vital y utilizar datos sobre captura y abundancia relativa (que podrían ser biomasa, basada en la edad o en la talla), marcado y contenidos estomacales. Se desarrolló un modelo de un solo stock, zona y flota, estructurado por edad y talla, que puede usarse ahora para realizar proyecciones con diferentes escenarios de ordenación. Gadget puede utilizarse potencialmente para evaluar el valor de recopilar información adicional sobre pesquerías y biología y de utilizar métodos de evaluación y medidas de ordenación alternativas, sobre todo porque permitirá representar la estructura espacial. Se tiene la intención de utilizarlo en el futuro para evaluar los métodos de evaluación de stock como BSP y ASPM. También para especies como el marrajo sardinero, para las que hay pocos datos y una gran incertidumbre, Gadget puede contribuir al desarrollo de una ordenación precautoria al evaluar medias alternativas como límites de talla y restricciones espaciotemporales, y puede contribuir a diseñar proyectos de investigación para mejorar nuestro conocimiento del marrajo sardinero y de las pesquerías en las que se captura.

4 Proyecciones

4.1 Modelo de producción bayesiana excedente

Marrajo sardinero del Atlántico nororiental

Se utilizaron los cinco ensayos de modelo BSP más creíbles para el marrajo sardinero del Atlántico nororiental para generar trayectorias de abundancia proyectadas para una gama de captura constante y estrategias de ordenación con tasas de extracción constantes. La biomasa resultante prevista en relación con la B_{RMS} , la probabilidad de que la biomasa se sitúe por encima de B_{RMS} , la probabilidad de que la biomasa se sitúe por encima de la biomasa actual y la mediana del número de años necesarios para la recuperación (**Tabla 15, Figura 32**) varía en los diferentes ensayos. Es probable que con el TAC actual de 436 t la población se mantenga bastante estable en la mayoría de los modelos. Se requieren reducciones en la mortalidad por pesca para que la población pueda recuperarse, y en la mayoría de los modelos se requerían varias décadas para la recuperación (**Tabla 16**).

4.2 Análisis de rendimiento por recluta

El análisis BSP se concentra en el Total admisible de captura, tal y como se ha indicado antes la ordenación precautoria también requiere la evaluación de medidas alternativas como límites de talla y restricciones encaminadas a mejorar el patrón de selección en la pesquería. Por tanto, se procedió a realizar un análisis de rendimiento por recluta utilizando FLR (www.flr-project.org).

En la **Figura 33** se evalúan los efectos de los diferentes patrones de selección en el stock de marrajo sardinero del Atlántico Nororiental. Dicha figura muestra cuatro patrones de selección correspondientes a curvas de líneas planas y cóncavas (líneas gruesas y finas, respectivamente) y con una selectividad máxima en las edades 5 o 13 (línea roja y línea azul, respectivamente). La edad 13 se corresponde con la edad de madurez de las hembras y

con la talla máxima de desembarque (MLL) de 210 cm de longitud a la horquilla. Los parámetros del ciclo vital se extrajeron de la implementación de Gadget.

El análisis muestra que tanto el tamaño como el rendimiento potencial del stock se incrementaban si la mortalidad se reducía en los peces inmaduros (azul).

En la **Figura 34** la mortalidad de ejemplares con una talla superior a la MLL se redujo a 0.

En la **Tabla 17** se muestra la mortalidad por pesca, el rendimiento, la biomasa, y la SSB en relación con la conseguida con un nivel de esfuerzo correspondiente a $F_{0.1}$ para un patrón de selección de línea plana con una selección máxima en la edad 3. La diferencia debida a la MLL, tal y como se ve también al comparar las **Figuras 33 y 34**, reside en el hecho de que los niveles de stock mejoran a expensas del rendimiento.

5 Recomendaciones de investigación

El Grupo consideró la importancia de desarrollar proyectos de investigación a nivel regional (stock) que podrían tener como resultado un rápido incremento de nuestro conocimiento disponible sobre el marrajo sardinero:

- Se instó a los científicos a que estudien los aspectos operativos y técnicos de las flotas que tienen como resultado una reducción de las capturas incidentales de tiburones y/o la maximización de oportunidades de liberación de ejemplares vivos.
- Preparar estimaciones mejores de los descartes en las pesquerías de la plataforma y de alta mar, e iniciar estudios para medir la supervivencia tras la liberación.
- Programas de observadores para recopilar datos con mayor resolución sobre tasas de captura para aquellas flotas en las que existe una elevada probabilidad de captura fortuita de marrajo sardinero, lo que incluye los programas existentes de observadores de mamíferos marinos.
- Comprender mejor la dinámica del marrajo sardinero en el hemisferio sur, en conjunción con otras OROP, incluidas la IOTC, CCSBT e IATTC para cotejar mejor los datos sobre captura, distribución, CPUE comercial y estructura del stock.
- Dado que la identificación de stocks para los stocks del Atlántico sur no está clara, se requieren más estudios (estudios genéticos así como estudios sobre el ciclo vital y sobre marcado) para tener más información sobre las unidades de stock en el hemisferio sur.
- Aunque la estructura de stock del Atlántico norte se conoce mejor, es necesario realizar trabajos de investigación específicos. Por ejemplo para entender mejor la afinidad de las capturas de Islandia y la mezcla potencial entre el marrajo sardinero del Atlántico Noroccidental y del Mediterráneo.
- Se requiere una mejor comprensión de los movimientos migratorios y verticales del marrajo sardinero en las principales zonas de su distribución para entender mejor la interacción potencial entre las poblaciones y actividades pesqueras.
- El marrajo sardinero podría estar asociado con características hidrográficas (o podría tratarse de un efecto indirecto mediante la asociación con sus principales presas). Un conocimiento mejor de la distribución espaciotemporal del marrajo sardinero en relación con dichos rasgos ecosistémicos/medioambientales (lo que incluye la estructura de la población) podría facilitar la comprensión de las tendencias en la CPUE y en la captura.
- En aguas canadienses se ha establecido una ordenación espacial del marrajo sardinero. Un conocimiento más profundo de la distribución y la fidelidad a los hábitat clave del marrajo sardinero (lo que incluye zonas de parición y de cría, y los puntos con una alta proporción de hembras maduras) facilitará la utilización más extendida de la ordenación espacial
- La dependencia de datos dependientes de la pesquería para las evaluaciones es problemática, ya que dichos datos no son necesariamente informativos. Se requiere que se realicen prospecciones independientes de las pesquerías para el marrajo sardinero en las principales zonas del stock

- Se podría disponer de más información histórica sobre datos de captura y esfuerzo y este aspecto debería investigarse. En ausencia de datos de esfuerzo histórico, las estimaciones del tamaño de la flota podrían ser un buen sustituto.
- Dado que el marrajo sardinero es un stock pelágico clave de los ecosistemas de la plataforma continental así como de alta mar, ICCAT y otras OROP (por ejemplo, NAFO, ICES) deberían seguir cooperando para desarrollar evaluaciones y acciones de ordenación para estas especies.

6 Recomendaciones de ordenación

Deberían considerarse medidas de ordenación precautorias para los stocks con la mayor vulnerabilidad biológica y cuya conservación suscita preocupación, así como para aquellos para los que se dispone de muy pocos datos. Se sabe que el marrajo sardinero es susceptible a la sobrepesca.

Dado que el marrajo sardinero es sobre todo una especie de plataforma continental, las OROP pertinentes deberían armonizar entre sí las medidas de ordenación, e ICCAT debería facilitar una comunicación apropiada.

Atlántico sur

Los datos para el marrajo sardinero del Atlántico sur son muy limitados para proporcionar una indicación robusta del estado del(los) stock(s). Los datos limitados indican un descenso en la CPUE de la flota uruguaya, lo que sugiere un potencial descenso en la abundancia del marrajo sardinero en el Atlántico suroccidental hasta niveles por debajo del nivel que permite el RMS. Los resultados de los dos enfoques de modelación aplicados al stock del Atlántico suroccidental (BSP y CFASPM) coincidieron en estimar niveles de merma por debajo del RMS y tasas de mortalidad por pesca por encima de las que producen el RMS. Pero la captura y los demás datos son en general demasiado limitados para que se puedan definir niveles de captura sostenibles. La reconstrucción de la captura indica que los desembarques comunicados suponen una importante subestimación de los desembarques reales.

La información y los datos para el marrajo sardinero en el Atlántico suroccidental son demasiado limitados para que se pueda evaluar su estado. Los patrones de tasas de captura disponibles sugieren estabilidad desde comienzos de los noventa. Esta tendencia no puede considerarse en un contexto a largo plazo y, por tanto, no aporta información sobre los niveles actuales en relación con la B_{RMS} .

Dada la historia de merma en el Atlántico norte, los indicios de descenso por debajo de la RMS en el Atlántico suroccidental y la ausencia de datos básicos de captura y esfuerzo de las flotas totales que tienen impacto en el stock (lo que incluye las flotas ajenas a ICCAT), la Comisión debería considerar la adopción de medidas precautorias, lo que incluye la restricción de las pesquerías que afectan al (a los) stock(s) limitándolas sólo a las capturas fortuitas y/o la restricción de las actividades pesqueras en zonas en las que se sabe que existe una elevada abundancia de fases importantes de ciclo vital (por ejemplo, zonas apareamiento, parición y cría). Otras flotas (nacionales) deberían comunicar los datos de esfuerzo y captura de conformidad con la Resolución 07-06.

La distribución del (los) stock(s) del Atlántico sur se extiende a otras cuencas oceánicas, lo que enfatiza la necesidad de armonizar tanto la recopilación de datos biológicos y pesqueros como la ordenación con otras OROP.

Atlántico Nororiental

El stock del Atlántico nororiental cuenta con el historial más largo de explotación comercial. La falta de datos para el punto máximo de la pesquería genera una incertidumbre considerable a la hora de identificar el estado actual del stock en relación con la biomasa virgen. Las evaluaciones exploratorias indican que la biomasa actual se sitúa por debajo de la B_{RMS} y que la mortalidad por pesca reciente está cerca o posiblemente por encima de F_{RMS} .

ICES considera que el stock está mermado, especialmente en las partes septentrionales de la zona ICES. ICES sugirió que el stock estaba todavía mermado y que las pesquerías en las partes septentrionales de la zona del stock no se han retomado desde el momento en el que se alcanzó el punto máximo de dicha pesquería.

Las pesquerías en la parte meridional de la zona del stock continúan en niveles bajos, pero hay alguna evidencia de un descenso de la CPUE en el tiempo. Los datos de CPUE para las cifras máximas de la pesquería no estaban disponibles y, por tanto, no reflejan las tendencias a largo plazo.

Las evaluaciones realizadas en la reunión respaldan la anterior opinión de ICES sobre la merma del stock.

ICES (2008), en ausencia de evaluación cuantitativa, recomendó que *dado el estado del stock, no debería permitirse la pesca dirigida al marrajo sardinero, debería limitarse la captura fortuita y no deberían permitirse los desembarques de marrajo sardinero.*

Las medidas de ordenación vigentes en la CE en el Atlántico nororiental incluyen el establecimiento de un TAC. Los desembarques comunicados en 2008 fueron inferiores al TAC. En 2009 se introdujo una talla máxima de desembarque (210 cm de longitud a la horquilla) para evitar que las pesquerías se dirijan a las hembras maduras.

Dado el estado de merma del stock, su baja productividad y la incertidumbre en la evaluación, es conveniente adoptar medidas conservadoras en el marco del enfoque precautorio. La Comisión debería considerar adoptar TAC que proporcionen una alta probabilidad de recuperación del stock. Además, la Comisión debería considerar la restricción de las actividades pesqueras en zonas que se sabe que tienen una elevada abundancia de importantes fases del ciclo vital (por ejemplo, zonas de apareamiento, parición y zonas de cría). Las naciones y OROP deberían considerar adoptar medidas de ordenación adicionales para reducir la mortalidad por pesca (por ejemplo, la CE estableció restricciones de talla).

Las pesquerías de alta mar no deberían dirigirse al marrajo sardinero y debería comunicarse toda la captura fortuita. Debido a que hay una menor presencia de marrajo sardinero en alta mar, la recopilación y comunicación de datos de captura fortuita requerirían un muestreo de observadores científicos con un alto nivel de cobertura. Un incremento del esfuerzo en alta mar dentro de la zona del stock podría comprometer los esfuerzos de recuperación del stock.

Se estima que para que el stock se recupere hasta la B_{RMS} con una mortalidad por pesca igual a 0 tendrían que transcurrir aproximadamente 15-34 años (**Tabla 15**). Para que se produzca una recuperación del stock se requerirían reducciones de la mortalidad por pesca continuas. (**Tabla 16**).

El TAC actual (436 t) podría permitir que el stock se mantenga estable, en su nivel actual de biomasa mermada, y esto en el escenario de modelo más creíble. Capturas cercanas al TAC actual (por ejemplo, 400 t) implicarían niveles de captura que podrían permitir al stock recuperarse hasta B_{RMS} en algunos escenarios de modelo, pero con un alto grado de incertidumbre y en una escala temporal de 60 (40-124) años.

Capturas constantes de 200 t o inferiores se traducirían en probabilidades más elevadas de recuperación hasta la B_{RMS} en 25-50 años en casi todos los escenarios de modelo.

Dada la incertidumbre en la evaluación y la baja productividad del stock, cualquier pesquería debe ser objeto de un seguimiento exhaustivo y debe ser evaluada en intervalos frecuentes.

Atlántico noroccidental

Los científicos canadienses actualizaron sus evaluaciones del stock de marrajo sardinero del Atlántico noroccidental. Esta evaluación indica que la biomasa está mermada y se sitúa muy por debajo de la B_{RMS} , aunque la mortalidad por pesca reciente es inferior a la F_{RMS} . La biomasa reciente parece estar incrementándose. Actualmente, en la ZEE canadiense se ha establecido un régimen de capturas conservador (TAC de 185 t, frente a un RMS de 250 t, cierre de las zonas de apareamiento a las pesquerías dirigidas). A pesar de ello, se ha proyectado que tendrán que transcurrir décadas para conseguir la recuperación del stock debido a la baja productividad de esta especie.

La modelación adicional realizada por el Grupo de trabajo utilizando un enfoque de producción excedente tuvo como resultado una estimación similar del estado del stock, a saber, niveles de merma por debajo de B_{RMS} y tasas de mortalidad por pesca actuales también por debajo de F_{RMS} .

El éxito del programa de recuperación canadiense depende de una comunicación adecuada de todas las capturas, lo que incluye las realizadas por las flotas que pescan en alta mar. Parece que las capturas realizadas dentro de la ZEE canadiense se comunican adecuadamente. Sin embargo, no está clara la cantidad de marrajo sardinero

capturada en alta mar por la flotas palangreras, ya que está muy generalizada la no comunicación y la comunicación genérica de los tiburones.

Se volvió a estimar la captura potencial de marrajo sardinero de las diferentes flotas palangreras de altura que pescan donde se sabe que hay marrajo sardinero, utilizando las ratios observadas de capturas de marrajo sardinero con respecto a las capturas de pez espada y túnidos. Para el Atlántico noroccidental esta reconstrucción indica que las capturas de marrajo sardinero realizadas por la flota de palangre de altura suponían una proporción menor de la captura histórica total comunicada y que estas capturas han sido incluso inferiores en años recientes.

La inclusión en la evaluación de las capturas de alta mar reconstruidas no afectó a los resultados de un modo significativo. Las futuras evaluaciones deben cubrir la totalidad de la zona del stock. Dado que actualmente las capturas en alta mar son proporcionalmente bajas dentro de la captura total comunicada, no se prevé que la inclusión de las capturas reconstruidas cambien de un modo significativo los niveles de captura requeridos para alcanzar los objetivos de conservación en el Plan de ordenación canadiense.

Estados Unidos ha adoptado planes de ordenación para reducir la mortalidad por pesca de marrajo sardinero, para respaldar los planes de ordenación establecidos en las aguas canadienses, lo que incluye un TAC de 1,7 t para el peso canal (2008).

La Comisión debería adoptar medidas de ordenación que respalden los objetivos del Plan de ordenación canadiense. Las pesquerías de alta mar no deberían dirigirse al marrajo sardinero y debería comunicarse toda la captura fortuita. Debido a que hay una menor presencia de marrajo sardinero en alta mar, la recopilación y comunicación de datos de captura fortuita requerirían un muestreo de observadores científicos con un alto nivel de cobertura..

Las zonas que se sabe que tienen una elevada abundancia de importantes fases del ciclo vital (por ejemplo, zonas de apareamiento, zonas de parición y zonas de cría) deberían ser objeto de restricciones a la pesca. Estas zonas no están sólo en la ZEE canadiense.

Un incremento del esfuerzo en alta mar, dentro del área del stock, podría comprometer los esfuerzos de recuperación del stock.

7 Resumen ejecutivo para el marrajo sardinero

El Grupo decidió finalizar y aprobar el resumen ejecutivo para el marrajo sardinero durante la reunión del Grupo de especies sobre tiburones de septiembre

8 Otros asuntos

No se debatieron otros asuntos

9 Adopción del informe y clausura

El informe se adoptó por correspondencia. El Presidente agradeció a los participantes el trabajo realizado y la reunión fue clausurada.

TABLAS

- Tabla 1.** Resumen de los parámetros biológicos del marrajo sardinero, adaptado de Francis *et al.* (2008).
- Tabla 2.** Capturas (t) estimadas de marrajo sardinero (*Lamna nasus*) por área, arte y pabellón principales (a 12 de junio de 2009).
- Tabla 3.** Estimaciones de la posible captura de marrajo sardinero de las flotas de palangre que no comunican datos y operan en las zonas del stock del noroeste basadas en las ratios de captura.
- Tabla 4.** Estimaciones de la posible captura de marrajo sardinero de las flotas de palangre que no comunican datos y operan en las zonas del stock del sudoeste basadas en las ratios de captura.
- Tabla 5.** Niveles de captura estimados de marrajo sardinero del Atlántico nororiental por pabellón, adoptados por el Grupo de trabajo para la evaluación.
- Tabla 6.** Niveles de captura estimados de marrajo sardinero del Atlántico noroccidental por pabellón. La columna con SCRS/2009/052 representa la recopilación de captura utilizada en la evaluación y presentada en ese documento y la columna “%Diff” representa el porcentaje de diferencia entre las estimaciones recopiladas en esta reunión y en el SCRS/2009/095.
- Tabla 7.** Definiciones del modelo BSP, valores esperados de la distribución posterior y CV de los parámetros estimados para el Atlántico noroccidental.
- Tabla 8.** Tablas de decisión para el modelo BSP ajustado a las seis series de la evaluación canadiense de 2005 para el marrajo sardinero del Atlántico noroccidental, con cada punto de datos ponderado por igual. Las políticas de captura son tasas de captura (HR) como una fracción de la biomasa total.
- Tabla 9.** Definiciones del modelo BSP, valores esperados de la distribución posterior y CV de los parámetros estimados para el Atlántico sudoccidental.
- Tabla 10.** Definiciones de los ensayos del modelo BSP y resultados para el Atlántico nororiental.
- Tabla 11.** Entradas del modelo para el modelo de producción estructurado por edad y sin captura (CFASPM) aplicado al stock de marrajo sardinero del Atlántico sudoccidental.
- Tabla 12.** Estimaciones de la situación del marrajo sardinero del Atlántico sudoccidental obtenidas con el CFASPM (los valores entre paréntesis son CV. F_{modern} se refiere a la mortalidad por pesca en el primer año para el que había datos disponibles (1982); F_{hist} se refiere a la mortalidad por pesca en el primer año del ensayo del modelo (1926)).
- Tabla 13.** Entradas del modelo para el modelo de producción estructurado por edad (SPASM) aplicado al stock de marrajo sardinero del Atlántico nororiental.
- Tabla 14.** Estimaciones de la situación del marrajo sardinero del Atlántico nororiental obtenidas con el ASPM.
- Tabla 15.** Tablas de decisión para los modelos BSP para el marrajo sardinero del Atlántico nororiental mostrando: (a) la biomasa esperada relativa a Brms en 10, 20 o 50 años, (b) la probabilidad de que la biomasa esté por encima de Brms, (c) la probabilidad de que la biomasa esté por encima de la biomasa actual para un número de F constante y estrategias de ordenación de captura total constante, y (d) el número de años hasta que la trayectoria de la mediana de la biomasa se recupere hasta B_{RMS} .
- Tabla 16.** Probabilidades medias en los 5 ensayos del modelo BSP más creíbles para la población del marrajo sardinero del Atlántico nororiental.
- Tabla 17.** Mortalidad por pesca, rendimiento, biomasa y SSB relativas a las alcanzadas en un nivel de esfuerzo correspondiente al nivel de $F_{0.1}$ para un patrón de selección plano con una selección máxima en la edad 3.

FIGURAS

- Figura 1.** Mapas de los límites de ICCAT, NAFO e ICES en el Atlántico norte.
- Figura 2.** Distribución de los stocks de marrajo sardinero (*Lamna nasus*).
- Figura 3.** Capturas declaradas y estimadas de marrajo sardinero del Atlántico en la Tarea I (a 12 de junio de 2009).
- Figura 4.** Distribución de la densidad de anzuelos pescados por la pesquería de palangre para los túnidos y especies afines del Atlántico en 1950-2007 solapada con la distribución del marrajo sardinero en el Atlántico.

Figura 5. Capturas de marrajo sardinero:pez espada/túnidos observadas en la pesquería japonesa de palangre pelágico.

Figura 6. Ratios de captura de marrajo sardinero:pez espada/túnidos observadas en la pesquería canadiense de palangre pelágico.

Figura 7. Ratios de captura de marrajo sardinero:pez espada/túnidos observadas en la pesquería estadounidense de pez espada.

Figura 8. Porcentaje de marrajo sardinero observado en la captura de túnidos y pez espada en función de la longitud, hemisferio y tipo de arte (multifilamento frente a monofilamento) utilizado para estimar la captura potencial de marrajo sardinero de las flotas de palangre que no comunican datos y que pescan en las zonas del stock.

Figura 9. Captura potencial estimada de marrajo sardinero de las flotas de palangre que no comunican datos utilizando las ratios de captura para el stock del noroeste. Las observaciones limitadas en la serie temporal producen una incertidumbre sin cuantificar en las estimaciones.

Figura 10. Panel izquierdo: Captura potencial estimada de marrajo sardinero de las flotas de palangre que no comunican datos utilizando las ratios de captura para el stock del sudoeste. Las observaciones muy limitadas en la serie temporal producen una incertidumbre elevada pero sin cuantificar en las estimaciones. Panel derecho: Comparación de estimaciones para las flotas de palangre que no comunican datos con niveles de captura declarada en el conjunto de datos de Tarea I para la zona del stock del sudoeste.

Figura 11. Captura por pabellón de marrajo sardinero del Atlántico nororiental utilizada en la evaluación. Aunque estas capturas se consideran las mejores disponibles, se cree que son una subestimación de las capturas de palangre pelágico de esta especie.

Figura 12. Captura por pabellón de marrajo sardinero del Atlántico noroccidental disponible para la evaluación, incluyendo la captura estimada de las flotas de palangre que no comunican datos que, en este caso representan una pequeña proporción del total global.

Figura 13. Comparación de las recopilaciones de captura del Atlántico noroccidental realizadas en esta reunión, incluyendo estimaciones de captura de las flotas de palangre que no comunican datos, con las presentadas en el SCRS/2009/095. Existen diferencias relativamente pequeñas en estas recopilaciones de captura que justifican una investigación más en profundidad.

Figura 14. Serie de CPUE para el stock de marrajo sardinero NW (arriba), el stock NE (abajo izquierda), y el stock SW (abajo derecha).

Figura 15. Datos de captura y CPUE para el marrajo sardinero del Atlántico nororiental.

Figura 16. Para el marrajo sardinero del Atlántico noroccidental, el modelo BSP se ajustó a las seis series canadienses ponderadas por igual, (a) se ajustó a la tendencia de biomasa (línea) y a la serie de CPUE (puntos), (b) a las distribuciones previa (línea) y posterior (puntos) de r , (c) a las distribuciones previa y posterior de K , y (d) a la mediana y al intervalo de credibilidad del 80% para la biomasa relativa a B_{RMS} sin pesca después de 2004.

Figura 17. Para el modelo BSP que termina en 2009 con igual ponderación, y las series de CPUE canadiense, estadounidense y española, (a) serie de CPUE y tendencia de biomasa ajustada, (b) distribuciones previa (línea) y posterior (puntos) de K , (c) distribuciones previa y posterior de r y mediana e intervalo de credibilidad del 80% de (d) biomasa relativa a B_{RMS} y (e) F .

Figura 18. Diagramas de fase que muestran el valor esperado de B/B_{RMS} y F/F_{RMS} en el año actual, que es 2005 (rombos) o 2009 (círculos), para los ensayos descritos en la Tabla BSP NW 1, así como los valores aproximados del SCRS/2009/095 (cuadrados). B/B_{MSY} se calculó aproximadamente a partir del SCRS/2009/095 como N_{2009}/N_{1961} multiplicado por dos. Las barras de error son la desviación estándar más y menos uno.

Figura 19. Resultados de BSP para el marrajo sardinero del Atlántico sudoccidental, con la serie de CPUE uruguaya y una ponderación igual de los puntos de datos y las capturas de la Tarea I de ICCAT (ensayo SW1), (a) serie de CPUE y tendencia de biomasa ajustada, (b) distribuciones previa (línea) y posterior (puntos) de K , (c) distribuciones previa y posterior de r y mediana e intervalo de credibilidad del 80% de (d) biomasa relativa a B_{RMS} y (e) F .

Figura 20. Modelo BSP para el Atlántico sudoccidental asumiendo que las capturas son proporcionales al esfuerzo (Ensayo SW3), con la constante de proporcionalidad calculada con datos de 2005-2006, (a) serie de CPUE y tendencia de biomasa ajustada, (b) distribuciones previa (línea) y posterior (puntos) de K , (c) distribuciones previa y posterior de r , (d) capturas estimadas (línea) y declaradas (puntos) y mediana e intervalo

de credibilidad del 80% de (e) biomasa relativa a B_{RMS} y (f) a F.

Figura 21. Resultados de BSP para el marrajo sardinero del Atlántico sudoccidental con capturas estimadas a partir de la ratio entre marrajo sardinero y túnidos y pez espada (ensayo SW5), (a) serie de CPUE y tendencia de biomasa ajustada, (b) distribuciones previa (línea) y posterior (puntos) de K, (c) distribuciones previa y posterior de r, y mediana e intervalo de credibilidad del 80% de (d) biomasa relativa a B_{RMS} y (e) F.

Figura 22. Diagrama de fase para el marrajo sardinero del Atlántico sudoccidental, mostrando la situación en 2009 a partir de resultados de los ensayos del modelo BSP (rombos) y del modelo de producción estructurado por edad sin captura (cuadrados). Las barras de error son la desviación estándar más y menos uno.

Figura 23. Ponderación igual. España (áreas 4 y 5) y Francia (estandarizada), con datos de captura desde 1926 y máximo de K establecido en 100000 (ensayo NE1), (a) serie de CPUE y tendencia de biomasa ajustada, (b) distribuciones previa (línea) y posterior (puntos) de K, y mediana e intervalo de credibilidad del 80% de (c) biomasa relativa a B_{RMS} y (d) F.

Figura 24. Diagrama de fase que muestra la situación actual del marrajo sardinero del Atlántico nororiental para el modelo BSP (rombos) y el modelo ASPM (cuadrados). Las barras de error son la desviación estándar más y menos uno.

Figura 25. Función de selectividad logística ajustada a los datos de frecuencia de edad estimada a partir de tallas de marrajo sardinero observadas en el programa de observadores pelágicos de Uruguay.

Figura 26. Ajuste al índice de CPUE uruguayo e índice de merma histórico basado en asumir una situación virgen en 1961 para el marrajo sardinero del Atlántico sudoccidental. La línea sólida es el ajuste al índice uruguayo y la línea sombreada es el ajuste al índice de merma histórica.

Figura 27. Tendencia de la biomasa relativa del stock reproductor (SSB) para el modelo CFASP asumiendo una situación virgen en 1961 para el marrajo sardinero del Atlántico sudoccidental. Los puntos de la línea corresponden a la merma al principio del periodo moderno (1982) y a la merma actual (2008).

Figura 28. Función de selectividad logística ajustada a los datos de frecuencia de edad estimada a partir de tallas de marrajo sardinero consignadas en la flota de palangre francés.

Figura 29. Merma en biomasa total (panel superior) y números (panel inferior) para el modelo SPAS asumiendo una situación virgen en 1926 para el marrajo sardinero del Atlántico nororiental. Los puntos de la línea corresponden a la merma al inicio del periodo moderno (1972) y a la merma actual (2008).

Figura 30. Trayectorias de biomasa relativa y mortalidad por pesca para el modelo SPAS asumiendo una situación virgen en 1926 para el marrajo sardinero del Atlántico nororiental.

Figura 31. Ajustes del modelo a las capturas (panel superior) e índices de CPUE para modelo ASPM asumiendo una situación virgen en 1926 para el marrajo sardinero del Atlántico nororiental.

Figura 32. Mediana de las trayectorias de B/B_{RMS} para cada estrategia de captura total. Cada línea es uno de los cinco ensayos del modelo BSP creíbles.

Figura 33. Análisis por recluta, arriba-izquierda) patrón de selección, arriba-derecha) reproductor por recluta, abajo-izquierda) rendimiento por recluta, abajo-derecha) rendimiento frente a SSB.

Figura 34. Análisis por recluta para una talla máxima de desembarque (MLL) 100% efectiva, arriba-izquierda) patrón de selección, arriba-derecha) reproductor por recluta, abajo-izquierda) rendimiento por recluta, abajo-derecha) rendimiento frente a SSB.

APÉNDICES

Apéndice 1. Orden del día

Apéndice 2. Lista de participantes

Apéndice 3. Lista de documentos