

COMISIÓN INTERAMERICANA DEL ATÚN TROPICAL
TALLER SOBRE PUNTOS DE REFERENCIA PARA ATUNES Y PECES
PICUDOS

La Jolla, California (EE.UU.)
27-29 de octubre de 2003

INFORME

Compilado por Mark N. Maunder

AGENDA

1. Introducción
2. Informes sobre objetivos de ordenación y uso de puntos de referencia
 - 2.1 Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT, Allen y Maunder)
 - 2.2 Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico (CICAA, Restrepo)
 - 2.3 Secretaría de la Comunidad del Pacífico (SPC, Hampton)
 - 2.4 Servicio Nacional de Pesquerías Marinas (NMFS) de EE.UU.
 1. Pacific Islands Fisheries Science Center (PIFSC, Kleiber)
 2. Southwest Fisheries Science Center (SWFSC, Crone)
 3. Southeast Fisheries Science Center (SEFSC, Ortiz)
3. Puntos de referencia multiespecíficos y de ecosistema (Hall y Maunder)
4. Investigación
 - 4.1. Evaluación de la estrategia de ordenación para el carite (Hoyle)
 - 4.2. Aplicación de indicadores de biomasa reproductora por recluta (BRPR) y efectos de especificar incorrectamente la mortalidad por pesca que produce el rendimiento máximo sostenible (F_{RMS}) para los atunes aleta amarilla y patudo en el Océano Pacífico oriental (OPO, Harley y Maunder)
 - 4.3. Evaluación estocástica de estrategias de ordenación para el atún (Hoyle, Maunder, y Harley)
 - 4.4. Incertidumbre en los puntos de referencia (Conser)
 - 4.5. El peso crítico como punto de referencia (Maunder)
5. Discusión de puntos de referencia
6. Recomendaciones

ANEXO

1. Participantes

1. Introducción

La CIAT celebra un taller técnico cada año sobre un tema de importancia significativa para la evaluación de las poblaciones de atunes y peces picudos en el Océano Pacífico oriental (OPO). El tema de la reunión surge de necesidades de investigación identificadas en el análisis científico anual. En el año anterior, el taller técnico fue dedicado a los requisitos diagnósticos para modelos altamente parametrizados tales como los que usan la CIAT y la SPC para evaluar los atunes en el OPO y el Océano Pacífico occidental-central, respectivamente. Los resultados de esta reunión fueron usados en las evaluaciones de los atunes patudo y aleta amarilla en el OPO durante 2003.

La CIAT ha elaborado varios puntos de referencia en los últimos años, y los presenta en sus Informes de Evaluación de Stocks anuales. Son usados también por la mayoría de las agencias involucradas en la ordenación y evaluación de atunes y peces picudos. Sin embargo, los puntos de referencia están menos desarrollados para los atunes y peces picudos que para muchas otras especies. Además, la ordenación de las pesquerías del mundo tiende hacia un mayor uso de puntos de referencia. Por lo tanto, se decidió en la reunión sobre la evaluación de poblaciones de la CIAT que un taller técnico sobre puntos de referencia para atunes y peces picudos sería de beneficio para la evaluación y ordenación de estas especies.

La reunión fue organizada para permitir presentaciones y discusiones. Las presentaciones fueron divididas en 1) descripciones de los objetivos de organizaciones y su uso de puntos de referencia, y 2) descripciones de investigación sobre puntos de referencia. Además, hubo presentaciones sobre puntos de referencia multiespecíficos y de ecosistema y la evaluación de estrategias de ordenación. Se dedicó mucho tiempo a las discusiones. Se aprovechó la sección final de la reunión para elaborar recomendaciones sobre puntos de referencia para atunes y peces picudos en general y para la CIAT en particular.

2. Informes sobre objetivos de ordenación y uso de puntos de referencia

2.1. Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT, R. Allen y M. Maunder)

La Convención de la CIAT de 1949 establece el objetivo formal de ordenación para la Comisión, el de mantener las poblaciones de peces en niveles que permitan la captura máxima sostenible. Las especies mencionadas específicamente en la Convención son el aleta amarilla, barrilete, peces de carnada, “y otras clases de peces que pescan las embarcaciones atuneras.” Se entiende que tanto los factores naturales como la acción del hombre afectan la abundancia de las poblaciones de peces.

Aunque esto no constituye un enfoque de ecosistema completo, va mucho más allá de lo que se podría considerar el enfoque monoespecífico a la ordenación de la pesca de mediados del siglo veinte. La meta de la ordenación (“mantener las poblaciones de peces amparados por esta Convención en niveles que permitan la captura máxima sostenible”) puede ser usada para definir un punto de referencia, que puede ser visto como punto de referencia límite u objetivo.

Mientras que la Convención de 1949 establece los objetivos formales, la nueva Convención de Antigua brinda una perspectiva actual sobre el planteamiento de los países miembros. Los objetivos de ordenación de la Convención de Antigua son más específicos que los de la Convención de 1949, pero no los contradicen, por lo que es apropiado tomar en cuenta sus disposiciones al considerar los puntos de referencia. La Convención de Antigua conserva el objetivo general de mantener las poblaciones de especies explotadas en niveles que puedan producir el rendimiento máximo sostenible (RMS).

Algunos de los puntos nuevos más importantes son:

- Aplicación del criterio de precaución;
- Objetivos diferentes para especies que pertenecen al mismo ecosistema;
- Una referencia específica a medidas para prevenir una capacidad de pesca excesiva.

La CIAT considera varios puntos de referencia y cantidades relacionadas en sus Informes de Evaluación

de Stocks anuales. Los puntos de referencia están generalmente más desarrollados para las especies principales de atunes (aleta amarilla y patudo), pero se presentan también para varias especies de peces picudos.

El cociente de biomasa reproductora (*spawning biomass ratio*, SBR) es el cociente de la biomasa reproductora a la biomasa reproductora media en ausencia de pesca. Se compara esta valor con el SBR necesaria para producir el rendimiento máximo sostenible (SBR_{RMS}). El SBR es también la cantidad presentada en proyecciones a futuro. Las estimaciones del SBR y su relación con SBR_{RMS} han cambiado entre las evaluaciones debido a cambios en los valores usados para crecimiento, inclinación de la relación población-reclutamiento, fecundidad, y valores de la tasa de mortalidad por pesca por edad.

Se calcula el RMS a partir de la mortalidad por pesca por edad actual. Se calcula también sobre la base de la mortalidad por pesca por edad basada en una sola pesquería, lo que permite comparar la eficacia de cada método de pesca con respecto al rendimiento máximo. Se presenta también el SBR asociado. Se calculan asimismo el RMS y SBR para dos regímenes de productividad diferentes para el atún aleta amarilla.

Se comparan gráficos de la trayectoria de la biomasa con gráficos de la biomasa que se esperaría si no hubiese ocurrido la pesca. Estos gráficos ilustran el nivel de reducción, tomando en cuenta la trayectoria de tiempo del reclutamiento, y podrían ser más informativas que comparaciones con la biomasa no explotada de equilibrio, usadas en el SBR.

La edad crítica es un concepto teórico que incrementa al máximo el rendimiento de una cohorte que resultaría si se capturaran todos los individuos a una sola edad. Se compara el peso correspondiente a la edad crítica con el peso promedio en la captura total y el peso promedio en cada pesquería, predicha por el modelo de evaluación de poblaciones. El peso correspondiente a la edad crítica podría brindar información sobre la condición de la población y la eficacia de los distintos métodos de pesca con respecto a incrementar al máximo los rendimientos.

Se calcula el potencial reproductor total para cada clase de edad para dar una indicación del efecto de cada método de pesca sobre el potencial reproductor de la población. El cálculo se basa en un cambio marginal en número y también en un cambio marginal en peso para reflejar la diferencia que un pez de cada edad contribuye a la captura debido a diferencias en peso.

El RMS_{ref} , una aproximación del RMS global, es calculado como el rendimiento sostenible más alto al capturar solamente peces a una sola edad. Se calcula para ilustrar los rendimientos potenciales de la población y para brindar una medida de la eficacia de cada método de pesca con respecto a incrementar el rendimiento al máximo. El SBR_{ref} es el SBR asociado con el RMS_{ref} .

Se usa un análisis retrospectivo para indicar que las estimaciones del SBR actual son altamente inciertas. Se usan análisis de sensibilidad, particularmente a la inclinación de la relación población-reclutamiento, para indicar la sensibilidad de los puntos de referencia e indicadores.

2.2. Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico (CICAA, V. Restrepo)

La Convención de la CICAA especifica como uno de sus objetivos el "mantenimiento de las poblaciones ... a niveles que permitan una captura máxima continua y que garanticen la efectiva explotación de estas especies en forma compatible con estas capturas." Por ende, el objetivo implícito es una biomasa alrededor de la biomasa correspondiente al RMS (B_{RMS}) y/o la mortalidad por pesca correspondiente al RMS (F_{RMS}). En la práctica, la CICAA ha establecido planes de reconstrucción para varias poblaciones sobre-explotadas; en estos casos, el objetivo ha sido llegar a B_{RMS} en un cierto año con una probabilidad de 50% o más.

Los grupos de trabajo de evaluación de la CICAA intentan por lo tanto estimar puntos de referencia (o indicadores) relacionados con B_{RMS} y F_{RMS} con varios métodos. Se presta mayor atención a estadísticas de cociente (por ejemplo, B_t/B_{RMS} , donde B_t es la biomasa en el momento t), que a cantidades absolutas. Se usan principalmente modelos de producción tradicionales, seguidos por una variedad de análisis estructu-

rados por edad. En términos de expresar incertidumbre en estas estimaciones, se usan procedimientos estadísticos comunes, tales como el *bootstrap*. Sin embargo, se puede tomar en consideración una variedad de resultados juntos al comunicar incertidumbre a la Comisión.

Los lineamientos para límites y objetivos en el Acuerdo sobre Poblaciones de Peces de la ONU de 1995 quedan potencialmente en conflicto el objetivo implícito de F_{RMS} de la CICAA. Los científicos de la CICAA han recomendado que sean identificadas y evaluadas para varias poblaciones reglas de control de ordenación que definan tanto los límites como los objetivos. Se ha recomendado que la especificación de alternativas sea realizada conjuntamente por científicos y gerentes y que las evaluaciones sean efectuadas con estudios de simulación.

2.3. Secretaría de la Comunidad del Pacífico (SPC, J. Hampton)

La Convención de Pesca del Pacífico Occidental y Central requiere el uso de puntos de referencia en la elaboración de asesoría científica y el criterio de precaución para el diseño e instrumentación de medidas de ordenación. La guía clave de la Convención es el objetivo de "... mantener o restablecer las poblaciones a niveles capaces de producir el rendimiento máximo sostenible, con las limitaciones ambientales y económicas pertinentes ...". Esto indica que puntos de referencia basados en $RMS - B_{RMS}$ y F_{RMS} figurarán de forma importante en la asesoría de ordenación que se tenderá a la Comisión de WCPF. La adopción del criterio de precaución significará posiblemente que se fijarán puntos de referencia límite de tal forma que habrá una probabilidad razonablemente pequeña de que se rebase el punto de referencia límite. Además, la Convención requiere que "... los miembros de la Comisión ... asegurarán la sustentabilidad a largo plazo de las poblaciones de peces altamente migratorios en el Área de la Convención y fomentarán el objetivo de su utilización óptima." Esto implica que habrá la necesidad de al menos vigilar variables tales como el rendimiento por recluta y el peso medio en relación con el peso crítico, para que se pueda proveer asesoría con respecto la utilización óptima.

En los últimos años, las evaluaciones de poblaciones realizados por el Programa de Pesquerías Oceánicas del SPC han procurado incorporar algunas de estas ideas antes de que la Comisión entre en funciones. Las evaluaciones usan el enfoque MULTIFAN-CL, e integran en el modelo una estimación del parámetro de población-reclutamiento de Beverton y Holt y una estimación de rendimiento. Se estiman el RMS y los puntos de referencia asociados basados en B y F condicionado en supuestos sobre la inclinación población-reclutamiento y la selectividad general por edad de las pesquerías combinadas. Se estiman los intervalos de confianza para los cocientes de B_{actual} a B_{RMS} y F_{actual} a F_{RMS} usando empleando tanto la aproximación de máxima verosimilitud como normal.

2.4. Servicio Nacional de Pesquerías Marinas (NMFS)

2.4.1. Centro de Ciencia Pesquera de las Islas del Pacífico (PIFSC, P. Kleiber)

Los objetivos de ordenación del Servicio Nacional de Pesquerías Marinas (NMFS) en la región de las islas del Pacífico están regidas, al igual que en las demás regiones, por la versión de 1996 de la Ley Magnuson-Stevens de Conservación y Ordenación de Pesca (M-SFCMA), con modificaciones acorde con la Ley de Especies en Peligro y la Ley de Protección de Mamíferos Marinos. El objetivo fundamental definido por la M-SFCMA es manejar los recursos pesqueros "para el beneficio óptimo de la Nación." Quedan plasmadas en los "Estándares Nacionales 1" (NS1) de la M-SFCMA exhortaciones específicas. Incluyen lograr un "rendimiento óptimo" sobre una "base continua" y al mismo tiempo evitar la sobrepesca y mantener las poblaciones de los recursos a salvo de una condición sobreexplotada.

A fin de cumplir con los requisitos de los NS1, NMFS creó un conjunto de lineamientos para ayudar a refinar bajo varias circunstancias los conceptos de rendimiento óptimo, sobrepesca, y condición sobreexplotada y para definir las reglas para examinar la situación de una población de peces con respecto a dichos conceptos y a las reglas de acción de ordenación cuando la situación necesite ser cambiada. Desgraciadamente, los NS1, y los lineamientos e particular, no han encajado bien con la naturaleza, particularmente la naturaleza internacional, de los peces y las pesquerías pelágicas en la zona de las Islas del Pací-

fico, con el resultado que el Consejo Regional de Ordenación Pesquera del Pacífico Occidental (WPRFMC) ha tenido dificultades para promulgar reglas que acuerden con los lineamientos. Eventualmente, el WPRFMC adoptó el enfoque subyacente de las reglas ya aprobadas para las pesquerías pelágicas en la costa este de EE.UU., que también se encuentran metidas en una situación internacional. Las nuevas reglas preferidas para la región de las Islas del Pacífico han sido ahora aceptadas.

Entre tanto, parece que otras regiones también han tenido dificultades para ajustarse a los lineamientos, y en febrero de 2003 NMFS propuso un nuevo conjunto de lineamientos NS1 para resolver algunos de los problemas. Los nuevos lineamientos son controvertidos, y todavía no han sido adoptados formalmente. Como era de esperar, las organizaciones no gubernamentales (ONG) argumentan que los lineamientos deberían, si acaso, promulgar reglas más estrictas, mientras que la industria aboga por lineamientos que produzcan reglas más relajadas.

La investigación sobre puntos de referencia y reglas de control no ha sido realizada por el WPRFMC ni el PIFSC. Sin embargo, afuera del alboroto y contención de determinar reglas aceptables para los puntos de referencia y los lineamientos correspondientes, los científicos del PIFSC han estado colaborando con otras instituciones regionales e internacionales en el Pacífico para efectuar evaluaciones de poblaciones y elaborar metodologías de evaluación de poblaciones. Esto es, al fin de cuentas, donde se averigua la información sobre la condición de los peces y las pesquerías de datos de la pesca y otros, independientemente de si dicha información es entonces escudriñada a través del prisma de las reglas de punto de referencia. Esta labor tampoco es libre de controversias, pero trata de cuestiones más fundamentales, o más contundentes, tales como si ha tenido lugar una verdadera tendencia en el reclutamiento o "cambio de régimen" con posibles implicaciones para la sustentabilidad a largo plazo de los niveles actuales de aprovechamiento.

2.4.2. Centro Sudoeste de Ciencia Pesquera (SWFSC, P. Crone)

El Consejo de Ordenación de Pesca del Pacífico (PFMC) es uno de ocho consejos regionales del NMFS. La jurisdicción del PFMC es esencialmente la Zona Económica Exclusiva frente al litoral occidental continental de EE.UU. Cada Consejo queda obligado por ley a acatar generalmente las estipulaciones de la M-SFCMA y, en particular, las orientaciones técnicas documentadas en el NS1 de dicha ley. En general, los enfoques de ordenación se basan en la teoría y aplicación de RMS y, más recientemente, el concepto de "rendimiento óptimo" (OY), integradas en Planes de Ordenación Pesquera (FMP) formales. Las estrategias de explotación óptima inherentemente consideran principios "de precaución" y esencialmente, definen niveles objetivo más cautelosos que los que se recomiendan en enfoques basados en RMS, por ejemplo, $0.75(F_{RMS})$.

Especies administradas bajo los auspicios del PFMC caen generalmente en cuatro amplias clasificaciones, concretamente poblaciones pelágicas costeras (sardinias, caballas, calamares, *etc.*), poblaciones altamente migratorias (atunes, peces picudos, tiburones, *etc.*), peces de fondo (peces roca, peces planos, *etc.*), y poblaciones de salmones (poblaciones de salmones del Noroeste Pacífico y costera de California, *etc.*). Fueron discutidos los puntos de referencia biológicos (BRP) y reglas de control de aprovechamiento (HCR) para dos de estos grupos de especies: poblaciones pelágicas costeras (sardina del Pacífico); y poblaciones altamente migratorias (albacora del Pacífico Norte).

En el caso de la sardina del Pacífico, se ha establecido un HCR único que incorpora varios BRP, incluyendo una fracción de explotación basada en un parámetro oceanográfico (temperatura superficial del mar, T) relacionado con F_{RMS} , y con estimaciones del tamaño actual de la población (B_t), umbral mínimo de biomasa (*Cutoff*), y distribución de la población en aguas de EE.UU. (*U.S. Distribution*). La forma general del HCR es:

$$\text{Lineamiento de aprovechamiento}_{t+1} = (B_t - \text{Cutoff}) \cdot \text{Fracción} \cdot \text{U.S. Distribution},$$

en que los parámetros que se pueden estimar incluyen B_t y *Fracción*, y *Cutoff* (150,000 toneladas) y *U.S. Distribution* (87% de la población que se encuentra en aguas de EE.UU.) son variables fijas. Se determina B_t mediante una evaluación cuantitativa (revisada por pares) y se estima *Fracción*, que sirve de indica-

dor para F_{RMS} , como sigue;

$$F_{RMS} \equiv \text{Fracción} = 67.4558 - 8.1901(T) + 0.2486(T^2)$$

Todas las especies altamente migratorias, incluyendo la albacora del Pacífico Norte, son administradas de conformidad con la Regla de Control RMS “por defecto”, esbozada en la M-SFCMA. La Regla de Control RMS es bastante general, y define las condiciones actuales (tamaño de la población y mortalidad por pesca) relativas a puntos de referencia “objetivo” (B_{RMS} y F_{RMS}) y “límite” (umbral de tamaño mínimo de población y umbral de mortalidad por pesca máxima). Por último, se incorpora una extensión de dicha Regla de Control, denominada la Regla de Control OY, también en la FMP de especies altamente migratorias, que esencialmente define tasas de mortalidad por pesca más conservadoras para especies “vulnerables” (de productividad baja) como tiburones.

2.4.3. Centro Sudeste de Ciencia Pesquera (SEFSC, M. Ortiz)

En el caso de especies altamente migratorias en el Atlántico, Estados Unidos administra todas sus pesquerías de atunes y peces picudos conforme a las disposiciones del M-SPCMA bajo las aplicaciones y acuerdos de la CICAA, de la cual es parte contratante. Existen dos planes de ordenación de pesca (FMP) para especies altamente migratorias, el FMP de atunes, pez espada, y tiburones del Atlántico y el FMP de peces picudos. Los dos objetivos fundamentales de estos planes son frenar o prevenir la sobrepesca y reconstruir poblaciones de peces sobreexplotadas para asegurar la sustentabilidad a largo plazo de las poblaciones. Los FMP requieren que se definan puntos de referencia para la tasa de mortalidad por pesca (F) y para la biomasa de cada población. Se usarán estos puntos de referencia para determinar la condición de la población o las poblaciones. Los FMP definieron las reglas de control de puntos de referencia límite para F y biomasa de cada población que identificarían cuando ocurre sobrepesca y/o cuando la población se encuentra sobreexplotada. El Umbral de Tamaño de Población Mínimo (MSST) define una biomasa límite por debajo del cual cualquier nivel de biomasa será considerado sobreexplotado. El umbral de mortalidad por pesca máxima (MFMT) define la tasa de pesca por encima de la cual la población será clasificada como condición sobrepescada. Los FMP de atunes y peces picudos definieron F_{RMS} y la fracción correspondiente de B_{RMS} como el MFMT y MSST, respectivamente, para todas las especies administradas, con excepción del atún aleta azul del Atlántico, para el cual se define la biomasa en términos de la biomasa de la población reproductora. Estos FMP definieron las fracciones de MSST como función de las tasas de mortalidad natural (M – en realidad un equivalente escalar de la tasa de mortalidad anual); por lo que $MSST = B_{límite} = (1-M)B_{RMS}$ cuando $M < 0.5$ y $MSST = B_{límite} = 0.5 B_{RMS}$ cuando $M \geq 0.5$. En el caso de las evaluaciones actuales de especies de atunes y peces picudos, solamente las evaluaciones del atún aleta amarilla de Atlántico usan valores de M de más de 0.5.

Según estas definiciones, las poblaciones de atunes y peces picudos son consideradas “sanas” si los cocientes de B/B_{RMS} actuales son mayores que el MSST, F/F_{RMS} es menor que el MFMT, y la población NO se encuentra en la fase de reconstrucción. Consistentemente, se consideran “no sana” una población cuando la biomasa disminuye por debajo del MSST, en cual caso se debe reducir F a un nivel inferior a F_{RMS} (MFMT) para reconstruir la población. Cuando F es mayor que MFMT, esta ocurriendo sobrepesca y debe ser detenida de inmediato. Es importante notar que para los atunes y pez espada del Atlántico administrados internacionalmente por la CICAA, se considera F_{RMS} como punto de referencia objetivo, y no límite.

Además de reglas límite o de control, el FMP también definió puntos de referencia objetivo hacia los que la pesquería debería apuntar a largo plazo. Cuando una pesquería es “sana”, los administradores procurarán fijar F para que produzca el rendimiento óptimo (OY), resultando en un tamaño de población B_{OY} . OY es el rendimiento de una pesquería que proveerá el mayor beneficio general a la nación, particularmente con respecto a la producción de alimento y oportunidades recreativas, y tomando en cuenta la protección de ecosistemas marinos. F_{OY} es la F_{RMS} de la pesquería, reducida por cualquier factor social, económico, o ecológico pertinente. Ya que F_{OY} no puede ser mayor que F_{RMS} , entonces B_{OY} (la B de equilibrio o promedio asociada con F_{OY}) debe ser igual a o mayor que B_{RMS} .

Cuando una población es definida como “no sana” el FMP especifica un plan de reconstrucción. Para los atunes y peces picudos, se consideran solamente planes de reconstrucción que especifican un escenario de captura constante.

NMFS dependerá del informe de los resultados de la evaluación de la población y evaluación de la pesquería (SAFE) para determinar la condición de la población y seguirá el procedimiento de marco antes de cambiar cualquier medida de ordenación. Las poblaciones en fase de reconstrucción también tienen metas específicas de biomasa y tasa de pesca. Ambos FMP han definido el objetivo de reconstrucción de biomasa como B_{RMS} . En el caso de especies altamente migratorias, las alternativas de ordenación y reconstrucción siguen las recomendaciones y programas definidos por el Comité Científico sobre Investigación y Estadísticas de la CICAA. Los FMP también establecieron que se debe fijar un nivel de probabilidad aceptable (certidumbre) para establecer objetivos y para determinar el nivel de confianza que se puede tener en las estimaciones de recuperación para asegurar que las poblaciones se estén reconstruyendo. Cualquier acción de ordenación bajo consideración para poblaciones de especies altamente migratorias debería tener al menos un 50% de probabilidad del efecto deseado.

3. Puntos de referencia multiespecíficos y de ecosistema (M. Hall y M. Maunder)

Muchas agencias de ordenación de pesca e investigadores están enfocando ahora en los efectos de la pesca sobre múltiples especies y el medio ambiente. La elaboración de puntos de referencia multiespecíficos o de ecosistema podría ser apropiada para brindar asesoría a administradores sobre los impactos de una pesquería sobre el ecosistema. Hay varios tipos de puntos de referencia, incluyendo 1) puntos de referencia mono-específicos aplicados a múltiples especies (por ejemplo, todas las especies han de estar por encima de $S/S_0 = 0.2$, donde S es la biomasa reproductora actual y S_0 es la biomasa reproductora en ausencia de pesca), 2) puntos de referencia basados en combinaciones de especies (por ejemplo, la suma del rendimiento de todas especies = RMS), o 3) puntos de referencia de ecosistema basados en propiedades emergentes (por ejemplo, nivel trófico medio).

Se ha realizado mucho menos investigación de la elaboración de puntos de referencia multiespecíficos y de ecosistema en comparación con los puntos de referencia mono-específicos. Quedan numerosos problemas por resolver. Por ejemplo, los ecosistemas cambian naturalmente con el medio ambiente, las pesquerías pueden abarcar múltiples ecosistemas, cuántas especies deberían ser consideradas, cuáles especies deberían ser consideradas (especies clave, especies indicadoras), disponibilidad de datos para especies no aprovechadas, debería haber límites superiores de abundancia para algunas especies, y son insensibles a especies las medidas. Los puntos de referencia son solamente una parte de la ordenación, y medidas de ordenación que reducen los efectos sobre el ecosistema necesitan ser elaboradas (por ejemplo, los niveles de aprovechamiento que deberían ser instrumentados, y las medidas de mitigación que podrían ser instrumentadas).

4. Investigación

4.1. Evaluación de la estrategia de ordenación del carite de Queensland (S. Hoyle)

En la evaluación de estrategias de ordenación, se predicen las consecuencias de estrategias de ordenación alternativas en términos relevantes a los que toman las decisiones. Esta manifestación de análisis de decisiones tiene cuatro componentes esenciales: objetivos de ordenación, criterios de desempeño, opciones de ordenación, y un método para predecir el desempeño de las opciones. Los que toman las decisiones necesitan estar directamente involucrados en especificar los criterios de desempeño y ordenación opciones.

El proceso fue ilustrado, usando el ejemplo de la pesquería de carite en la costa este de Queensland. Las ventajas importantes del uso de este enfoque, en conjunto con un modelo operativo bayesiano, incluyen: 1) el enfoque informa en términos relevantes a los que toman las decisiones, por lo que es probable que los resultados sean usados; 2) evalúa el sistema de ordenación en su totalidad, integrando a través de la incertidumbre, lo cual incrementa la exactitud de las predicciones; 3) los criterios de desempeño proveen una moneda común para evaluar las alternativas de ordenación. Es mejor expresar los criterios de desempeño en términos de objetivos ‘reales’ (por ejemplo, rendimiento medio, ganancias, riesgo de biomasa por

debajo del nivel crítico) que en objetivos derivados o sustitutos (por ejemplo, proximidad a B_{RMS}), ya que es más probable que los que toman las decisiones los entiendan y los usen.

4.2. Aplicación de indicadores de biomasa reproductora por recluta (BRPR) y efectos de especificar F_{RMS} incorrectamente para los atunes aleta amarilla y patudo en el Océano Pacífico oriental (S. Harley y M. Maunder)

En los modelos estructurados por edad, muchos factores contribuyen al F_{RMS} estimado y al RMS y biomasa de reproductores en RMS (S_{RMS}) asociados, por ejemplo, la curva reproductor-reclutamiento supuesta y la mortalidad por edad, madurez, y selectividad. Usando datos de evaluaciones de atunes patudo y aleta amarilla en el OPO, demostramos que F_{RMS} es sensible a la inclinación (la fracción del reclutamiento virgen producida si el tamaño de la población reproductora es reducido al 20% de su nivel no explotado; controla la rapidez de la disminución del reclutamiento cuando el tamaño de la población reproductora es reducido) de una curva reproductor-reclutamiento Beverton-Holt. Desgraciadamente, es difícil estimar la inclinación, por lo que hay una buena probabilidad de que nuestros valores supuestos sean incorrectos.

Para evaluar las posibles consecuencias de especificar incorrectamente la inclinación, usamos ecuaciones simples de equilibrio para un modelo estructurado por edad. Estimamos el F_{RMS} asociado con un valor de inclinación dado y aplicamos esa mortalidad por pesca a una población para la cual la inclinación verdadera fue diferente a la supuesta. Para tanto el patudo como el aleta amarilla descubrimos que suponer que la inclinación es 1.0 (el supuesto actual) resultará en pérdidas considerables en rendimientos y reducciones de la abundancia de reproductores a muy por debajo de S_{RMS} si la inclinación verdadera es menos de 1.0. Descubrimos que suponer una inclinación de alrededor de 0.6-0.7 resultó en una mortalidad por pesca que produjo rendimientos tan sólo ligeramente inferiores al RMS si la inclinación verdadera estaba entre 0.5 y 1.0. Esta mortalidad por pesca fue equivalente a una biomasa reproductora por recluta (BRPR) de 0.4-0.5. Suponer una inclinación de 0.6-0.7 o usar un indicador de BRPR = 0.45 resultará probablemente en un incremento al máximo del rendimiento esperado, dada nuestra incertidumbre con respecto a la forma de la curva reproductor-reclutamiento.

4.3. Evaluación estocástica de estrategias de ordenación para el atún (S. Hoyle, M. Maunder, y S. Harley)

Se usó un modelo operacional estocástico elaborado para la pesquería de atún aleta amarilla del OPO para realizar una evaluación de estrategia de ordenación, con el propósito de demostrar aspectos del proceso para discusión. Los criterios de desempeño basados en el objetivo de ordenación de RMS definidos fueron rendimiento promedio / RMS (Y/RMS), biomasa de año final / B_{RMS} (B/B_{RMS}), y el riesgo de que la biomasa reproductora fuera reducida a menos del 20% del tamaño virgen de la población ($S_{min} < 20\% S_0$). Las opciones de ordenación fueron basadas en valores de inclinación alternativos supuestos, $h_{supuesto}$, con la tasa de aprovechamiento fijado de acuerdo a los lineamientos técnico Magnuson-Stevens del NMFS bajo $h_{supuesto}$. El desempeño de las estrategias de ordenación fue evaluado en un rango de valores de inclinación en el modelo operacional. El modelo incluyó una evaluación anual de la biomasa disponible con un error de 30% distribuido normalmente, un error de instrumentación (normal) de 10% en fijar la tasa de aprovechamiento, y una variación anual logarítmica normal en el reclutamiento de 60%. Se fijaron los valores de otros parámetros en las estimaciones de verosimilitud máxima de la evaluación del atún aleta amarilla de 2003. Suponer una inclinación de 0.6 produjo un Y/RMS similar y B/B_{RMS} y $S_{min} < 20\% S_0$ mejores que valores más altos. Una inclinación de 0.4 produjo de nuevo B/B_{RMS} más alto y $S_{min} < 20\% S_0$ más bajo, pero con cierto costo en Y/RMS . Se aplicó el modelo al patudo también, comenzando en la biomasa actual estimado y proyectando 5 años al futuro.

4.4. Incertidumbre en puntos de referencia (R. Conser)

El uso de puntos de referencia biológicos como base formal para la ordenación de poblaciones de peces se ha vuelto común en los océanos del mundo. Los puntos de referencia de uso más común se basan en tasas de mortalidad por pesca (F) ($F_{20\%}$, $F_{40\%}$, $F_{0.1}$, F_{MAX} , etcétera), pero en los últimos años ha aumentado el interés en puntos de referencia basados en biomasa. Sin embargo, para la mayoría de las poblaciones de

atunes – incluyendo la albacora del Pacífico norte (*Thunnus alalunga*) – no ha sido adoptado un punto de referencia biológico acordado como parte formal del proceso de ordenación de la pesca. Con la ordenación internacional venidera de las poblaciones de atunes en el Océano Pacífico occidental y central, es probable que se intensifique el interés en la consideración de puntos de referencia biológicos apropiados.

Tradicionalmente, al seleccionar un punto de referencia biológico se tenía que hacer un balance entre obtener el rendimiento máximo de una población y asegurar su sustentabilidad a largo plazo. En la mayoría de los casos, se usan modelos sencillos (por ejemplo, biomasa reproductora por recluta - BRPR) para calcular la estimación de punto de un punto de referencia acordado basado en F para compararlo con la estimación de punto de F reciente de un modelo de evaluación de población. Es común una incertidumbre considerable en ambas estimaciones de punto, pero normalmente no se toma en cuenta en el proceso de juzgar si la F reciente rebasa un punto de referencia establecido basado en F .

Usando la albacora del Pacífico Norte como ejemplo, se ilustran métodos para incorporar formalmente los aspectos estocásticos de estimación de puntos de referencia, estimación de F reciente, y proyecciones de población. Los resultados indican que algunos puntos de referencia son más difíciles de estimar que otros (o sea, la precisión de las estimaciones puede variar considerablemente). Por consiguiente, además del balance tradicional usado para seleccionar los puntos de referencia (o sea, entre rendimiento y sustentabilidad), podría ser justificada una consideración de la precisión de las estimaciones.

4.5. Peso crítico como punto de referencia (M. Maunder)

La CIAT presenta el peso crítico en sus Informes de Evaluación de Stocks desde hace varios años. Se compara el peso crítico, el peso correspondiente a la edad crítica, con el peso promedio en la captura total y el peso promedio en cada pesquería, predicha por el modelo de evaluación de poblaciones. La edad crítica es un concepto teórico que incrementa al máximo el rendimiento de una cohorte al extraer todos los individuos a una sola edad. El peso correspondiente a la edad crítica podría proveer información sobre la condición de la población y la eficacia de los distintos métodos de pesca con respecto a incrementar al máximo los rendimientos. Se realizaron análisis para determinar si el peso crítico es apropiado como punto de referencia para la ordenación de la pesca.

Análisis para distintos valores de la inclinación de la relación población-reclutamiento, mortalidad natural, tasa de crecimiento, y edad de madurez señalaron que el cociente del peso promedio en la captura en el rendimiento máximo sostenible (RMS) al peso crítico fue relativamente insensible y alrededor de 0.8. Sin embargo, este cociente es muy sensible a la curva de selectividad.

Pescar en un nivel que produce un peso promedio que es el 80% del peso crítico, produce rendimientos cercanos al RMS y es relativamente insensible a la selectividad (edad de primera captura en selectividad en filo de cuchillo) y es robusto a pequeños errores de especificación en mortalidad natural o tasa de crecimiento. El peso crítico no pareció ser un buen indicador de condición de la población.

El nivel de 80% del peso crítico podría ser un punto de referencia útil para especies con poca información. El cálculo del peso crítico requiere solamente estimaciones de mortalidad natural y tasa de crecimiento por edad. Una evaluación de población basada en peso crítico requiere solamente la medición del peso promedio. Hay varios problemas posibles con el uso de peso crítico como punto de referencia, incluyendo la dificultad de estimar la tasa de mortalidad natural, y la sensibilidad del peso promedio a fluctuaciones del reclutamiento.

5. Discusiones

Tuvieron lugar numerosas discusiones entre los participantes después de cada presentación y en las sesiones especiales al fin de la reunión. En general, estas discusiones condujeron a las recomendaciones presentadas en la Sección 6. Los temas de discusión incluyeron: cuáles años usar al calcular puntos de referencia, puntos de referencia dinámicos *versus* de equilibrio, presentaciones de puntos de referencia como cocientes de indicadores a los puntos de referencia para incluir incertidumbre, cuál selectividad usar al crear puntos de referencia, puntos de referencia para áreas locales, cómo relacionar efectos de método de

pesca sobre puntos de referencia, balance entre estimaciones de capturabilidad y estimaciones de reclutamiento, la relación entre puntos de referencia objetivo y límite, dificultades para determinar puntos de referencia de ecosistema, puntos de referencia multiespecíficos *versus* de ecosistema, si B_{RMS} debería ser objetivo o límite, sobrepesca sostenible, y adopción de las recomendaciones del *Marine Stewardship Council* como guía para puntos de referencia.

Un concepto que fue discutido y necesita definición es biomasa virgen. Podría significar condiciones prístinas antes de cualquier pesca, condiciones en el tiempo cero del conjunto de datos, o la estimación de las condiciones actuales de no haber ocurrido pesca. Hace falta una definición similar de S_0 : ¿es la biomasa reproductora en tiempo cero o que corresponde a esfuerzo cero?

6. Recomendaciones

6.1. Generales

Fueron recomendados para mayor investigación varios puntos de referencia límite, particularmente aquellos basados en la probabilidad de rebasar el límite; por ejemplo:

- probabilidad X de que la biomasa reproductora actual (S_{cur}) esté por debajo de $S_{F=FRMS}$
- probabilidad X de que S actual esté por encima de S_{min} donde S_{min} es el límite de confianza inferior y % de $S_{F=FRMS}$
- $p(S_{cur} > S_{X\%}) = Y$
- $S_{X\%}$ por ejemplo $S_{20\%}$

Fueron recomendados para mayor investigación varios puntos de referencia objetivo; por ejemplo:

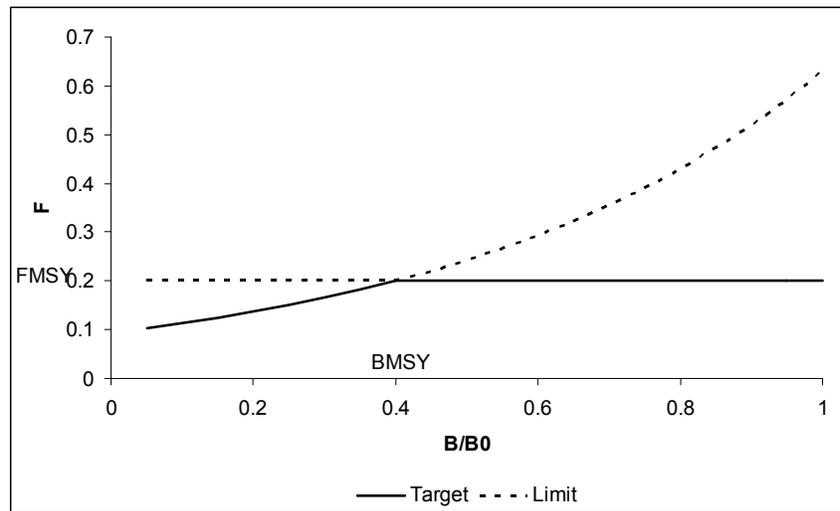
- S_{RMS}
- Ningún objetivo de biomasa

Se recomendó que las cantidades deberían estar basadas en F relativa actual por edad y que se deberían investigar puntos de referencia objetivo y límite que sean específicos para un régimen o robustos a cambios de régimen.

Fueron recomendadas varias cantidades como indicadores; por ejemplo:

- $CPUE/CPUE_{RMS}$ (empírica, modelo, o basada en equilibrio)
- C/RMS
- Cálculo del impacto de cada pesquería (por región en caso posible)
- Estimaciones de reducción basadas en las trayectorias de biomasa reproductora pescada *versus* no explotada (por pesquería)

Se recomendó que se investigara un marco general basado en una F lineal de referencia. Dicha línea de referencia determina el objetivo como F_{RMS} si la biomasa reproductora está por encima de S_{RMS} y la F que permitiría a la población estar en S_{RMS} en una generación si la biomasa reproductora está por debajo de S_{RMS} (ver figura). El límite sería F_{RMS} si la biomasa reproductora estuviese por debajo de S_{RMS} y la F que permitiría a la población estar en S_{RMS} en una generación si la biomasa reproductora estuviese por encima de S_{RMS} . Otras formas de la línea de referencia podrían también ser apropiadas.



Se hicieron varias recomendaciones con respecto a la estimación de puntos de referencia. Puntos de referencia robustos o indicadores deberían ser determinados mediante simulaciones, tanto de equilibrio como dinámicas. La sensibilidad de los puntos de referencia a supuestos y la incertidumbre de las estimaciones deberían ser evaluadas y comunicadas. Se deberían comparar los puntos de referencia con aquéllos de especies similares. Se deberían elaborar métodos para detectar cambios de régimen y determinar las reacciones de las poblaciones a cambios de régimen. Se deberían caracterizar los requisitos de computación para determinar puntos de referencia.

Se deberían realizar simulaciones del desempeño y las propiedades de estrategias alternativas, por ejemplo reglas de control basadas en puntos de referencia objetivo y límite.

6.2. Específicas a la CIAT

Los puntos de referencia y cantidades asociadas presentadas por la CIAT en sus Informes de Evaluación de Stocks fueron evaluados, y se recomendaron cambios apropiados.

- a. Deberían ser calculados intervalos de confianza para SBR/SBR_{RMS} ($= S/S_{RMS}$).
- b. La presentación de RMS y cantidades asociadas por pesquería debería ser agrupada por método de pesca.
- c. Los gráficos sin pesca deberían empezar en una condición no explotada, e incluir la relación población-reclutamiento, según corresponda.
- d. Se deberían presentar gráfico del impacto de la pesca similares a los que usa la SPC.
- e. Se debería incluir el peso en el eje x de los gráficos de peso crítico.
- f. El peso promedio en RMS usando la pesquería con el RMS más alto debería ser incluido en el gráfico de peso promedio.
- g. La selectividad de los distintos métodos de pesca debería ser incluida en los gráficos de RMS_{ref} .

Anexo.

CIAT

ROBIN ALLEN

WILLIAM BAYLIFF

RICHARD DERISO

SHELTON HARLEY

MICHAEL HINTON

SIMON HOYLE

CLERIDY LENNERT

MARK MAUNDER (Chairman)

ROBERT OLSON

JENNY SUTER

PATRICK TOMLINSON

CICAA

VICTOR RESTREPO

SPC

JOHN HAMPTON

PARTICIPANTES

España

JAVIER ARIZ TELLERÍA

Instituto Español de Oceanografía

Taipei Chino

CHI-LU SUN

National Taiwan University

Estados Unidos

RAY CONSER

PAUL CRONE

SUZANNE KOHIN

NMFS - SWFSC

PIERRE KLEIBER

NMFS – PIFSC

MAURICIO ORTIZ

NMFS - SEFSC

RUSSELL NELSON

Billfish Foundation

Otros

James Joseph