

**COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL
GRUPO DE TRABAJO CIENTIFICO**

REVISION DE LAS ESTIMACIONES DE ABUNDANCIA DE DELFINES

**19 y 20 de octubre de 2000
La Jolla, California (EE.UU.)**

Presidente: Robin Allen

INFORME DEL PRESIDENTE

AGENDA

1. Bienvenida e introducción
2. Comentarios sobre la agenda
3. Repaso del diseño y resultados del estudio de NMFS
4. Límites y distribuciones de los stocks de delfines
 - i. Comparación de los datos de observaciones de delfines de buques atuneros y de investigación
5. Discusión de diferencias entre los estudios de 1998 y 1999:
 - i. variabilidad de los datos
 - ii. ancho efectivo de la banda
 - iii. tamaño de la manada
 - iv. distribución de los delfines
 - v. esfuerzo de reconocimiento
 - vi. precisión de las estimaciones
6. Revisión de la oceanografía relacionada con la distribución de los delfines
7. Cambio potencial de régimen en el Océano Pacífico oriental
8. Discusión de la variabilidad interanual en los resultados de los estudios y la oceanografía
9. Discusión de otros factores que potencialmente afecten la variabilidad de los estudios
10. Informe del Presidente
11. Clausura

ANEXOS

1. Lista de asistentes
2. Informe del grupo experto sobre transectos lineales

La reunión del grupo de revisión tuvo lugar en La Jolla, California (EE.UU.) el 19 y 20 de octubre de 2000. Asistieron científicos de países miembros de la CIAT y observadores y científicos invitados expertos en la estimación de la abundancia de poblaciones usando transectos lineales y en la oceanografía del Océano Pacífico oriental tropical (POT). En el Anexo 1 se detallan los asistentes.

1. Bienvenida e introducción

El Dr. Robin Allen abrió la reunión y dio la bienvenida a los participantes, en particular los expertos invitados, los Dres. Steve Buckland, Mary Elena Carr, Jaume Forcada, Salvador Lluch y Tore Schweder.

El Dr. Allen explicó los antecedentes de la reunión. El Servicio Nacional de Pesquerías Marinas (NMFS) de EE.UU. está realizando una serie de estudios durante tres años para determinar la abundancia de las poblaciones de delfines en el POT. La CIAT había discutido las estimaciones preliminares resultantes y solicitado que su personal coordinara una revisión de la metodología y los resultados de los cruceros llevados a cabo en 1998 y 1999.

2. Agenda

Se adoptó la agenda provisional sin modificaciones.

3. Repaso del diseño y resultados del estudio de NMFS

El Dr. Tim Gerrodette, del NMFS, describió las técnicas de campo, las funciones de detección, los procedimientos de estimación de tamaño de manada y de ajuste, el esfuerzo de reconocimiento, y las estimaciones de abundancia. En 1998 se usaron tres buques y cuatro estratos geográficos, pero en 1999 solamente dos buques y dos estratos, por lo que en 1998 el esfuerzo fue mayor, los coeficientes de varianza (CV) más bajos, y la cobertura de la zona costera mayor.

Ya que las estimaciones de los observadores en los buques de investigación suelen subestimar el tamaño de las manadas de delfines, se aplica un factor de corrección al calibrar sus estimaciones con conteos basados en fotografías aéreas de las mismas manadas. Por descuido no se aplicó este ajuste a las estimaciones iniciales de 1999 de las manadas de delfines tornillo oriental y no identificados, produciendo estimaciones preliminares de abundancia bajas. La aplicación de los factores de ajuste aumenta la estimación para el tornillo oriental por unos 140.000 animales y la de los otros stocks ligeramente.

El Dr. Gerrodette destacó que estas estimaciones revisadas eran todavía preliminares, hasta que se preparase el informe final para el Congreso de EE.UU. Es probable que se revise la serie entera de estudios del NMFS una vez se esté usando técnicas más sofisticadas para generar estimaciones mejores.

4. Límites y distribuciones de los stocks de delfines

El Dr. Michael Scott, del personal de la CIAT, revisó las características y distribuciones de los stocks de delfines manchados y tornillo. Un análisis de los datos de observadores a bordo de buques atuneros (*tuna vessel observer data*, o TVOD) sugirió que no ocurrieron desplazamientos a gran escala en la distribución afuera de la zona del estudio entre 1998 y 1999. Podrían ocurrir desplazamientos de delfines a través de los límites en 5°N y 120°O que separan la zona núcleo (de alto esfuerzo) de la de bajo esfuerzo.

5. Discusión de diferencias entre los estudios de 1998 y 1999

El Dr. Buckland presentó el informe (Anexo 2) del grupo de expertos (Dres. Buckland, Forcada, Cleridy Lennert-Cody, y Schweder) que, con el Dr. Gerrodette, se había reunido antes de la reunión del grupo de revisión para examinar los métodos de estimación de abundancia usados para generar los resultados de 1998 y 1999. Hizo hincapié en la importancia de no enfocar en los resultados de un solo año, dada la variabilidad entre los estudios y que los resultados de un solo año forman solamente una parte de una serie ideada para medir las tendencias a largo plazo en la abundancia.

El grupo experto se había enfocado en las estimaciones correspondientes al delfín tornillo oriental, ya que mostraban una diferencia significativa entre 1998 y 1999. En 1999 se había omitido una técnica de ajuste para las estimaciones del tamaño de las manadas usada para los análisis en 1998, y al aplicar esa corrección la estimación de la población para 1999 aumentó de 198.000 a 338.000 delfines. El grupo propuso varios cambios en los métodos analíticos que podrían producir cambios grandes en las estimaciones y reducir la diferencia entre las estimaciones de los dos años. El grupo observó que los CV fueron subestimados y podrían ser mejorados con un análisis que use covariables, y notó también que el bajo esfuerzo en el estrato exterior causaba problemas con las estimaciones para los tornillos orientales cuya distribución geográfica se extiende a ese estrato: en 1998 el estrato exterior respondió de unos 200.000 tornillos orientales, o un 20% de la abundancia estimada del stock, mientras que la estimación correspondiente para 1999 era cero.

El grupo de revisión hizo varias sugerencias adicionales para el análisis de los datos de 1998-2000: integrar el análisis con un modelo de dinámica de poblaciones para limitar el cambio anual en la población y para permitir estimar la varianza del proceso de modelado (esto podría incluir estudios anteriores a 1998); estratificar el esfuerzo por número de Beaufort, y mantener los dos estratos costeros después de 1998 para mayor consistencia. Se propuso también que se modelase la larga cola en la distribución del tamaño de las manadas, y que se usase un análisis de covariables para cuantificar fuentes adicionales de variación para los componentes del análisis.

El grupo sugirió que en estudios futuros se concentrase el esfuerzo en la zona exterior en zonas accesorias alrededor de la zona núcleo.

6. Revisión de la oceanografía relacionada con la distribución de los delfines

El Dr. Paul Fiedler explicó los estudios de NMFS de la oceanografía asociada con los cruceros de estudio de delfines. Los factores oceanográficos pueden contribuir a la falta de precisión de los estudios o causar cambios reales en la abundancia de los delfines. La variabilidad ambiental puede ocurrir a escala estacional, interanual, climática, o geológica, pero estos estudios se enfocan en la escala interanual, dominada por los eventos de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS).

Los estudios realizados en 1986-1990 abarcaron una amplia variedad de condiciones ambientales: en 1987 ocurrió un Niño, y en 1988 una Niña. Ocurrió un Niño fuerte en 1997, el año antes de que empezara la serie actual de estudios. Se realizó el primer estudio en 1998, año de transición durante el cual hubo todavía agua cálida residual en la zona núcleo pero enfriamiento a lo largo de la línea ecuatorial. En 1999 bajó aun más la temperatura del agua. Se observaron los mismos patrones en la temperatura superficial del mar, la profundidad de la termoclina, y la producción de clorofila.

Usando un modelo basado en datos previos, se pronosticó la extensión y ubicación del hábitat favorable para los delfines manchado y tornillo. El área fue mayor en 1998 que en 1999, pero en ambos años el hábitat predicho para el delfín tornillo oriental no se extendió más allá de la zona núcleo. El hábitat predicho para el delfín manchado fue más amplio en 1998 que en 1999. Es posible que ocurran desplazamientos a través del límite del stock, particularmente hacia el oeste.

Se discutió el retraso en la reacción de los delfines a cambios ambientales. Se expresaron dudas sobre el supuesto de una reacción rápida, aunque los datos de TVOD indican un retraso de unos seis meses. Se notó que se mantienen cambios aparentes en la distribución del delfín común correspondientes a eventos de El Niño hasta años después del evento. Se sugirió que, dado el retraso aproximado de un año entre los aumentos en la producción de clorofila y de peces, los análisis de la relación entre la abundancia de delfines y el medio ambiente deberían tomar en cuenta los índices ambientales del año anterior.

No hay una correlación sencilla entre los índices de ENOS y la abundancia de delfines. Los eventos de ENOS son diferentes entre sí, y es posible que los indicadores no predigan los efectos sobre los delfines y otros organismos, y no se entienden bien las relaciones de la cadena de alimentación en el POT.

El Dr. Fiedler notó que las determinaciones incluidas en los análisis remitidos al Congreso eran preliminares, y que se cambiarían en el informe final.

7. Cambio potencial de régimen en el Océano Pacífico oriental

El Dr. Salvador Lluch presentó la evidencia que señala que los cambios medioambientales ocurren a escala decadal, incluyendo cambios en las TSM locales (por ejemplo, la zona costera cerca del Golfo de Tehuantepec) y los cambios en los valores base de ENOS entre los años 1970 y las décadas de los 1980 y 1990. Es posible que ocurran también cambios a escala decadal en los vientos alisios y el reclutamiento del atún.

8. Discusión de la variabilidad interanual en los resultados de los estudios y la oceanografía

La Dra. Mary Elena Carr presentó una serie de tiempo de datos de satélite sobre TSM, clorofila (color del océano), y velocidad del viento. Los satélites brindan una cobertura espaciotemporal extensa y frecuente, una metodología consistente, y resoluciones de 1 km. Los datos de satélite son particularmente útiles para las evaluaciones a largo plazo.

Los datos de TSM indican que 1998 fue un año de transición; en enero había todavía agua de temperatura alta, pero en mayo comenzaron a aparecer anomalías de agua fría. En 1999 hubo anomalías fuertes de agua fría y lenguas prominentes de agua fría que se extendían hacia el oeste. Hubo una diferencia de unos 2°C en la temperatura entre 1998 y 1999. En 1998 aparecieron altas concentraciones de clorofila en abril a lo largo de la línea ecuatorial pero no más al norte, mientras que en 1999 estuvieron presentes en toda la zona núcleo.

La Dra. Carr concluyó que 1998 y 1999 fueron años muy diferentes, en el sentido oceanográfico, durante el período de los estudios. Sugirió que sería apropiado considerar variables oceanográficas más allá de los promedios obtenidos durante el período de los estudios, y, dado que los cambios biológicos no son instantáneos, toda comparación de los años debería considerar las diferencias en los períodos precedentes. Los datos de satélite señalaban diferencias muy grandes en varias variables en los meses previos a los estudios.

Se sugirió integrar los datos oceanográficos de satélite con el marcado y rastreo por satélite de delfines para permitir correlacionar los desplazamientos de los delfines con las condiciones ambientales, y que los modelos basados en hábitat podrían ser aplicables. Se señaló también la importancia de saber si las diferencias entre 1998 y 1999 eran lo suficientemente significativas como para cambiar la visibilidad de los delfines o causar que se desplazasen.

9. Discusión de otros factores que potencialmente afecten la variabilidad de los estudios

El Dr. Schweder resumió el trabajo por completar para poder usar el análisis de covariables con los datos de los estudios, y notó la importancia de emprender pronto los siguientes proyectos:

- 1) calibración directa de las estimaciones de los observadores, posiblemente con un estudio separado;
- 2) modelar la larga cola en la distribución del tamaño de las manadas;
- 3) iniciar el análisis de covariables;
- 4) examinar el área efectiva de la banda porque el ancho efectivo de la banda podría variar con las covariables;
- 5) selección de un modelo de detección adecuado;
- 6) incorporar la variabilidad en el tamaño de las manadas en la varianza general.

El Dr. Buckland opinó que un análisis de covariables permitiría combinar los datos de varios años para

mayor consistencia. El Dr. Reilly indicó que NMFS estaba interesado en usar datos previos como parte del plan de estimación de estadísticas de las poblaciones, pero todavía no se había desarrollado el método ni se disponía de los recursos para desarrollarlo.

10. Informe del Presidente

Se presentará el informe del Presidente a los Comisionados; incluirá las actas de la reunión y el informe del grupo experto sobre transectos lineales. Se preparará un informe preliminar para la 67^a reunión de la CIAT el 27 de octubre.

11. Clausura

Se clausuró la reunión a las 2:45 de la tarde del 20 de octubre.

Anexo 1.

**INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION
COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL**

SCIENTIFIC WORKING GROUP -- GRUPO DE TRABAJO CIENTÍFICO

**REVIEW OF DOLPHIN ABUNDANCE ESTIMATES
REVISION DE LAS ESTIMACIONES DE ABUNDANCIA DE DELFINES**

**October 19-20, 2000 – 19 y 20 de octubre de 2000
La Jolla, California, USA**

ATTENDEES - ASISTENTES

JAVIER ARIZ TELLERIA

Instituto Español de Oceanografía
España

STEVE BUCKLAND

Centre for Research into Ecological and Environmental Modelling, University of St. Andrews
Scotland

MARY-ELENA CARR

Jet Propulsion Laboratory
USA

MIGUEL ANGEL CISNEROS

GUILLERMO COMPEAN JIMENEZ

CARLOS DIAZ

RAFAEL SOLANA

Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca
México

JAUME FORCADA

National Research Council
USA

HÉCTOR LÓPEZ ROJAS

Programa Nacional de Observadores
Venezuela

SALVADOR LLUCH

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.
México

TORE SCHWEDER

University of Oslo
Norway

MICHAEL TILLMAN

PAUL FIEDLER

TIM GERRODETTE

STEVE REILLY

National Marine Fisheries Service
USA

ROBIN ALLEN

PABLO ARENAS

RICHARD DERISO

MARTIN HALL

CLERIDY LENNERT

MARK MAUNDER

MICHAEL SCOTT

IATTC-CIAT

OBSERVERS--OBSERVADORES

RAFAEL TRUJILLO BEJARANO

LUIS TORRES NAVARRETE

BERNARDO BUEHS

Ecuador

MARGARITA SALAZAR DE JURADO

ABDON AGUILLON

El Salvador

MAURICIO MEJIA

LUIS ARAGON

MARIA OLGA MENENDEZ

Guatemala

CARLOS CAMACHO

ARMANDO JARAMILLO

LORENZO ROJAS

ALFONSO ROSIÑOL

MARK ROBERTSON

México

REBECCA LENT

ANDREW DIZON

WAYNE PERRIMAN

WILLIAM PERRIN

ROBERT BROWNELL

ALLISON ROUTH

NICOLE LEBOEUF

JAY BARLOW

JUAN BRANDOW

MARY MARKUS

USA

KITTY BLOCK

Humane Society

MARK PALMER

Earth Island Institute

KATE O'CONNELL

Whale and Dolphin Conservation Society

Anexo 2.

INFORME DEL GRUPO EXPERTO SOBRE LAS ESTIMACIONES DEL NMFS DE ABUNDANCIA DE DELFINES BASADAS EN LOS ESTUDIOS EN BUQUES DE INVESTIGACION EN 1998 Y 1999

Introducción

En los dos días antes de la reunión del Grupo de Trabajo Científico, los expertos invitados analizaron las estimas provisionales de abundancia del Servicio Nacional de Pesquerías Marinas (NMFS) de EE.UU., e identificó temas para una posterior revisión. En la revisión de los análisis realizados por el NMFS se descubrieron dos problemas que requirieron un nuevo análisis de los datos. El primero fue que, debido a un cambio en las opciones por defecto en Microsoft *Excel*, la rutina para calcular los intervalos de confianza, que funcionó correctamente cuando se analizaron los datos del estudio de 1998, produjo intervalos de confianza erróneos para los análisis posteriores. El otro fue que los tamaños de manada en los datos proporcionados a los expertos no coincidían con aquéllos usados en los análisis preliminares. Una posterior revisión de los datos por el NMFS descubrió que no se habían calibrado las estimas del tamaño de manada para los delfines tornillo oriental y delfines no identificados en 1999 para tomar en cuenta los sesgos de las estimas de los observadores. El NMFS se comprometió a revisar las estimas preliminares de abundancia antes de la reunión. El grupo también señaló que hubo una ligera revisión de las estimas calibradas de tamaño de manada para 1998 que resultó de la actualización de las ecuaciones de calibración, dados los datos de 1999.

Antes de que se descubriera que no se habían calibrado los tamaños de manada, los expertos invitados decidieron concentrar su atención en las estimaciones correspondientes al delfín tornillo oriental, ya que las diferencias entre las estimas de 1998 y 1999 parecían inverosímiles. En cambio, las estimas para los otros stocks (inclusive el stock nororiental de altamar del delfín manchado) no eran significativamente diferentes entre años; es decir, las estimaciones para todos los stocks excepto el stock oriental del delfín tornillo eran consistentes con el supuesto de que no hubo cambio en la abundancia entre años.

Se identificaron los temas siguientes para discusión: modelado de la probabilidad de detección de manadas de delfines; estimación y modelado del tamaño de las manadas; cuantificación de la precisión de las estimaciones de abundancia; diseño del estudio; y modelado espacial. A continuación se resumen las conclusiones del grupo con respecto a estos temas.

Modelado de la probabilidad de detección

La probabilidad de detección depende de muchas variables, entre ellas la distancia de la manada del buque, el tamaño de la manada, el estado del mar, el observador, etc. En el muestreo convencional por transecto lineal se hace caso omiso de todas estas variables excepto de la distancia de la manada de la línea de derrota y se asume 'robustez debida a agrupación de datos'. No obstante, el ancho efectivo de búsqueda puede estar correlacionado con la densidad de manadas, por ejemplo, si regiones en las que típicamente las condiciones de observación son malas también tienen densidades más bajas. En estas circunstancias, las densidades estimadas resultantes están sesgadas. Se espera que pronto se disponga de programas de computadora para modelar las covariables registradas, y el grupo expresó su fuerte apoyo a la intención por parte de NMFS de incorporar las covariables en sus modelos, una vez completada la serie actual de tres estudios.

Una forma simple de tratar este problema es estratificar los datos por aquellos factores que parecen afectar la probabilidad de detección. Sin embargo, el reducido tamaño muestral y el número potencialmente alto de factores en juego en estos estudios impide el uso efectivo de esta estrategia. En el análisis de NMFS se obtuvieron estimaciones independientes para cada año, por lo que los análisis fueron en efecto estratificados por año (además de la estratificación por región geográfica). Dado que los datos permitieron examinar las implicaciones de agrupar los datos de dos años (1998 y 1999) pero no estratificarlos por

otro factor, consideramos dos opciones: estratificar las funciones de detección por señal de detección observada (aves u otra; las aves son más fáciles de observar que otras señales y es posible que estén menos correlacionadas con el tamaño de la manada); y según si la manada era mixta o consistía de delfines tornillo oriental solamente. La estratificación por tipo de manada (mixta o no) resultó menos satisfactoria que la estratificación por año (evaluada mediante el criterio de información de Akaike, o AIC), pero la estratificación por tipo de señal (aves u otro) resultó marginalmente preferible a la estratificación por año. Nuestros análisis preliminares y no verificados sugieren que esta decisión reduciría la diferencia entre las estimas de abundancia de delfín tornillo oriental para 1998 y 1999 en unos 180.000 animales. (La estimación de 1998 disminuiría y la de 1999 aumentaría.)

En el análisis preliminar de NMFS se ajustó un modelo de función de detección *hazard rate* a los datos de distancias perpendiculares de 1998 para el tornillo oriental y un modelo *half-normal* a los datos de 1999. Es posible que parte de la diferencia entre las estimaciones de abundancia entre años se deba a que estos distintos modelos producen sesgos diferentes. Como los métodos de campo fueron comparables entre años, parecería preferible ajustar el mismo modelo a los datos de los dos años. El valor del AIC indicó que si se usara el mismo modelo para ambos años sería preferible el modelo *half-normal* al modelo *hazard rate*. Nuestro análisis no verificado indicó que si se reemplaza el ajuste de *hazard rate* con el ajuste correspondiente al de *half-normal* para los datos de 1998, se reduce la diferencia entre las estimaciones de 1998 y 1999 para el delfín tornillo oriental en más de 100.000 animales.

Se realizó una evaluación adicional sobre la posibilidad de ajustar una sola función de detección a datos agrupados para los dos años. El AIC sugirió que se debería ajustar la función de detección por separado para cada año, aunque la reducción resultante en el AIC no fue grande.

Creemos que se deberían examinar estas cuestiones. Sin embargo, nuestros resultados, tomados en conjunto con la revisión de las estimas comentada en la Introducción, nos llevan a la conclusión de que es poco probable que las estimas finales de la abundancia del delfín tornillo oriental para 1998 y 1999, una vez generadas, sean significativamente diferentes.

Tamaño de manada

Conteos de los observadores

El alto grado de variabilidad en las mejores estimaciones de distintos observadores del tamaño de una sola manada y la tendencia común de los observadores de subestimar el tamaño de las manadas señala que podría ser beneficioso revisar los procedimientos de calibración de los observadores en la estimación del tamaño de las manadas. La práctica actual es evitar los comentarios a los observadores sobre sus estimas, a fin de asegurar que las estimas de un observador no presenten una tendencia a variar con el tiempo. Dado que los errores en la estima del tamaño medio de las manadas pueden tener un efecto considerable sobre las estimas de abundancia total, el coste adicional al proyecto de un mayor entrenamiento de los observadores parece estar justificado. Una posibilidad consistiría en realizar pruebas (tal vez oportunísticas) en el mar con manadas de delfines para las que se dispusiera de fotografías aéreas, o estimas precisas de observadores con mayor experiencia y mayor habilidad. Se debería revisar la política de no hacer comentarios a los observadores sobre sus estimas; el grupo no sabe de ningún estudio que demuestre que las ventajas de este sistema compensen la desventaja principal debida a la alta variabilidad entre observadores en la estimación del tamaño de las manadas.

Calibración

Se obtiene el tamaño de manada calibrado aplicando la rutina de calibración a las estimas independientes de cada observador mediante un método de regresión lineal. Aunque los regresores en estos análisis están sujetos a error de medición, es posible que la calibración original basada en conteos fotogramétricos no se vea muy afectada por esto. Sin embargo, cuando se calibran observadores nuevos contra observadores ya calibrados es probable que los errores de medición en el regresor sean sustanciales, y la calibración deviene sesgada. Recomendamos que en estudios futuros se realicen experimentos de calibración al mismo

tiempo para todos los observadores.

Sesgo debido al tamaño

Valdría quizá la pena investigar modificaciones de los métodos actuales de corrección de sesgo debido al tamaño utilizando el tamaño total de la manada en el método de regresión, con ajuste posterior a la proporción de una especie o stock en la manada. Un análisis muy preliminar de la relación entre la proporción de tornillos orientales y el tamaño total de la manada en manadas con delfines tornillo oriental presentes descubrió una tendencia a que las manadas más pequeñas fuesen manadas puras de tornillos orientales y las más grandes manadas mixtas. Como la detectabilidad de los tornillos orientales en manadas mixtas es probablemente una función del tamaño total de la manada, lo más conveniente sería tal vez modelar la detectabilidad en función del tamaño total de la manada en lugar del número de delfines tornillo oriental presentes. Se podría entonces corregir la estimación del tamaño total medio de la manada para las manadas de especies mixtas usando un estimador de razón de la proporción de la manada formada por los tornillos orientales.

Además, descubrimos que la presencia de manadas individuales (tamaño de manada = 1 animal) tuvo un efecto muy grande sobre la estima corregida por sesgo del tamaño medio de la manada ya que estas contribuyeron considerablemente a la corrección del sesgo al retrotransformar el logaritmo del tamaño de la manada. Soluciones posibles para este problema incluyen (1) excluir las manadas más pequeñas de la estima del tamaño medio de manada, (2) usar las técnicas de MLG (modelos lineales generalizados) para ajustar la relación entre tamaño de manada y probabilidad de detección, o (3) usar el método de covariables (que se incluirá en la nueva versión del programa *Distance* (4.0)) para estimar el tamaño medio de manada. Creemos que la tercera es la mejor solución a largo plazo. El uso de covariables quizá permita también un método consistente de corrección por sesgo de tamaño entre años y estratos espaciales; el método actual de corrección por sesgo de tamaño es usado solamente cuando la estima de la pendiente de la recta de regresión es significativa. Agrupar los datos de tamaño de manadas entre años para mejorar el tamaño de la muestra y por ende el ajuste del modelo podría resultar viable, siempre que se adopte el método de covariables.

Manadas mixtas

Cuando se encuentra una manada mixta se estima su tamaño total y también la fracción de la misma formada por cada especie; multiplicando el total por la fracción se obtienen estimas del número de delfines de cada especie. Existe variabilidad en las estimas del total y de las fracciones. El producto será por lo tanto más variable que una estima del tamaño de una manada pura del mismo tamaño. En el estrato central (incluyendo la franja costera en 1998), el 72% de las manadas con delfines tornillo oriental fueron de composición mixta, mientras que en 1999 fue del 84%. Debido al alto número de manadas mixtas aumenta la variabilidad en las estimas del tamaño de las manadas y la variabilidad es mayor en 1999.

Manadas grandes

Unas pocas manadas grandes pueden influir mucho en la estimación del tamaño medio de las manadas y por ende de la abundancia. Si una proporción significativa de una población ocurre en unas pocas manadas grandes y el esfuerzo de reconocimiento es tal que se espera que se detecten solamente dos o tres de estas manadas, entonces el azar podría dictar que no se detectase ninguna de ellas en un año determinado. En esta circunstancia, se subestimaría la varianza en la estima de la abundancia. Un análisis preliminar, en el cual se eliminaron las manadas de tamaño >700, sugirió que era poco probable que la estimación en 1998 y 1999 estuviese afectada por esto de forma importante, excepto en la franja costera; en 1998, dos manadas de 13 en dicha franja fueron de más de 1000 animales y la abundancia fue muy dependiente de la inclusión de las mismas. En 1999 no se detectaron manadas grandes en la franja costera, a raíz, quizá, de la reducción en el esfuerzo en este estrato con respecto a 1998.

Modelado de la distribución del tamaño de las manadas

El tamaño de las manadas parece estar distribuido de manera similar en 1998 y 1999, al menos para los delfines tornillo oriental identificados. La distribución tiene una cola muy larga. El hecho que la cola derecha sea larga significa que hay algunas manadas muy grandes, pero su densidad es muy baja. Por lo tanto, el tamaño de las manadas más grandes observadas estará sujeto a una gran variabilidad estadística. Tal como se mencionó anteriormente, estas manadas muy grandes pueden tener un impacto sustancial en la estima resultante de la abundancia. Merecería tal vez la pena modelar la distribución del tamaño de las manadas para comprender mejor la dependencia de la estimación de abundancia y su estimación de varianza correspondiente a la variación de muestreo en los tamaños de manada observados.

Al modelar la distribución del tamaño de las manadas es problemático recrear la variabilidad en el tamaño de las manadas más grandes. Una sugerencia fue adoptar un enfoque semiparamétrico en el cual se modelan tres características de la distribución: la estructura de la distribución para la mayoría de las manadas, por ejemplo el 75% menor de la distribución; la estructura de la cola derecha; y la variación anual de la distribución. Se podría modelar de forma empírica las probabilidades de referencia de las manadas más pequeñas (de tamaño 1, 2, 3, por ejemplo), usando quizá la distribución observada de 1998 y 1999. Se podría suponer que la forma de la distribución de referencia, por ejemplo de tamaño 4 hasta el tamaño correspondiente al 75% de la distribución, es log-normal y puede ser ajustada mediante un *qq-plot*, y que el 25% superior sigue una distribución de valor extremo (o distribución de Pareto), identificada mediante el ajuste de los datos observados mediante un *qq-plot*. Esto nos deja una distribución de referencia de probabilidad $f(x)$ de que una manada sea de tamaño x . Para introducir un parámetro de año θ , una opción es suponer un modelo de clase exponencial en el logaritmo del tamaño de la manada: $f(x, \theta) = x^\theta f(x)$.

Estimación de la varianza

Tamaño de manada

Los factores que afectaron la confiabilidad del componente de tamaño de manada de las estimas de abundancia fueron las grandes diferencias en las estimas dentro de y entre observadores (debido en parte a la falta de comentarios a los observadores sobre su desempeño), la variabilidad en las estimas de proporción por especies en las manadas mixtas, la alta variabilidad en el tamaño real de las manadas, el efecto de las manadas de gran tamaño y la falta de normalidad en la distribución del tamaño de las manadas. Estas cuestiones han sido consideradas en la sección anterior sobre el tamaño de las manadas.

Bootstrap

El método *bootstrap* no paramétrico usado para estimar la varianza no puede tener en cuenta la falta de cobertura espacial en 1999. Para que los días de esfuerzo remuestreados den una estimación razonable de la varianza, es necesario suponer que los transectos diarios están distribuidos al azar en la zona del estudio. Este supuesto parece estar justificado en la zona núcleo, pero claramente no lo está en la zona exterior. Una alternativa posible a la estimación de la varianza es el *bootstrap* paramétrico, pero se tendría que agrupar el esfuerzo en la zona exterior de todos los años para obtener una cobertura espacial razonable. Un modelado espacial podría también mejorar las estimaciones de abundancia en la zona exterior, pero, de nuevo, se tendrían que combinar los datos de distintos años.

Variabilidad adicional

En los estudios mediante transectos lineales, el CV nominal es generalmente una subestima de la verdadera variabilidad en la abundancia. Los desplazamientos de delfines entre años podrían contribuir con una variabilidad adicional. Si algunos animales salen de la zona de estudio, por ejemplo a la ZEE de Colombia en 1999, no contribuirán a la estima, y esta es por lo tanto una estima sesgada negativamente de la abundancia total en ese año.

En 1999, cualquier desplazamiento entre la zona núcleo y la zona exterior podría causar un problema similar. La cantidad y distribución de esfuerzo en la zona exterior (ver sección sobre el diseño del estudio)

fueron insuficientes en 1999 para producir una muestra adecuada para estimar la abundancia del delfín tornillo oriental y su varianza para este estrato. Como que no se detectaron delfines tornillo oriental en la zona exterior en 1999, es solamente posible estimar que no hubo ninguno presente, con varianza cero. Sin embargo, dada la distribución de esfuerzo en 1999 con respecto a donde presencia de delfines tornillo oriental fue registrada por buques de investigación en 1998 y observadores en buques atuneros en 1999, parece posible que hubiera más de 100.000 animales presentes en la zona exterior.

Errores de medición de distancia y de tamaño de manada contribuyen con variabilidad adicional, y el tamaño de manada es la fuente más importante de esta. La larga cola de la distribución del tamaño de manada podría contribuir también. En lugar de usar un *bootstrap* no paramétrico para estimar la variabilidad, un *bootstrap* parcialmente paramétrico basado en la distribución de referencia estimada podría producir una estimación más realista de la variabilidad en las estimaciones de abundancia.

Para tratar los errores de medición en las estimaciones de distancia radiales y ángulo, serían tal vez convenientes experimentos para evaluar la magnitud de estos errores y posiblemente calibrar las estimaciones de observadores individuales.

Diseño del estudio

Selección de estratos geográficos

La definición de los estratos geográficos y la asignación subsiguiente de esfuerzo fueron constreñidas por los límites supuestos de los stocks. La cantidad de esfuerzo en la zona núcleo fue suficiente en ambos años, pero en la zona exterior fue insuficiente en 1999. En 1998, un 20% de la estimación de abundancia del delfín tornillo oriental provino de la zona exterior. En 1999, el diseño del estudio no fue robusto a la conglomeración de un stock en la zona exterior. La falta de observaciones fue probablemente causada por la reducción en el esfuerzo. Dado que el esfuerzo en 1999 fue insuficiente para permitir una estimación fiable en la zona exterior, una mejor estrategia hubiese sido definir una ‘zona accesoria’ alrededor de la zona núcleo, abarcando esas partes de la zona ocupada por el delfín tornillo oriental que se extienden más allá de la zona núcleo. Se podría determinar esta extensión a partir de los datos de los observadores en los buques atuneros. El esfuerzo realizado en la zona exterior en 1999, aunque insuficiente para calcular estimaciones de abundancia para toda esa zona, sería suficiente para estimar la abundancia con precisión aceptable en una zona accesoria. Se podría considerar un diseño de este tipo para estudios futuros cuyo objetivo principal sea cuantificar la abundancia del stock oriental del delfín tornillo y el stock nororiental de altamar del delfín manchado.

Procedimiento de acercamiento

Según las instrucciones actuales, una vez finaliza la aproximación del buque a una manada detectada se reanuda el rumbo paralelo a la derrota nominal para ese día, pero desplazado hacia un lado. En general, este procedimiento tenderá a desplazar el buque hacia zonas de mayor densidad. Esto parece ser una fuente innecesaria de sesgo positivo en la estima de abundancia, aunque no esperamos que el sesgo sea grande en estos estudios.

Modelado de la estructura espacial

El patrón espacial de distribución de los delfines manchado y tornillo parece presentar estabilidad y variabilidad interesantes. Un modelo espacial para este patrón y su variabilidad con el tiempo, incorporando reacciones a cambios ambientales, sería de interés biológico y de gran utilidad para la planificación de estudios futuros y la interpretación de los resultados de los mismos.